

# PEMODELAN GENANGAN BANJIR AKIBAT CURAH HUJAN TERTINGGI DAN PASANG SURUT MAKSIMUM

Studi Kasus: Kota Banjarmasin

*(Flood Inundation Modelling for The Highest Rainfall and Maximum Tidal Height  
A Case Study in Banjarmasin)*

**Arif Eko Wibawanto, Adib Muhammad Shodiq, Henyningtyas Suhel**

Politeknik Negeri Banjarmasin

Jl. Brig Jend. Hasan Basri, Pangeran, Kec. Banjarmasin Utara, Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan 70124

E-mail: [arifeko@poliban.ac.id](mailto:arifeko@poliban.ac.id)

*Diterima: 24 Oktober 2022; Direvisi: 24 Mei 2023; Disetujui untuk Dipublikasikan: 29 Mei 2023*

## ABSTRAK

Tahap awal pengurangan risiko banjir dapat dilakukan dengan pemodelan genangan banjir. Tujuan studi ini untuk menentukan sebaran genangan banjir di Kota Banjarmasin dan jumlah bangunan terindikasi terdampak. Data yang digunakan yaitu data curah hujan tertinggi, tinggi maksimum pasang surut dan DEMNAS. Pemodelan 2D menggunakan tiga skenario (debit maksimum, debit-pasang maksimum dan pasang maksimum) pada HEC-RAS. Analisis sebaran wilayah dan jumlah bangunan menggunakan analisis Sistem Informasi Geografis (SIG) dan visualisasi 3D. Visualisasi 3D dilakukan dengan menampalkan genangan dengan model bangunan 3D. Hasil studi menunjukkan tinggi genangan banjir antara 0,057 m s.d. 1,287 m. Hasil ini diperoleh dari tinggi maksimum pada tiga skenario berbeda. Dampaknya sebesar 60% wilayah Kota Banjarmasin tergenang banjir. Sejumlah 122.234 bangunan atau 73% bangunan terindikasi terdampak genangan banjir. Saat tinggi genangan maksimum, seluruh kecamatan di Banjarmasin tergenang banjir. Saat debit maksimum, terindikasi tiga kecamatan yang mengalami genangan banjir. Ketiganya yaitu Kecamatan Banjarmasin Utara, Banjarmasin Timur dan Banjarmasin Tengah. Faktor dominan timbulnya genangan banjir di Banjarmasin adalah pasang surut Sungai Martapura, layaknya wilayah pesisir lainnya.

**Kata kunci:** curah hujan, DEMNAS, pasang surut, pemodelan 2D genangan banjir, visualisasi 3D

## ABSTRACT

*The first step is to reduce the flood inundation risk by modelling the flood inundation. This study aims to determine the district coverage and the number of buildings it affects. The data used in this study were the highest rainfall data, the maximum tidal height data, and DEMNAS. The 2D modelling used three scenarios (maximum discharge, maximum discharge and tidal and maximum tidal) on HEC-RAS. Geographic Information System (GIS) analysis and 3D visualization were used to determine the district coverage and the number of buildings affected by this event. The 3D visualization was performed using an overlay between flood inundation and the 3D building model. The results indicated that the height of flood inundation in Banjarmasin was from 0,057 m to 1,287 m. The results were obtained from three different scenarios. The maximum inundation height affected around 60% Banjarmasin region. It affected 122.234 buildings, or 73% of buildings had been indicated to be affected by flood inundation. When the inundation reached its peak, all districts in Banjarmasin were flooded. On the contrary, only three districts were flooded when maximum discharge emerged. These included the North, East and Middle Banjarmasin districts. It can be concluded that the main factor of flood inundation in Banjarmasin was due to The Martapura River tidal, just like other coastal areas.*

**Keywords:** the rainfall, DEMNAS, the tidal, the 2D flood inundation modelling, the 3D visualization

## PENDAHULUAN

Sejak peradaban awal manusia, permukiman cenderung didirikan pada dataran dekat sungai yang rawan banjir (Di Baldassarre et al., 2013). Daerah ini dipilih karena kondisinya yang menguntungkan bagi kegiatan perdagangan, pertanian dan pembangunan ekonomi (Di Baldassarre et al., 2013). Hingga tahun 2013 diperkirakan sekitar 1 miliar orang bermukim di

wilayah dataran banjir (Di Baldassarre et al., 2013). Meski demikian risiko timbulnya banjir juga tinggi. Banjir merupakan suatu fenomena alam akibat naiknya badan air dan menerjang daratan yang tidak pernah tergenang sebelumnya (Di Baldassarre et al., 2013; Di Baldassarre, 2010; Siregar & Indrawan, 2017). Banjir mengakibatkan kerusakan bangunan dan timbulnya korban jiwa dengan tingkat kerusakan yang berbeda di berbagai wilayah Bumi setiap tahunnya, (Kadam & Sen, 2012;

Siregar & Indrawan, 2017; Yin et al, 2013). Persentase kerusakan yang ditimbulkan oleh banjir mencapai 28% dari total kerusakan akibat bencana alam di seluruh dunia berdasarkan data statistik EM-DAT pada tahun 2010 (Yin et al., 2013). Data statistik pada tahun 2022 menunjukkan kerugian ekonomi akibat banjir di seluruh dunia sebesar 20% (CRED, 2023).

Problematisa yang timbul akibat genangan banjir terjadi juga di Kota Banjarmasin. Timbulnya genangan banjir sering kali mengganggu aktivitas ekonomi di Kota Banjarmasin. Kota Banjarmasin merupakan salah satu pusat kegiatan ekonomi nasional (Solikin, Suhartanto, & Haribowo, 2017). Genangan banjir menyebabkan aktivitas ekonomi di Kota Banjarmasin lumpuh. Upaya untuk meminimalisir dampak negatif genangan banjir dilakukan dengan penilaian risiko. Risiko sendiri terdiri atas dua komponen utama, yaitu probabilitas dan konsekuensi atau dampak (Di Baldassarre, 2010). Probabilitas dapat dilakukan tidak langsung menggunakan pemodelan numeris genangan banjir.

Pemodelan numeris genangan banjir dapat dilakukan secara satu dimensi (1D), dua dimensi (2D) dan gabungan 1D serta 2D (Kadam & Sen, 2012; Siregar & Indrawan, 2017; Yin et al., 2013). Pemodelan genangan banjir 2D memerlukan model permukaan digital. Model permukaan yang digunakan dapat diperoleh dari peta topografi, *Light Detection and Ranging* (LiDAR), citra ALOS PALSAR, DEM Nasional (DEMNAS), *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), TerraSAR-X (Fewtrell et al, 2008; Kasbullah & Marfai, 2014; Marfai et al, 2013; Muin, Boer, & Suharnoto, 2015; Pratiwi & Santosa, 2021; Sauda, Nugraha, & Hani'ah, 2019; Shodiq, Sobatnu, & Inayah, 2022; Yan, Di Baldassarre, & Solomatine, 2013; Yin et al., 2013). Pemodelan numeris genangan banjir 2D dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak MIKE-FLOOD, HEC-RAS, ILWIS dan MIKE 21 (Kadam & Sen, 2012; Kasbullah & Marfai, 2014; Marfai et al., 2013; Marfai & Cahyadi, 2017; Muin et al., 2015; Pratiwi & Santosa, 2021; Rachman, Ismunarti, & Handoyo, 2015; Shodiq et al., 2022). Cakupan area genangan ditentukan menggunakan analisis SIG (Kasbullah & Marfai, 2014; Pratiwi & Santosa, 2021; Rachman et al., 2015; Sauda et al., 2019). Analisis ini dapat dilakukan setelah dilakukan pemodelan numeris (Pratiwi & Santosa, 2021). Kombinasi dua metode analisis pemodelan numeris dan SIG seperti yang dilakukan oleh Pratiwi & Santosa (2021) didapatkan luasan wilayah dan jumlah bangunan terdampak banjir. Kombinasi tersebut juga dapat memberikan informasi lain berupa nilai kerugian ekonomi (Kasbullah & Marfai, 2014; Marfai et al., 2013; Marfai & Cahyadi, 2017). Selain menggunakan kombinasi dua metode, pemodelan berdasarkan keadaan ekstrim diperlukan agar mampu meminimalisir dampak akibat genangan

banjir. Keadaan ekstrim genangan banjir dapat berulang secara berkala 50, 100, 200, 500 dan 1000 tahun (Yin et al., 2013). Selain kala ulang banjir, genangan banjir dapat dipengaruhi oleh tingginya curah hujan di suatu wilayah (Luo et al., 2018; Shodiq et al., 2022).

Karakter Kota Banjarmasin yang rentan terhadap genangan banjir, memerlukan suatu pemodelan genangan banjir untuk meminimalisir risiko. Penggunaan data curah hujan rancangan dan tinggi pasang surut dilakukan oleh Solikin et al. (2017) untuk mitigasi dengan metode polder. Faktanya curah hujan yang terjadi di tahun 2021 melebihi curah hujan rancangan. Kejadian tahun 2021 mendorong perlunya pemodelan genangan banjir di Kota Banjarmasin. Data yang digunakan adalah data curah hujan Januari tahun 2021. Data tersebut digunakan karena curah hujan ekstrim melanda Kota Banjarmasin yang menyebabkan timbulnya genangan banjir (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2021). Data lainnya yaitu data tinggi maksimum pasang surut Sungai Martapura. Tujuan penelitian ini untuk menentukan sebaran lokasi yang mengalami genangan tinggi dan mengganggu aktivitas masyarakat. Informasi tersebut selanjutnya digunakan untuk penentuan langkah mitigasi yang tepat sesuai karakteristik lokasi genangan. Metode untuk mencapai tujuan tersebut dengan pemodelan numeris 2D, analisis SIG dan visualisasi 3D genangan banjir di Kota Banjarmasin.

## METODE

### Lokasi dan Data Penelitian

Lokasi penelitian berada di Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan, terletak pada posisi geografis 3° 16' 46" s.d. 3° 22' 54" LS dan 114° 31' 40" s.d. 114° 39' 55" BT (Badan Pusat Statistik, 2022). Ketinggian rata-rata Kota Banjarmasin yaitu -0,16 mdpl yang menandakan posisinya berada di dataran rendah dan terpengaruh oleh pasang surut (Badan Pusat Statistik, 2022). Pasang surut di Kota Banjarmasin terjadi akibat letaknya yang berada di dekat muara Sungai Barito yang berhilir di Laut Jawa (Solikin et al., 2017). Pasang surut dapat memasuki tengah Kota Banjarmasin dikarenakan kota ini dilintasi oleh Sungai Martapura yang merupakan salah satu anak Sungai Barito. Data terhimpun dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2023 menunjukkan tinggi maksimum pasang surut Sungai Martapura sebesar 2,6 m (Pasanglaut, 2021; Solikin et al., 2017). Pengukuran sesaat pada tahun 2016 menunjukkan nilai tinggi rata-rata pasang surut Sungai Martapura sebesar 1,78 m (Solikin et al., 2017). Sungai Martapura melintas di Kota Banjarmasin sepanjang 25,066 km (Badan Pusat Statistik, 2022). Berdasarkan informasi dari Badan Pusat Statistik (2022) pada tahun 2021 total curah

hujan tahunan sebesar 3.259,1 mm dengan 232 hari hujan.

Data curah hujan Kota Banjarmasin selama 10 tahun terakhir menunjukkan hujan ekstrem melanda pada Januari 2021 yang ditunjukkan pada **Tabel 1** (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2022). Pasang surut tinggi juga mempengaruhi Kota Banjarmasin. Tinggi pasang surut rata-rata di Kota Banjarmasin berdasarkan data tahun 2016 ditunjukkan pada **Tabel 2** (Solikin et al., 2017). Data-data yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 1.** Data curah hujan Januari 2021.

No	Tanggal	Curah Hujan (mm)
1	13 Januari 2021	51,1
2	14 Januari 2021	249
3	15 Januari 2021	131

**Tabel 2.** Data tinggi maksimum pasang surut.

No	Jenis Tinggi	Tinggi Pasang Surut (m)
1	Higher High Water Level (HHWL)	2,62
2	Mean High Water Level (MHWL)	2,54
3	Mean Sea Level (MSL)	1,78

**Tabel 3.** Jenis data yang digunakan.

No	Jenis Data	Perekaman Data	Sumber Data
1	DEMNAS	n/a	(Badan Informasi Geospasial, 2018)
2	Curah hujan Januari 2021	1 bulan (Januari 2021)	(Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2022)
3	Pasang surut	13 tahun dan sesaat tahun 2016	(Pasanglaut, 2021; Solikin et al., 2017)
4	Persil	2019	Citra Pleiades
5	Batas administrasi	2019	Bappeda Kota Banjarmasin
6	Sungai	2019	Banjarmasin
7	Jalan	2019	

### Metode Analisis Data dan Diagram Alir Penelitian

#### Debit Puncak

Perhitungan debit puncak berdasarkan data curah hujan tertinggi pada tahun 2021 menggunakan metode Weduwen. Metode ini memiliki syarat luasan DAS  $\leq 100 \text{ km}^2$  (Herison et al,

2018; Nasjono, Hunggurami, & Sarty, 2018; Rabih, 2020). Luasan DAS Sungai Martapura yang teridentifikasi sebesar  $32,296 \text{ km}^2$ . Perhitungan debit maksimum menggunakan **Persamaan 1** (Herison et al., 2018; Nasjono et al., 2018; Rabih, 2020).

$$Q_{maks} = \alpha \times \beta \times I \times A \dots\dots\dots (1)$$

di mana:

$Q_{maks}$  = debit maksimum ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$\alpha$  = koefisien pengaliran

$\beta$  = koefisien reduksi

$I$  = intensitas hujan maksimum ( $\text{m}^3/\text{det}/\text{km}^2$ )

$A$  = luas daerah pengaliran ( $\text{km}^2$ )

#### Koefisien Reduksi

Koefisien reduksi ( $\beta$ ) adalah nilai koefisien pengurangan daerah hujan diakibatkan infiltrasi air hujan (Herison et al., 2018; Nasjono et al., 2018; Rabih, 2020). Nilainya ditentukan dengan **Persamaan 2**. Persamaan ini merupakan persamaan Weduwen untuk penentuan koefisien reduksi (Herison et al., 2018; Nasjono et al., 2018; Rabih, 2020).

$$\beta = \frac{120 + \frac{t+1}{t+9} \times A}{120+A} \dots\dots\dots (2)$$

di mana:

$\beta$  = koefisien reduksi

$t$  = waktu konsentrasi (jam)

$A$  = luas daerah pengaliran ( $\text{km}^2$ )

#### Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran menunjukkan nilai estimasi laju aliran air yang melalui saluran drainase. Koefisien pengaliran metode Weduwen ditunjukkan **Persamaan 3** (Herison et al., 2018; Nasjono et al., 2018; Rabih, 2020).

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{(\beta \times I) + 7} \dots\dots\dots (3)$$

di mana:

$\alpha$  = koefisien pengaliran

$\beta$  = koefisien reduksi

$I$  = intensitas hujan maksimum ( $\text{m}^3/\text{det}/\text{km}^2$ )

#### Lama Hujan

Lama hujan menunjukkan waktu yang dibutuhkan air untuk mencapai hilir. Pemodelan ini mengasumsikan waktu terjauh air hujan yang jatuh di hulu Sungai Martapura. Lama hujan ditentukan menggunakan **Persamaan 4** (Herison et al., 2018; Nasjono et al., 2018; Rabih, 2020).

$$t = 0,25 \times L \times Q^{-0,125} \times S^{-0,25} \dots\dots\dots (4)$$

di mana:

$t$  = waktu konsentrasi (jam)

$L$  = panjang sungai utama (km)

$Q$  = debit maksimum ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$S$  = kemiringan dasar sungai

**Intensitas Hujan Maksimum**

Intensitas hujan maksimum menunjukkan jumlah hujan tertinggi tiap satuan waktu (Herison et al., 2018; Nasjono et al., 2018; Rabih, 2020).

$$I = \frac{R_n}{240} \times \frac{67,65}{t+1,45} \dots\dots\dots (5)$$

di mana:

I = intensitas hujan maksimum (m<sup>3</sup>/det/km<sup>2</sup>)

R<sub>n</sub> = hujan harian maksimum (mm)

t = waktu konsentrasi (jam)

Hasil perhitungan debit maksimum saat curah hujan ekstrim menggunakan **Persamaan 1 s.d. 5** ditunjukkan **Tabel 4**. Data masukan perhitungan menggunakan data **Tabel 1**.

**Tabel 4.** Debit maksimum curah hujan ekstrim.

No	Tanggal	Debit Maksimum (m <sup>3</sup> /det)
1	13 Januari 2021	4,494
2	14 Januari 2021	34,203
3	15 Januari 2021	14,516

**DEMNAS**

Pemodelan genangan banjir di Kota Banjarmasin membutuhkan data permukaan. Data permukaan pada **Gambar 1** yang digunakan bersumber dari DEMNAS dengan resolusi spasial sebesar 0,27 arc-second atau 8,3 m (Badan Informasi Geospasial, 2018). Data permukaan yang digunakan telah melalui tahapan pengolahan lanjutan dengan metode *Hydro-enforcement*. Tujuan pengolahan ini untuk menyimulasikan aliran permukaan apabila saluran berada tertutup oleh bangunan (Poppenga et al., 2014).

**Koefisien Kekasaran Manning's**

Parameter lain yang digunakan adalah Koefisien Kekasaran *Manning*. Koefisien ini merepresentasikan resistensi aliran banjir di saluran drainase dan dataran banjir (Arcement & Schneider, 1989). Koefisien Kekasaran *Manning* menggunakan **Persamaan 6** (Arcement & Schneider, 1989).

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m \dots\dots\dots (6)$$

di mana:

- n<sub>b</sub> = nilai basis untuk saluran yang lurus, seragam dan halus pada kondisi natural
- n<sub>1</sub> = faktor koreksi akibat efek penyimpangan permukaan
- n<sub>2</sub> = nilai untuk variasi bentuk dan ukuran penampang melintang saluran
- n<sub>3</sub> = nilai untuk halangan
- n<sub>4</sub> = nilai untuk kondisi vegetasi dan aliran
- m = faktor koreksi kelokan pada saluran

Besaran Koefisien Kekasaran Manning di Sungai Martapura menggunakan **Persamaan 6**

dan definisi masing-masing koefisien pada **Tabel 5**, berikut hasil perhitungan Koefisien Kekasaran *Manning* Sungai Martapura yang ditunjukkan pada **Tabel 6**

**Tabel 5.** Koefisien n<sub>1</sub>, n<sub>2</sub>, n<sub>3</sub> dan n<sub>4</sub>

Kondisi Saluran		Nilai n Hasil Perataan
Derajat penyimpangan (n <sub>1</sub> )	Halus/Tidak ada penyimpangan Minor Sedang Penyimpangan besar	0 0,001 – 0,005 0,006 – 0,010 0,011 – 0,020
Variasi pada penampang melintang saluran (n <sub>2</sub> )	Berubah teratur Terkadang berubah	0 0,001 – 0,005
Efek timbulnya halangan (n <sub>3</sub> )	Rutin berubah Diabaikan Minor	0,010 – 0,015 0 – 0,004 0,005 – 0,015
Cakupan vegetasi (n <sub>4</sub> )	Cukup besar Besar Kecil Cukup luas Luas Sangat luas	0,020 – 0,030 0,040 – 0,050 0,002 – 0,010 0,010 – 0,025 0,025 – 0,050 0,050 – 0,100
Derajat kelokan saluran (m)	Kecil Cukup besar Besar	1,00 1,15 1,30

**Tabel 6.** Koefisien Kekasaran Manning Sungai Martapura

Koefisien	Keadaan Saluran	Nilai Manning
n <sub>b</sub>	Material dasar pasir kasar	0,028
n <sub>1</sub>	Lereng sungai terkikis sedang	0,008
n <sub>2</sub>	Aliran utama terkadang berubah karena perubahan penampang melintang	0,003
n <sub>3</sub>	Penghalang air kurang dari 15%	0,010
n <sub>4</sub>	Cakupan vegetasi kecil berupa rumput atau gulma di sekitar sungai	0,006
m	Derajat kelokan sungai besar	1,30
n total		0,0715

**Level of Detail (LOD)**

**Tabel 7.** Standar LOD OGC *City GML 2.0*

Jenis LOD	Penjelasan
LOD0	Merepresentasikan ujung bangunan tanpa menunjukkan ketinggian
LOD1	Menunjukkan ketinggian bangunan yang teridentifikasi dari LOD0 dan tidak memperhatikan fitur lain yang mungkin terdapat pada bangunan
LOD2	Memodelkan secara sederhana bentuk atap atau fitur lain
LOD3	Model detail arsitektur dengan pintu dan jendela
LOD4	Melengkapi LOD3 dengan memodelkan fitur yang terdapat di dalam ruangan

LOD merupakan konsep umum pada SIG (Biljecki, 2017). LOD digunakan untuk menunjukkan bagaimana fitur dunia nyata diperoleh dan dimodelkan (Biljecki, 2017). Standar pemodelan 3D yang digunakan pada artikel ini menggunakan standar *Open Geospatial Consortium (OGC) City GML 2.0*. Standar ini membagi LOD menjadi 5 kategori dari LOD0 s.d. LOD4 (Biljecki, 2017; Biljecki, Ledoux, Stoter, & Zhao, 2014). Penjelasan standar LOD OGC City GML 2.0 ditunjukkan **Tabel 7** (Biljecki, 2017; Biljecki et al., 2014).

*Diagram alir pemodelan genangan banjir*

Data debit puncak, tinggi maksimum pasang surut Sungai Martapura, data permukaan dan koefisien kekasaran Manning menjadi data masukan pemodelan genangan banjir menggunakan perangkat lunak HEC-RAS. Pemodelan menggunakan tiga skenario yaitu pemodelan menggunakan data debit puncak sebagai skenario pertama. Skenario kedua pemodelan menggunakan data debit puncak dan tinggi maksimum pasang surut Sungai Martapura. Skenario ketiga, pemodelan menggunakan data tinggi maksimum pasang surut Sungai Martapura. Model aliran

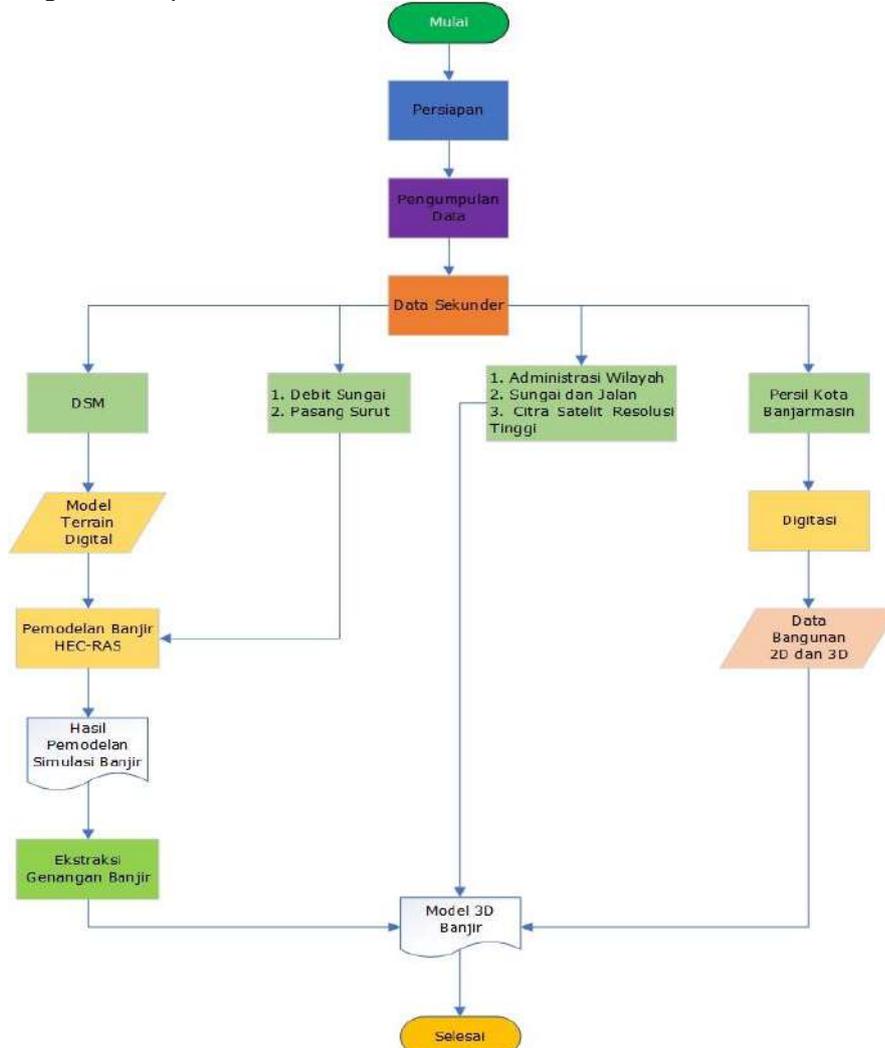
menggunakan model aliran tidak permanen (*unsteady flow*). Analisis pemodelan genangan banjir Kota Banjarmasin menggunakan analisis spasial di SIG. Diagram alir pemodelan genangan banjir ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Genangan banjir Kota Banjarmasin dimodelkan secara 2D dan 3D untuk memudahkan analisis secara visual cakupan dan ketinggian genangan relatif terhadap luas wilayah Kota Banjarmasin dan tinggi bangunan. Data bangunan 2D dan 3D diperoleh dari hasil dijitasi citra satelit resolusi tinggi.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pemodelan Skenario Pertama**

Pemodelan skenario pertama menggunakan data debit maksimum. Interval waktu pemodelan satu jam untuk memantau daerah yang tergenang banjir. Area yang tergenang banjir disajikan setiap kecamatan di Kota Banjarmasin. Visualisasi pemodelan genangan skenario pertama disajikan pada **Gambar 2a** dan **Gambar 2b** dengan latar citra satelit resolusi tinggi.



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian.

Visualisasi pemodelan genangan banjir terbagi menjadi dua periode. Periode pertama disimulasikan selama 15 jam atau sejak pukul 00.00 s.d. 15.00. Periode kedua menunjukkan genangan terjadi selama 24 jam penuh. Periodisasi dimaksudkan untuk menunjukkan wilayah mana saja yang terindikasi mengalami genangan terlebih dahulu. **Gambar 2(a)** menunjukkan periode pertama muncul genangan. Pada periode ini genangan banjir muncul pada Kecamatan Banjarmasin Timur dan Kecamatan Banjarmasin Timur.

**Gambar 2b** menunjukkan periode kedua terjadinya genangan. Pada periode ini wilayah tergenang bertambah menjadi empat kecamatan. Keempat kecamatan tersebut yaitu Kecamatan Banjarmasin Timur, Banjarmasin Utara, Banjarmasin Barat dan Banjarmasin Tengah. Apabila ditampilkan ditinjau dari DEMNAS, terindikasi daerah yang tergenang pada skenario 1 merupakan area yang rendah. Hasil pemodelan skenario 1 mengindikasikan bahwa Kecamatan Banjarmasin Barat dan Banjarmasin Selatan tidak mengalami genangan. Hasil pemodelan skenario pertama berupa nilai tinggi genangan banjir. Hasilnya ditunjukkan **Tabel 8**.

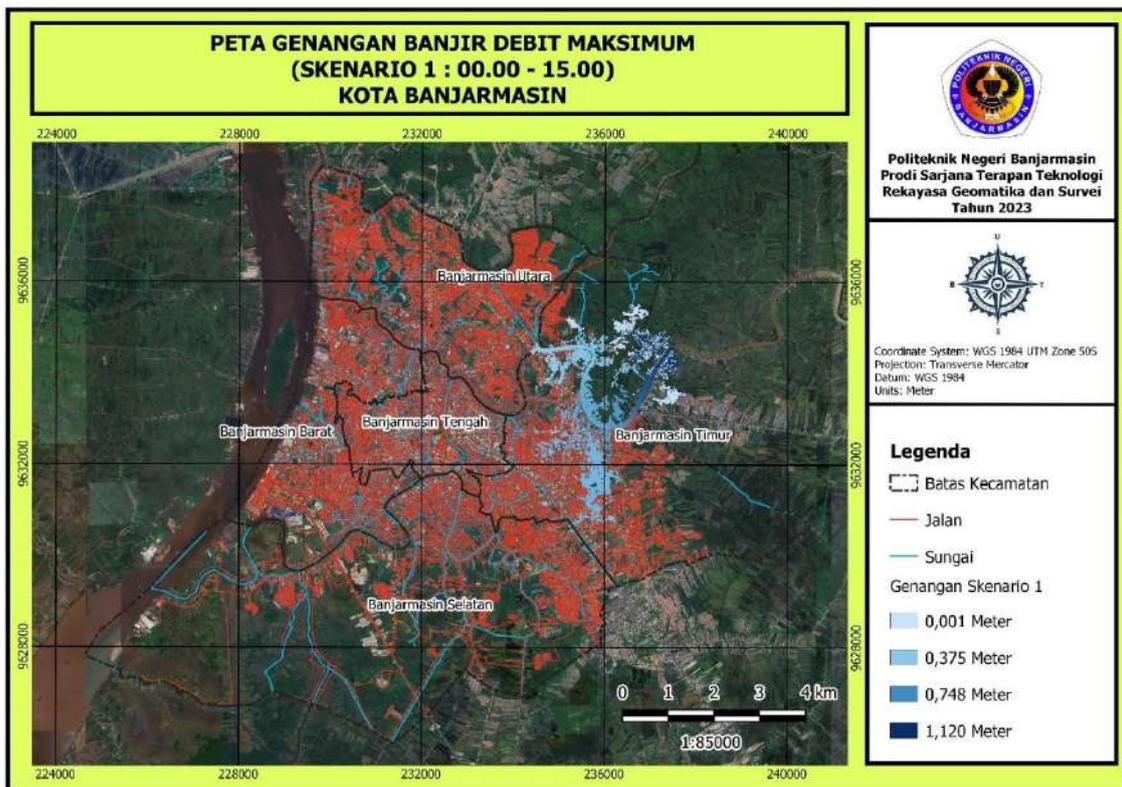
Data tinggi genangan akibat curah hujan ekstrim menunjukkan kesesuaian dengan tinggi genangan hasil pemodelan kala ulang 2 tahun (Solikin et al., 2017). Titik sampel berada di Kecamatan Banjarmasin Tengah dengan nilai tinggi genangan 0,2 m (Solikin et al., 2017). Hal yang

membedakan yaitu pola genangan yang terjadi. Kondisi ini terjadi dikarenakan perbedaan pemodelan yang digunakan.

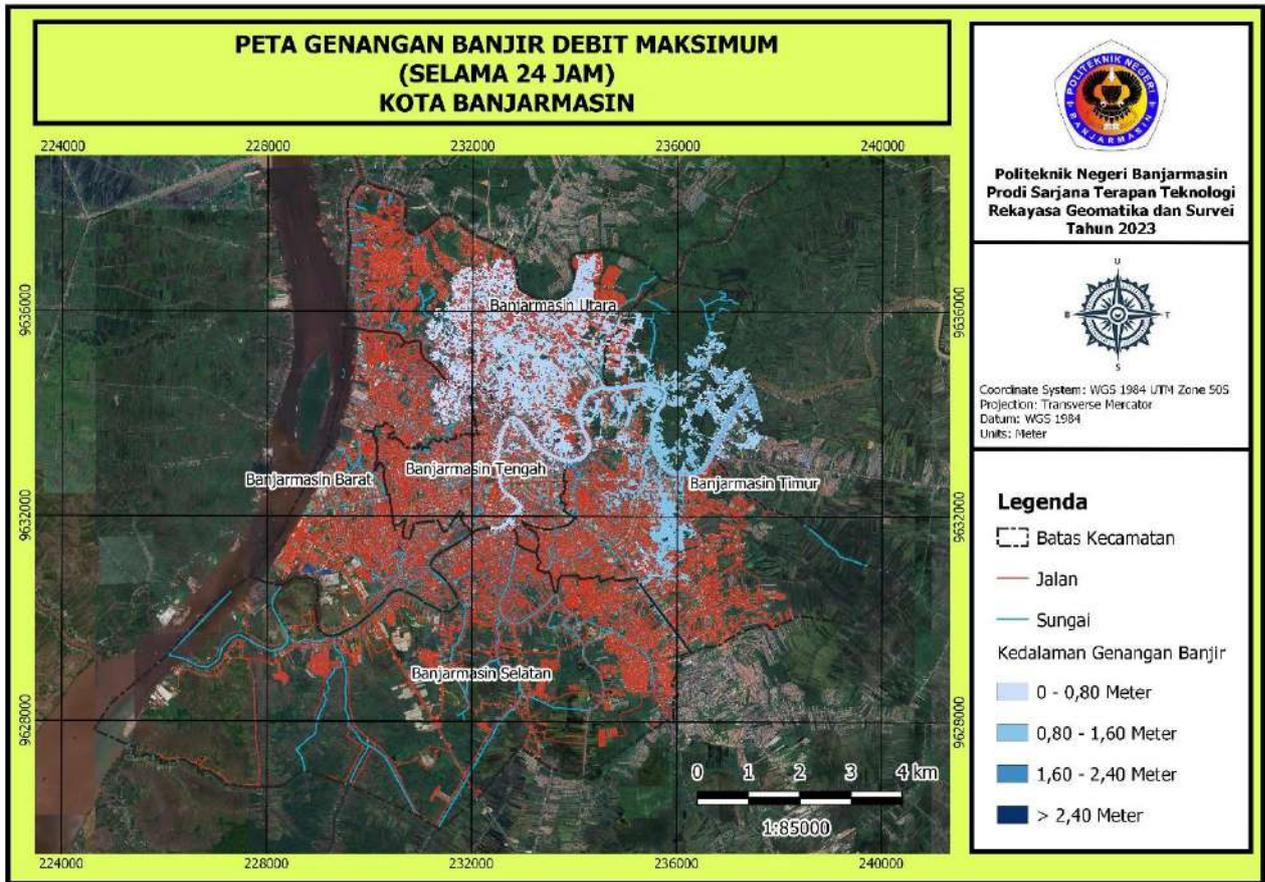
**Tabel 8.** Tinggi Genangan Minimum dan Maksimum Skenario Pertama Tiap Kecamatan

No	Kecamatan	Tinggi Genangan Minimum (m)	Tinggi Genangan Maksimum (m)
1	Banjarmasin Utara	0,010	0,320
2	Banjarmasin Selatan	0	0
3	Banjarmasin Timur	0,120	0,500
4	Banjarmasin Barat	0,020	0,057
5	Banjarmasin Tengah	0,020	0,298

Pola genangan air pada skenario pertama saat kondisi curah hujan ekstrim serupa dengan pola genangan di Kecamatan Mandastana, Sungai Ajoy (Kadam & Sen, 2012; Shodiq et al., 2022). Genangan pertama muncul di sungai, tetapi dengan cepat meluap ke dataran banjirnya. Kondisi ini berbeda dengan pola genangan banjir di Sungai Huangpu, Sungai Po dan Sungai Kasin (Pratiwi & Santosa, 2021; Yan et al., 2013; Yin et al., 2013). Genangan tidak dengan cepat meluap ke dataran banjirnya. Kondisi ini disebabkan perbedaan kondisi topografi dataran sungainya. Topografi Kota Banjarmasin berupa dataran rendah menimbulkan pola genangan yang meluas.



**Gambar 2a.** Peta periode pertama (15 jam) muncul genangan skenario pertama.



**Gambar 2b.** Peta periode kedua (24 jam) muncul genangan skenario pertama.

**Pemodelan Skenario Kedua**

Pemodelan skenario kedua menggunakan gabungan data debit maksimum dengan pasang surut maksimum. Interval waktu simulasi setiap satu jam. Visualisasi hasil pemodelan menggunakan citra satelit resolusi tinggi seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 3a** dan **Gambar 3b**.

Visualisasi pemodelan genangan banjir skenario 2 terbagi menjadi dua periode. Pembagian periode sama seperti skenario 1. Genangan yang timbul akibat pasang surut bermula dari arah selatan Kota Banjarmasin. Genangan yang timbul akibat tingginya debit Sungai Martapura bermula dari arah Timur. **Gambar 3a** menunjukkan genangan banjir pada periode pertama. Pada periode ini sejumlah empat kecamatan tergenang. Keempat kecamatan tersebut diantaranya Kecamatan Banjarmasin Timur, Banjarmasin Utara, Banjarmasin Barat dan Banjarmasin Selatan. Kecamatan Banjarmasin Timur dan Banjarmasin Utara tergenang akibat tingginya debit Sungai Martapura. Kecamatan Banjarmasin Barat, dan Banjarmasin Selatan tergenang akibat tingginya pasang.

**Gambar 3b** menunjukkan genangan banjir pada periode kedua. Pada periode ini seluruh kecamatan terindikasi tergenang banjir baik akibat tingginya debit Sungai Martapura maupun tingginya pasang surut. Meskipun demikian, ada beberapa

wilayah Kota Banjarmasin yang tidak mengalami genangan banjir. Berdasarkan hasil pemodelan skenario kedua, dalam rentang waktu 24 jam seluruh Kota Banjarmasin terindikasi tergenang banjir dengan ketinggian bervariasi di setiap kecamatan.

Hasil pemodelan skenario kedua seperti halnya pemodelan skenario pertama berupa nilai tinggi genangan banjir. Tinggi genangan banjir setiap kecamatan ditunjukkan pada **Tabel 9**.

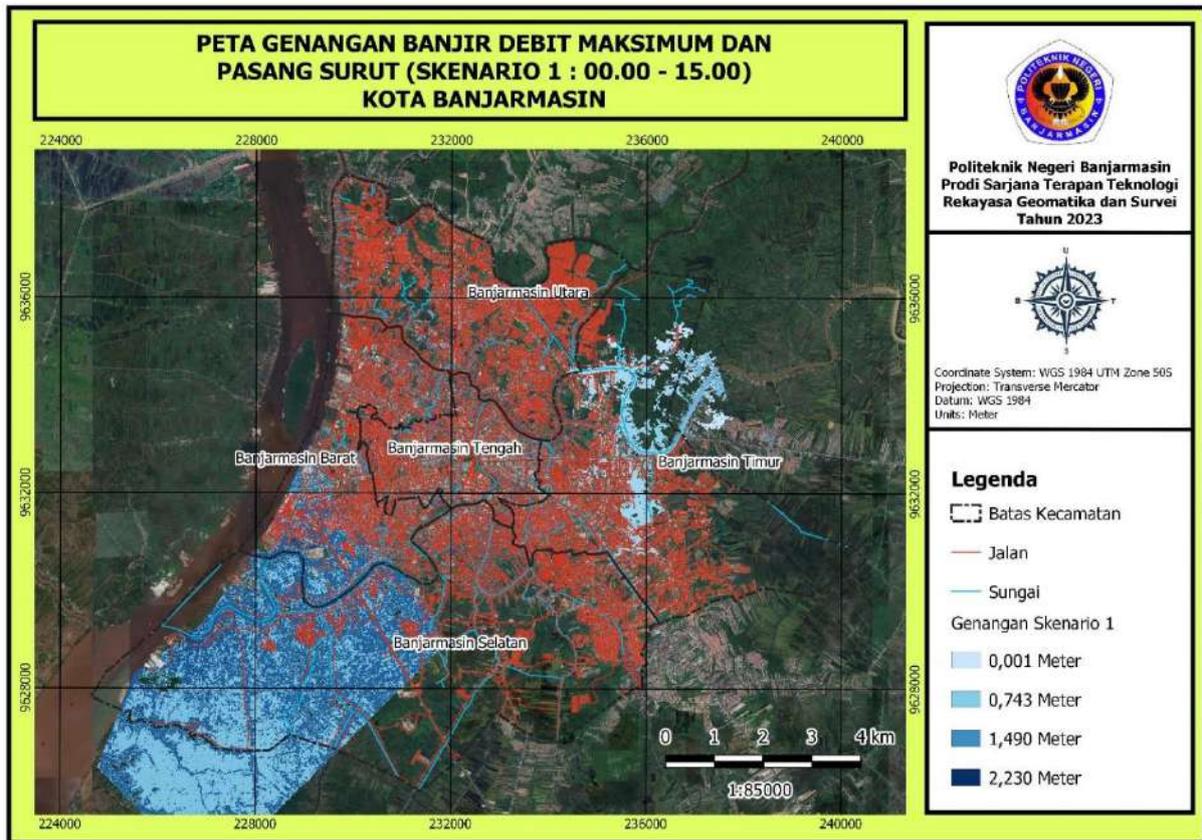
**Tabel 9.** Tinggi Genangan Minimum dan Maksimum Skenario Kedua Tiap Kecamatan

No	Kecamatan	Tinggi Genangan Minimum (m)	Tinggi Genangan Maksimum (m)
1	Banjarmasin Utara	0,181	0,913
2	Banjarmasin Selatan	0,215	1,206
3	Banjarmasin Timur	0,135	1,204
4	Banjarmasin Barat	0,118	1,029
5	Banjarmasin Tengah	0,012	1,023

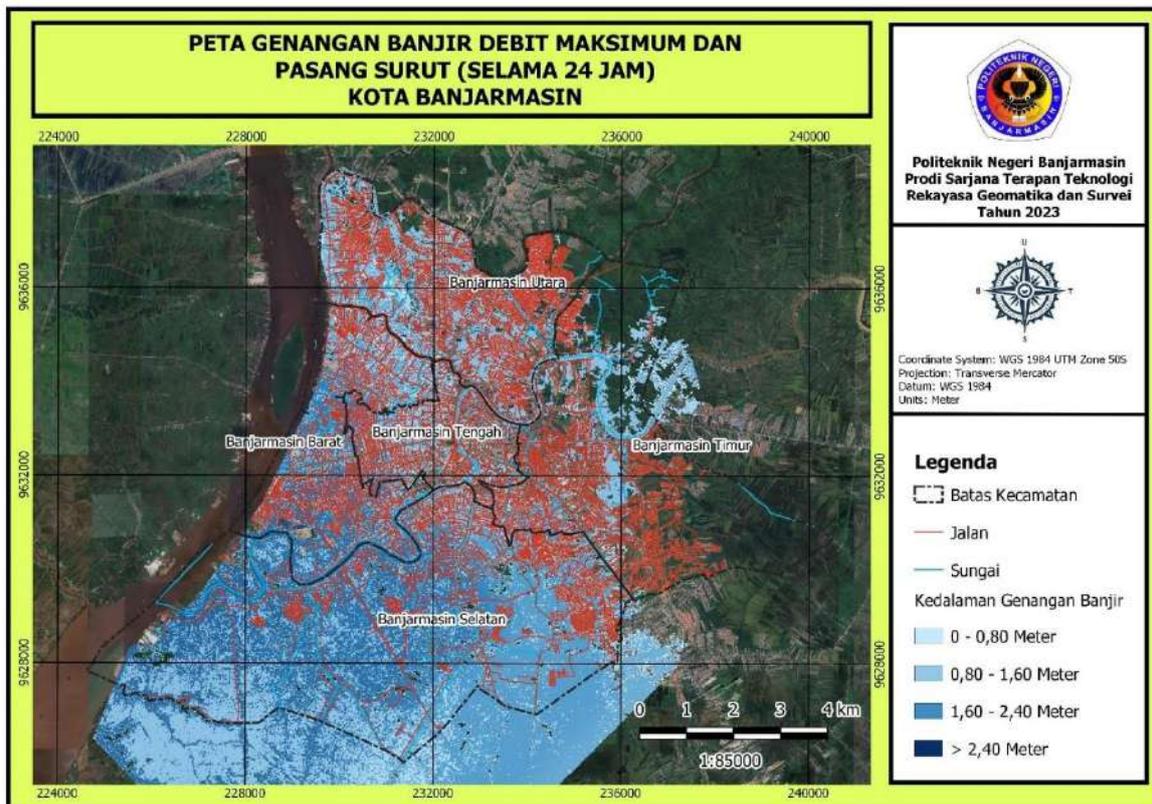
Genangan yang muncul didominasi oleh tinggi maksimum pasang Sungai Martapura. Kondisi ini dipengaruhi oleh terjadinya pasang di Sungai Barito. Pola yang muncul berbeda signifikan dengan Sungai Kasin yang tidak mengalami pasang surut (Pratiwi & Santosa, 2021). Pola meluasnya genangan akibat

tingginya pasang serupa dengan kejadian banjir rob di Semarang, Pekalongan (Kasbullah & Marfai, 2014; M. A. Marfai et al., 2013; Muh Aris Marfai &

Cahyadi, 2017; Rachman et al., 2015; Sauda et al., 2019).



Gambar 3a. Peta Periode Pertama (15 jam) Muncul Genangan Skenario Kedua



Gambar 3b. Peta periode kedua (24 jam) muncul genangan skenario kedua.

**Pemodelan Skenario Ketiga**

Pemodelan scenario ketiga menggunakan data tinggi maksimum pasang surut Sungai Martapura. Interval waktu simulasi selama satu jam. Visualisasi genangan banjir skenario ketiga yang ditampilkan pada citra satelit resolusi tinggi ditunjukkan pada **Gambar 4a** dan **Gambar 4b**

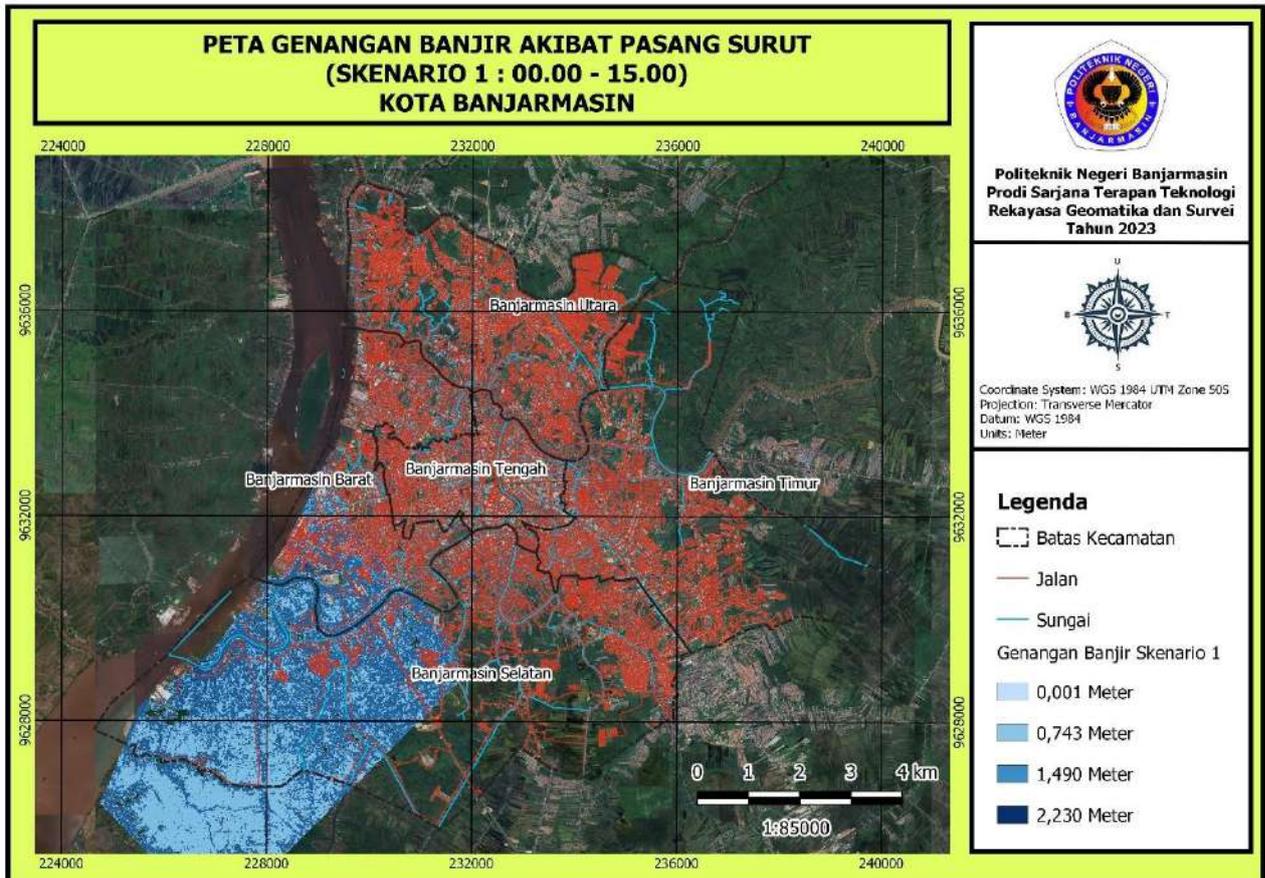
Visualisasi pemodelan genangan banjir skenario 3 terbagi menjadi dua periode. Pembagian periode sama seperti skenario 1 dan 2. **Gambar 4a** menunjukkan pergerakan air akibat pasang surut periode pertama. Pada periode ini kecamatan yang tergenang yaitu Kecamatan Banjarmasin Barat dan Banjarmasin Selatan. **Gambar 4b** menunjukkan pergerakan air periode kedua. Pada periode ini genangan terindikasi di seluruh kecamatan di Kota Banjarmasin. Kecamatan Banjarmasin Timur terindikasi sebagian kecil wilayahnya mengalami genangan akibat pasang.

Pada periode ini genangan terindikasi di seluruh kecamatan di Kota Banjarmasin. Kecamatan Banjarmasin Timur terindikasi sebagian kecil wilayahnya mengalami genangan akibat terjadinya pasang. Tinggi genangan banjir hasil pemodelan genangan setiap kecamatan ditunjukkan pada **Tabel 10**.

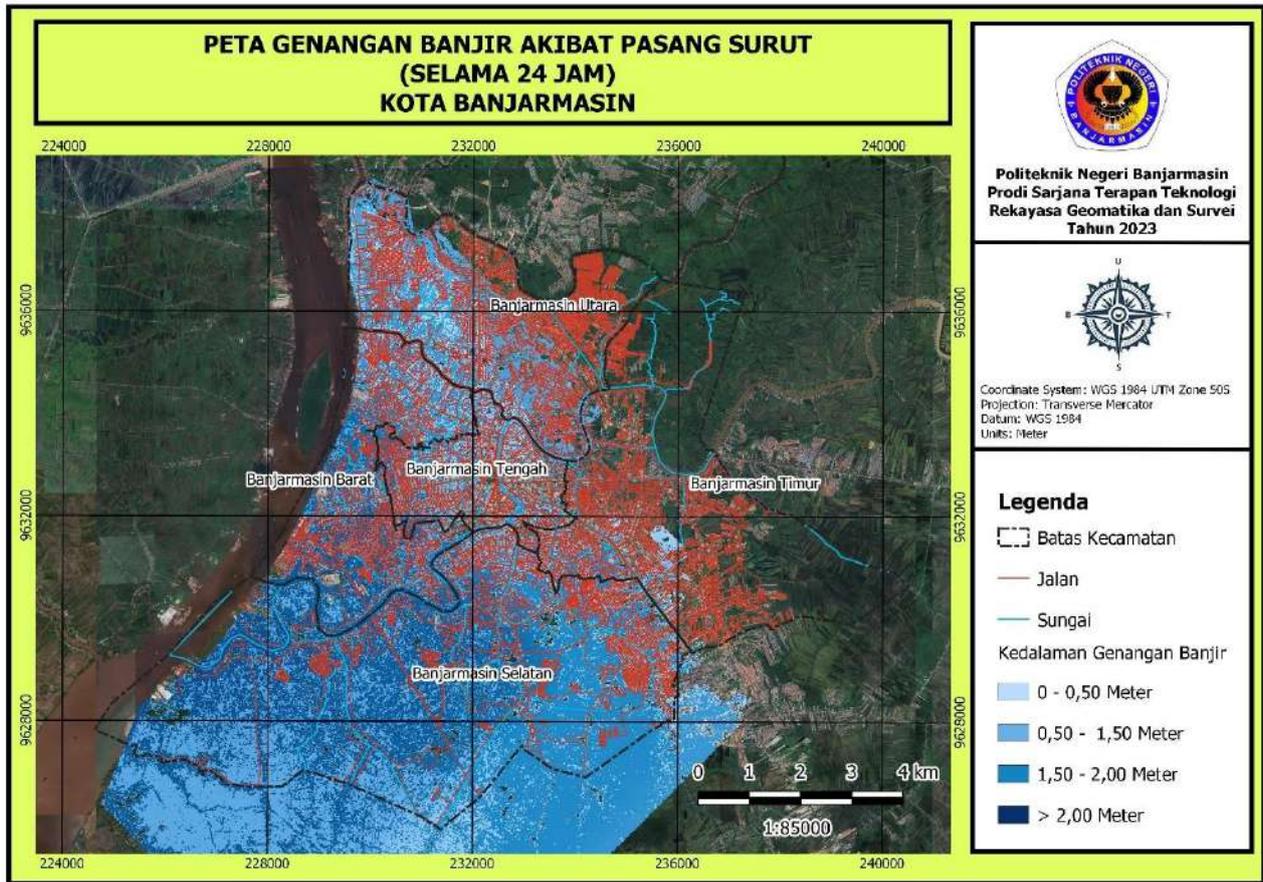
**Tabel 10.** Tinggi Genangan Minimum dan Maksimum Skenario Ketiga Tiap Kecamatan

No	Kecamatan	Tinggi Genangan Minimum (m)	Tinggi Genangan Maksimum (m)
1	Banjarmasin Utara	0,086	0,968
2	Banjarmasin Selatan	0,213	1,200
3	Banjarmasin Timur	0,091	1,200
4	Banjarmasin Barat	0,080	1,287
5	Banjarmasin Tengah	0,0790	1,163

Pola genangan banjir di setiap kecamatan memiliki kemiripan yang dipengaruhi oleh pasang surut. Hal ini menunjukkan bahwa faktor dominan yang mempengaruhi kenaikan dan pola genangan banjir yang terjadi di Kota Banjarmasin yaitu terjadinya pasang. Analisis tipe pasang surut Sungai Martapura yang telah dilakukan menunjukkan tipe pasang surut campuran condong ke tunggal (*mixed dominant diurnal*) (Solikin et al., 2017). Tipe ini berbeda dengan tipe pasang surut di Semarang. Tipe pasang surut di Semarang yaitu tipe pasang surut campuran condong ke harian ganda (Rachman et al., 2015).



**Gambar 4a.** Peta Periode Pertama (15 jam) Muncul Genangan Skenario Ketiga

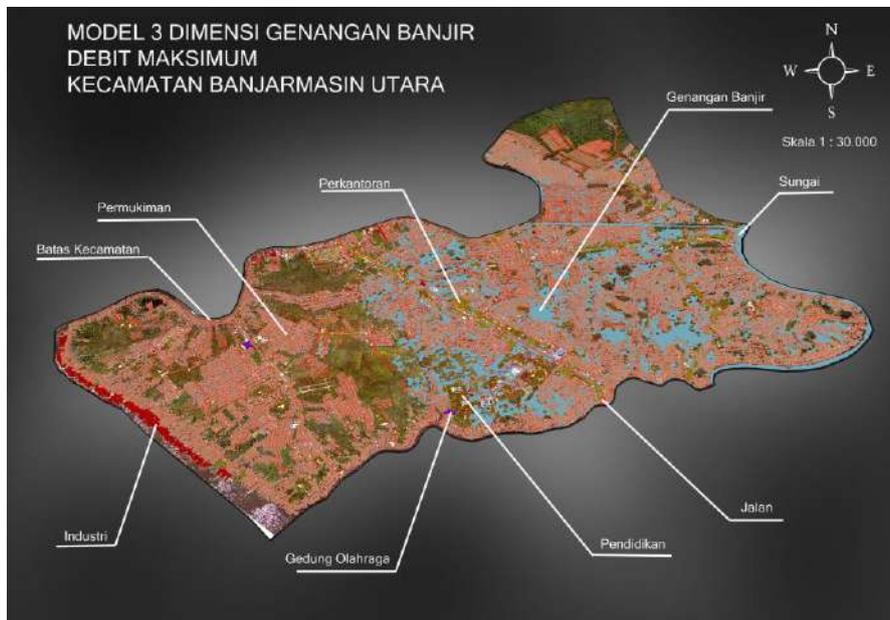


Gambar 4b. Peta Periode Kedua (24 jam) Muncul Genangan Skenario Ketiga

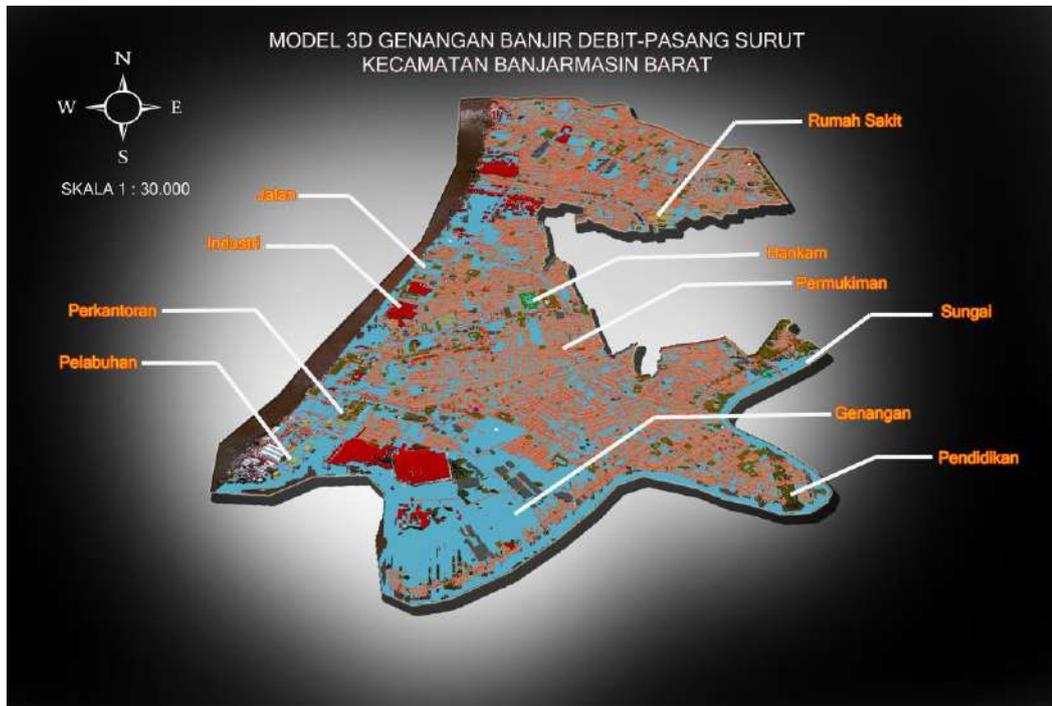
### Visualisasi Tiga Dimensi Genangan Banjir Kota Banjarmasin

Visualisasi tiga dimensi (3D) digunakan untuk mengetahui bangunan yang terindikasi terdampak genangan banjir. Sebagai salah satu kota besar di Kalimantan, Kota Banjarmasin merupakan kota padat bangunan. Jumlah bangunan yang

teridentifikasi sebesar 168.243 bangunan. Jumlah tersebut terdiri atas permukiman, perkantoran, gedung pendidikan, industri, gedung olahraga, gedung pertahanan dan keamanan (hankam) dan pelabuhan. Visualisasi tiga dimensi menggunakan LOD1. Hasil visualisasi 3D genangan banjir skenario pertama, kedua dan ketiga ditunjukkan pada **Gambar 5**, **Gambar 6** dan **Gambar 7**.



Gambar 5. Contoh visualisasi 3D area terdampak genangan banjir skenario pertama.



**Gambar 6.** Contoh visualisasi 3D area terdampak genangan banjir skenario kedua.



**Gambar 7.** Contoh visualisasi 3D area terdampak genangan banjir skenario ketiga.

Penggunaan LOD1 pada visualisasi tiga dimensi genangan banjir memberikan gambaran detail bangunan yang terdampak. Bangunan terdampak terindikasi dari pertampalan antara genangan dengan visualisasi tiga dimensi bangunan. Jumlah bangunan yang terdampak pada skenario pertama sebesar 24.582 bangunan atau setara 15% dari jumlah total bangunan. Jumlah ini bertambah signifikan pada skenario kedua. Sebesar 122.234 bangunan terindikasi tergenang banjir atau setara 73% dari jumlah total bangunan. Pada skenario ketiga, jumlah bangunan terindikasi tergenang banjir sebesar 112.954 bangunan atau setara 67% dari jumlah keseluruhan bangunan.

**Tabel 11.** Bangunan Terdampak Banjir Skenario Pertama

No	Kecamatan	Luas Terdampak (Ha)	Jumlah Bangunan Terdampak
1	Banjarmasin Utara	458,550	17.607
2	Banjarmasin Selatan	0	0
3	Banjarmasin Timur	317,470	5.497
4	Banjarmasin Barat	0	0
5	Banjarmasin Tengah	41,930	1.478
Luas Total		817,950	24.582

Jumlah bangunan tergenang paling banyak berada di Kecamatan Banjarmasin Selatan dengan total 34.393 bangunan. Jumlah ini setara dengan 87% total bangunan di kecamatan tersebut. Penambahan signifikan di Kecamatan Banjarmasin

Selatan pada skenario kedua selaras dengan skenario ketiga. Hal ini dikarenakan pada skenario pertama, kecamatan tersebut terindikasi tidak mengalami genangan banjir sama sekali. Hal ini dapat ditunjukkan pada **Tabel 11**, **Tabel 12**, dan **Tabel 13** tentang rekapitulasi bangunan yang terdampak genangan banjir.

**Tabel 12.** Bangunan Terdampak Banjir Skenario Kedua

No	Kecamatan	Luas Terdampak (Ha)	Jumlah Bangunan Terdampak
1	Banjarmasin Utara	872,180	31.419
2	Banjarmasin Selatan	3.272,950	34.393
3	Banjarmasin Timur	443,670	11.218
4	Banjarmasin Barat	935,760	31.833
5	Banjarmasin Tengah	330,940	13.371
	Luas Total	5.855,500	122.234

**Tabel 13.** Bangunan Terdampak Banjir Skenario Ketiga

No	Kecamatan	Luas Terdampak (Ha)	Jumlah Bangunan Terdampak
1	Banjarmasin Utara	800,830	25.866
2	Banjarmasin Selatan	3.272,950	34.393
3	Banjarmasin Timur	179,162	6.601
4	Banjarmasin Barat	935,760	31.833
5	Banjarmasin Tengah	354,380	14.261
	Luas Total	5.543,082	112.954

Total luas wilayah terindikasi tergenang banjir berdasarkan skenario pertama sebesar 458,550 ha. Luas area terdampak setara dengan 8% luas Kota Banjarmasin. Wilayah yang terdampak paling luas berada di Kecamatan Banjarmasin Utara. Pada kecamatan ini, sebesar 29% luas wilayahnya terdampak genangan banjir. Luas area terdampak genangan banjir berdasarkan skenario kedua dan ketiga bertambah secara signifikan. Kecamatan Banjarmasin Selatan dan Banjarmasin Barat bertambah hingga lebih dari 50% area yang terindikasi tergenang banjir. Sebesar 85% wilayah Kecamatan Banjarmasin Selatan tergenang banjir pada skenario kedua dan ketiga. Total luas area terindikasi tergenang banjir pada skenario kedua di Kota Banjarmasin sebesar 5.855,500 ha. Besaran ini setara dengan 60% luas wilayah Kota Banjarmasin. Total luas area terindikasi tergenang banjir pada skenario ketiga di Kota Banjarmasin sebesar 5.543,082 ha. Besaran ini setara dengan 57% luas wilayah Kota Banjarmasin. Genangan banjir yang terjadi di Kota Banjarmasin didominasi kejadian pasang surut Sungai Martapura.

Banjir akibat pasang juga terjadi di wilayah pesisir lainnya seperti Kabupaten Pekalongan,

Kabupaten Brebes, Kota Semarang (Gentur Handoyo, Agus A.D. Suryoputro, & Petrus Subardjo, 2016; Kasbullah & Marfai, 2014; M. A. Marfai et al., 2013; Rachman et al., 2015; Syafitri & Rochani, 2022). Kabupaten Pekalongan mengalami banjir rob hingga 51% luas wilayahnya tergenang (Kasbullah & Marfai, 2014; M. A. Marfai et al., 2013). Kabupaten Brebes diprediksi sebesar 5.114,740 ha wilayahnya tergenang banjir rob (Syafitri & Rochani, 2022). Kota Semarang mengalami banjir rob di Kecamatan Semarang Utara. Pada kecamatan ini sebesar 70,99% wilayahnya tergenang banjir rob (Gentur Handoyo et al., 2016; Rachman et al., 2015). Pada wilayah pesisir, genangan akibat pasang atau banjir rob merupakan faktor dominan penyebab genangan banjir, termasuk juga Kota Banjarmasin.

## KESIMPULAN

Pemodelan 2D genangan banjir di Kota Banjarmasin menggunakan tiga skenario (debit maksimum, debit maksimum dan pasang surut tinggi serta pasang surut tinggi). Hasilnya sebesar 0,057 m s.d. 1,287 m tinggi genangan banjir di Kota Banjarmasin terjadi dari hasil pemodelan yang dilakukan. Nilai tinggi genangan merupakan tinggi genangan maksimum di tiga skenario. Hal ini berdampak pada 60% wilayah Kota Banjarmasin tergenang banjir akibat debit maksimum dan pasang surut tinggi. Jumlah bangunan terdampak sebesar 122.234 bangunan atau 73% bangunan terindikasi terdampak genangan banjir. Tinggi genangan banjir dan jumlah bangunan terdampak belum dilakukan validasi lapangan. Genangan banjir mempengaruhi seluruh kecamatan di Kota Banjarmasin ketika debit maksimum dan pasang surut tinggi. Saat debit maksimum saja, terindikasi tiga kecamatan yang mengalami genangan banjir. Ketiga kecamatan tersebut yaitu Kecamatan Banjarmasin Utara, Banjarmasin Timur dan Banjarmasin Tengah. Faktor dominan timbulnya genangan banjir di Kota Banjarmasin adalah pasang surut Sungai Martapura. Genangan akibat pasang merupakan tipe banjir yang terjadi di daerah pesisir seperti halnya Kabupaten Pekalongan, Kabupaten Brebes, Kota Semarang. Pada daerah pesisir perlu adanya pemodelan genangan banjir yang mempertimbangkan kombinasi antara banjir rob dan curah hujan ekstrim. Hal ini untuk mendapatkan gambaran secara komprehensif timbulnya genangan banjir. Beberapa langkah mitigasi yang dapat dilakukan diantaranya pembangunan polder, revitalisasi saluran drainase, penyediaan kolam retensi, jalur evakuasi, serta pembangunan *early warning system*.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Banjarmasin atas bantuan

finansial studi ini. Penulis berterima kasih kepada Pelayanan Terpadu Informasi Geospasial, Badan Informasi Geospasial atas bantuan data pada studi ini. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu secara tidak langsung pada studi ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arcement, G. J., & Schneider, V. R. (1989). Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains. *US Geological Survey Water-Supply Paper*, 2339.
- Badan Informasi Geospasial. (2018). DEMNAS. Diambil Oktober 29, 2022, dari <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/>
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2021). Analisa Kejadian Banjir Pada Tanggal 15 Januari 2021 di Wilayah Kalimantan Selatan. Diambil dari <https://stamet.syamsudinnoor.bmkg.go.id/artikel-analisa-kejadian-banjir-pada-tanggal-15-januari-2021-di-wilayah-kalimantan-selatan-39>
- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. (2022). Data Ekstrem. Diambil September 6, 2022, dari [https://dataonline.bmkg.go.id/cuaca\\_ekstrim](https://dataonline.bmkg.go.id/cuaca_ekstrim)
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Kota Banjarmasin dalam Angka. Banjarmasin: Badan Pusat Statistik Kota Banjarmasin*. Banjarmasin.
- Di Baldassarre, G., Viglione, A., Carr, G., Kuil, L., Salinas, J. L., & Blöschl, G. (2013). Socio-hydrology: Conceptualising human-flood interactions. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(8), 3295–3303. Doi: <https://doi.org/10.5194/hess-17-3295-2013>
- Di Baldassarre, Giuliano. (2010). *Floods in a changing climate: Inundation modelling*. *Floods in a Changing Climate: Inundation Modelling* (Vol. 9781107018).
- Biljecki, F. (2017). *Level of detail in 3D city models*. TU Delft University. Delft University of Technology.
- Biljecki, F., Ledoux, H., Stoter, J., & Zhao, J. (2014). Formalisation of the level of detail in 3D city modelling. *Computers, Environment and Urban Systems*, 48, 1–15. Elsevier Ltd. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compenurbysys.2014.05.004>
- CRED. (2023). *2022 Disaster in Numbers*. Paris. Diambil dari [https://cred.be/sites/default/files/2022\\_EMDAT\\_report.pdf](https://cred.be/sites/default/files/2022_EMDAT_report.pdf)
- Fewtrell, T. J., Bates, P. D., Horritt, M., & Hunter, N. M. (2008). Evaluating the effect of scale in flood inundation modelling in urban environments. *Hydrological Processes*, 22. Doi: <https://doi.org/10.1002/hyp.7148>
- Gentur Handoyo, Agus A.D. Suryoputro, & Petrus Subardjo. (2016). Genangan Banjir Rob Di Kecamatan Semarang Utara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 19(1), 55–59. Doi: <https://doi.org/10.14710/jkt.v19i1.601>
- Herison, A., Romdania, Y., Purwadi, O. T., & Effendi, R. (2018). Kajian Penggunaan Metode Empiris dalam Menentukan Debit Banjir Rancangan pada Perencanaan Drainase (Review). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 16(2), 77. Doi: <http://dx.doi.org/10.12962/j2579-891X.v16i2.3819>
- Kadam, P., & Sen, D. (2012). Flood inundation simulation in ajoy river using mike-flood. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 18(2), 129–141. Doi: <https://doi.org/10.1080/09715010.2012.695449>
- Kasbullah, A. A., & Marfai, M. A. (2014). Pemodelan Spasial Genangan Banjir Rob dan Penilaian Potensi Kerugian Pada Lahan Pertanian Sawah Padi Studi Kasus Wilayah Pesisir Kabupaten Pekalongan Jawa Tengah. *Geoedukasi*, III(2), 83–91.
- Luo, P., Mu, D., Xue, H., Ngo-Duc, T., Dang-Dinh, K., Takara, K., Nover, D., et al. (2018). Flood inundation assessment for the Hanoi Central Area, Vietnam under historical and extreme rainfall conditions. *Scientific Reports*, 8(1), 1–11. Springer US. Doi: <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-018-30024-5>
- Marfai, M. A., Mardiatno, D., Nucifera, F., & Cahyadi, A. (2013). Pemodelan Spasial Bahaya Banjir Rob Berdasarkan Skenario Perubahan Iklim dan Dampaknya di Pesisir Pekalongan. *Jurnal Bumi Lestari*, 13(2007), 244–256.
- Marfai, M. A., & Cahyadi, A. (2017). Pemetaan Partisipatif Untuk Estimasi Kerugian Akibat Banjir Rob Di Kabupaten Pekalongan. *Seminar Nasional Geografi UMS*.
- Muin, S., Boer, R., & Suharnoto, Y. (2015). Pemodelan Banjir dan Analisis Kerugian Akibat Bencana Banjir di DAS Citarum Hulu. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 39(2), 75–84.
- Nasjono, J. K., Hunggurami, E., & Sarty, M. G. (2018). Keandalan Metode Haspers dan Weduwen pada DAS Manikin. *Jurnal Teknik Sipil*, VII(2), 193–204.
- Pasanglaut. (2021). Pasang Naik dan Pasang Surut Banjarmasin (Martapura River) 15 Januari 2021. Diambil dari [https://pasanglaut.com/id/kalimantan-selatan/banjermasin-martapura-river#\\_tidal\\_coefficient](https://pasanglaut.com/id/kalimantan-selatan/banjermasin-martapura-river#_tidal_coefficient)
- Poppenga, S., Survey, U. S. G., Danielson, J. J., States, U., Survey, G., Brock, J. C., States, U., et al. (2014). Hydrologic enforcement of lidar DEMs. *U.S. Geological Survey Fact Sheet*, (November 2015). Doi: <http://dx.doi.org/10.3133/fs20143051>
- Pratiwi, Z. N., & Santosa, P. B. (2021). Pemodelan dan Visualisasi Genangan Banjir untuk Mitigasi Bencana di Kali Kasin, Kelurahan Bareng, Kota Malang. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 4(1), 81–86. Doi: <https://doi.org/10.22146/jgise.56525>
- Rabih, U. U. (2020). Analisis Perhitungan Debit Puncak Banjir Rancangan Dengan Metode Der Weduwen, Melchior, Haspers, Dan Nakayasu Terhadap Debit Banjir Observasi Pada DAS Sidutan, 15(2), 1–23.
- Rachman, R. K., Ismunarti, D. H., & Handoyo, G. (2015). Pengaruh Pasang Surut Terhadap Sebaran Genangan Banjir Rob di Kecamatan Semarang Utara. *Journal of Oceanography*, 4(1), 1–9.
- Sauda, R. H., Nugraha, A. L., & Hani'ah. (2019). Kajian Pemetaan Kerentanan Banjir Rob di Kabupaten Pekalongan. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 466–474. Doi: <https://doi.org/10.14710/jgundip.2019.22777>
- Shodiq, A. M., Sobatnu, F., & Inayah, N. (2022). Analisis Aspek Geometrik Genangan Banjir Menggunakan Data Demnas. *INTEKNA*, 22(1), 51–59. Diambil dari <https://ejournal.poliban.ac.id/index.php/intekna/article/view/1263/907>
- Siregar, R. I., & Indrawan, I. (2017). Studi Komparasi Pemodelan 1-D (Satu Dimensi) dan 2-D (Dua Dimensi) Dalam Memodelkan Banjir DAS Citarum

- Hulu. *Educational Building Jurnal Pendidikan Teknik Bangunan dan Sipil*, 3, 31–37. Doi: <https://doi.org/10.24114/eb.v3i2.8255>
- Solikin, S., Suhartanto, E., & Haribowo, R. (2017). Penanganan Genangan Dengan Sistem Polder Pada Wilayah Kota Banjarmasin. *Jurnal Teknik Pengairan*, 8(01), 15–25. Doi: <https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2017.008.01.02>
- Syafitri, A. W., & Rochani, A. (2022). Analisis Penyebab Banjir Rob di Kawasan Pesisir Studi Kasus: Jakarta Utara, Semarang Timur, Kabupaten Brebes, Pekalongan. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(1), 16. Doi: <http://dx.doi.org/10.30659/jkr.v1i1.19975>
- Yan, K., Baldassarre, G. Di, & Solomatine, D. P. (2013). Exploring the potential of SRTM topographic data for flood inundation modelling under uncertainty. *Journal of Hydroinformatics*, 15(3), 849–861. Doi: <https://doi.org/10.2166/hydro.2013.137>
- Yin, J., Yu, D., Yin, Z., Wang, J., & Xu, S. (2013). Multiple scenario analyses of Huangpu River flooding using a 1D/2D coupled flood inundation model. *Natural Hazards*, 66(2), 577–589. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0501-1>