

PEMODELAN SPASIAL GENANGAN BANJIR ROB PADA PENGGUNAAN LAHAN AKIBAT KENAIKAN AIR LAUT

Studi Kasus di Jakarta Utara

(Spatial modeling of tidal flood inundation on land use due to sea level rise Identification :
A Case Study in North Jakarta)

Arip Priatna¹, Vita Elysia¹

¹Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka
Jl. Pd. Cabe Raya, Pd. Cabe Udik, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten
E-mail: arip.priatna.rip@gmail.com

Diterima: 17 September 2025; Direvisi: September 2025; Disetujui untuk Dipublikasikan:

ABSTRAK

Kenaikan muka air laut telah menyebabkan terjadinya banjir rob di wilayah pesisir Jakarta Utara. Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan secara spasial genangan banjir rob serta mengidentifikasi luas wilayah terdampak berdasarkan penggunaan lahan di enam kecamatan di Jakarta Utara. Data yang digunakan meliputi *Digital Elevation Model* (DEM) dan data pasang-surut terkini, yang diolah menggunakan perangkat *Geographic Information System* (GIS). Hasil analisis DEM menunjukkan bahwa seluas 1183,22 ha atau 8,49% dari total wilayah Jakarta Utara berada pada elevasi antara -4 hingga 0 meter di atas permukaan laut (mdpl). Sementara itu, hasil analisis pasang-surut menunjukkan elevasi tertinggi muka air laut atau *Highest High Water Level* (HHWL) berada pada ketinggian 0,6 meter, sehingga daerah dengan elevasi -4 hingga 0,6 meter dapat diklasifikasikan sebagai zona wilayah kritis. Dengan menggabungkan hasil kedua analisis tersebut, diperoleh estimasi bahwa seluas 2896,28 ha atau 23,93% wilayah Jakarta Utara sebagai wilayah kritis yang berpotensi terdampak genangan banjir rob. Penelitian ini juga mengidentifikasi daerah yang tergenang berdasarkan klasifikasi penggunaan lahannya. Jenis penggunaan lahan yang paling banyak terdampak adalah ruang terbuka hijau (RTH), hutan mangrove, lahan kosong, kawasan permukiman, industri, dan pertanian. Sementara itu, lahan dengan penggunaan budaya, laboratorium, dan perikanan merupakan yang paling sedikit terdampak. Temuan ini menjadi dasar untuk merumuskan strategi mitigasi bencana dan adaptasi perencanaan kota, khususnya pada zona wilayah kritis dalam pembangunan infrastruktur pengendali banjir seperti pembangunan giant sea wall, pembangunan waduk pengendali banjir di Jakarta Utara dan sistem pompa air real time berdasarkan sensor data pasang surut guna meminimalkan dampak banjir rob di masa mendatang.

Kata kunci: Banjir Rob, Geospasial, Digital Elevation Model, Pasang-Surut, Perencanaan Wilayah dan Kota

ABSTRACT

Sea level rise has led to tidal flooding (rob) in the coastal areas of North Jakarta. This study aims to develop a spatial model of tidal flood inundation and to identify the extent of affected areas based on land use across six sub-districts in North Jakarta. The data utilized include a Digital Elevation Model (DEM) and the latest tidal data, both processed using Geographic Information System (GIS). The DEM analysis indicates that approximately 1183.22 ha or 8.49% of North Jakarta lies at an elevation between -4 and 0 meters above sea level. Meanwhile, tidal analysis shows the Highest High Water Level (HHWL) reaches an elevation of 0.6 meters, so that areas with an elevation of -4 to 0.6 meters are classified as critical zones. By integrating the results of both analyses, it is estimated that 2896.28 ha or 23.93% of North Jakarta area is critical area that has potentially affected by tidal flood inundation. This study also identified flooded areas based on land use classification. The most affected land use types include green open spaces (GOS), mangrove, vacant land, residential, industrial, and agricultural land. In contrast, land for cultural, laboratory, and fisheries purposes is the least affected. These findings serve as a basis for formulating disaster mitigation strategies and urban planning adaptation, particularly in critical areas for flood control infrastructure development, such as the the construction of giant sea walls, the construction of flood control reservoirs in North Jakarta, and a real-time water pumping system based on tidal data sensors with the aim of reducing the areas impacted by tidal flooding in the future.

Keywords: Tidal Flood, Geospasial, Digital Elevation Model, Tides, Urban and Regional Planning

PENDAHULUAN

Pemanasan global telah menyebabkan perubahan iklim yang signifikan di berbagai belahan

dunia, menurut *International Panel On Climate Change* (IPCC) gejala perubahan iklim menunjukkan terjadi peningkatan suhu udara dan lautan secara global dengan temperatur rata-rata

global akan terus meningkat antara 1,1-6,4°C, sementara temperatur rata-rata di Indonesia secara linear menunjukkan peningkatan 0,8°C dari tahun 2000 – 2021 (Ainurrohman & Sudarti, 2022). Perubahan iklim mengakibatkan peningkatan frekuensi kejadian cuaca ekstrem, banjir, cuaca buruk dan angin kencang. Dampaknya sangat dirasakan oleh masyarakat di Pulau Jawa, mengingat wilayah ini merupakan salah satu daerah dengan jumlah penduduk terpadat di Indonesia. Oleh karena itu, mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim menjadi sangat penting untuk mengurangi risiko bencana serta meningkatkan ketahanan wilayah pesisir terhadap ancaman banjir rob (Nurlatifah et al., Hatmaja, & Rakhman, 2023). membuat mitigasi dan adaptasi perubahan iklim menjadi penting untuk mengurangi resiko bencana, meningkatkan ketahanan wilayah pesisir dari ancaman Banjir Rob (Nurlatifah et al., 2023). Salah satu dampak nyata dari perubahan iklim di wilayah pesisir adalah kenaikan muka air laut (*sea level rise*) yang menjadi pemicu terjadinya banjir rob, terutama di wilayah pesisir seperti yang terjadi di pesisir Cirebon nilai muka air laut sebesar 0,4 meter pada bulan Mei 2022 (Pangastuti et al., 2024). Banjir rob atau banjir pasang merupakan fenomena limpasan air laut yang menggenangi wilayah pesisir dengan elevasi rendah terjadi saat air laut pasang (Sauda et al., 2019). Banjir rob yang ekstrem dapat terjadi akibat kombinasi antara pasang surut, gelombang badai, dan gelombang pasang, yang secara kumulatif dapat menyebabkan kerugian besar terhadap kehidupan manusia dan properti (Duong et al., 2024).

Selain genangan sementara yang disebabkan oleh air laut, banjir rob juga erat kaitannya dengan fase bulan purnama, di mana posisi matahari dan bulan sejajar dengan bumi, meningkatkan gaya gravitasi yang memicu pasang tertinggi. Kondisi genangan ini dapat berlangsung selama beberapa hari dan mengganggu aktivitas masyarakat, terutama di kawasan permukiman dan sentra ekonomi. Mengingat sekitar 10% populasi dunia tinggal di kawasan pesisir dataran rendah, adaptasi dan perlindungan terhadap masyarakat di wilayah ini menjadi sangat penting (Duong et al., 2024).

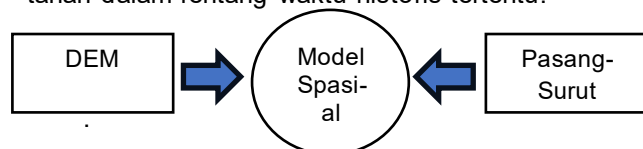
Di Indonesia, Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menegaskan bahwa perubahan iklim memperparah penurunan kualitas lingkungan hidup. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah perlindungan dan pengelolaan lingkungan yang adaptif dan berbasis data. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah pemodelan spasial dengan dukungan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk memetakan wilayah yang tergenang dan wilayah yang berpotensi tergenang akibat banjir rob. Pendekatan tentang pemodelan spasial dengan teknologi GIS ini pernah dilakukan Prayogo et al. (2015) pada Penelitian mengenai indeks kerentanan pantai terhadap kenaikan air laut dengan menggunakan Aplikasi Data Penginderaan Jauh untuk studi kasus Kota Semarang.

Penelitiannya menyimpulkan bahwa Pantai utara Kota Semarang adalah wilayah dengan tingkat kerentanan cukup tinggi terhadap kenaikan air laut karena karakteristik pantainya landau yang terdiri atas daratan alluvial (Prayogo et al., 2015)

Kota Jakarta Utara merupakan salah satu wilayah yang memiliki kerentanan tinggi terhadap banjir rob. Selain dipengaruhi oleh kenaikan muka air laut, wilayah ini juga mengalami penurunan muka tanah (*land subsidence*) akibat eksploitasi air tanah secara berlebihan dan pembangunan yang masif. Penurunan muka tanah menyebabkan tanah kehilangan daya dukung akibat berkurangnya tekanan air pori dalam tanah, yang pada akhirnya memperluas cakupan genangan rob (Wijaya et al., 2019). Kondisi ini juga berkorelasi dengan meningkatnya risiko intrusi air laut ke dalam akuifer, yang berdampak pada kualitas sumber air bersih masyarakat.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Fathul (2019) yang memodelkan ketinggian genangan banjir menggunakan data DEM dengan tiga skenario elevasi (50 cm, 100 cm, dan 150 cm), menunjukkan bahwa semakin tinggi permukaan pasang, semakin luas area terdampak. Sementara itu, Hidayah (2023) menyusun peta genangan banjir rob melalui analisis perbandingan antara data topografi (DEM) dan pasang-surut. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum banyak mengintegrasikan analisis elevasi muka tanah aktual dan data pasang-surut terkini secara simultan, serta belum membahas secara spesifik dampaknya terhadap penggunaan lahan di Jakarta Utara.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menjadi penting dilakukan terutama dalam konteks pemodelan spasial genangan banjir rob yang terjadi akibat fase purnama bulan November 2024 dengan mengintegrasikan dampaknya terhadap penggunaan lahan di enam kecamatan di Jakarta Utara. Pemodelan ini dilakukan dengan membandingkan data elevasi tanah (DEM) tahun 2024 dan data pasang-surut bulan November 2024, tanpa memasukkan variabel penurunan muka tanah dalam rentang waktu historis tertentu.



Gambar 1. Pengolahan Data Spasial Genangan Pesisir

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memetakan dan menganalisis hubungan antara pasang-surut air laut dengan elevasi muka tanah di wilayah Jakarta Utara, serta mengidentifikasi kondisi topografi wilayah, keterkaitannya dengan intensitas genangan banjir rob, dan jenis penggunaan lahan yang paling terdampak. Penelitian ini juga bertujuan untuk merumuskan strategi adaptasi yang relevan terhadap potensi kenaikan muka air laut dan penurunan muka tanah, sehingga hasilnya diharapkan dapat memberikan

kontribusi terhadap pengembangan kebijakan mitigasi yang tepat dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat mendorong pengembangan Kota Jakarta Utara yang lebih tangguh dan adaptif terhadap perubahan iklim serta mendukung pembangunan yang berkelanjutan.

METODE

Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di wilayah pesisir Jakarta Utara, yang mencakup enam kecamatan: Cilincing, Kelapa Gading, Koja, Pademangan, Penjaringan, dan Tanjung Priok. Secara astronomis, Jakarta Utara terletak pada koordinat 6°05'–6°11' Lintang Selatan dan 106°43'–106°59' Bujur Timur. Topografi wilayah ini relatif datar dan landai karena berbatasan langsung dengan Laut Jawa, menjadikannya rentan terhadap genangan akibat banjir rob. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2024, bertepatan dengan fase purnama yang berpotensi menyebabkan pasang laut tertinggi. Berikut peta lokasi penelitian **Gambar 2**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif - kuantitatif, yaitu dengan menggambarkan objek penelitian berdasarkan data

numerik yang diperoleh dari fenomena yang terjadi di lapangan secara objektif dan apa adanya (Syahrizal & Jailani, 2023). Data yang digunakan bersifat kuantitatif dan diperoleh secara tidak langsung melalui sumber sekunder. Sumber utama data berasal dari data *Digital Elevation Model Nasional* (DEMNAS) dari BIG (2024), dan data penggunaan lahan dari Pemerintah Provinsi DKI Jakarta melalui *platform* Jakarta Satu.

Selain variabel umum elevasi muka tanah dan penggunaan lahan, penelitian ini mengintegrasikan variabel inovatif frekuensi pasang surut harian yang diukur oleh stasiun pasang surut milik Sistem Referensi Geospasial Indonesia SRGI-BIG. Inovasi ini penting karena pasang surut harian memodulasi muka air pesisir secara periodik, sehingga genangan banjir rob tidak hanya dipicu oleh elevasi tetap tetapi juga dipengaruhi dinamika pasang surut. Data ini memungkinkan evaluasi risiko genangan pada skala harian maupun terhadap peristiwa pasang tertinggi, sehingga mendukung perumusan tindakan mitigasi yang lebih tepat waktu. Data **Tabel 1** ini kemudian dikombinasikan untuk mendukung pemodelan spasial wilayah terdampak banjir rob pada penggunaan lahan di Jakarta Utara. Berikut adalah variabel jenis dan sumber data yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 1..**



Gambar 2. Peta administrasi Kota Jakarta Utara

Tabel 1. Variabel Jenis Data yang digunakan

Data	Jenis	Sumber
DEMNAS	Sekunder	BIG
Data Rupa Bumi (RBI) Jakarta Utara	Sekunder	BIG
Pasang-Surut harian	Sekunder	SRGI-BIG
Batas Administrasi Jakarta Utara	Sekunder	BIG
Penggunaan Lahan	Sekunder	Jakarta Satu

Sumber: hasil pengolahan, 2024

Analisis Data

Tahap analisis data mencakup beberapa langkah utama. Pertama, dilakukan analisis elevasi menggunakan data DEMNAS untuk menentukan ketinggian muka tanah pada wilayah kajian. Data DEM, sebagai representasi digital topografi wilayah permukaan, menjadi dasar utama dalam pemodelan genangan banjir rob (Fathul, 2019). Kedua, dilakukan analisis pasang surut untuk mengetahui elevasi muka air laut tertinggi pada bulan November 2024, data pasang-surut harian dihimpun berdasarkan interval satu jam yang kemudian dilakukan proses *smoothing* menggunakan *Microsoft Excel* guna menghilangkan noise, data tersebut sebagai representasi kondisi ekstrem yang diambil dari hasil survei SRGI-BIG. Dengan menggunakan pendekatan *equilibrium* atau keseimbangan (Rahma & Della, 2022), pemodelan genangan dilakukan dengan membandingkan antara ketinggian muka tanah dan elevasi pasang maksimum guna mengidentifikasi area yang berpotensi tergenang (**Rumus 1**).

$E_m = E - h$(1)

dimana:

- E_m = Elevasi setelah kenaikan muka air laut
- E = Nilai elevasi asli dari peta DEM
- h = Kenaikan muka air laut (data pasang-surut)

Untuk mengetahui zona wilayah kritis dan zona wilayah aman dilakukan Adaptive Treshold dengan kelas daerah tergenang sebagai wilayah kritis dan daerah tidak tergenang sebagai wilayah aman (**Rumus 2**). Selanjutnya, dilakukan analisis *overlay* antara peta hasil pemodelan genangan dengan data penggunaan lahan untuk mengetahui jenis dan sebaran fungsi lahan yang terdampak, menggunakan fitur *Intersect* dalam perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) pada (**Rumus 3**). Terakhir, luas area yang berpotensi tergenang dihitung menggunakan fitur *Calculate Geometry* pada perangkat GIS. Fungsi *Calculate Geometry* pada *Attribut Table* ArcGis digunakan untuk menghitung total luas area yang berpotensi terhadap skenario genangan banjir rob (Tumawu et al., 2024). Hasil akhir dari proses ini adalah informasi kuantitatif mengenai luasan genangan banjir rob di tiap kecamatan di Jakarta Utara. Pendekatan analisis ini mengacu pada metode

yang digunakan oleh Fathul (2019) dan Gallien et al. (2011), yang secara komprehensif mengintegrasikan data topografi dan pasang surut dalam pemetaan risiko banjir pesisir. Selanjutnya dalam penelitian ini, pemetaan tersebut diintegrasikan dengan data penggunaan lahan untuk memahami kerentanan wilayah berdasarkan fungsi dan aktivitas manusi

$D_t = \{ 1 \text{ jika } E_m \leq 0 \text{ , } 0 \text{ jika } E_m > 0 \}$
(2)

dimana:

- D_t = Kelas daerah tergenang
- 1 = Tergenang
- 0 = Tidak tergenang

$D_{final} = D_t \wedge P_t$(3)

dimana:

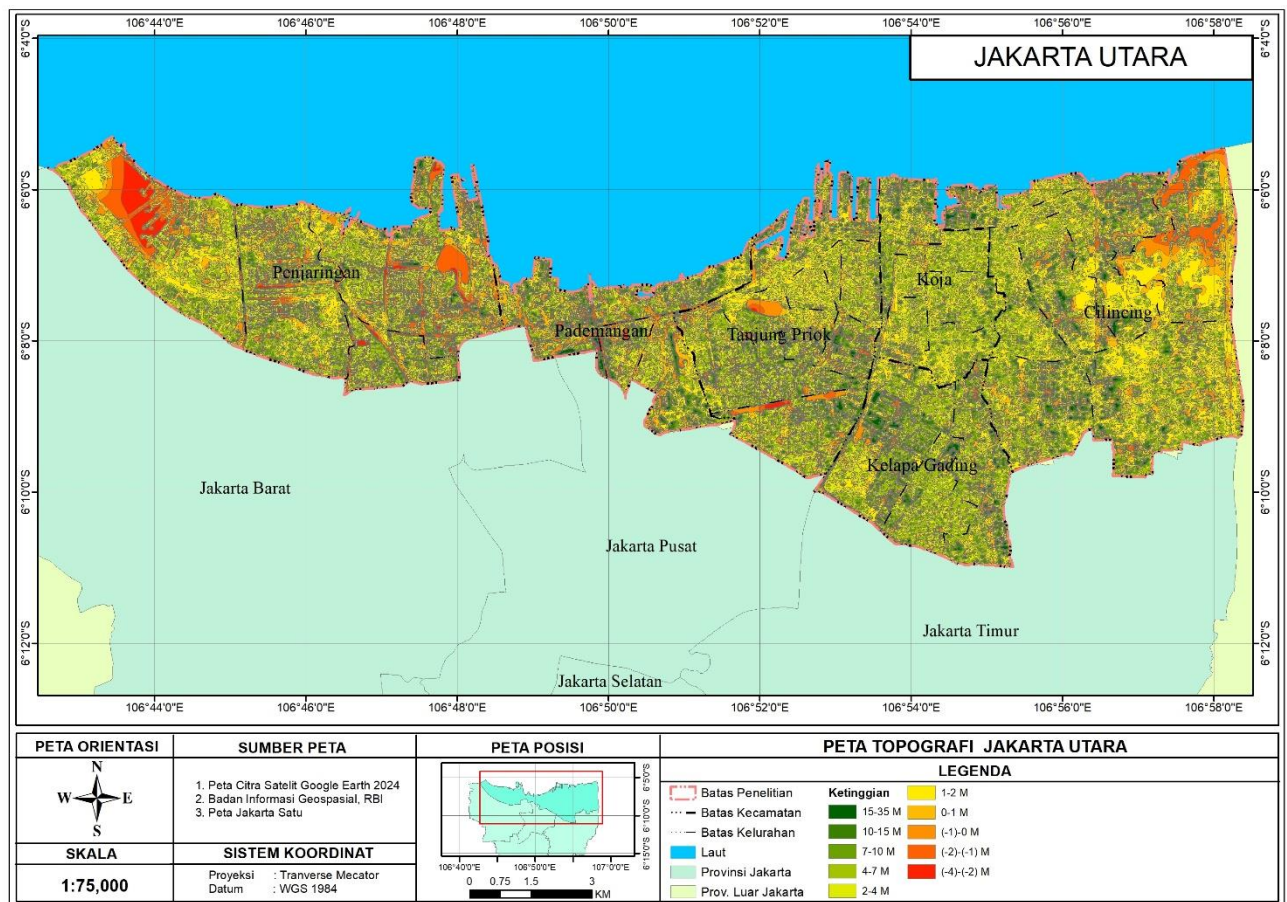
- D_{final} = Overlay daerah tergenang dengan Penggunaan lahan
- P_t = Penggunaan lahan sesuai kriteria (1=tergenang, 0=tidak tergenang)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis DEM (*Digital Elevation Model*)

Topografi merupakan representasi bentuk permukaan bumi, baik alami maupun buatan, yang mencerminkan variasi ketinggian, kemiringan, dan bentuk lereng. Wilayah pesisir, termasuk Jakarta Utara, umumnya memiliki topografi yang landai hingga datar dengan kemiringan yang cenderung menurun ke arah laut. Untuk memahami kondisi topografi secara kuantitatif, digunakan data *Digital Elevation Model* (DEM), yaitu representasi digital permukaan tanah yang memuat informasi koordinat X, Y, dan Z (elevasi) pada titik-titik tertentu (Sauda et al., 2019). Data ini dianalisis menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG), khususnya dalam bentuk pemodelan spasial untuk mengidentifikasi potensi genangan banjir rob.

Dalam penelitian ini, data ketinggian tanah diperoleh dari DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*) yang disusun oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS dengan interval ketinggian sebesar 1 meter. Untuk mengetahui elevasi muka tanah dilakukan analisis tekstur yang bertujuan untuk mengidentifikasi zona dataran rendah, lereng, dan perubahan elevasi yang signifikan menggunakan fitur tekstur dari citra DEM lalu diproyeksikan pada sistem koordinat WGS 1984 UTM Zona 48S. Proses identifikasi koreksi geometri dilakukan dengan metode Mosaic to New Raster antara data DEM dengan informasi kedalaman pada bentuk raster (Nugraha et al., 2023) . Hasil dari analisis ini digunakan untuk memetakan klasifikasi elevasi di enam kecamatan yang berada di wilayah administrasi Jakarta Utara. Data DEM ini sangat penting dalam pemodelan banjir rob, karena



Gambar 3. Peta topografi Kota Jakarta Utara.

memungkinkan identifikasi area yang berada di bawah atau mendekati elevasi muka air laut. **Gambar 3** menyajikan peta topografi Jakarta Utara yang menunjukkan sebaran ketinggian permukaan tanah. Ketinggian wilayah bervariasi antara -4 meter hingga 35 meter di atas permukaan laut (mdpl). Area yang berada di bawah permukaan laut umumnya terletak di sepanjang garis pantai dan ditunjukkan dengan warna merah hingga oranye, sedangkan area yang lebih tinggi (berwarna hijau dan kuning) terletak lebih jauh dari laut.

Berdasarkan hasil klasifikasi ketinggian, diketahui bahwa Jakarta Utara memiliki wilayah seluas 1183,22 ha yang berada di bawah permukaan laut (elevasi < 0 mdpl), dengan rincian sebagai berikut: elevasi -4 hingga -2 meter mencakup 129,85 ha; -2 hingga -1 meter mencakup 378,81 ha; dan -1 hingga 0 meter mencakup 674,56 ha. Data lengkap mengenai distribusi elevasi wilayah Jakarta Utara disajikan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Ketinggian Tanah Jakarta Utara.

No	Ketinggian (Meter)	Luas Hektare (ha)	Persentase %
1	(-4)-(-2) mdpl	129,85	0,93%
2	(-2)-(-1) mdpl	378,81	2,72%
3	(-1)-0 mdpl	674,56	4,84%
4	0-1 mdpl	1256,59	9,01%

5	1-2 mdpl	2074	14,87%
6	1-2 mdpl	2073,22	14,87%
7	2-4 mdpl	3338,18	23,94%
8	4-7 mdpl	2703,81	19,39%
9	7-10 mdpl	879,75	6,31%
10	10-15 mdpl	357,61	2,56%
11	15-35 mdpl	80,2	0,58%

Sumber: hasil pengolahan, 2024

Hasil analisis ini menunjukkan 8,49% wilayah Jakarta Utara berada dibawah permukaan laut, menjadikannya zona kritis dalam kebijakan mitigasi bencana banjir rob. Data Ketinggian Tanah Jakarta Utara yang telah dianalisis menjadi dasar penting dalam mengidentifikasi wilayah yang berisiko terhadap genangan banjir rob, yang akan dikaji lebih lanjut dalam subbagian berikutnya mengenai pemodelan genangan dan *overlay* dengan penggunaan lahan.

Analisis Pasang-Surut (Tidal)

Wilayah pesisir merupakan zona transisi antara darat dan laut yang rentan terhadap gelombang pasang, terutama sebagai akibat dari perubahan iklim. Kenaikan suhu global secara signifikan meningkatkan frekuensi dan intensitas gelombang pasang. Jika suhu bumi meningkat

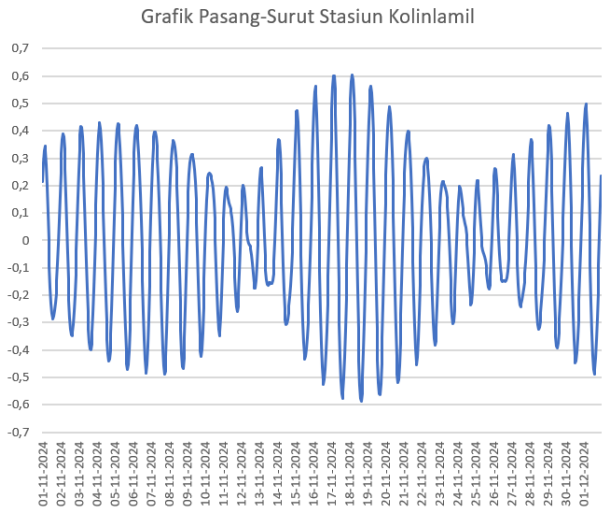
sebesar 2°C, maka wilayah pesisir akan mengalami gelombang pasang setiap tahun, berimplikasi pada kenaikan muka air laut dan potensi kehilangan daratan di banyak wilayah pesisir Indonesia (Rio Rahmanto, 2018).

Fenomena pasang-surut sendiri merupakan gejala alam yang terjadi akibat gaya tarik menarik antara bumi, bulan, dan matahari. Berdasarkan penelitian Hadi Adriansyah et al., (2024), pola pasang-surut di wilayah perairan Pondok Dayung, Jakarta Utara, dikategorikan sebagai tipe harian tunggal (*diurnal tide*), dengan nilai bilangan *Formzahl* sebesar 4,997. Artinya, dalam satu hari hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Grafik pasang-surut ini disusun dari data *time series* yang merekam fluktuasi muka air laut setiap jam.

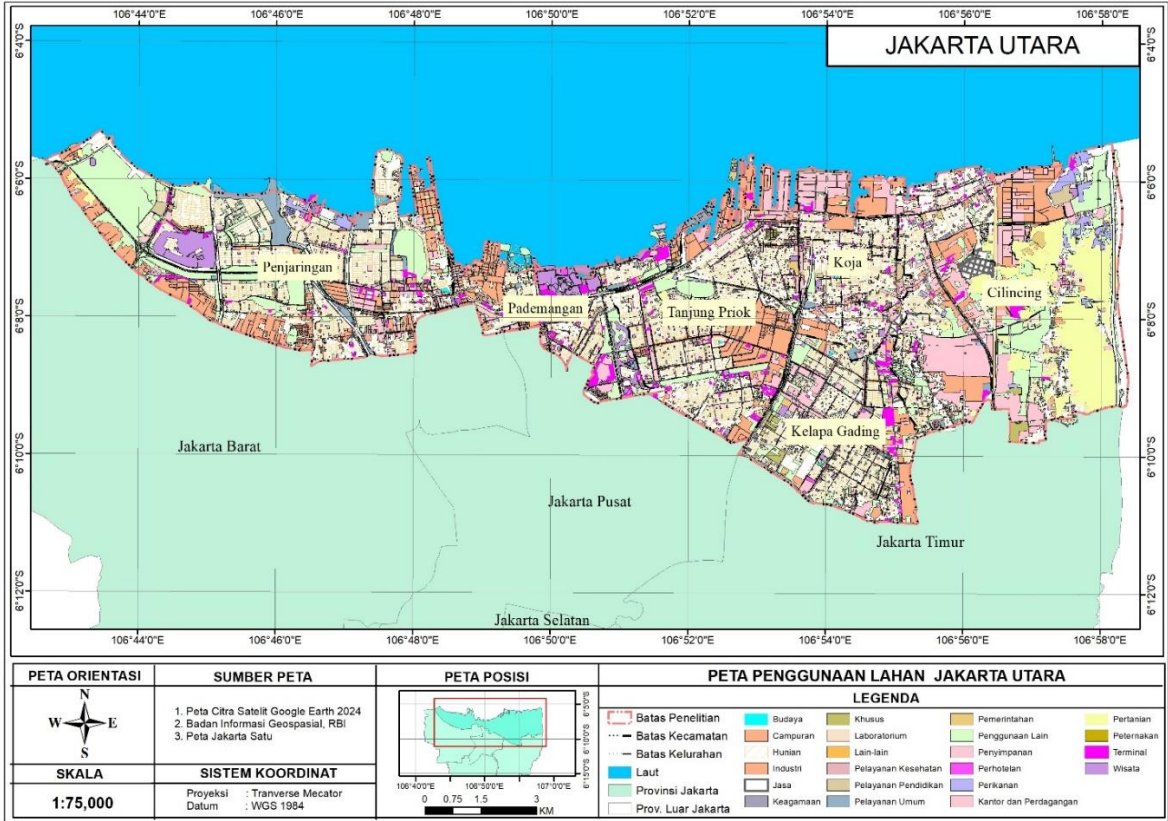
Selain menggunakan nilai bilangan *Formzahl*, untuk mengetahui tipe pasang surut dapat menggunakan data yang diperoleh dari pengamatan dilapangan yang kemudian disajikan dalam grafik sehingga dapat diketahui nilai tinggi muka air laut (Pasaribu et al., 2022). Data pasang-surut yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG) dan diambil dari Stasiun Pasang Surut Kolinlamil yang terletak di Kelurahan Tanjung Priok, Kecamatan Koja, Jakarta Utara. Data direkam setiap satu jam sekali selama periode 1 November hingga 1 Desember 2024. Untuk keperluan analisis, data ini terlebih dahulu melalui proses *smoothing* menggunakan *Microsoft Excel* guna menghilangkan noise. Hasilnya ditampilkan dalam **Gambar 4**.

Berdasarkan hasil visualisasi tersebut, tipe pasang-surut yang teridentifikasi adalah harian

tunggal. Ketinggian maksimum pasang (*Highest High Water Level / HHWL*) tercatat sebesar +60 cm, sedangkan ketinggian minimum surut (*Lowest Low Water Level / LLWL*) sebesar -58 cm. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya oleh Amalia & Warsito (2019) yang juga mengidentifikasi pasang-surut di perairan Pondok Dayung sebagai pasang harian tunggal dengan elevasi muka air laut rata-rata 60,07 cm. Jenis pasang-surut ini menyebabkan wilayah dengan elevasi 0 meter atau lebih rendah sangat rentan terhadap genangan rob saat terjadi pasang maksimum.



Sumber: hasil pengolahan dari data SRGI BIG
Gambar 4. Grafik Pasang-Surut Stasiun Kolinlamil, Jakarta Utara November 2024.



Gambar 5. Peta penggunaan lahan Kota Jakarta Utara.

Analisis Penggunaan Lahan

Dalam penelitian ini, berdasarkan pendekatan topografi dan pasang surut dikembangkan lebih lanjut dengan mengintegrasikan jenis penggunaan lahan secara menyeluruh pada wilayah Jakarta Utara. Integrasi ini mencakup klasifikasi spasial terhadap zona permukiman, industri, fasilitas publik, serta ruang terbuka hijau. Dengan demikian, analisis tidak hanya memetakan potensi genangan rob berdasarkan kondisi fisik dan hidrodinamik, tetapi kondisi penggunaan lahan suatu wilayah terhadap genangan rob.

Analisis penggunaan lahan dilakukan untuk mengetahui sebaran fungsi lahan di Jakarta Utara yang menjadi konteks utama penelitian ini. Berdasarkan peta dan analisis spasial pada **Gambar 5**, diketahui bahwa penggunaan lahan di Jakarta Utara didominasi oleh kawasan hunian, industri, dan fasilitas penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki konsentrasi aktivitas ekonomi dan permukiman yang cukup tinggi, yang tentu berisiko terdampak apabila terjadi genangan rob. Adapun penggunaan lahan dengan proporsi paling kecil meliputi peternakan, budaya, dan perhotelan. Rincian penggunaan lahan di wilayah Jakarta Utara dapat dilihat dalam **Tabel 3**.

Tabel 3. Penggunaan lahan Jakarta Utara

No	Penggunaan Lahan	Luas Hektare (ha)	Persentase %
1	Hunian	4237,32	35,02%
2	Penggunaan Lain (RTH, Mangrove dan Lahan kosong)	2173,63	17,96%
3	Industri	1592,14	13,16%
4	Penyimpanan (Gudang)	1083,38	8,95%
5	Pertanian	779,04	6,44%
6	Kantor dan Perdagangan	581,27	4,80%
7	Wisata (Restoran dan Olahraga)	356,37	2,94%
8	Pelayanan Umum	228,96	1,89%
9	Pelayanan Pendidikan	201,33	1,66%
10	Terminal (Parkir dan Pelabuhan)	159,17	1,32%
11	Campuran (Ruko dan <i>Mixed use</i>)	153,76	1,27%

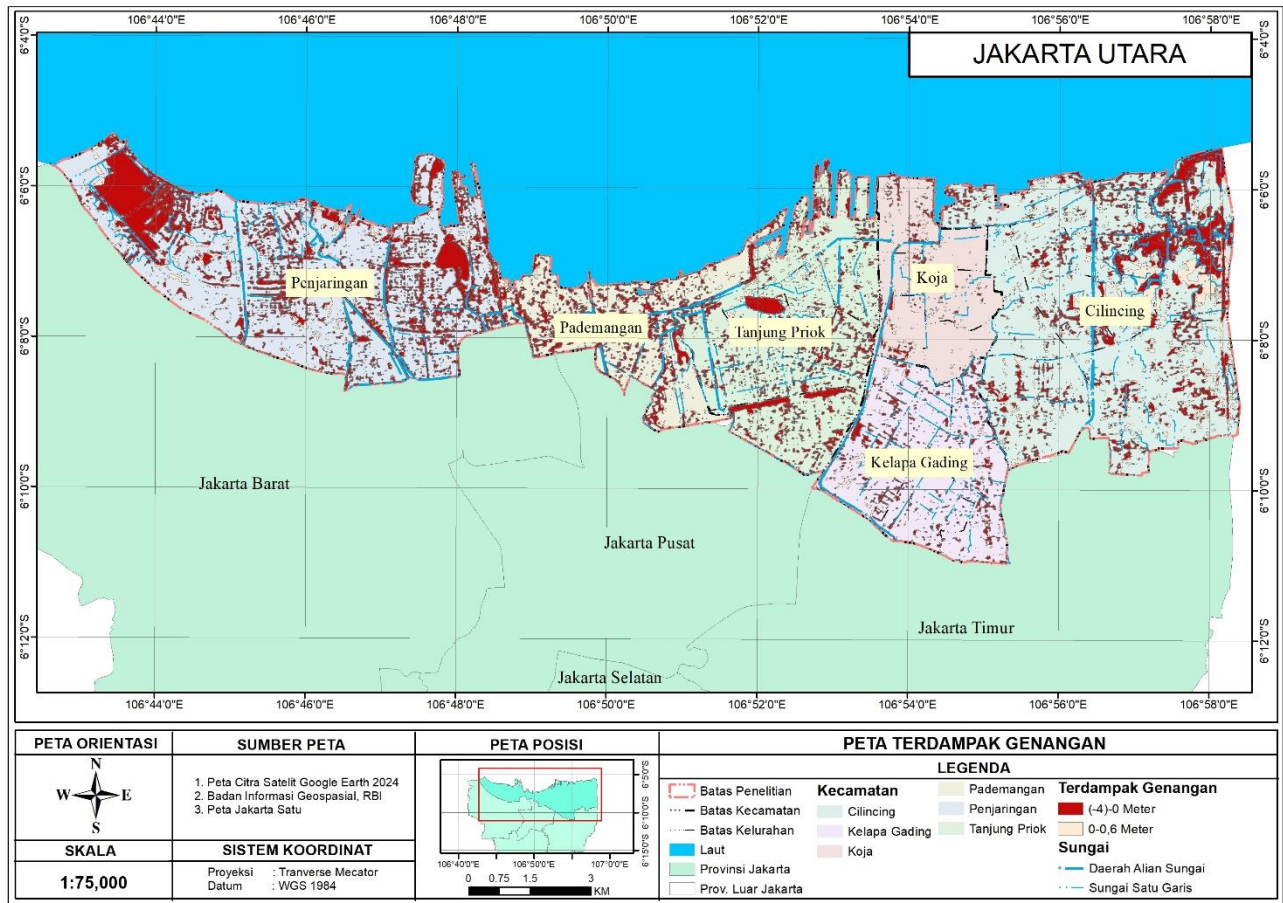
No	Penggunaan Lahan	Luas Hektare (ha)	Persentase %
12	Perikanan	129,86	1,07%
13	Pemerintahan	112,68	0,93%
14	Jasa	103,49	0,86%
15	Keagamaan (Tempat Ibadah)	78,52	0,65%
16	Khusus (Kegiatan Pertahanan)	58,54	0,48%
17	Pelayanan Kesehatan	30,4	0,25%
18	Perhotelan	26,16	0,22%
19	Budaya	11,6	0,10%
20	Laboratorium	1,93	0,02%
21	Lain-lain (Pemancar Jaringan Telekomunikasi)	1,71	0,01%
22	Peternakan	0,13	0,001%
		12101,41	100,00%

Sumber: hasil pengolahan, 2024

Analisis Genangan Banjir Rob dan Validasi Dengan Observasi Lapangan

Data elevasi muka tanah dan Data muka air laut memiliki peran penting dalam pemodelan spasial genangan banjir rob. Perubahan luas daerah yang tergenang banjir rob disebabkan oleh pengaruh penurunan muka tanah dan kenaikan muka air laut (Adi Iskandar et al., 2020). Untuk mengidentifikasi wilayah terdampak secara akurat, diperlukan validasi terhadap nilai elevasi atau ketinggian muka tanah. Dalam penelitian ini, model spasial dibangun dengan menggabungkan data elevasi muka tanah dengan tinggi muka air laut berdasarkan hasil analisis pasang-surut sebelumnya, yang menunjukkan tinggi maksimum pasang mencapai 0,6 meter atau 60 cm (**Gambar 6**).

Berdasarkan analisis tersebut, maka wilayah yang berpotensi tergenang banjir rob di Jakarodta Utara atau sebagai zona wilayah kritis adalah area dengan elevasi antara -4 hingga 0,6 meter di atas permukaan laut (mdpl) dan zona wilayah aman adalah area dengan elevasi antara >0,6 hingga 35 meter diatas permukaan laut (mdpl). Adapun hasil analisis spasial genangan banjir rob disajikan dalam **Tabel 4**.



Gambar 6. Peta daerah terdampak genangan Kota Jakarta Utara.

Tabel 4. Genangan banjir rob Jakarta Utara

No	Kecamatan	Luas Hektare (ha)		Luas Hektare (ha)	Persentase%
		(-4)-0 mdpl	0-(+0,6) mdpl		
1	Penjaringan	996,74	304,6	1301,34	36,07%
2	Cilincing	658	446,45	1104,46	30,61%
3	Tanjung Priok	320,53	175,88	496,41	13,76%
4	Pademangan	279,75	101,01	380,76	10,55%
5	Kelapa Gading	139,5	90,86	230,36	6,38%
6	Koja	46,75	48,24	94,99	2,63%
Total		2441,27	1167,04	3608,31	100%

Sumber: hasil pengolahan, 2024

Tabel 5.Data historis banjir rob Jakarta Utara observasi lapangan.

Waktu	Lokasi	Tinggi genangan	Sumber
12 Desember 2024	Kel. Marunda dan Pluit	40-60 cm	BPK Jakarta
18 November 2024	Kel. Papanggo, Penjaringan, Jln RE Martadinata (JIS)	20-40 cm	BPBD Jakarta
29 November 2023	Jln RE Martadinata (JIS)	5-10 cm	Kompas com
Desember 2022	Marunda, Koja, Muara Angke, Pluit dan Jln RE Martadinata	10-30 cm	Kompas com
6 Desember 2021	Kel. Pluit, Penjaringan, Pejagalan, Ancol	40-80 cm	BPBD Jakarta

Sumber: BPBD DKI Jakarta, 2021-2024

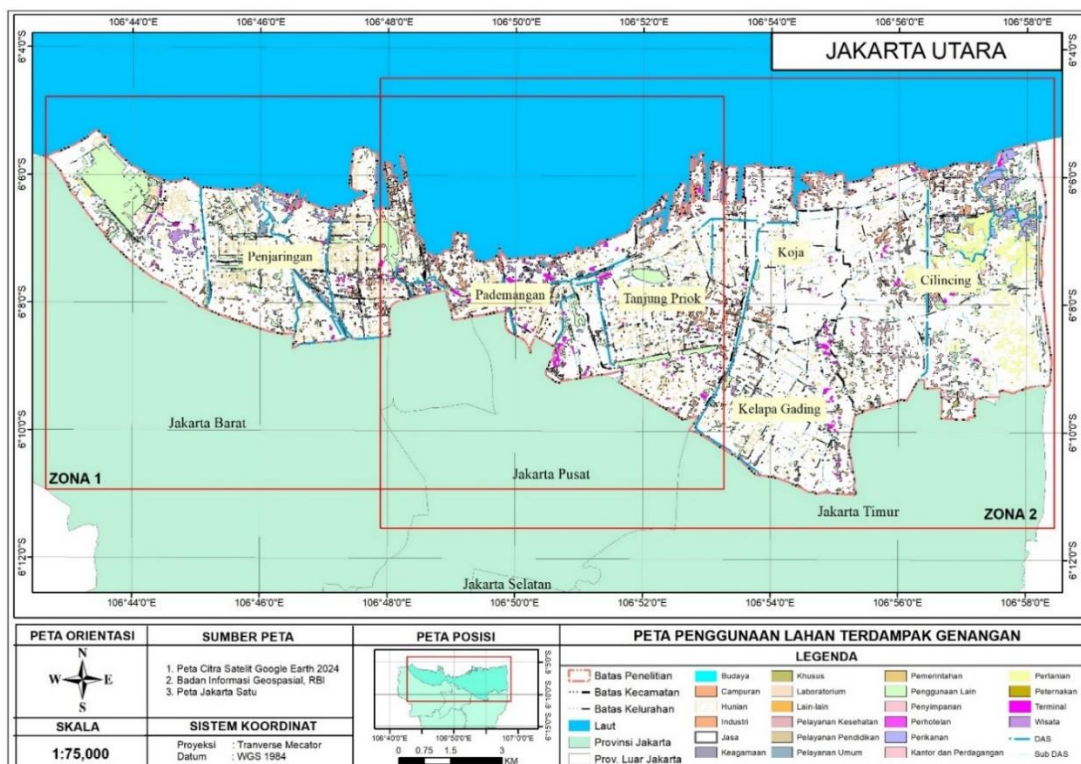
Hasil pemodelan menunjukkan bahwa genangan banjir rob di Jakarta Utara paling banyak terjadi di wilayah pesisir yang berbatasan langsung dengan laut, khususnya di Kecamatan Penjaringan (sebelah barat) dan Kecamatan Cilincing (sebelah timur). Selain itu, daerah terdampak juga ditemukan di sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS), seperti Sungai Sunter, Kali Angke, Kali Cakung, dan Kali Ciliwung, yang bermuara ke Teluk Jakarta. Pola ini menunjukkan bahwa selain faktor elevasi rendah, kedekatan dengan badan air dan muara sungai turut meningkatkan kerentanan terhadap genangan rob. Banjir Rob dapat menyebar ke daerah yang jauh dari garis pantai karena kombinasi kenaikan muka air laut disertai gelombang pasang, penurunan muka tanah serta sungai yang terhubung langsung ke laut. Peningkatan tinggi muka air laut akibat pemanasan global mengakibatkan air pasang lebih tinggi sehingga air laut dapat meluap ke daratan melalui aliran sungai sehingga menyebabkan genangan pada daerah yang jauh dari pesisir.

Banjir rob memberikan dampak signifikan terhadap kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat pesisir, terutama di wilayah yang rentan terhadap kenaikan muka air laut yaitu daerah pesir pada lima kecamatan di Jakarta Utara yang dapat dilihat pada **Gambar 6**. Secara sosial, banjir rob mengganggu aktivitas harian warga, terganggunya mata pencaharian, merusak tempat tinggal, dan memicu berbagai penyakit akibat lingkungan yang lembap dan tercemar. Akses pendidikan terganggu karena sekolah terendam dan jalan terganggu, sementara interaksi sosial menurun karena masyarakat lebih fokus pada upaya bertahan hidup dan pemulihan akibat genangan banjir. Dari sisi

ekonomi, banjir rob menyebabkan penurunan pendapatan, terutama bagi nelayan dan pedagang yang bergantung pada akses laut dan infrastruktur pesisir. Banyak warga terpaksa mengubah mata pencaharian atau melakukan adaptasi seperti meninggikan rumah dan membangun tanggul. Genangan banjir bob juga mengakibatkan Kerusakan fasilitas umum dan terganggunya distribusi barang yang memperlambat roda ekonomi lokal, menjadikan banjir rob sebagai ancaman multidimensi yang memerlukan penanganan terpadu dan berkelanjutan.

Data historis banjir rob pada **Tabel 5** menunjukkan selama 3 tahun terakhir telah terjadi Genangan akibat banjir rob dengan ketinggian genangan 5-80 cm. Model spasial genangan banjir rob yang telah dikembangkan pada penelitian ini yang didasarkan pada data *Digital Elevation Model* (DEM) dan data pasang-surut menunjukkan konsistensi yang tinggi terhadap data historis lapangan.

Validasi spasial genangan banjir rob terhadap kejadian banjir rob lapangan di wilayah kelurahan Marunda, Pluit, Papanggo, Penjaringan, Ancol, Muara Angke, Pejagalan, dan Jalan RE Martadinata pada periode 2021-2024 memperlihatkan kesesuaian antara data pasang-surut dengan ketinggian air yang tercatat oleh BPBD Jakarta, BPK Jakarta dan sumber berita terpercaya. Hal ini mengindikasikan bahwa model yang dibangun berdasarkan data *Digital Elevation Model* (DEM) (DEMNAS) dan data pasang-surut dan data pasang-surut (SRGI-BIG) memiliki akurasi yang dapat diandalkan untuk mendukung perencanaan mitigasi bencana dan adaptasi masyarakat di wilayah pesisir Jakarta Utara.



Gambar 7. Peta penggunaan lahan terdampak genangan Kota Jakarta Utara.

Analisis Overlay Genangan Banjir Rob terhadap Penggunaan Lahan

Model elevasi muka air laut diolah secara geospasial menggunakan metode Spatial Analyst, dikombinasikan dengan sebaran nilai elevasi muka tanah sebagaimana dijelaskan oleh Sauda et al., (2019). Berdasarkan hasil pengolahan kedua variabel tersebut, diperoleh peta sebaran genangan Banjir Rob. Selanjutnya, peta ini dilakukan *overlay* dengan peta penggunaan lahan dari Pemprov DKI Jakarta yang diperoleh melalui platform Jakarta Satu. Analisis ini dilakukan menggunakan perangkat lunak GIS – ArcGIS dengan memanfaatkan *tool Intersect*.

Gambar 7 menunjukkan bahwa secara spasial, wilayah terdampak genangan Banjir Rob didominasi oleh penggunaan lahan kategori “penggunaan lain” (termasuk RTH, mangrove, dan lahan kosong), permukiman, kawasan industri, dan lahan pertanian. Sementara itu, penggunaan lahan dengan dampak paling rendah mencakup kawasan budaya, laboratorium, dan perikanan. Secara umum, wilayah yang terdampak terletak di daerah yang dekat dengan garis pantai dan sepanjang Daerah Aliran Sungai (DAS), berikut hasil analisis penggunaan lahan terdampak genangan banjir rob Jakarta Utara disajikan dalam **Tabel 5**.

Tabel 5. Penggunaan lahan terdampak genangan banjir rob Jakarta Utara.

No	Penggunaan Lahan	Luas Hektare (ha)	Persentase %
1	Penggunaan Lain	898,77	31,03%
2	Hunian	584,09	20,17%
3	Industri	349,34	12,06%
4	Pertanian	333,51	11,52%
5	Penyimpanan	215,6	7,44%
6	Perkantoran dan Perdagangan	97,76	3,38%
7	Perikanan	88,42	3,05%
8	Wisata	85,02	2,94%
9	Pelayanan Umum	63,97	2,21%
10	Terminal	43,59	1,51%
11	Pelayanan Pendidikan	42,17	1,46%
12	Pemerintahan	24,06	0,83%
13	Campuran	17,44	0,60%
14	Keagamaan	15,81	0,55%

No	Penggunaan Lahan	Luas Hektare (ha)	Persentase %
15	Jasa	12,34	0,43%
16	Khusus	10,96	0,38%
17	Perhotelan	6,4	0,22%
18	Pelayanan Kesehatan	3,67	0,13%
19	Budaya	2,15	0,07%
20	Laboratorium	1,05	0,04%
21	Lain-lain	0,11	0,004%
22	Peternakan	0,03	0,001%
		2896,28	100,00%

Sumber: hasil pengolahan, 2024

Pada **Gambar 8** dan **9** memberikan visualisasi yang lebih detail terkait distribusi genangan berdasarkan zona. Area dengan tutupan lahan berwarna putih menunjukkan wilayah yang tidak terdampak genangan, yang umumnya memiliki elevasi muka tanah yang relatif lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi elevasi suatu wilayah, semakin kecil kemungkinan terkena genangan Banjir Rob.

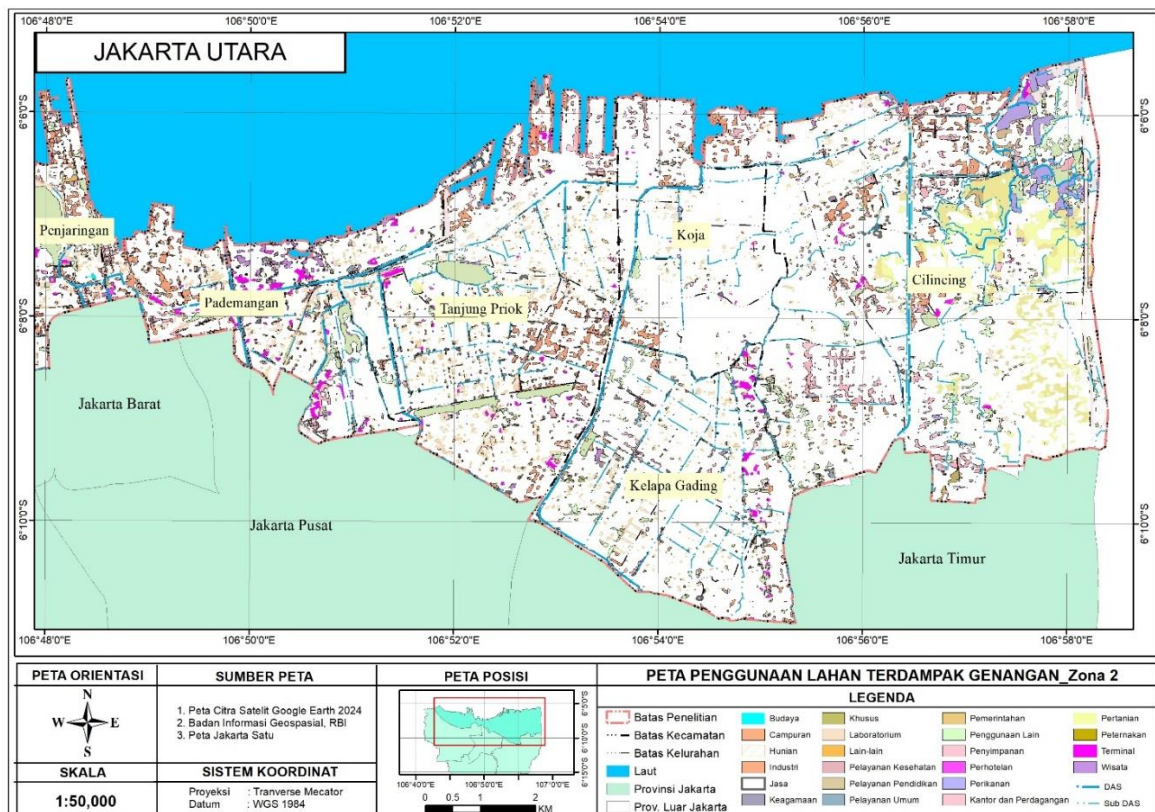
Hasil analisis ini memberikan gambaran spasial mengenai area terdampak saat pasang tinggi, yang biasanya terjadi saat bulan purnama setiap bulannya. Dampak genangan ini mendorong adaptasi masyarakat, antara lain dengan peninggian lantai rumah, penimbunan tanah, serta pembangunan tanggul di titik-titik tertentu di sepanjang garis pantai.

Jakarta utara merupakan wilayah yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap kenaikan muka air laut karena daratan dan pantainya landai dan Sebagian besar jenis tanahnya Aluvial yang terbentuk dari sedimentasi sehingga rentan terhadap penurunan tanah sehingga menjadi penyebab wilayah ini terdampak banjir. Jakarta utara memiliki karakteristik yang sama dengan pantai utara Kota Semarang dengan bentuk pantainya landai juga terdiri dari daratan aluvial (Prayogo et al.,2015).

Informasi ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam perencanaan mitigasi, seperti pembangunan Giant Sea Wall tahap kedua dan penyusunan peta jalur evakuasi saat Banjir Rob di wilayah pesisir Jakarta Utara. **Tabel 6** menunjukkan luas penggunaan lahan terdampak Banjir Rob berdasarkan Kecamatan.



Gambar 8. Peta penggunaan lahan terdampak genangan Kota Jakarta Utara zona 1.



Gambar 9. Peta penggunaan lahan terdampak genangan Kota Jakarta Utara zona 2.

Tabel 6. Luas penggunaan lahan terdampak genangan tiap kecamatan di Jakarta Utara

No	Penggunaan Lahan	Luas Genangan tiap Kecamatan Hektare (ha)					
		Penjaringan	Cilincing	Tanjung Priok	Pademangan	Kelapa Gading	Koja
1	Budaya	14.734	0,29	0,29	0,04	0,02	0,03
2	Campuran	77.591	0,73	4,47	3,49	0,51	0,48
3	Hunian	2.283.618	102,01	122,49	64,11	49,37	17,76
4	Industri	740.203	102,84	96,51	40,18	13,82	21,97
5	Jasa	34.489	2,85	2,24	1,20	2,25	0,35
6	Kantor dan Gudang	356.965	5,09	15,23	21,28	18,09	2,38
7	Keagamaan	31.073	4,68	2,36	2,85	2,47	0,34
8	Khusus	0	5,23	1,99	1,11	2,63	0,00
9	laboratorium	6.951	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00
10	lain lain	0	0,00	0,00	0,11	0,00	0,00
11	Pelayanan Kesehatan	21.516	0,18	0,80	0,20	0,18	0,16
12	Pelayanan Pendidikan	136.749	12,63	5,62	3,88	5,40	0,96
13	Pelayanan Umum	437.730	4,18	0,89	10,74	2,55	1,84
14	Pemerintahan	42.532	9,02	5,16	3,07	2,13	0,43
15	Penggunaan Lain	5.148.985	159,94	99,65	59,30	54,97	10,01
16	Penyimpanan	202.021	133,68	29,82	11,35	11,01	9,53
17	perhotelan	11.907	0,00	1,18	3,43	0,58	0,01
18	Perikanan	125.990	73,51	1,56	0,18	0,41	0,16
19	Pertanian	87.193	320,80	3,82	0,16	0,00	0,02
20	Peternakan	63.709	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
21	Terminal	0	5,90	6,82	16,62	7,54	0,34
22	Wisata	392.973	4,92	4,67	30,95	4,14	1,05

Sumber: hasil pengolahan, 2024

Bagian ini memuat rincian data penggunaan lahan terdampak genangan berdasarkan enam kecamatan di Jakarta Utara, yaitu Cilincing, Kelapa Gading, Koja, Pademangan, Penjaringan, dan Tanjung Priok. Analisis dilakukan terhadap jenis penggunaan lahan dan luas area terdampak (dalam hektar). Hasil analisis menunjukkan bahwa Kecamatan Penjaringan memiliki luas terdampak terbesar, disusul oleh Cilincing dan Tanjung Priok. Jenis lahan yang paling luas terdampak adalah kategori "penggunaan lain", permukiman, dan kawasan industri.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pemodelan spasial genangan banjir rob akibat kenaikan muka air laut di wilayah pesisir Jakarta Utara, penelitian ini menegaskan bahwa seluruh kecamatan di wilayah tersebut berpotensi terdampak genangan dengan tingkat kerentanan yang bervariasi. Hasil pemetaan menunjukkan terjadinya penurunan muka tanah yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir,

dengan elevasi lahan mencapai antara -4 hingga 0 meter di atas permukaan laut (mdpl). Pada kondisi pasang laut setinggi 0,6 meter, luas wilayah genangan mencapai sekitar 2.896,28 hektar atau 23,93% dari total luas Jakarta Utara, dan frekuensi genangan meningkat pada musim hujan, terutama di kawasan Daerah Aliran Sungai (DAS).

Temuan ini secara langsung menjawab tujuan penelitian, yaitu mengidentifikasi sebaran spasial wilayah terdampak genangan rob dan menilai implikasinya terhadap perencanaan tata ruang serta strategi mitigasi bencana. Berdasarkan hasil tersebut, strategi adaptasi dan mitigasi banjir rob perlu diarahkan pada zona-zona wilayah kritis dengan prioritas pembangunan infrastruktur pengendali banjir, seperti *giant sea wall*, waduk pengendali banjir, serta penerapan sistem pompa air *real-time* berbasis sensor data pasang surut. Pendekatan ini diharapkan dapat mengurangi luas wilayah genangan sekaligus meningkatkan ketahanan kawasan pesisir terhadap dampak kenaikan muka air laut di masa mendatang.

Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan variabel curah hujan dan menggunakan data pasang-surut yang lebih komprehensif agar sdapat meningkatkan akurasi model prediksi genangan, mengidentifikasi titik rawan baru dan membantu mengevaluasi kapasitas saluran drainase secara lebih tepat.. Selain itu, studi lebih lanjut oleh Pemerintah Kota Jakarta Utara perlu mencakup penilaian kerentanan infrastruktur, ekonomi, dan sosial, guna merumuskan kebijakan mitigasi banjir rob yang lebih efektif dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Pemerintah Provinsi DKI Jakarta yang telah memberikan data Penggunaan Lahan di Wilayah Jakarta Utara, serta kepada Badan Informasi Geospasial (BIG) yang telah menyediakan dan memberikan data pasang-surut untuk pemodelan genangan Banjir Rob. Terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Terbuka, Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, yang telah memberikan akses penggunaan perangkat lunak ArcGIS untuk pemodelan spasial, sehingga artikel ini dapat disusun dan diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi Iskandar, S., Helmi, M., Widada, S., Baskoro Rochaddi, D., Oseanografi, D., & Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, J. (2020). Analisis Geospasial Area Genangan Banjir Rob dan Dampaknya pada Penggunaan Lahan Tahun 2020-2025 di Kota Pekalongan Provinsi Jawa Tengah. In *Indonesian Journal of Oceanography*. Retrieved from <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/ijoice/Diterima/>
- Ainurrohman, S., & Sudarti, S. (2022). Analisis Perubahan Iklim dan Global Warming yang Terjadi sebagai Fase Kritis. *Jurnal Phi Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan*, 3(3), 1. <https://doi.org/10.22373/p-jpft.v3i3.13359>
- Amalia, Warsito, W. (2019). Karakteristik Pasang Surut di Teluk Jakarta berdasarkan data 253 Bulan. *Jurnal Riset Jakarta*.
- Arief, M., Prayogo, T., Winarso, G., & Hartuti, M. 2015. Aplikasi Data Penginderaan Jauh Untuk Menentukan Indeks Kerentanan Pantai Terhadap Kenaikan Air Laut Studi Kasus: Kota Semarang. IPB Press, Bogor.
- Duong, T. M., Meynadier, R., Ranasinghe, R., Loaiza, M. A. D., Bricker, J. D., Reynolds, J., ... Bamunawala, J. (2024). On detailed representation of flood defences and flow-wave coupling in coastal flood modelling. *Npj Natural Hazards*, 1(1). <https://doi.org/10.1038/s44304-024-00016-9>
- Fathul. (2019). *Pemodelan Ketinggian Genangan Banjir Rob dan Kerentanan Sosial Menggunakan Digital Elevation Model (DEM) Wilayah Pesisir Jakarta Utara*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hadi Adriansyah, A., Laksmi, A. A., Christy, A., Robert, A., Sitorus, P., Kampai, A. M., ... Fauzah, D. (2024). Analisis Karakteristik Pasang-Surut Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (Studi Kasus: Dermaga Sunda, Pondok Dayung, Jakarta Utara). *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Sipil*, 8(2), 205–211. <https://doi.org/10.32832/komposit.v8i2.16021>
- Hidayah, S. (2023). Pemodelan Spasial Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Pesisir Selatan Kab Tulungagung, Jawa Timur. *Jurnal Kelautan Nasional*, 18, 1–12.
- Nugraha, R., Minola, B., & Ginting, S. (2023). *Pemodelan Rain-On-Grid Untuk Kasus Banjir pada Polder Pluit Jakarta*. 17(03). <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.03.13>
- Nurlatifah, A., Hatmaja, R. B., & Rakhman, A. A. (2023). Analisis Potensi Kejadian Curah Hujan Ekstrem di Masa Mendatang Sebagai Dampak dari Perubahan Iklim di Pulau Jawa Berbasis Model Iklim Regional CCAM. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 980–986. <https://doi.org/10.14710/jil.21.4.980-986>
- Pangastuti, P. R., Helmi, M., & Atmodjo, W. (2024). Pemodelan Geospasial Genangan Banjir Pasang di Pesisir Kabupaten Cirebon. *Buletin Oseanografi Marina*, 13(2), 177–188. <https://doi.org/10.14710/buloma.v13i2.57667>
- Pasaribu, R. P., Sewiko, R., & Arifin, A. (2022). Application of The Admiralty Method to Process Tidal Data in the Waters of The Nasik Strait - Bangka Belitung. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 10(1), 146. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i1.39719>
- Rahma, Della, A. (2022). Pemodelan Spasial Genangan Banjir Rob, Studi Kasus: Pesisir Utara Banten (Kecamatan Kasemen). *Jurnal Georafflesia*, 2, 173–181. Retrieved from <https://journals.unihaz.ac.id/index.php/georafflesia>
- Rio Rahmanto, C. (2018). Pemodelan Spasial Genangan Banjir Akibat Gelombang Pasang di Wilayah Pesisir Kota Mataram. *Jurnal Teknik ITS*. Retrieved from https://repository.its.ac.id/50267/1/3613100058-Undergraduate_Theses.pdf
- Sauda, R. H., Nugraha, arief laila, & Hani'ah. (2019). Kajian Kerentanan Banjir Rob di Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Geodesi Undip*, 8, 466–474. Retrieved from <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/geodesi/article/view/22777/20827>
- Syahrizal, H., & Jailani, M. S. (2023). Jenis-Jenis Penelitian Dalam Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. *Jurnal Pendidikan, Sosial & Humaniora*, 1(1), 13–23. <https://doi.org/10.61104/jq.v1i1.49>
- Tumawu, A. F., Kafu, G. Y., Yiran, G. A. B., & Frimpong, L. K. (2024). Assessment of coastal flood risk scenarios on infrastructure in the Keta municipality in Ghana using a GIS approach. *Heliyon*, 10(21), e39824. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39824>
- Wijaya, A., Kuntoro, A. A., & Gondodino, E. A. S. (2019). Pemodelan Intrusi Air Asin Pada Akuifer Pantai (Studi Kasus: DKI Jakarta). *Jurnal Teknik Hidraulik*, 10(1), 15–28. <https://doi.org/10.32679/jth.v10i1.583>

Halaman ini sengaja kami kosongkan