



Pemetaan Kerawanan Banjir Rob Menggunakan Sistem Informasi Geografis Di Kecamatan Cilincing, Jakarta Utara

Fauziah Choirunnisa Andani^{a*}, I Putu Yogi Darmendra^a, Made Narayana Adibhusana^a

^aProgram Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

*Corresponding author, email: fauziahca30@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received: February 18, 2026

Received in revised form: February 25, 2026

Accepted: February 26, 2026

Available online: February 28, 2026

Keywords: Tidal Flood, Vulnerability Mapping, GIS, Cilincing, Coastal Mitigation, Land Subsidence.

ABSTRACT

Metropolitan coastal areas such as Jakarta face an increasing threat of tidal flooding due to climate change and urban expansion. Cilincing District in North Jakarta is a critical area characterized by low elevation and significant land subsidence rates. This study aims to map and analyze the spatial vulnerability of tidal flooding in Cilincing District as a basis for disaster mitigation strategies. The research employs spatial analysis based on Geographic Information Systems (GIS) by integrating four primary physical parameters: land elevation, slope, land use, and distance from the coastline. Data were sourced from DEMNAS, Sentinel-2A imagery via Google Earth Engine, and official administrative maps. The weighted overlay method and numerical scoring were applied to classify vulnerability levels into three categories: low, moderate, and high. The analysis indicates that Cilincing District is dominated by low to moderate vulnerability zones. The "Low Potential" category covers the largest area at 2,136.27 ha (52.66%), followed by "Moderate Potential" at 1,810.71 ha (44.63%). The "High Potential" zone covers 110.03 ha (2.71%), which is concentrated along the northern coastline. Land use analysis shows high anthropogenic pressure, with settlements occupying 45% of the area, exacerbating flood risks due to impermeable surfaces.

ABSTRAK

Wilayah pesisir metropolitan seperti Jakarta menghadapi ancaman banjir rob yang meningkat akibat perubahan iklim dan ekspansi perkotaan. Kecamatan Cilincing, Jakarta Utara, merupakan kawasan kritis karena elevasinya yang rendah dan laju penurunan muka tanah yang signifikan. Penelitian ini bertujuan memetakan serta menganalisis kerawanan spasial banjir rob di Kecamatan Cilincing sebagai dasar strategi mitigasi bencana. Penelitian ini menggunakan analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan mengintegrasikan empat parameter fisik utama: ketinggian lahan, kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan jarak dari garis pantai. Data bersumber dari DEMNAS, citra Sentinel-2A melalui Google Earth Engine, dan peta administrasi resmi. Metode weighted overlay dan skoring numerik diterapkan untuk mengklasifikasikan tingkat kerawanan menjadi tiga kategori: rendah, sedang, dan tinggi. Analisis menunjukkan Kecamatan Cilincing didominasi oleh zona kerawanan rendah hingga sedang. Kategori "Potensi Rendah" mencakup area terluas yaitu 2.136,27 ha (52,66%), diikuti "Potensi Sedang" sebesar 1.810,71 ha (44,63%). Zona "Potensi Tinggi" mencakup 110,03 ha (2,71%) yang terkonsentrasi di sepanjang garis pantai utara. Analisis penggunaan lahan menunjukkan tekanan antropogenik tinggi dengan permukiman menempati 45% wilayah, yang memperburuk risiko banjir akibat permukaan kedap air.

Kata Kunci: (Banjir Rob, Pemetaan Kerawanan, SIG, Cilincing, Mitigasi Pesisir, Penurunan Muka Tanah.)

2026 JMRT. All rights reserved.

1. Pendahuluan

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia sangat rentan terhadap kenaikan permukaan laut akibat perubahan iklim yang memicu banjir rob, terutama di wilayah pesisir dengan elevasi rendah dan drainase buruk (Ariadi, 2023; Ramadhan et al., 2015). Fenomena ini menyebabkan genangan air laut ke daratan yang merusak infrastruktur, mengganggu stabilitas sosial ekonomi, dan mengancam kesehatan masyarakat (Sauda et al., 2019; Harsono, 2020). Kecamatan Cilincing di Jakarta Utara menjadi salah satu wilayah paling terdampak karena kombinasi kenaikan air laut dan penurunan muka tanah (*land subsidence*) sebesar 0,18 cm per tahun, di mana Kelurahan Marunda diprediksi akan

tergenang hingga 84% pada tahun 2050 (Chairani et al., 2024; Makbul et al., 2023).

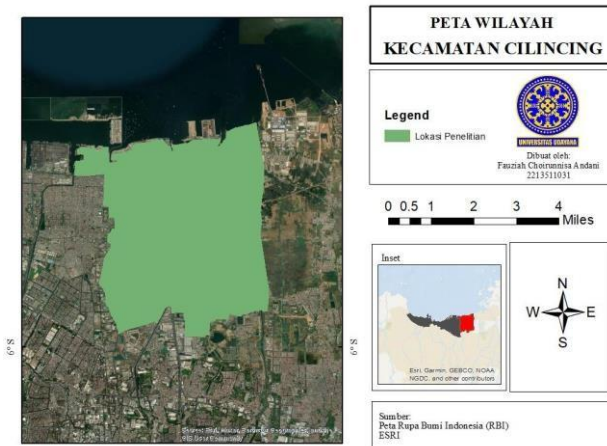
Kondisi tersebut berdampak luas pada penurunan nilai lahan, kerusakan permukiman, hingga terhambatnya akses layanan publik, yang memberikan tekanan ekonomi jangka panjang bagi masyarakat pesisir (Mangunjaya, 2015; Adiningsih, 2023). Oleh karena itu, diperlukan strategi adaptasi dan mitigasi yang terencana, khususnya untuk melindungi kawasan industri penting di wilayah tersebut (Pratiwi, 2011; Sugandhi, 2021). Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) menjadi instrumen krusial untuk memetakan tingkat kerawanan banjir rob secara akurat berdasarkan data spasial dan historis, yang nantinya berfungsi sebagai landasan

kebijakan bagi pemerintah dalam meningkatkan ketahanan wilayah pesisir Jakarta Utara (Roziqin, 2024).

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di wilayah Kecamatan Cilincing, Jakarta Utara dengan luas wilayah sekitar 40,57 km². Wilayah ini memiliki potensi banjir rob yang tinggi akibat Kemiringan Lereng (*slope*), Ketinggian lahan (*elevation*), Penggunaan Lahan, dan Jarak dari Pantai (*Coastal Proximity*). Penelitian akan dilaksanakan pada bulan Oktober hingga Desember 2025, mencakup tahap pengumpulan data, analisis data, pembuatan peta kerawanan, hingga penyusunan laporan akhir.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.2 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber terpercaya. Data topografi menggunakan Model Elevasi Digital Nasional (DEMNAS) yang diperoleh dari ina-geoportal mencakup wilayah Kecamatan Cilincing. Data ini digunakan untuk memperoleh informasi mengenai ketinggian dan kemiringan lahan yang menjadi faktor penting dalam analisis kerawanan banjir rob. Selain itu, data penggunaan lahan diperoleh dari *Google Earth Engine* (GEE) yang menyediakan informasi terkini mengenai tutupan lahan di wilayah penelitian. Data citra Sentinel-2A yang juga diperoleh dari GEE digunakan untuk mendukung analisis spasial terkait kondisi permukaan lahan dan perubahan tutupan lahan. Untuk menghitung jarak dari garis pantai, digunakan peta administrasi resmi yang juga bersumber dari GEE. Keempat jenis data ini kemudian diolah dan dianalisis dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk menghasilkan peta kerawanan banjir rob yang akurat dan informatif.

2.3 Alat & Bahan

2.3.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Tabel 2.1 Alat

No	Nama Alat	Kegunaan
1.	Laptop	Pengolahan data spasial

2.	<i>Google Earth Engine</i>	Pengunduhan dan ekstraksi data spasial
3.	<i>Software ArcGIS</i>	Analisis data dan visualisasi
4.	Ina-geoportal	Pengunduhan data spasial dan batas administrasi

2.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Tabel 2.2 Bahan

No	Nama Bahan	Kegunaan
1.	Data DEMNAS	Memberikan informasi topografi
2.	Data Penggunaan Lahan	Untuk mengetahui penggunaan lahan
3.	Data Peta Administrasi	Untuk mengetahui batas wilayah

3.4 Pengumpulan Data

Penelitian ini bersifat deskriptif dengan pendekatan analisis spasial menggunakan data sekunder. Data topografi berupa DEMNAS yang diperoleh dari ina-geoportal diolah untuk menghasilkan peta elevasi dan kemiringan lahan di Kecamatan Cilincing. Data penggunaan lahan dari *Google Earth Engine* (GEE) diklasifikasikan menurut tutupan lahan (permukiman, vegetasi, lahan terbangun). Jarak setiap titik ke garis pantai dihitung memakai peta administrasi pesisir ina-geoportal.

2.5 Pengolahan Data

Proses pengolahan data diawali dengan memperbaiki koordinat peta DEMNAS agar sesuai dengan batas wilayah Kecamatan Cilincing, kemudian memotong (*clipping*) peta tersebut agar hanya menampilkan wilayah penelitian. Dari peta DEM yang telah diproses, dibuat dua peta turunan: peta ketinggian dan peta kemiringan tanah. Selanjutnya, peta penggunaan lahan direklasifikasi ke dalam beberapa tingkat risiko (misalnya tinggi, sedang, rendah) berdasarkan kemampuan setiap tutupan lahan dalam menyerap air. Peta jarak pantai dibentuk dengan menghitung jarak lurus dari setiap titik pada peta ke garis pantai. Keempat peta ketinggian, kemiringan, penggunaan lahan, dan jarak pantai kemudian direklasifikasi ke dalam skala risiko numerik yang sama (misalnya 1-5). Terakhir, semua layer digabungkan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan metode *weighted overlay*, di mana setiap parameter diberi bobot sesuai besarnya kontribusi terhadap potensi banjir rob. Hasil akhir adalah peta tematik kerawanan banjir rob di Kecamatan Cilincing yang siap untuk dianalisis lebih lanjut.

2.6 Analisis Data

Tahap analisis akhir penelitian ini mengintegrasikan parameter elevasi, kemiringan, tutupan lahan, dan jarak ke pantai melalui proses *overlay* dan skoring menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Proses *overlay* menggabungkan keempat *layer* data tersebut menjadi satu peta tunggal untuk melihat pola keruangan potensi banjir, sementara proses skoring memberikan nilai numerik dan bobot pada setiap parameter berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap risiko banjir rob. Hasil akhir dari penggabungan skor dan pembobotan ini menghasilkan nilai kerawanan pada setiap sel peta yang menjadi dasar klasifikasi tingkat kerawanan banjir rob di wilayah penelitian.

Parameter dan bobot skoring yang digunakan berdasarkan Putri *et al.* (2023) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Skoring Parameter Kerawanan Bencana Banjir Rob

Parameter	Kelas	Skor
Kemiringan Lereng	0 – 8 %	5
	8 – 15 %	4
	15 -25 %	3
	25 – 45 %	2
	> 45 %	1
Ketinggian Lahan	0 - 1 m	5
	1 - 2 m	4
	2 - 3 m	3
	3 - 4 m	2
	> 4 m	1
Penggunaan Lahan	Permukiman	5
	Pertanian	4
	Badan Air	3
	Lahan Terbuka	2
	Hutan	1
Jarak Dari Pantai	<250 m	5
	250 - 500 m	4
	500 - 750 m	3
	750 - 1000 m	2
	>1000 m	1

Analisis kerawanan banjir rob dilakukan dengan menggabungkan parameter fisik dan data pasang surut melalui teknik *overlay intersect* di ArcGIS. Data diklasifikasikan menggunakan metode Sturges untuk menentukan interval skor berdasarkan nilai maksimum dan minimum. Hasil akhirnya adalah

peta potensi banjir rob yang terbagi menjadi tiga kategori kerawanan: tinggi, sedang, dan rendah.

Rumus sturges sebagai berikut:

$$K = 1 + 3.3 \log (n)$$

Di mana K adalah banyaknya kelas, serta n adalah banyaknya data.

$$K_i = \frac{X_t - X_r}{K}$$

Di mana K_i adalah kelas internal, X_t merupakan nilai tertinggi, X_r merupakan nilai terendah, serta K adalah jumlah kelas yang digunakan. Penilaian untuk peta skoring dan kelas peta potensi banjir rob adalah sebagai berikut:

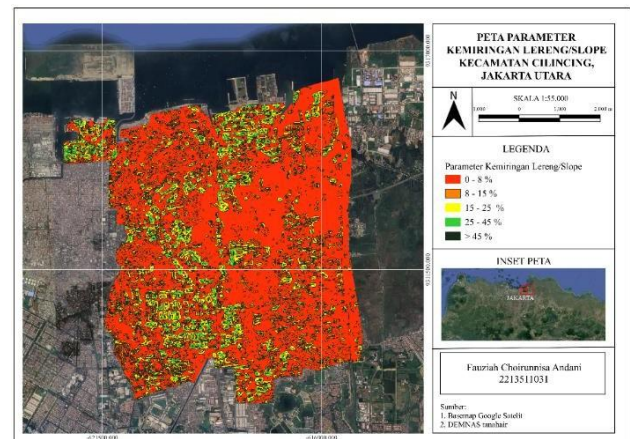
Tabel 2.4 Kategori Penilaian Peta Potensi

Besarnya interval kelas rawan	Klasifikasi	Nilai
4 – 9	Potensi Banjir Rob Rendah	1
10 – 14	Potensi Banjir Rob Sedang	2
15 – 20	Potensi Banjir Rob Tinggi	3

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

3.1.1 Kemiringan Lereng



Gambar 2. Peta Parameter Kemiringan Lereng

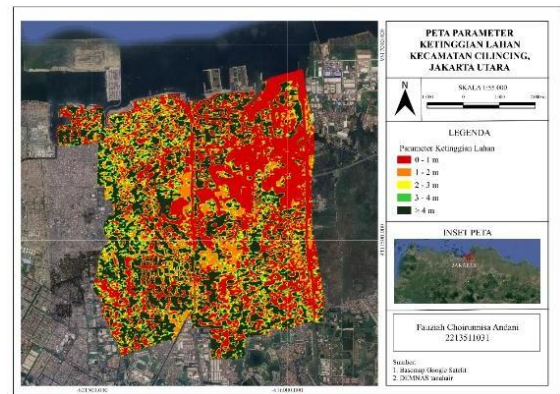
Parameter kemiringan lereng diperoleh dari hasil pengolahan data *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS) yang dianalisis menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Data elevasi tersebut diolah untuk menghasilkan peta kemiringan lereng yang merepresentasikan variasi tingkat kecuraman permukaan lahan di wilayah penelitian. Tahapan pengolahan meliputi perhitungan nilai *slope*, proses klasifikasi kemiringan lereng, serta penyajian spasial dalam bentuk peta tematik. Kemiringan lereng dikelompokkan ke dalam lima kelas untuk menggambarkan kondisi topografi dari datar hingga sangat curam. Parameter ini digunakan sebagai salah satu faktor penting dalam analisis kerawanan banjir rob karena kemiringan lereng memengaruhi kecepatan aliran permukaan dan potensi genangan di wilayah pesisir. Berdasarkan visualisasi spasial pada peta

kemiringan lereng, Kecamatan Cilincing didominasi oleh wilayah dengan kemiringan lereng rendah hingga sedang. Sebaran kelas kemiringan 0–8% dan 8–15% terlihat cukup merata di hampir seluruh wilayah penelitian, terutama pada kawasan pesisir dan permukiman padat. Selain itu, kelas kemiringan 15–25% tampak mendominasi area bagian tengah hingga selatan kecamatan, yang menunjukkan adanya variasi topografi agak curam meskipun masih relatif landai secara umum. Sementara itu, kelas kemiringan 25–45% dan >45% hanya tersebar secara terbatas dan bersifat lokal, sehingga tidak mendominasi bentang lahan secara keseluruhan. Pola sebaran ini mengindikasikan bahwa Kecamatan Cilincing secara topografis cenderung datar hingga agak curam, kondisi yang berpotensi meningkatkan risiko genangan banjir rob akibat rendahnya kemampuan lahan dalam mengalirkan air secara alami.

Tabel 4.1 Kemiringan Lereng

No.	Kemiringan Lereng	Deskripsi	Luas (Ha)	Persentase (%)	Nilai
1	0 - 8 %	Datar	946,51	23,33	5
2	8 - 15 %	Landai	431,55	10,64	4
3	15 - 25 %	Agak Curam	2.024,79	49,93	3
4	25 - 45 %	Curam	628,84	15,50	2
5	>45 %	Sangat Curam	25,32	0,60	1
Total			4.057.01	100,00	

Hasil kuantifikasi kelas kemiringan lereng pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa kelas kemiringan 15–25% memiliki luasan terbesar, yaitu 2.024,79 ha atau sebesar 49,93% dari total luas wilayah penelitian, sehingga menjadi kelas yang paling dominan di Kecamatan Cilincing. Kelas kemiringan 0–8% memiliki luasan 946,51 ha dengan persentase 23,33%, sedangkan kelas 8–15% mencakup area seluas 431,55 ha atau 10,64%. Selanjutnya, kelas kemiringan 25–45% memiliki luasan sebesar 628,84 ha atau 15,50%, sementara kelas kemiringan >45% merupakan kelas dengan luasan terkecil, yaitu hanya 25,32 ha atau sekitar 0,60% dari total wilayah.. Secara keseluruhan, data tersebut menegaskan bahwa wilayah Kecamatan Cilincing didominasi oleh kemiringan lereng rendah hingga agak curam, yang berimplikasi pada tingginya potensi genangan air, terutama pada wilayah pesisir yang rawan terhadap banjir rob.



Gambar 2. Peta Parameter Ketinggian Lahan

Parameter ketinggian lahan disusun melalui pengolahan data *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS) yang dianalisis menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Data elevasi digunakan untuk merepresentasikan variasi ketinggian permukaan lahan terhadap muka laut rata-rata pada wilayah penelitian. Proses pengolahan meliputi ekstraksi nilai ketinggian, pengolahan spasial, serta penyajian hasil dalam bentuk peta tematik. Informasi ketinggian lahan digunakan untuk mengidentifikasi karakteristik topografi wilayah, khususnya zona dataran rendah yang memiliki potensi lebih besar terhadap terjadinya genangan banjir rob. Parameter ini selanjutnya dimanfaatkan dalam analisis kerawanan melalui proses *skoring* dan *overlay* bersama parameter lainnya.

Berdasarkan peta ketinggian lahan, Kecamatan Cilincing didominasi oleh wilayah dengan elevasi rendah hingga menengah. Sebaran kelas ketinggian 0–1 m dan 1–2 m tampak cukup luas, terutama pada bagian utara hingga tengah wilayah yang berdekatan dengan kawasan pesisir. Area-area ini secara visual menunjukkan kondisi topografi dataran rendah yang rentan terhadap pengaruh pasang air laut. Sementara itu, kelas ketinggian 2–3 m dan 4–5 m tersebar secara lebih terfragmentasi dan cenderung berada di bagian tengah hingga selatan wilayah penelitian. Kelas ketinggian >4 m terlihat relatif terbatas dan tidak mendominasi secara spasial. Pola sebaran ini mengindikasikan bahwa sebagian besar wilayah Kecamatan Cilincing berada pada elevasi rendah, sehingga memiliki kerentanan tinggi terhadap genangan, khususnya banjir rob yang dipengaruhi oleh pasang laut dan kenaikan muka air laut

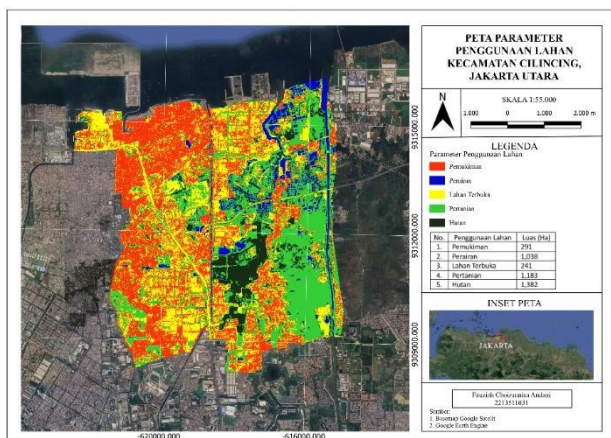
Tabel 4.2 Ketinggian Lahan

No.	Ketinggian Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)	Nilai
1	0 - 1 m	204,42	5,04	5
2	1 - 2 m	993,52	24,49	4
3	2 - 3 m	706,73	17,42	3
4	4 - 5 m	569,60	14,04	2
5	>4 m	1.582,65	39,01	1

Total	4.057,01	100,00
-------	----------	--------

Hasil analisis kuantitatif pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa kelas ketinggian >4 meter merupakan kelas dengan luasan terbesar, yaitu 1.582,65 ha atau sebesar 39,01% dari total wilayah penelitian. Selanjutnya, kelas ketinggian 1–2 meter memiliki luasan 993,56 ha atau 24,49%, diikuti oleh kelas 2–3 meter seluas 706,73 ha dengan persentase 17,42%. Kelas ketinggian 4–5 meter mencakup area seluas 569,60 ha atau 14,04%, sedangkan kelas ketinggian terendah, yaitu 0–1 meter, memiliki luasan terkecil sebesar 204,47 ha atau sekitar 5,04% dari total wilayah penelitian. Secara keseluruhan, distribusi ketinggian lahan ini menunjukkan bahwa Kecamatan Cilincing didominasi oleh wilayah dengan elevasi rendah hingga menengah, kondisi yang berkontribusi besar terhadap tingginya potensi genangan banjir rob, terutama pada kawasan pesisir dan permukiman dataran rendah.

3.1.3 Penggunaan Lahan



Gambar 3. Peta Parameter Penggunaan Lahan

Parameter penggunaan lahan disusun melalui pengolahan citra satelit Sentinel-2A yang dianalisis menggunakan *Google Earth Engine* (GEE) untuk merepresentasikan kondisi tutupan lahan aktual di wilayah penelitian. Tahapan pengolahan meliputi prapengolahan citra berupa penyaringan awan, pemotongan area kajian, dan pembentukan komposit median, diikuti oleh proses klasifikasi secara terarah (*supervised classification*). Klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma *Random Forest* dengan memanfaatkan kombinasi band reflektansi (B2, B3, B4, B8, B11, dan B12) serta indeks spektral NDVI, NDBI, MNDWI, dan NDSLI guna meningkatkan akurasi pemisahan antarkelas. Penggunaan 1.189 sampel data, yang terdiri atas 345 permukiman, 256 perairan, 409 lahan terbuka, 141 pertanian, dan 38 hutan, dibagi menjadi 80% data pelatihan dan 20% data pengujian. Hasil evaluasi klasifikasi menunjukkan *Overall Accuracy* sebesar 85,31% dan nilai *Kappa* 0,813, yang mengindikasikan tingkat akurasi yang kuat. Peta penggunaan lahan yang dihasilkan selanjutnya digunakan sebagai salah satu parameter utama dalam analisis kerawanan banjir rob melalui integrasi dengan parameter ketinggian lahan, kemiringan lereng, dan jarak dari garis pantai menggunakan metode *skoring* dan *overlay* berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG).

Berdasarkan peta penggunaan lahan, Kecamatan Cilincing didominasi oleh kawasan terbangun dan perairan. Secara spasial, kawasan permukiman tersebar luas terutama pada bagian barat

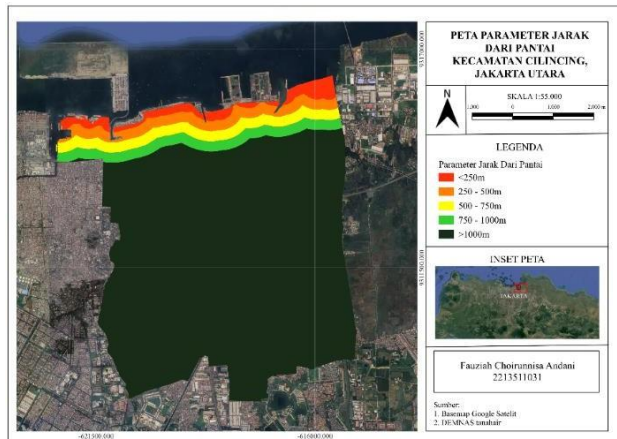
hingga selatan wilayah penelitian, yang mencerminkan tingginya intensitas aktivitas perkotaan. Sementara itu, penggunaan lahan berupa perairan tampak mendominasi wilayah pesisir dan bagian utara Kecamatan Cilincing, yang berkaitan dengan keberadaan laut, tambak, serta badan air lainnya. Kelas lahan terbuka, pertanian, dan hutan terlihat tersebar secara terbatas dan bersifat terfragmentasi, dengan konsentrasi utama pada bagian tengah hingga timur wilayah penelitian. Pola sebaran ini menunjukkan bahwa karakteristik penggunaan lahan Kecamatan Cilincing cenderung didominasi oleh lahan terbangun dan perairan, yang berimplikasi pada meningkatnya potensi genangan banjir rob akibat tingginya tingkat kedap lahan dan kedekatan dengan wilayah pesisir.

Tabel 4.3 Penggunaan Lahan

No.	Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Persentase (%)	Nilai
1	Pemukiman	1.825,65	45,00	5
2	Pertanian	10,55	0,26	4
3	Badan Air	2.203,08	54,33	3
4	Lahan Terbuka	8,93	0,22	2
5	Hutan	8,80	0,19	1
Total		535,603	100,00	

Hasil analisis kuantitatif pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa kelas badan air merupakan penggunaan lahan terluas di Kecamatan Cilincing, dengan luasan sebesar 2.203,08 ha atau sekitar 54,33% dari total wilayah penelitian. Selanjutnya, kelas permukiman menempati luasan 1.825,65 ha dengan persentase 45,00%, yang mengindikasikan tingginya tingkat pemanfaatan lahan untuk aktivitas permukiman dan kawasan terbangun. Sementara itu, kelas pertanian, lahan terbuka, dan hutan masing-masing memiliki luasan yang relatif kecil, yaitu sebesar 10,55 ha (0,26%), 8,93 ha (0,22%), dan 8,80 ha (0,19%). Secara keseluruhan, distribusi penggunaan lahan ini menegaskan bahwa Kecamatan Cilincing didominasi oleh kawasan terbangun dan perairan, kondisi yang berkontribusi terhadap tingginya kerentanan wilayah terhadap genangan banjir rob, terutama pada kawasan pesisir dan permukiman padat.

3.1.4 Jarak dari Pantai

**Gambar 3.** Peta Parameter Jarak Dari Pantai

Parameter jarak dari garis pantai disusun melalui analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan menggunakan garis pantai sebagai titik acuan utama. Pengukuran jarak dilakukan secara linier ke arah daratan untuk merepresentasikan jangkauan pengaruh fisik air laut terhadap wilayah penelitian. Hasil pengukuran tersebut disajikan dalam bentuk peta tematik yang menggambarkan variasi jarak daratan terhadap garis pantai. Informasi jarak dari pantai ini digunakan sebagai salah satu parameter penting dalam analisis kerawanan banjir rob, karena kedekatan wilayah terhadap garis pantai berpengaruh langsung terhadap intensitas dan frekuensi genangan. Selanjutnya, parameter ini diintegrasikan dengan parameter ketinggian lahan, kemiringan lereng, dan penggunaan lahan melalui metode *skoring* dan *weighted overlay*.

Berdasarkan peta parameter jarak dari pantai, terlihat adanya pola zonasi yang jelas dari wilayah pesisir ke arah daratan di Kecamatan Cilincing. Zona dengan jarak terdekat terhadap garis pantai membentuk sabuk memanjang di sepanjang bagian utara wilayah penelitian, yang menunjukkan area dengan potensi paparan langsung terhadap pasang air laut dan banjir rob. Semakin ke arah selatan, zona jarak dari pantai menunjukkan gradasi yang semakin jauh, mencerminkan berkurangnya pengaruh langsung air laut terhadap wilayah daratan. Secara spasial, zona dengan nilai skor tertinggi terkonsentrasi di sepanjang garis pantai, sehingga secara metodologis diposisikan sebagai area dengan tingkat kerentanan paling tinggi terhadap jangkauan banjir rob.

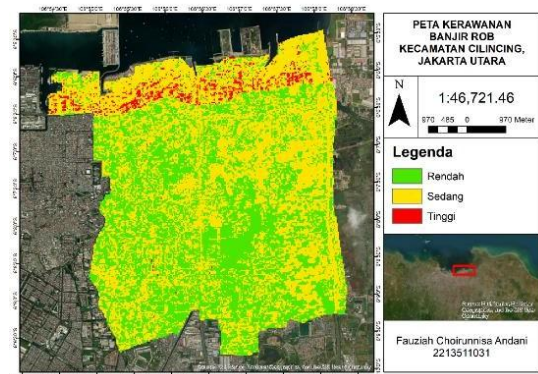
Tabel 4.4 Jarak dari Pantai

No.	Jarak dari Pantai	Luas (Ha)	Persentase (%)	Nilai
1	< 250m	132,72	3,27	5
2	250 – 500m	176,98	4,36	4
3	500 – 750m	182,11	4,49	3
4	750 – 1000m	179,41	4,42	2
5	> 1000m	3.385,78	83,46	1

Total 4.057,01 100,00

Hasil analisis kuantitatif pada Tabel 4.4 menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kecamatan Cilincing berada pada zona yang relatif jauh dari garis pantai. Kelas jarak >1.000 meter mendominasi dengan luasan mencapai 3.385,78 ha atau sekitar 83,46% dari total luas wilayah penelitian. Sementara itu, wilayah dengan jarak terdekat terhadap pantai, yaitu <250 meter, mencakup area seluas 132,73 ha atau sebesar 3,27%, yang merepresentasikan zona dengan risiko paparan langsung paling tinggi terhadap banjir rob. Zona transisi memiliki distribusi luasan yang relatif berimbang, di mana jarak 250–500 meter mencakup 176,98 ha (4,36%), jarak 500–750 meter seluas 182,11 ha (4,49%), dan jarak 750–1.000 meter sebesar 179,41 ha (4,42%). Secara keseluruhan, distribusi jarak dari pantai ini menegaskan bahwa meskipun sebagian besar wilayah berada cukup jauh dari garis pantai, area pesisir dengan jarak dekat tetap menjadi zona prioritas dalam analisis kerawanan banjir rob karena memiliki tingkat eksposur langsung terhadap pasang laut dan intrusi air.

4.1.5 Kerawanan Banjir Rob

**Gambar 5.** Peta Parameter Kerawanan Banjir Rob

Peta tingkat kerawanan banjir rob disusun melalui integrasi beberapa parameter fisik dan lingkungan, yaitu ketinggian lahan, kemiringan lereng, penggunaan lahan, serta jarak dari garis pantai dengan menggunakan metode *weighted overlay* berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG). Setiap parameter terlebih dahulu diklasifikasikan dan diberikan skor sesuai dengan tingkat pengaruhnya terhadap potensi terjadinya genangan rob. Selanjutnya, proses overlay dilakukan untuk menghasilkan nilai komposit yang merepresentasikan variasi tingkat kerawanan banjir rob secara spasial di wilayah Kecamatan Cilincing. Nilai komposit tersebut kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga kelas kerawanan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi, guna memudahkan analisis distribusi risiko banjir rob.

Berdasarkan hasil pemetaan kerawanan banjir rob, sebaran spasial menunjukkan adanya perbedaan tingkat risiko yang cukup jelas di wilayah Kecamatan Cilincing. Zona dengan tingkat kerawanan tinggi (warna merah) tampak terkonsentrasi di sepanjang wilayah pesisir bagian utara yang berbatasan langsung dengan laut, mengindikasikan area yang sangat rentan terhadap genangan rob akibat pengaruh pasang laut dan elevasi lahan yang relatif rendah. Zona kerawanan sedang (warna kuning) mendominasi bagian tengah wilayah penelitian, mencerminkan area transisi yang masih berpotensi terdampak rob namun dengan intensitas yang lebih rendah. Sementara itu, zona kerawanan rendah (warna hijau) lebih banyak dijumpai di bagian selatan, yang umumnya memiliki elevasi lebih tinggi dan jarak yang lebih jauh dari garis pantai, sehingga relatif lebih aman dari ancaman banjir rob. Pola spasial ini menunjukkan adanya gradasi risiko dari utara

ke selatan yang dipengaruhi oleh faktor kedekatan pantai dan kondisi topografi wilayah.

Tabel 4.5 Kerawanan Banjir Rob

No.	Tingkat Kerawanan	Luas (Ha)	Persentase (%)	Nilai
Potensi				
1	Banjir Rob Rendah	2136,27	52,66	5
2	Banjir Rob Sedang	1810,71	44,63	2
3	Banjir Rob Tinggi	110,03	2,71	1
Total		4057,01	100,00	

Berdasarkan hasil pemrosesan data akhir yang disajikan pada Tabel 4.5 secara kuantitatif, hasil klasifikasi tingkat kerawanan banjir rob menunjukkan bahwa kelas kerawanan rendah merupakan kategori terluas dengan cakupan area sebesar 2.136,27 ha atau sekitar 52,66% dari total wilayah penelitian. Kelas kerawanan sedang menempati urutan kedua dengan luas sebesar 1.810,71 ha atau 44,63%, yang menunjukkan bahwa hampir setengah wilayah Kecamatan Cilincing berada pada tingkat kerawanan menengah terhadap banjir rob. Adapun kelas kerawanan tinggi memiliki luasan paling kecil, yaitu sebesar 110,03 ha atau hanya sekitar 2,71% dari total area. Meskipun secara luasan relatif kecil, keberadaan zona kerawanan tinggi tetap perlu mendapatkan perhatian khusus karena umumnya berada di kawasan pesisir yang padat aktivitas dan berpotensi mengalami dampak rob yang signifikan.

3.2 Pembahasan

Kecamatan Cilincing didominasi oleh topografi agak curam (15-25%) seluas 504,88 hektar, namun secara kolektif 33,95% wilayahnya masih tergolong datar hingga landai yang ideal untuk pemukiman tetapi rentan terhadap genangan (Sinaga, 2025; Santoso *et al.*, 2019). Dalam analisis kerawanan, wilayah landai diberikan skor tertinggi karena morfologi yang datar berbanding lurus dengan risiko akumulasi air, sehingga memerlukan sistem drainase makro yang terintegrasi (Hani'ah *et al.*, 2018; Ginting & PSDA, 2025). Faktor alami seperti tanah yang jenuh air diperparah oleh aktivitas manusia berupa eksploitasi air tanah yang memicu penurunan muka tanah (*land subsidence*), menyebabkan sistem drainase konvensional kehilangan efektivitasnya dalam mengalirkan air ke laut (Iskandar *et al.*, 2025; Chairani *et al.*, 2024).

Dari sisi ketinggian lahan, mayoritas wilayah berada pada elevasi di atas 4 meter (39,01%), sementara zona paling kritis dengan ketinggian 0–1 meter mencakup 5,04% luas wilayah. Meskipun sebagian besar lahan relatif tinggi, hampir setengah kawasan Cilincing (41,91%) berada pada elevasi rendah hingga sedang (1–3 meter) yang sangat rentan terhadap fluktuasi air laut (Pratiwi, 2011; Ginting, 2015). Penilaian skor memberikan prioritas pada elevasi terendah karena hubungan terbalik antara ketinggian dan risiko inundasi (Marwiji, 2022). Namun, laju *land subsidence* yang berkelanjutan secara bertahap mereduksi margin keamanan elevasi tersebut terhadap pasang air laut global (Okta *et al.*, 2022).

Penggunaan lahan di Cilincing didominasi oleh badan air (54,33%) dan kawasan permukiman padat (45,00%), yang mengonfirmasi karakter wilayah ini sebagai kawasan pesisir dengan tekanan antropogenik tinggi (Nuraeni, 2018; Zikri, 2022). Minimnya vegetasi dan dominasi permukaan kedap air pada area permukiman menghambat infiltrasi alami dan mempercepat laju penurunan muka tanah akibat beban bangunan (Bariq, 2025; Widjono, 2023). Kondisi ini menyebabkan jaringan kanal drainase justru sering menjadi jalur masuknya intrusi air laut ke daratan, sehingga genangan rob sulit dihindari saat pasang mencapai puncaknya (Fynnisa *et al.*, 2024; Wu *et al.*, 2024).

Mengenai parameter jarak dari pantai, sekitar 83,46% wilayah Cilincing berada pada zona aman di atas 1.000 meter, sementara area terdekat (<250 m) yang paling berisiko abrasi hanya mencakup proporsi kecil (Cahyati, 2020; Ridwan, 2023). Walaupun mayoritas wilayah secara geografis jauh dari garis pantai, ancaman genangan tetap signifikan karena air laut dapat menjangkau daratan melalui jaringan sungai dan kanal yang buruk (Arvi *et al.*, 2025; Maryono, 2020). Gradien kerentanan fisik ini menunjukkan bahwa zonasi berbasis jarak merupakan indikator penting dalam strategi proteksi pesisir meski faktor penurunan tanah tetap menjadi variabel pengganggu yang dominan (Purwanto *et al.*, 2021).

Hasil integrasi seluruh parameter melalui metode *weighted overlay* menunjukkan bahwa kerawanan banjir rob di Cilincing didominasi oleh kelas rendah (52,66%) dan sedang (44,63%). Kelas kerawanan tinggi hanya mencakup 2,71% (110,03 hektar), namun zona ini memiliki dampak krusial karena berasosiasi langsung dengan elevasi sangat rendah dan jarak terdekat ke garis pantai (Ridwan, 2023). Pola spasial ini menegaskan bahwa akumulasi risiko tidak tersebar merata, melainkan terkonsentrasi pada area dengan karakteristik fisik yang paling rentan secara morfologis dan hidrologis (Wijaya, 2017; Mardiatno & Marfai, 2021).

Temuan penelitian menunjukkan bahwa sekitar 63,1 ha kawasan permukiman berada pada zona kerawanan tinggi, meskipun luasan kelas kerawanan tinggi relatif kecil. Hal ini menegaskan bahwa risiko banjir rob tidak hanya dipengaruhi oleh luas wilayah terdampak, tetapi juga oleh jenis penggunaan lahan yang terpapar, khususnya permukiman yang memiliki sensitivitas sosial dan lingkungan tinggi (Budiharso & Momongan, 2023). Analisis *intersection* menunjukkan bahwa sekitar 26% dari total luas permukiman berada pada kelas kerawanan tinggi, sehingga memerlukan prioritas mitigasi melalui penguatan perlindungan pesisir dan strategi adaptasi yang sesuai (Sigalingging, 2025; Tressa, 2025). Temuan ini juga berimplikasi pada kebijakan AMDAL, di mana peta kerawanan dapat dimanfaatkan sebagai dasar identifikasi potensi dampak serta perumusan arahan pengelolaan lingkungan di wilayah pesisir (Pasaribu *et al.*, 2025).

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis spasial mengenai pemetaan kerawanan banjir rob di Kecamatan Cilincing, Jakarta Utara, dapat ditarik kesimpulan bahwa karakteristik parameter fisik wilayah menunjukkan tingkat kerentanan yang bervariasi. Wilayah ini didominasi oleh elevasi rendah (1–2 meter) serta penggunaan lahan berupa badan air (54,33%) dan permukiman padat (45,00%). Jarak dari garis pantai juga menjadi faktor penentu, di mana meskipun 83,46% wilayah berada pada jarak lebih dari 1.000 meter, zona kritis dengan jarak kurang dari 250 meter tetap menjadi area dengan eksposur risiko tertinggi. Hasil integrasi parameter menunjukkan bahwa tingkat kerawanan banjir rob di Kecamatan

Cilincing terbagi ke dalam tiga kategori, yaitu potensi rendah seluas 2.136,27 ha (52,66%), potensi sedang seluas 1.810,71 ha (44,63%), dan potensi tinggi seluas 110,03 ha (2,71%) yang terkonsentrasi di sepanjang pesisir utara. Meskipun kelas potensi tinggi merupakan zona dengan luasan terkecil, hasil analisis lanjutan menunjukkan bahwa area ini beririsan langsung dengan kawasan permukiman seluas 63,1 ha (26% dari seluruh luas permukiman), sehingga menegaskan bahwa dampak banjir rob tidak hanya ditentukan oleh besarnya luasan wilayah terdampak, tetapi juga oleh fungsi penggunaan lahan, serta dipengaruhi oleh fenomena penurunan muka tanah (*land subsidence*) dan kenaikan muka air laut.

4.2 Saran

Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan mengintegrasikan pemodelan hidrodinamika laut yang lebih kompleks, seperti simulasi kenaikan muka air laut jangka panjang (skenario 25–50 tahun) dan analisis data pasang surut real-time untuk mendapatkan akurasi genangan yang lebih dinamis. Selain itu, penggunaan data penginderaan jauh dengan resolusi spasial yang lebih tinggi serta penyertaan variabel laju penurunan muka tanah (*land subsidence*) secara detail per wilayah sangat disarankan untuk memperkuat presisi pemetaan kerentanan di masa depan.

5. Daftar Pustaka

- Adiningsih, A. W. 2023. Analisis Adaptasi Masyarakat Terdampak Banjir Rob Di Desa Randusanga Kulon, Kecamatan Brebes, Kabupaten Brebes Berbasis Ekosistem Pesisir (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Sultan Agung Semarang).
- Alamsyah, B., Nuraini, C., Dan Suwarno, B. 2022. Strategi Manajemen Mitigasi Bencana Pesisir Pantai Timur Sumatera Utara. Publik Penerbit Unpri Press, 1-81.
- Andre, V. 2026. Peran Perencanaan Tata Ruang Dalam Mengurangi Dampak Kenaikan Permukaan Laut Di Provinsi Lampung (Doctoral Dissertation, Universitas Lampung).
- Anfuso, G., Postacchini, M., Di Luccio, D., Dan Benassai, G. 2021. Coastal Sensitivity/Vulnerability Characterization And Adaptation Strategies: A Review. *Journal Of Marine Science And Engineering*, 9(1), 72.
- Aning Haryati, S. T., Dan Juan Andrian, S. T. 2023. Dinamika Risiko Banjir: Studi Kasus Kota Bandung Dengan Pendekatan Geospasial. Mega Press Nusantara.
- Ariadi, H. 2023. Dinamika Wilayah Pesisir. Universitas Brawijaya Press.
- Ariadi, H. 2023. Dinamika Wilayah Pesisir. Universitas Brawijaya Press.
- Arief, S. M., Siburian, R. H., Murdjoko, A., Dan Wurarah, R. N. 2020. Karbon Biru Dan Ekosistem Mangrove: Fondasi Untuk Keberlanjutan Lingkungan Pesisir. Penerbit Adab.
- Armijon, A., Setyanto, S., Dan Welly, M. 2016. Analisis Dan Identifikasi Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Non Alami Di Perkotaan Kabupaten/Kota Provinsi Lampung.
- Arvi, M. D., Sibarani, R. M. Y., Tanjung, Y. I., Dan Fairuz, T. 2025. Analisis Faktor Penyebab Bencana Banjir Di Kota-Kota Besar Indonesia: Studi Kasus Analisis Banjir Berbasis Literasi. *Indonesian Journal Of Emerging Trends In Community Empowerment*, 3(1), 1-8.
- Asri, H., Jarir, D. V., Kamaruddin, K., Dan Irma, I. 2025. Strategi Penanganan Abrasi Berbasis Analisis Spasial Di Pesisir Pantai Kecamatan Wonomulyo, Kabupaten Polewali Mandar. *The Niké Journal*, 13(1).
- Azevedo De Almeida, B., Dan Mostafavi, A. 2016. Resilience Of Infrastructure Systems To Sea-Level Rise In Coastal Areas: Impacts, Adaptation Measures, And Implementation Challenges. *Sustainability*, 8(11), 1115.
- Bariq, M. W. 2025. Analisis Nitrat Dan Nitrit Terhadap Kerentanan Kualitas Air Tanah Di Kecamatan Kraton, Kota Yogyakarta Menggunakan Metode Susceptibility Index (SI) (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Indonesia).
- Budiharso, A. S., dan Momongan, A. J. 2023. Kajian Topographic Wetness Index (TWI) Untuk Mengetahui Potensi Bahaya Banjir Di Kota Manado. *Journal Geological Processes, Risks, And Integrated Spatial Modeling*, 1(01), 1-11.
- Cahyati, F. 2020. Analisis Tingkat Kerusakan Pantai Akibat Bencana Abrasi Di Kabupaten Bengkalis (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Riau).
- Chairani, C., Agustina, P. P. S., dan Budiharto, W. I. 2024. Adaptasi Masyarakat Pesisir Jakarta Utara Terhadap Fenomena Penurunan Muka Tanah Dan Banjir Rob. *Gender, Human Development, And Economics*, 1(1), 28-40.
- Chairani, C., Agustina, P. P. S., dan Budiharto, W. I. 2024. Adaptasi Masyarakat Pesisir Jakarta Utara Terhadap Fenomena Penurunan Muka Tanah Dan Banjir Rob. *Gender, Human Development, And Economics*, 1(1), 28-40.
- Choirunisa, A. K., dan Giyarsih, S. R. 2016. Kajian Kerentanan Fisik, Sosial, Dan Ekonomi Pesisir Samas Kabupaten Bantul Terhadap Erosi Pantai. *Jurnal Bumi Indonesia*, 5(4).
- Douglas, I. 2017. Flooding In African Cities, Scales Of Causes, Teleconnections, Risks, Vulnerability And Impacts. *International Journal Of Disaster Risk Reduction*, 26, 34-42.
- Dundu, D. R. 2021. Analisis Indeks Kerentanan Kawasan Pesisir Kecamatan Mangarabombang Kabupaten Takalar= Analysis Of The Vulnerability Index For Coastal Areas, Mangarabombang District, Takalar Regency (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Fynnisa, Z., Nugroho, E. D., Sakaria, F. S., Juniatioko, R., Sinurat, J., Polapa, F. S., ... dan Setyono, B. D. H. 2024. Ekologi Perairan. Penerbit Widina.
- Ginting, S. E. G. E. L. 2015. Kajian Dan Efektivitas Pengendalian Banjir Di DKI Jakarta. Institut Teknologi Bandung.
- Ginting, S., dan PSDA, M. 2025. Efektivitas Strategi Pengendalian Banjir Di Kawasan Perkotaan. Penerbit Adab.
- Hani'ah, H. A., Suprayogi, A., dan Sukmono, A. 2018. Analisis Tingkat Kerawanan Banjir Di Kabupaten Sampang Menggunakan Metode Overlay Dengan Scoring Berbasis Sistem Informasi Geografis (Doctoral Dissertation, Universitas Diponegoro).
- Hastuti, H. 2023. Analisis Indeks Kerentanan Di Kawasan Pesisir Kecamatan Batang Dan Kecamatan Tarawang Kabupaten Jenepono (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Hidayah, A. 2021. Kajian Kesesuaian Penggunaan Lahan Terhadap Bencana Hidrometeorologi Di Pulau Bengkalis (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Riau).
- Iskandar, A., Makarim, C. A., dan Chandra, T. K. 2025. Studi Kasus Penurunan Muka Tanah Dan Muka Air Tanah Di Jakarta Pusat Tahun 2010-2022. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 549-558.
- Java, C. O. T. R. E. 2023. Pemodelan Spasial Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut Di Pesisir Selatan Kabupaten Tulungagung Jawa Timur.
- Juwono, P. T., dan Subagiyo, A. 2017. Ruang Air Dan Tata Ruang: Pendekatan Teknis Keairan Dan Pembangunan Berkelanjutan Dalam Penanganan Banjir Perkotaan. Universitas Brawijaya Press.
- Juwono, P. T., dan Subagiyo, A. 2019. Integrasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Dengan Wilayah Pesisir. Universitas Brawijaya Press.
- Kusumo, P., dan Nursari, E. 2016. Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis Pada DAS Cidurian Kab. Serang, Banten. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 1(1).
- Lufira, R. D., dan Asri, C. 2021. Pengelolaan Drainase Kota Berkelanjutan. Universitas Brawijaya Press.
- Mangunjaya, F. 2015. Mempertahankan Keseimbangan: Perubahan Iklim, Keanekaragaman Hayati, Pembangunan Berkelanjutan, Dan Etika Agama. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Mangunjaya, F. 2015. Mempertahankan Keseimbangan: Perubahan Iklim, Keanekaragaman Hayati, Pembangunan Berkelanjutan, Dan Etika Agama. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Mardiatno, D., dan Marfai, M. A. 2021. Analisis Bencana Untuk Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (Das): Studi Kasus Kawasan Hulu Das Comal. Ugm Press.
- Marfai, M. A. 2018. Banjir Pesisir: Kajian Dinamika Pesisir Semarang. Ugm Press.
- Mirzaq, M. R. 2024. Arahan Mitigasi Banjir Di Daerah Aliran Sungai Pareman (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Noor, M., dan Sulaeman, Y. 2022. Pemanfaatan Dan Pengelolaan Lahan Rawa: Kearifan Kebijakan Dan Keberlanjutan. Ugm Press.
- Nuraeni, N. S. Analisis Abrasi Pantai Dengan Menggunakan Penginderaan Jauh (Studi Kasus Di Pantai Marunda Kelurahan Marunda Kecamatan

- Cilincing Provinsi DKI Jakarta) (Bachelor's Thesis, Jakarta: Fakultas Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan UIN Syarif Hidayatullah).
- Nurhidayati, E. 2021. Kebertahanan Permukiman Di Tepian Air Kota Pontianak. Deepublish.
- Okta, E. V., Widyatama, A. A., Utomo, B., dan Wilayah, D. P. 2022. Prediksi Penurunan Muka Air Tanah Terhadap Banjir Rob Di Kawasan Pesisir Kota Jakarta. *Jurnal Penataan Ruang*, 17(2), 98-109.
- Pangerang, A. R. A. A. 2024. Model Penetapan Prioritas Penanganan Berdasarkan Status Kerentanan Bencana Hidrometeorologi Studi Kasus Sub-Das Jeneberang, Provinsi Sulawesi Selatan (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Pasaribu, J. M., Prasasti, I., dan Sofan, P. 2015. Penurunan Muka Tanah Dan Hubungannya Dengan Daerah Rawan Banjir Di Jakarta.
- Pasaribu, P. H., Hasibuan, S. R., dan Vientiany, D. 2025. Aspek Dampak Lingkungan Hidup. *Jurnal Ilmiah Nusantara*, 2(2), 192-203.
- Patton, A., Salim, G., Prakoso, L. Y., Prihantoro, K., Pramono, B., Indarjo, A., Dan Feber, W. 2021. Strategi Pertahanan Melalui Optimalisasi Kesejahteraan Masyarakat Pesisir Perbatasan. Syiah Kuala University Press.
- Pratiwi, D. R. 2011. Adaptasi Penataan Ruang Terhadap Risiko Kenaikan Muka Air Laut (Sea Level Rise) Di Jakarta Utara. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 22(2), 129-144.
- Pratiwi, D. R. 2011. Adaptasi Penataan Ruang Terhadap Risiko Kenaikan Muka Air Laut (Sea Level Rise) Di Jakarta Utara. *Jurnal Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 22(2), 129-144.
- Purwanto, N. I., Poluan, R. J., dan Takumansang, E. D. 2017. Perencanaan Wilayah Pesisir Berbasis Mitigasi Bencana Di Kecamatan Sanana Kabupaten Kepulauan Sula Provinsi Maluku Utara. *Spasial*, 4(3), 1-8.
- Putra, I. M. 2023. Pengembangan Wilayah. Prokreatif Media.
- Putra, I. M. 2023. Pengembangan Wilayah. Prokreatif Media.
- Putra, R. D., dan Marfai, M. A. 2024. Analisis Kerentanan Banjir Rob Berdasarkan Skenario Perubahan Iklim Di Pesisir Utara Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(1): 42-54.
- Putri, S. B., Meirany, J., Pratiwi, N. N., Lestari, A. D., dan Danial, M. M. 2023. Pemetaan Daerah Rawan Bencana Dalam Upaya Mitigasi Bencana Berbasis Gis Di Kecamatan Sungai Raya Kepulauan Kabupaten Bengkayang Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Zona Laut Jurnal Inovasi Sains Dan Teknologi Kelautan*, 4(2): 171-181.
- Ramadhan, P., Widada, S., dan Subardjo, P. 2015. Dampak Kenaikan Muka Laut Terhadap Genangan Rob Di Kecamatan Pademangan, Jakarta Utara. *Journal Of Oceanography*, 4(1): 159-165.
- Ramadhan, P., Widada, S., dan Subardjo, P. 2015. Dampak Kenaikan Muka Laut Terhadap Genangan Rob Di Kecamatan Pademangan, Jakarta Utara. *Journal Of Oceanography*, 4(1): 159-165.
- Ridwan, R. J. 2023. Analisis Indeks Kerentanan Di Kawasan Pesisir Kecamatan Bangkala Kabupaten Jeneponto= Coastal Area Vulnerability Index Analysis, Bangkala Sub-District, Jeneponto Regency (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Sampouw, A. R. 2022. Arahkan Pemanfaatan Lahan Kawasan Sekitar Kawasan Ekonomi Khusus Likupang Provinsi Sulawesi Utara (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Santoso, S., Rudiarto, I., dan Luqman, Y. 2019. Arahkan Penataan Kawasan Permukiman Di Kota Palu Berdasarkan Kesesuaian Lahan Permukiman Terhadap Potensi Bencana Dan Kerentanan Sosial Ekonomi (Doctoral Dissertation, School Of Postgraduate).
- Sauda, R. H., dan Nugraha, A. L. 2019. Kajian Pemetaan Kerentanan Banjir Rob Di Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1): 466-474.
- Sauda, R. H., dan Nugraha, A. L. 2019. Kajian Pemetaan Kerentanan Banjir Rob Di Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1): 466-474.
- Sibuea, H. R. 2023. Analisis Sistem Drainase Sebagai Pengendali Banjir Dan Genangan Pada Das Citarik (Doctoral Dissertation, Universitas Komputer Indonesia).
- Sigalingging, A. S. 2025. Adaptasi Kebijakan Pembangunan Berkelanjutan Terhadap Risiko Banjir Rob Di Wilayah Pesisir Belawan.
- Sinaga, S. W. 2025. Analisis Ketimpangan Distribusi Pendapatan Antarwilayah Di Indonesia. Circle Archive, 1(7).
- Sugandhi, N. 2021. Peta Kerentanan Banjir Rob Di Wilayah Jakarta Utara.
- Sugandhi, N. 2021. Peta Kerentanan Banjir Rob Di Wilayah Jakarta Utara.
- Suhelmi, I. R., dan Prihatno, H. 2014. Model Spasial Dinamik Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut Di Pesisir Semarang (Spatial Dynamic Model Of Inundated Area Due To Sea Level Rise At Semarang Coastal Area). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 21(1), 15-20.
- Telianda, A. 2022. Penentuan Penyebab Terjadi Genangan Air Hujan Pada Lokasi Perumahan Sidomulyo (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Riau).
- Tirani, P. A. 2016. Analisis Limpasan Air Permukaan (Surface Run-Off) Lapangan Golf Rawamangun Terhadap Banjir Di Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Kelurahan Rawamangun, Kecamatan Pulogadung, Jakarta Timur (Doctoral Dissertation, UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA).
- Toosi, G. 2023. Influence Of Vegetation In The Flood Drainage Ditch. *Aquatic*, 13, 14.
- Tressa, R. 2025. Kebijakan Pembangunan Berketahanan Iklim Di Indonesia: Pilar-Pilar Strategis Menuju Zero Net Emissions. *Perubahan Iklim Dan Pembangunan Berkelanjutan*, 87.
- Utari, D. 2021. Analisa Pengaruh Urban Compactness Terhadap Tingkat Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Di Kota Pekanbaru (Studi Kasus: Kecamatan Pekanbaru Kota) (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Riau).
- Waluyo, F. A., dan Wardhani, M. K. 2021. Perencanaan Wilayah Pesisir Berbasis Mitigasi Bencana Tsunami Studi Kasus Di Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 2(3), 226-235.
- Wibowo, A. 2022, June. Translating Gpdr Undrr 2022, Sendai Framework, And The Bali Agenda For Resilience Into Action: Mangrove-Nature Based Solutions And Local Wisdom In Mitigating Sea Level Rise Flood Disasters In Indonesia.
- Widjono, A. S. 2023. Penataan Permukiman Pesisir Berbasis Mitigasi Bencana Dengan Settlement Growth Line Di Kelurahan Tallo= Arrangement Of Coastal Settlements Based On Disaster Mitigation With Settlement Growth Line In Tallo Village (Doctoral Dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Wijaya, A. (2017). Analisis Dinamika Pola Spasial Penggunaan Lahan Pada Wilayah Terdampak Kenaikan Muka Air Laut Di Kota Pekalongan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Wu, Y., Zhang, W., Hu, X., Lu, C., dan Gao, S. 2024. Unravelling Increasing Flood Hazard And Influential Factors In A Tidal River. *Natural Hazards*, 120(5), 4083-4100.
- Wulandari, S. 2020. Ekosistem Perairan. Alprin.
- Xu, Y. S., Shen, S. L., Ren, D. J., dan Wu, H. N. 2016. Analysis Of Factors In Land Subsidence In Shanghai: A View Based On A Strategic Environmental Assessment. *Sustainability*, 8(6), 573.
- Yulianto, V., Subardjo, P., dan Rochaddi, B. 2014. Penentuan Daerah Reklamasi Dilihat Dari Genangan Rob Akibat Pengaruh Pasang Surut Di Jakarta Utara. *Journal Of Oceanography*, 3(4), 493-503.
- Zikri, M. 2022. Analisis Strategi Pengembangan Kawasan Pesisir Berdasarkan Konsep Waterfront City (Studi Kasus Kota Tanjungpinang) (Doctoral Dissertation, Universitas Islam Riau).
- Zulfakar, Z., Suripin, S., dan Buchori, I. 2013. Pemodelan Optimasi Guna Lahan Untuk Pengendalian Banjir Perkotaan (Studi Kasus: Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur) (Doctoral Dissertation, Diponegoro University).