

PEMODELAN BANJIR ROB MENGGUNAKAN METODE STEEL DAN TORRIE DI WILAYAH JAKARTA

(Tidal Flood Modeling using Steel and Torrie Methods in the Jakarta Region)

Agel Vidian Krama, Nurul Qamilah

Institut Teknologi Sumatera

Jalan Terusan Ryacudu, Way Hui, Kec. Jati Agung Kab. Lampung Selatan Prov. Lampung, Indonesia 35365

Email: agel.vidiankrama@gt.itera.ac.id

Diterima: 29 November 2021; Direvisi: 29 Maret 2022; Disetujui untuk dipublikasikan: 20 Mei 2022

ABSTRAK

Pemanasan global telah mengakibatkan peningkatan air laut dan banjir rob yang melanda daerah dataran pantai termasuk wilayah Jakarta yang merupakan pusat perekonomian Indonesia yang mempunyai perkembangan pembangunan yang pesat. Model spasial banjir rob wilayah Jakarta yang didasarkan pada fluktuasi gelombang pasang, penurunan muka tanah dan ketinggian tempat, merupakan kajian utama dalam penelitian ini. Tujuan penelitian ini adalah membuat model spasial banjir rob wilayah Jakarta yang terjadi pada tahun 1984-2014 dan prediksinya hingga tahun 2100. Melalui grid 2x2 m, penurunan muka tanah ekstraksi menjadi informasi spasial sebagai basis data pemodelan. Model regresi linear *multivariate* divalidasi melalui verifikasi lapangan pada 32 lokasi penelitian. Model menunjukkan bahwa wilayah yang akan tergenang pada tahun 2030, 2050, 2080 dan 2100 cenderung bertambah dari luasan tahun 2014, yakni 25% sampai 36% dari luas wilayah Jakarta.

Keyword: banjir rob, gelombang pasang, kenaikan muka air laut, model spasial, penurunan muka tanah

ABSTRACT

Global warming has resulted in an increase in seawater and tidal flooding that hit the coastal plain area, including the city of Jakarta as the center of the Indonesian economy with rapid development progress. A spatial model of Jakarta tidal flood based on fluctuation of the tidal wave, land subsidence, and elevation, is the main study in this research. This study aims to create a spatial model of Jakarta tidal flood occurring from 1984 to 2014 and its predictions until 2100. Through the grid of 2x2 m, land subsidence was extracted into spatial information as database modeling. The regression model of the multivariate linear model was validated through field verification in 32 research sites. The analysis results show areas that will be inundated in 2030, 2050, 2080, and 2100 tend to increase from the 2014 area, namely, 25% to 36% of the area of Jakarta region.

Keywords: *land subsidence, sea-level rise, spatial model, tidal flood, tidal wave*

PENDAHULUAN

Rob merupakan fenomena yang umum terjadi di kota yang terletak di tepi pantai, sehingga mempengaruhi keberlanjutan kota-kota pesisir yang ada di seluruh dunia (UNFCC, 2007). Wahyudi (2007) menyatakan bahwa rob adalah kejadian/fenomena alam dimana air laut masuk ke wilayah daratan pada waktu permukaan air laut mengalami pasang naik. Rob dapat muncul karena dinamika alam atau karena kegiatan manusia.

Indonesia sebagai negara maritim tentunya tidak lepas dari dampak yang ditimbulkan oleh banjir rob. Banjir rob sering terjadi di wilayah pantai seperti daerah Jakarta bagian utara dan Semarang bagian utara. Fenomena banjir rob di Jakarta khususnya disebabkan oleh naiknya muka laut dan juga penurunan muka tanah atau biasa disebut sebagai

land subsidence. Amblesan (*subsidence*) adalah turunnya permukaan tanah akibat terjadinya perubahan volume pada lapisan-lapisan batuan di bawahnya (Marfai et al., 2006). Reddish & Whittaker (2012) menyatakan bahwa faktor penyebab penurunan permukaan tanah secara umum yaitu penurunan tanah alami (*natural subsidence*), penurunan tanah akibat pengambilan air tanah (*groundwater extraction*) dan penurunan akibat beban bangunan (*settlement*). Faktor penyebab penurunan tanah dapat berdampak terjadinya banjir rob khususnya di wilayah pesisir.

Banjir rob merupakan genangan pada bagian daratan pantai yang terjadi pada saat air laut pasang, yang membawa potensi ancaman bagi masyarakat (Marfai & King, 2007). Terjadinya banjir rob akibat adanya kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh pasang surut dan faktor-faktor eksternal *force* seperti

dorongan air, angin atau *swell* gelombang panjang yang mempunyai periode yang tinggi sehingga gelombang ini sulit untuk diredam dan badai yang merupakan fenomena alam yang sering terjadi di laut (Zainuri et al., 2022). Selain itu, banjir rob juga terjadi akibat adanya fenomena iklim global yang ditandai dengan peningkatan temperatur rata-rata bumi dari tahun ke tahun. Lapisan ozon merupakan pelindung bumi dari pengaruh sinar matahari sehingga bila lapisan ini menipis maka akan terjadi pemanasan global. Hal ini menyebabkan lapisan es di Kutub Utara dan Antartika mencair. Akibatnya, permukaan laut air global menjadi naik (Hall, 2019). Berdasarkan laporan Solomon et al. (2007), rata-rata suhu permukaan global meningkat 0,3-0,6°C, dan sejak akhir abad 19 sampai tahun 2100 suhu bumi diperkirakan akan naik sekitar 1,4-5,8°C.

Pada tahun 2011, banjir rob terjadi di kawasan RE Martadinata, Jakarta Utara setinggi 30-50cm, yang mengakibatkan kemacetan panjang, hal ini berdampak juga pada aktivitas bongkar muat di Pelabuhan Tanjung Priok. Salah satu penyebab terjadinya banjir rob karena Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang ada di Jakarta saat ini tersisa 9%. RTH tersebut sudah ada sejak tahun 2000 namun mengalami pengurangan setiap tahunnya. Hal ini terlihat di daerah Kelapa Gading, Jakarta Utara yang awalnya diperuntukkan untuk area peresapan air namun sudah berubah menjadi tempat sentra bisnis berupa bangunan (Santoso & Syelvia, 2011).

Adapun yang menjadi alasan pemilihan daerah penelitian di wilayah Jakarta yaitu fenomena banjir akibat pasang air laut (rob) ini telah memberikan dampak negatif terhadap wilayah permukiman pesisir. Dampak banjir akibat pasang air laut (rob) telah mengubah fisik lingkungan dan memberikan tekanan terhadap masyarakat, bangunan, dan infrastruktur permukiman yang ada di wilayah tersebut. Fenomena banjir rob juga berdampak pada sektor ekonomi, industri, transportasi dan terhentinya ekspor impor. Berdasarkan fakta tersebut, maka penting untuk melakukan kajian terkait fenomena banjir rob dengan kajian pada variabel penurunan muka tanah, kenaikan permukaan laut dan pasang tertinggi .

METODE

Lokasi Penelitian

Wilayah penelitian terletak pada zona UTM 48 Selatan, pada posisi koordinat 5°19'12"-6°23'54" LS dan 106°22'42" - 106°58'18"BT dengan luas wilayah 662,33 km² atau 66.233 ha. Daerah penelitian ini dibatasi untuk wilayah Jakarta kecuali Kepulauan Seribu yang tidak termasuk ke dalam wilayah

penelitian. Metode pendekatan penelitian adalah model deskriptif dan model prediksi. Pemodelan adalah sebuah cara yang membantu peneliti, perencana dan pengambil kebijakan dalam membuat prediksi masa depan dalam waktu tertentu atau estimasi spasial suatu wilayah (Sen, 2016). Komponen dari model spasial meliputi jenis objek, hubungan, atribut, konvensi (Molenaar, 1991), dan pengoperasian, (Rahman & Pilouk, 2007).

Model deskriptif bertujuan menggambarkan karakteristik keruangan dari objek yang dimodelkan. Pemodelan banjir rob Jakarta dihasilkan berdasarkan analisis spasial menggunakan data raster *Digital Elevation Model* (DEM). Penelitian ini menggunakan ketetapan elevasi *Higher High Water Level* (HHWL) dalam membuat model wilayah yang terkena banjir rob (Susandi et al., 2008; Nugroho, 2013; Marfai, 2011). Data DEM sangat dipengaruhi oleh adanya penurunan tanah di Jakarta.

Penelitian ini memiliki kerangka pikir bahwa wilayah Jakarta merupakan dataran rendah yang elevasi muka tanahnya sama dengan elevasi muka air laut rata-rata (*mean sea level*) dan menjadi tempat bermuaranya sungai-sungai sehingga kawasan ini rentan terhadap peningkatan muka air laut. Kenaikan permukaan air laut (*sea level rise*) asal mulanya merupakan serangkaian dari proses pasang surut air laut (Salim et al., 2022). Ketinggian air laut yang melebihi topografi di daratan menyebabkan naiknya air laut ke daratan kejadian ini dikenal dengan peristiwa alam banjir akibat pasang surut air laut atau disebut juga sebagai banjir rob. Model banjir rob dibuat berdasarkan variabel pasang tertinggi, kenaikan muka laut dan penurunan tanah yang telah diolah menggunakan data DEM.

Data

Data yang digunakan di dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari survei langsung ke lapangan. Data ini digunakan untuk proses validasi serta menunjang data sekunder. Data sekunder diperoleh dari instansi yang mendukung penelitian ini, dapat dilihat pada **Tabel 1.**

Pengukuran data pasang tertinggi yang diamati melalui stasiun pengamatan Pondok Dayung meliputi tahun 1984 sampai dengan tahun 2014. Variabel penurunan tanah di Jakarta sudah diamati semenjak tahun 1982 hingga tahun 2014. Jumlah titik pengamatan sebanyak 52 titik pengamatan. Titik pengamatan penurunan tanah tersebar pada 5 lokasi yaitu Wilayah Administrasi Jakarta Pusat, Wilayah Administrasi Jakarta Utara, Wilayah Administrasi Jakarta Barat, Wilayah Administrasi Jakarta Selatan, dan Wilayah Administrasi Jakarta Timur.

Tabel 1 Data sekunder.

No	Jenis Data	Tahun	Sumber
1	Pasang tertinggi	1984-2014	Badan Informasi Geospasial
2	Penurunan tanah	1982-2014	Dinas Perindustrian dan Energi Provinsi DKI Jakarta
3	LiDAR Jakarta	2013	Dinas Perencanaan dan Tata Ruang Provinsi DKI Jakarta
4	Drainase		Dinas Pekerjaan Umum Provinsi DKI Jakarta

Analisis Statistik Penurunan Tanah

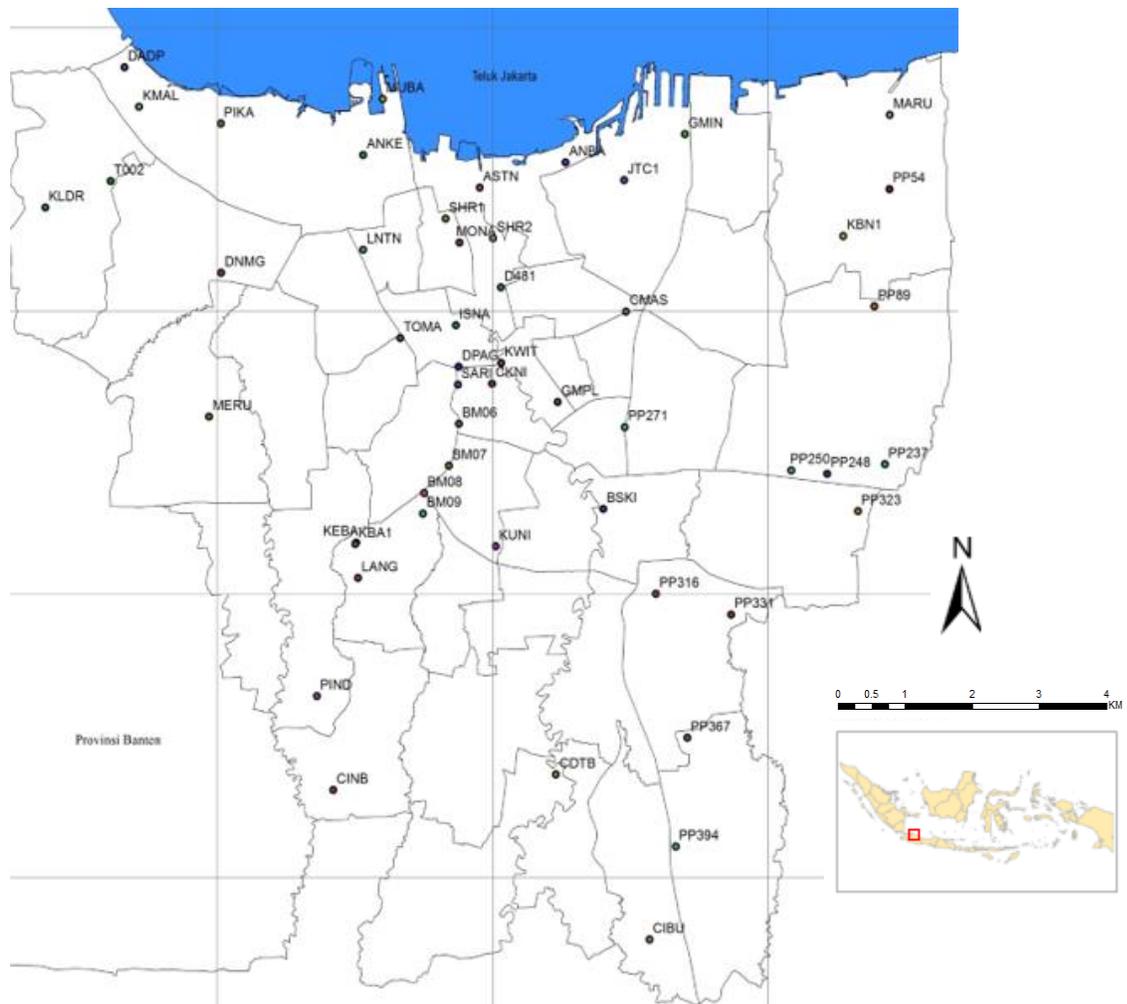
Tren penurunan permukaan tanah secara *time series* sejak tahun 1984 hingga 2014 diperoleh melalui perhitungan statistik menggunakan **Persamaan 1** yang dikembangkan oleh Poland, et al. (1976).

$$y = ax + b \dots\dots\dots (1)$$

dimana:
 y = nilai penurunan
 x = tahun pengamatan
 a, b dan c = konstanta

Sebaran titik pengamatan penurunan tanah dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Pengolahan Data



Gambar 1. Sebaran titik pengamatan penurunan tanah Wilayah Jakarta.

Analisis Kecenderungan Kenaikan Air Laut

Kecenderungan kenaikan air laut tahun 2030, 2050, 2080 dan 2100 disusun dengan berdasarkan variabel rata-rata kenaikan air laut, pasang surut air laut dan ketinggian. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode *least preference*, seperti **Persamaan 2**.

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(2)$$

dimana:

Y = ketinggian air laut tahun 2030,2050,2080, dan 2100

a = ketinggian awal pasang

b = tren kenaikan muka laut pertahun

X = tahun 2030, 2050, 2080, 2100

Menghitung Rata-Rata

Untuk mencari nilai rata-rata dari masing-masing titik pengamatan digunakan rumus aritmatika rerata dengan **Persamaan 3**:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{i=n} (x_1 + \dots + x_n) \dots\dots\dots(3)$$

dimana:

\bar{x} = nilai rata-rata

n = jumlah tahun pengamatan

x_1, x_n = nilai pengamatan

Analisis Spasial Wilayah Banjir Rob

Analisis statistik variabel banjir rob digunakan untuk mendapatkan nilai prediksi pada masing-masing variabel hingga tahun 2100. Analisis statistik ini menggunakan analisis regresi. Analisis regresi digunakan untuk menentukan bentuk atau hubungan antar variabel. Hasil nilai variabel penurunan tanah kemudian dilakukan interpolasi pada masing-masing titik penurunan dengan menggunakan data DEM yang selanjutnya hasil tersebut digunakan untuk perhitungan pasang tertinggi melalui analisis statistik regresi linier. Persamaan regresi linier Steel & Torrie (1993), dapat dilihat pada **Persamaan 4**.

$$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 \dots\dots\dots(4)$$

dimana:

Y = ketinggian banjir rob

x_1 = penurunan tanah

x_2 = pasang tertinggi

a, b_1, b_2 = bilangan konstan

Pemodelan banjir rob dihasilkan dengan logika matematis yang secara visual dapat dilakukan melalui

analisis spasial. Logika matematis tersebut dapat dilihat pada **Persamaan 5**.

$$T - n * L < HHWL \dots\dots\dots(5)$$

dimana:

T = Topografi (DEM LiDAR)

L = *Landsubsidence* (DEM penurunan tanah per tahun)

HHWL = nilai HHWL prediksi

n = selisih tahun prediksi dengan tahun sumber data topografi

Pada **Persamaan 5** dijelaskan bahwa daerah mengalami banjir rob apabila daerah tersebut mempunyai permukaan tanah yang lebih rendah dari tinggi pasang. Sebaliknya, daerah tersebut tidak mengalami banjir rob apabila tinggi pasang lebih rendah dari permukaan tanah.

Pengaruh ketinggian dan pasang terhadap kedalaman banjir rob di Jakarta ditunjukkan dengan analisis regresi *multivariate* dari variabel pasang tertinggi, ketinggian lokasi terhadap kedalaman banjir rob di Jakarta. Model banjir rob dibuat menggunakan *software* ArcGIS berdasarkan variabel pasang tertinggi, kenaikan muka laut dan penurunan tanah dengan menggunakan data DEM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Ketinggian, Pasang Tertinggi Terhadap Banjir Rob

Topografi wilayah Jakarta dipengaruhi oleh kondisi morfologi Jakarta yang terdiri atas empat satuan yaitu (1) dataran pantai, wilayah dengan ketinggian antara 0-15 meter di atas permukaan laut (mdpl), (2) tanggul pematang pantai, (3) daerah rawa, dan (4) dataran delta. Dataran ini dikenal sebagai Dataran Rendah Jakarta (van Bemmelen, 1949). Wilayah Jakarta bagian utara memiliki topografi yang relatif datar dari seluruh wilayah yang ada di Jakarta. Secara geomorfologi dataran Jakarta digolongkan ke dalam dataran aluvial pantai dan sungai (Ongkosongo, 2012). Dataran ini mempunyai bentang alam datar, sungai bermeander, yang sebelumnya merupakan dataran rawa, baik rawa pantai, laguna, ataupun rawa belakang akibat limpasan yang melampaui tanggul alam. Dengan kondisi geomorfologi seperti ini, Jakarta secara alami rawan terhadap banjir.

Berdasarkan tabel anova, nilai probabilitas yang didapatkan adalah 0,000. Hal itu berarti nilai probabilitas (α), $\alpha < 0,05$ sehingga model regresi dapat digunakan dalam pemodelan banjir rob. Dengan nilai F hitung > F tabel, yaitu $90,975 > 3,34$ yang berarti bahwa bahwa variabel ketinggian dan nilai pasang

secara serentak mempengaruhi variabel kedalaman banjir rob.

Tabel 2. Kedalaman banjir rob Wilayah Jakarta.

No	Kedalaman banjir (cm)	Luas Wilayah Banjir Rob (ha)
1	Kedalaman banjir 0-50	3.645,33
2	Kedalaman banjir 50-100	1.648,69
3	Kedalaman banjir 100-150	865,19
4	Kedalaman banjir >150	767,75
Total		6.926,97

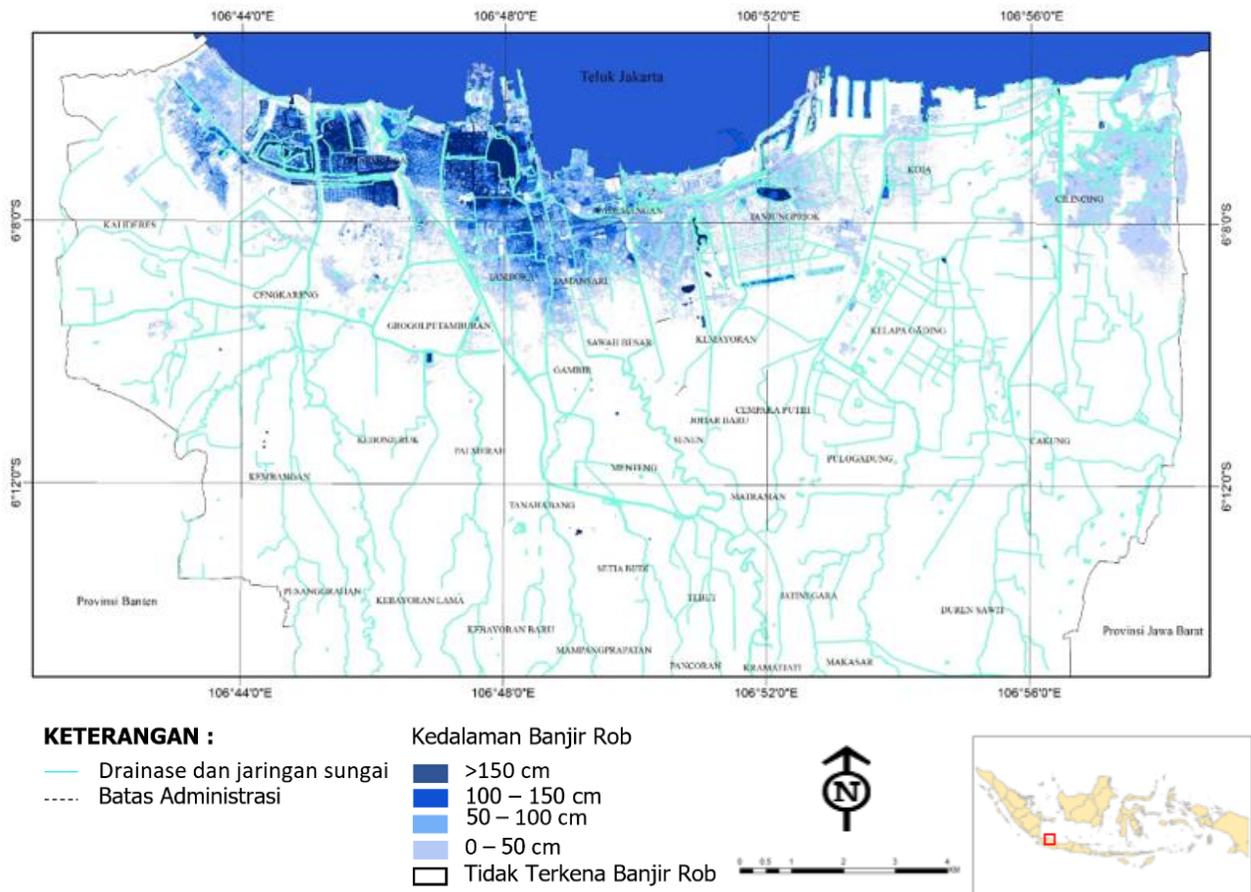
Hasil analisis *multivariate* untuk pemodelan kedalaman banjir rob secara spasial ditampilkan pada **Gambar 2**. Dari gambar ini dapat diketahui kedalaman banjir dan luasan wilayah yang berpotensi mengalami banjir rob. Informasi kedalaman serta luasan banjir rob pada masing-masing wilayah dijelaskan secara rinci pada **Tabel 2**.

Pemodelan Wilayah Banjir Rob

Banjir rob yang terjadi di pesisir Jakarta sudah sering dialami oleh masyarakat yang tinggal di wilayah tersebut. Tren penurunan tanah pada 52 titik pengamatan di wilayah Jakarta dapat dilihat pada **Tabel 3**. Pasang tertinggi merupakan salah satu variabel yang sangat mempengaruhi terhadap model banjir rob.

Tabel 3. Nilai penurunan muka tanah Jakarta.

No	Hasil Perhitungan	Tren Penurunan (cm)
1	Rata-Rata	-68
2	Standar Deviasi	47
3	Nilai Minimal	-244
4	Nilai Maximal	-10
Total		-3.521



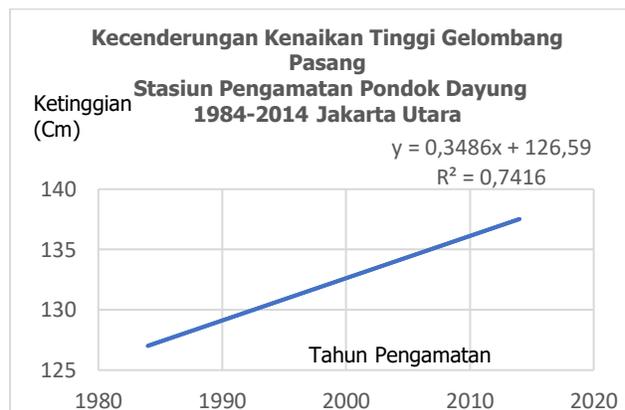
Gambar 2. Model banjir rob.

Nilai pengukuran pasang tertinggi sangat dibutuhkan untuk melakukan pemodelan banjir rob. Nilai pasang tertinggi terdapat pada tahun 2002 dan tahun 2014, sedangkan untuk nilai pasang terendah terdapat pada tahun 1984 dan 1986. Berdasarkan **Gambar 3** didapatkan persamaan yaitu, $Y=126,59+0,34X$ dimana ketinggian pasang awal terjadi pada tahun 1984. Nilai pasang tertinggi dengan nilai 139 cm terjadi pada tahun 2014 dan nilai pasang terendah 127 cm terjadi pada tahun 1984 dan 1986.

Nilai pasang tertinggi pada stasiun pengamatan Pondok Dayung memiliki nilai yang beragam (**Gambar 3**). Pada tahun 2000 hingga tahun 2011, tren nilai pasang selalu mengalami peningkatan, namun terjadi penurunan pada tahun 2012 kemudian terjadi kenaikan lagi pada tahun 2013 dan tahun 2014. Hasil pemodelan pada tahun 2030 ketinggian muka air pasang laut berdasarkan prediksi ialah 142,92 cm, hal ini mengakibatkan wilayah yang berada pada ketinggian kurang dari 142,92 cm akan terkena banjir rob.

Pada **Tabel 4** menunjukkan bahwa tahun 2050 ketinggian muka air pasang berdasarkan prediksi ialah 142,92 cm, tahun 2080 ketinggian muka air pasang berdasarkan prediksi ialah 159,92 cm, dan untuk tahun 2100 ketinggian muka air pasang berdasarkan prediksi ialah 166,72 cm. Untuk lebih jelasnya wilayah yang terendam banjir rob pada

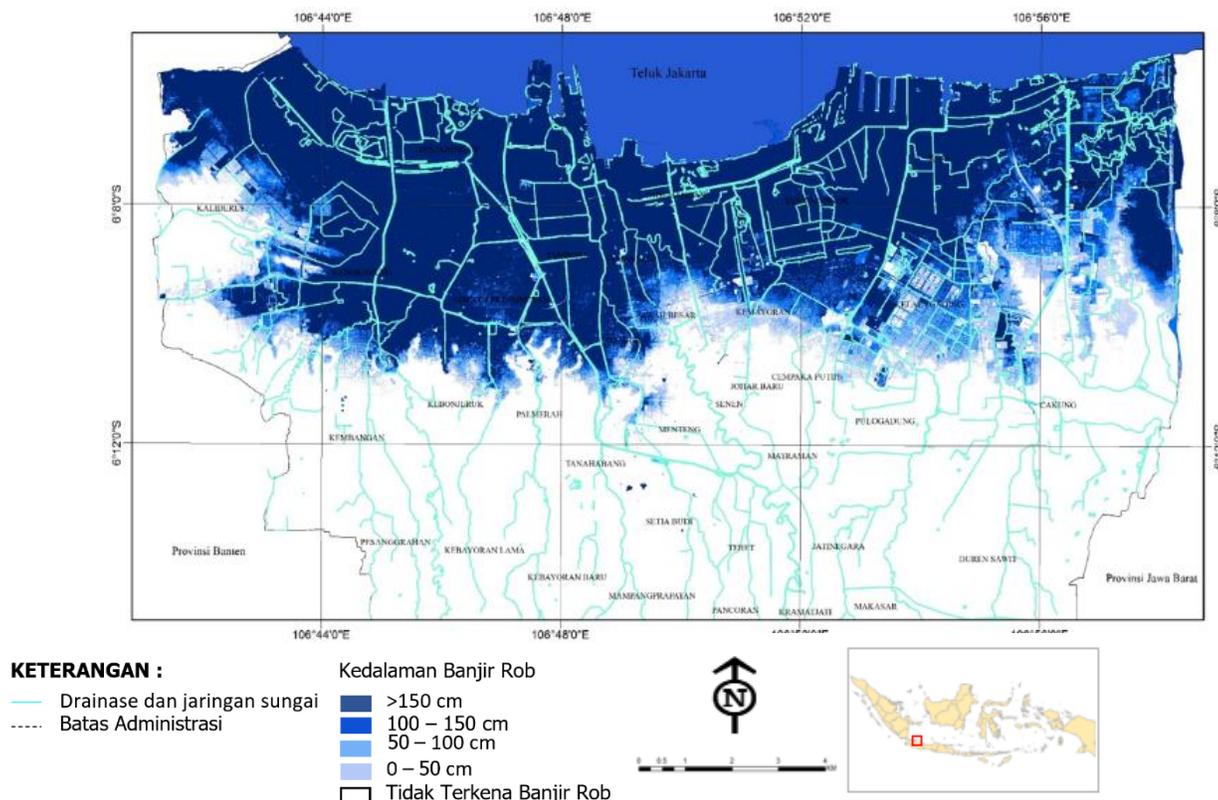
tahun 2030, 2050, 2080, dan 2100 dapat dilihat secara jelas melalui **Gambar 4**, **Gambar 5**, **Gambar 6** dan **Gambar 7**.



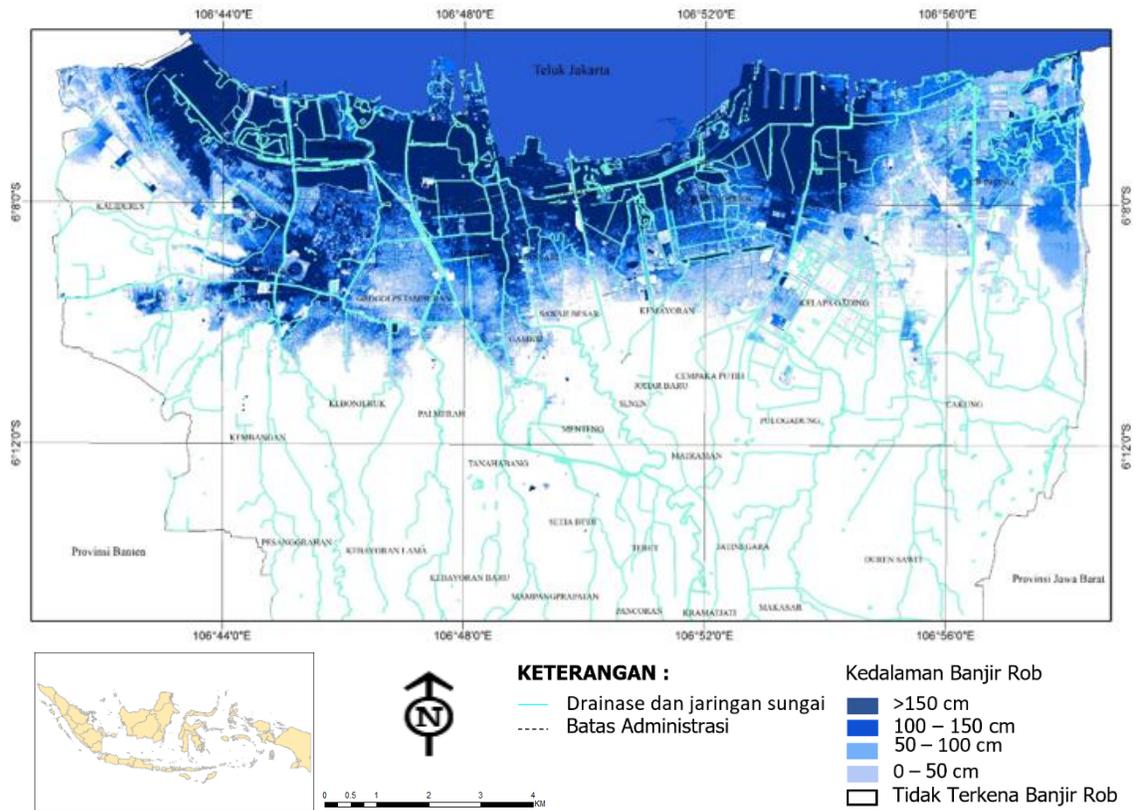
Gambar 3. Grafik kecenderungan kenaikan tinggi gelombang pasang stasiun pengamatan Pondok Dayung Tahun 1984-2014.

Tabel 4. Ketinggian pasang tertinggi wilayah Jakarta tahun 2030, 2050, 2080 dan 2100.

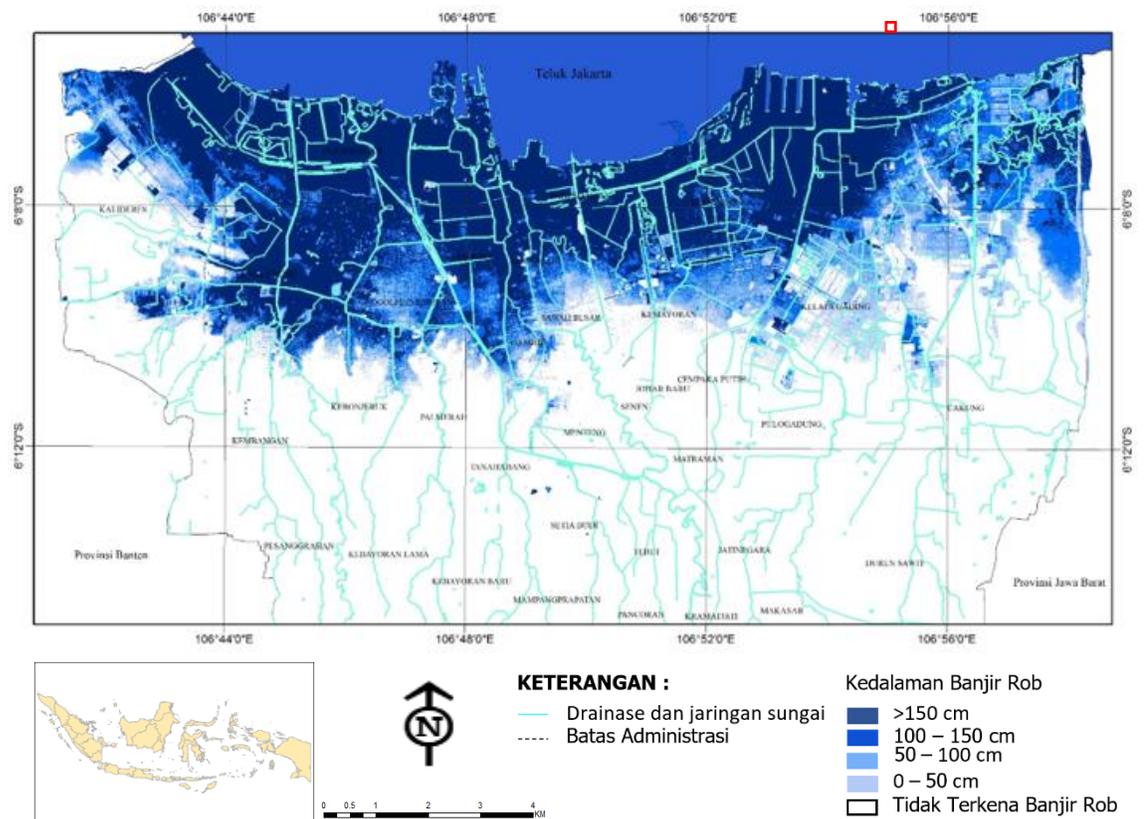
Tahun	a (cm)	b (cm)	Ketinggian Pasang (cm)
2030	126,6	0,34	142,92
2050	126,6	0,34	149,72
2080	126,6	0,34	159,92
2100	126,6	0,34	166,72



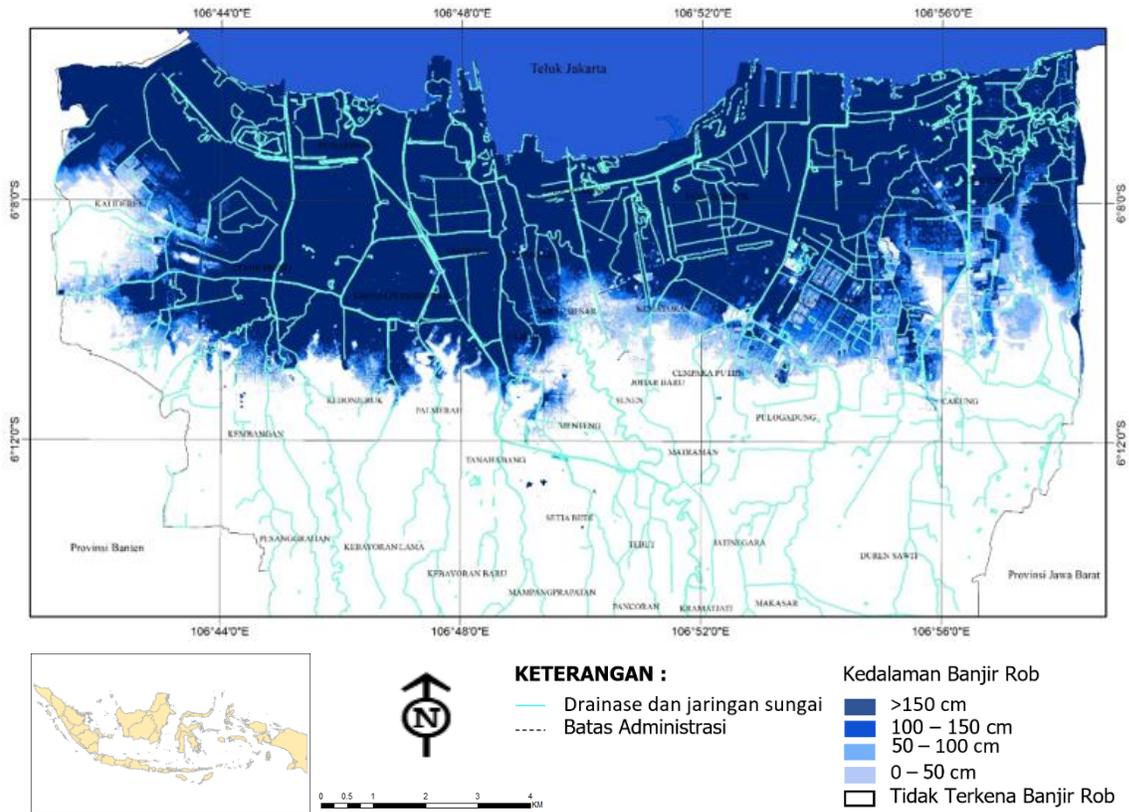
Gambar 4. Model banjir rob tahun 2030.



Gambar 5. Model banjir rob tahun 2050.



Gambar 6. Model banjir rob tahun 2080.



Gambar 7. Model banjir rob tahun 2100.

Pengaruh Ketinggian, Pasang Tertinggi Terhadap Banjir Rob

Kondisi alam yang kompleks menyebabkan dampak banjir rob di beberapa kecamatan di daerah Jakarta bagian utara menjadi semakin luas. Faktor alam tersebut salah satu diantaranya yaitu tingginya muka air laut ketika pasang, sehingga mengakibatkan air laut meluap ke daratan dan menggenangi jalan dan area permukiman warga setempat. Berdasarkan hasil skenario yang telah dibuat dapat diketahui kedalaman banjir dan luasan wilayah yang potensi mengalami banjir rob. Berdasarkan persamaan yang didapat dari fakta lapangan yang ada, maka diperoleh kedalaman banjir 0-50 cm merendam wilayah terluas dengan luas 3.645,33 ha.

Kedalaman banjir pada tahun 2014 ialah 1,378 cm, hal ini mengakibatkan wilayah yang berada pada ketinggian kurang dari 142,92 cm akan terkena banjir rob. Kedalaman ini diperoleh berdasarkan observasi langsung ke lapangan serta dibantu dengan data kondisi banjir rob. Berdasarkan data pasang tertinggi dari tahun 1984 hingga 2014 dijadikan sebagai salah satu variabel terhadap kedalaman banjir rob di wilayah Jakarta. Hal ini ditunjukkan dengan analisis regresi multivariate dari variabel penurunan tanah (X1) dan pasang tertinggi (X2) dan terhadap ketinggian banjir rob di Jakarta (Y) diperoleh

persamaan $Y = -3,897 - 0,787 X_1 + 0,398 X_2$ yang dijadikan dasar pada perhitungan ketinggian banjir rob pada tahun 2030, 2050, dan 2100.

Pemodelan Wilayah Banjir Rob

Wilayah yang memiliki nilai penurunan yang cukup tinggi terdapat di wilayah Jakarta Utara, hal ini dipengaruhi oleh kondisi morfologi wilayah tersebut karena memiliki ketinggian terendah sebesar -13 mdpl. Berdasarkan data yang ada bahwa terjadi penurunan tanah dalam kurun waktu satu tahun yang cukup besar di sebagian wilayah Jakarta Utara dan Jakarta Barat.

Pada tahun 2030 ketinggian muka air pasang laut berdasarkan prediksi ialah 142,92 cm dengan nilai penurunan tanah sudah dilakukan ekstraksi pada data DEM (*Digital Elevation Model*) dengan melakukan interpolasi pada masing-masing titik penurunan tanah dalam satuan meter, hal ini mengakibatkan wilayah yang berada pada ketinggian kurang dari 142,92 cm akan terkena banjir rob (Tabel 4). Berdasarkan hasil skenario yang telah dibuat, diperoleh wilayah yang terendam banjir rob terluas yaitu pada kedalaman banjir lebih dari 150 cm. Luas wilayah yang terkena banjir rob pada tahun 2030 ialah 17.093,16 ha atau 25,80%. Pada tahun 2050 luas wilayah yang terkena banjir rob pada tahun 2050

ialah 19.463,26 ha atau 29,39% dari luas wilayah penelitian sebesar 66.233 ha dan banjir rob yang mendominasi yaitu pada kedalaman lebih dari 150 cm.

Pada tahun 2080 ketinggian muka air pasang laut berdasarkan prediksi ialah 159,92 cm. Hal ini mengakibatkan wilayah yang berada pada ketinggian kurang dari 159,92 cm akan terkena banjir rob. Luas wilayah yang terkena banjir rob pada tahun 2080 ialah 22.273,80 ha atau 33,63%. Luas wilayah yang terkena banjir rob pada tahun 2100 ialah 23.823,46 ha atau 35,97% dari luas wilayah penelitian sebesar 66.233 ha.

Sebaran banjir rob pada tahun 2030, 2050, 2080, dan 2100 semua tidak terlepas dari keberadaan drainase. Pada umumnya wilayah yang berada dekat dengan drainase di pesisir utara terkena luapan banjir rob yang melalui drainase tersebut. Wilayah yang terendam dengan kedalaman banjir rob lebih dari 150 cm, hal ini terjadi akibat adanya penurunan muka tanah yang terjadi di wilayah Jakarta. Dengan demikian, dampak banjir yang menggenangi wilayah tersebut menjadi semakin luas.

Banjir rob umumnya mengikuti alur drainase yang ada selain itu juga terlihat pada umumnya penambahan potensi banjir mengarah ke arah barat. Selain itu, bagian barat terdapat alur drainase yang cukup besar yaitu Kali Krukut, sehingga hal inilah yang mengakibatkan perubahan kecenderungan ke arah barat dengan tingkat kedalaman banjir mencapai lebih dari 150 cm. Hal tersebut membuktikan adanya keterkaitan antara pasang air laut, penurunan tanah, dengan drainase, dimana pada saat air pasang akan masuk melalui saluran drainase sehingga air dari hulu sungai tidak bisa mengalir karena terhalang oleh pasang yang akan menyebabkan timbulnya genangan di dataran banjir sungai atau drainase.

KESIMPULAN

Berdasarkan variabel pasang tertinggi, dan variabel ketinggian permukaan tanah memiliki pengaruh terhadap banjir rob wilayah Jakarta. Koefisien pengaruh sebesar 85,3% sedangkan 14,7% dipengaruhi oleh faktor lain. Bentuk persamaan dari variabel penurunan tanah dan variabel pasang tertinggi terhadap banjir rob di Jakarta yaitu $Y = -3,897 - 0,787 X_1 + 0,398 X_2$. Sebaran spasial wilayah yang terkena banjir rob untuk tahun 2030, 2050, 2080 dan 2100 mengalami peningkatan yang cukup luas berdasarkan tren penurunan muka tanah, pasang tertinggi, dan kenaikan muka laut.

Hasil pemodelan banjir rob pada tahun 2030 memperlihatkan wilayah Jakarta yang terendam banjir mencapai 25,80% dari luas Jakarta yang didominasi dengan kedalaman banjir rob lebih dari

150 cm. Pada tahun 2050 diprediksi luas banjir rob terus meningkat berdasarkan hasil pemodelan yaitu mencapai 29,39% dari luas Jakarta. Semakin bertambah tahun pemodelan, wilayah yang akan terdampak banjir rob semakin meluas. Berdasarkan model yang diperoleh, pada tahun 2080 dan 2100 total luas banjir rob yang merendam wilayah Jakarta yaitu 33,63% dan 35,97% dari total luas Jakarta. Hasil analisis pun memperkirakan bahwa lebih dari sepertiga wilayah Jakarta akan terkena banjir rob pada tahun 2100 dengan kedalaman mencapai lebih dari 150 cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan saran, motivasi, serta bimbingan dalam pembuatan jurnal ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Rahman, A. & Pilouk, M. (2007). *Spatial data modelling for 3D GIS*. Springer Science & Business Media. Heidelberg. Germany. 289pp.
- Hall, J.W., Harvey, H. & Manning, L.J. (2019). Adaptation thresholds and pathways for tidal flood risk management in London. *Climate Risk Management*, 24, 42-58. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2019.04.001>.
- Marfai, M.A. (2011). The hazards of coastal erosion in Central Java, Indonesia. *GEOGRAFIA Malaysia Journal of Society and Space*, 7(3), 1-9.
- Marfai, M.A., Sartohadi, J., Sudrajat, S., Budiani, S.R. & Yulianto, F. (2006). Banjir genangan di kawasan pesisir akibat kenaikan muka air laut. *Jurnal Kebencanaan Indonesia*, 1, (1), 17-22.
- Marfai, M.A. & King, L. (2007). Monitoring land subsidence in Semarang, Indonesia. *Environmental geology*, 53, 651-659. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0680-3>.
- Molenaar, M. (1991). Status and problems of geographical information systems. The necessity of a geoinformation theory. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 46(2), 85-103. DOI: [https://doi.org/10.1016/0924-2716\(91\)90018-Q](https://doi.org/10.1016/0924-2716(91)90018-Q).
- Nugroho, S.H. (2013). Prediksi luas genangan pasang surut (rob) berdasarkan analisis data spasial di Kota Semarang, Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 4(1), 71-87.
- Ongkosongo, O. (2012). *Pepeling untuk bersahabat dengan lingkungan hidup*. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI. Jakarta. 45 hlm.
- Poland, J.F., Vega, G.F., Carbognin, L., Johnson, I. & Yamamoto, S. (1976). *The occurrence, measurement, mechanics, prediction, and control of subsidence*. Part I Manual. UNESCO. USA.
- Reddish, D.J. & Whittaker, B.N. (2012). *Subsidence: occurrence, prediction and control*. Elsevier.
- Salim, M.A., Siswanto, A.B. & Mindaistiwi, T. (2022). Study

- of flood impact handling in Pekalongan District. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 955(1), 012014. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/955/1/012014>.
- Santoso, W.B. & Syelvia, Y. (2011). *RTH Jakarta siaga satu!*. Diakses dari <https://otomotif.okezone.com/read/2011/12/22/437/545796/rth-jakarta-siaga-satu>. [2 Desember 2021].
- Sen, Z. (2016). *Spatial modeling principles in earth sciences*. Springer. 362 pp.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M.M.B., Miller Jr, H.L.M. & Chen, Z. (2007). *The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Climate Change 2007-The physical science basis*. Cambridge University Press. North America. USA.
- Steel, R.G.D., & Torrie, J.H. (1993). *Prinsip dan prosedur statistika*. Edisi 2. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 748 hlm.
- Susandi, A., Herlianti, I., Tamamadin, M. & Nurlala, I. (2008). Dampak perubahan iklim terhadap ketinggian muka laut di wilayah Banjarmasin. *Jurnal ekonomi lingkungan*, 12(2).
- UNFCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). (2007). *Climate Change: Impacts, Vulnerability and Adaptation in Developing Countries*. United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations. 64pp.
- van Bemmelen, R.W. (1949). *The geology of Indonesia*. Second Edition. Government Printing Office, The Hague 1949. The Netherland. 799pp.
- Wahyudi, S.I. (2007). Tingkat pengaruh elevasi pasang laut terhadap banjir dan rob di kawasan Kaligawe Semarang. *Rekayasa Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 1(1), 27-34.
- Zainuri, M., Helmi, M., Novita, M.G.A., Kusumaningrum, H.P. & Koch, M. (2022). An improve performance of geospatial model to access the tidal flood impact on land use by evaluating sea level rise and land subsidence parameters. *Journal of Ecological Engineering*, 23(2), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/144785>.