



## Pemodelan dan Visualisasi Kenaikan Muka Air Banjir di Sungai Batang Tarusan, Nagari Duku, Kecamatan XI Koto Tarusan

Dwi Marsiska Driptufany<sup>1\*</sup>, Zuhrifal Canrata<sup>2</sup>, Ilham Armi<sup>3</sup>, Defwaldi<sup>4</sup>, Fajrin<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Institut Teknologi Padang, Indonesia

Email : [zuhrifalcanrata2002@gmail.com](mailto:zuhrifalcanrata2002@gmail.com)<sup>1\*</sup>, [dwidayana@gmail.com](mailto:dwidayana@gmail.com)<sup>2</sup>, [ilhamarmi@gmail.com](mailto:ilhamarmi@gmail.com)<sup>3</sup>, [defwaldi739@gmail.com](mailto:defwaldi739@gmail.com)<sup>4</sup>, [fajringeo@gmail.com](mailto:fajringeo@gmail.com)<sup>5</sup>

Jln. DPR, Kelurahan Aia Pacah, Kec. Koto Tangah Kota Padang

Korespondensi penulis: [dwidayana@gmail.com](mailto:dwidayana@gmail.com)

**Abstract.** The rise in water levels of the Batang Tarusan River in Nagari Duku during the flood event from March 4 to March 7, 2024, was identified, and modeling and visualization of floodwater level increases were developed using HEC-RAS and ArcScene software. The modeling was conducted using both one-dimensional (1D) and two-dimensional (2D) approaches. The analysis results indicate that the highest recorded water level elevation reached approximately 12 meters, with an average water level of 4.45 meters. The 1D modeling demonstrated a water level rise ranging between 7 and 8 meters at each cross-section, while the 2D modeling resulted in a water depth of up to 9.65 meters, with an average Water Surface Elevation (WSE) of 12 meters. The 3D visualization, utilizing Digital Terrain Model (DTM) data, which was integrated with the Animation Manager to simulate the rise in water levels from 4.45 meters to 12.45 meters in increments of 15 cm every 30 seconds. The results indicate that the 2D modeling approach offers greater accuracy in representing flood conditions compared to the 1D model, particularly in illustrating depth distribution and water movement.

**Keywords:** Flood Modeling, hec-Ras, arcScene, 3D Visualization, Batang Tarusan River Duku.

**Abstrak.** Identifikasi kenaikan muka air Sungai Batang Tarusan di Nagari Duku selama kejadian banjir pada 4–7 Maret 2024 dilakukan, serta pemodelan dan visualisasi kenaikan muka air banjir dikembangkan menggunakan perangkat lunak HEC-RAS dan ArcScene. Pemodelan dilakukan dengan pendekatan satu dimensi (1D) dan dua dimensi (2D). Hasil analisis menunjukkan bahwa elevasi muka air tertinggi mencapai sekitar 12 meter dengan rata-rata muka air 4,45 meter. Pemodelan 1D menunjukkan kenaikan muka air berkisar antara 7–8 meter pada setiap cross section, sedangkan pemodelan 2D menghasilkan kedalaman air hingga 9,65 meter dengan rata-rata Water Surface Elevation (WSE) mencapai 12 meter. Visualisasi 3D menggunakan data Digital Terrain Model (DTM) dengan Animation Manager untuk mensimulasikan kenaikan muka air dari 4,45 meter hingga 12,45 meter dalam interval 15 cm setiap 30 detik. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemodelan 2D lebih akurat dalam merepresentasikan kondisi banjir

**Kata kunci:** Pemodelan Banjir, Hec-Ras, ArcScene, Visualisasi 3D, Sungai Batang Tarusan Duku.

### 1. LATAR BELAKANG

Banjir merupakan salah satu bencana alam ekstrem yang terjadi ketika aliran air meluap dan tidak dapat tertampung oleh kanal atau alur sungai. Bencana ini dapat menimbulkan kerugian materiil, mengancam nyawa, serta berdampak pada struktur bangunan di sekitarnya. Salah satu faktor utama penyebab banjir adalah tingginya intensitas curah hujan, sementara daerah resapan air di sekitar sungai tidak memadai, berkurang, atau bahkan hilang. Akibatnya, air hujan tidak dapat terserap dengan baik, sebagaimana disebutkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum (2012). Kondisi ini menyebabkan sungai meluap dan mengakibatkan banjir.

Banjir adalah peristiwa naiknya permukaan air yang menggenangi daerah datar di sekitar sungai akibat meluapnya air yang tidak mampu ditampung oleh alur sungai. Selain itu, banjir juga menjadi permasalahan lingkungan yang terus terjadi sepanjang tahun di berbagai wilayah Indonesia. Hal ini terutama disebabkan oleh banyaknya sungai besar yang mengalir melintasi berbagai daerah. Salah satu contohnya adalah Provinsi Sumatera Barat, yang kerap mengalami banjir di beberapa wilayah setiap musim hujan.

Pada awal Maret 2024, Kabupaten Pesisir Selatan mengalami banjir besar akibat hujan lebat yang terjadi pada 4-7 Maret 2024. Berdasarkan kesaksian warga Nagari Duku, banjir datang dengan cepat, dan tingginya permukaan air sungai menyebabkan rumah-rumah terendam. Peristiwa ini berlangsung selama hampir 14 jam sebelum air mulai surut pada siang hari Jumat, 8 Maret 2024 (Javanewsonline.co.id, 2024). Di Kecamatan Koto XI Tarusan, Nagari Duku menjadi wilayah yang terdampak paling parah dibandingkan nagari lainnya. Penelitian ini berfokus pada pemodelan dan visualisasi kenaikan muka air yang terdampak di Nagari Duku.

Pemodelan banjir menggunakan software seperti *HEC-RAS* dan *ARCSCENE*, yang sering digunakan untuk simulasi kenaikan muka air. Pemodelan kenaikan muka air banjir ini dapat dibagi menjadi beberapa dimensi, seperti pemodelan satu dimensi (1D) dan dua dimensi (2D). Software *ARCSCENE* digunakan untuk pemodelan tiga dimensi (3D) yang berfungsi untuk mensimulasikan kenaikan muka air secara lebih visual. Model 1D cukup efisien, namun memiliki keterbatasan, seperti ketidakmampuannya untuk mensimulasikan gelombang banjir. Oleh karena itu, model 2D lebih sering digunakan untuk menggambarkan tingkat banjir yang tidak bisa dijelaskan oleh model 1D. Pemodelan banjir menggunakan *HEC-RAS* baik dalam mode 1D maupun 2D dapat memberikan simulasi banjir yang akurat melalui analisis aliran tetap (*steady flow*) maupun aliran tidak tetap (*unsteady flow*).

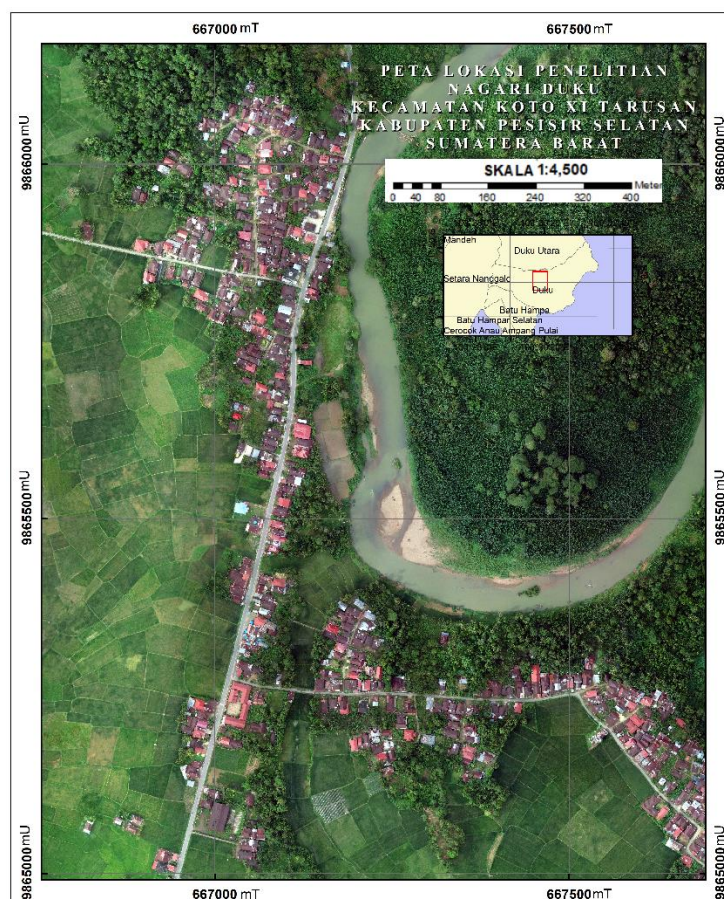
## **2. KAJIAN TEORITIS**

Berbagai analisis dan pemodelan banjir telah dilakukan untuk memahami dampak serta mitigasi yang diperlukan di berbagai daerah. Mashuri (2023) menggunakan *HEC-RAS 5.0.7* untuk membandingkan pemodelan banjir satu dimensi (1D) dan dua dimensi (2D) di Sungai Way Sulan, menunjukkan bahwa model 2D lebih akurat dalam menggambarkan variasi kecepatan dan elevasi muka air. Maburur (2023) mengembangkan model 3D berbasis SIG untuk memvisualisasikan dampak banjir di Sungai Jelateng, yang divisualisasikan menggunakan *ArcScene* dan *DEMNAS* guna membantu mitigasi banjir. Wigati dan

Soedarsono (2016) menganalisis banjir di Sungai Ciberang dengan HEC-RAS 4.1.0, menemukan bahwa kapasitas sungai yang berkurang menyebabkan luapan air yang berulang setiap musim hujan. Sementara itu, Immanuella (2022) memodelkan banjir di Sungai Welang menggunakan analisis hidrologi dan pemodelan hidraulik 2D HEC-RAS, menunjukkan bahwa banjir periode ulang 25 tahun dapat menggenangi area seluas 438,262 hektar. Secara keseluruhan, pendekatan pemodelan dan visualisasi ini berkontribusi dalam memahami pola banjir serta memberikan referensi bagi upaya mitigasi dan perencanaan wilayah.

### 3. METODE PENELITIAN

Pada lokasi Penelitian ini difokuskan di Nagari Duku, Kecamatan Koto XI Tarusan, kabupaten Pesisir Selatan, Sumatera Barat dengan sistem koordinat geografis  $1^{\circ}12'50.40''\text{LS}$ - $100^{\circ}30'15.94''\text{BT}$ .



Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2025

**Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian**

Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode survei GNSS, Fotogrametri, Terestris, Hidrolik. Data yang didapatkan dari hasil survei GNSS yaitu berupa titik pengamatan geodetik dimana dilakukan pengikatan GCP pada hasil foto udara. Pada hasil metode fotogrametri berupa foto udara dan DSM, dimana pada data DSM dilakukan filtering menjadi DTM yang menjadi data utama untuk pemodelan kenaikan muka air banjir disungai Batang Tarusan.

Pada penelitian ini data yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. *Othofoto* Nagari Duku,(2024).
2. *Digital Terrain Model (DTM)*.
3. *Topografi* Sungai Batang tarusan.

Pengolahan data yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. **Pengolahan Data Geodetic**  
Pada pengolahan data geodetic dilakukan koreksi data dan pemrosesan baseline untuk mendapatkan data koordinat awal menggunakan Software Trimble Bussine Center (TBC).
2. **Pengolahan Data Fotogrametri**  
Hasil foto udara dilakukan pengolahan data menggunakan software Agisoft Metashape dimana didapatkan hasil berupa Orthofoto yang dilakukan pengikatan dengan 3 GCP dan Digital Surface Model (DSM).
3. **Filterring**  
Filterring Digital Surface Model (DSM) menggunakan *Software PCI Geomatika* yang melakukan proses pemisahan objek permukaan seperti Bangunan,vegetasi dan objek lainnya dari permukaan tanah menjadi *Digital Terrain Model (DTM)*
4. **Pengolahan Data Topografi**  
Hasil pengukuran lapangan survei terestris berupa titik koordinat dan elevasi pada area sungai yang selanjutnya dilakukan pengolahan dengan metode interpolasi Inverse Distance Weighting (IDW).
5. **Integrasi Data**  
Penggabungan dua data yaitu Digital Terrain Model (DTM) dan hasil interpolasi data topografi area sungai.
6. **Pemodelan**  
Pemodelan banjir menggunakan *Software Hec-Ras* dengan model Satu Dimensi (1D) dan Dua Dimensi (2D), dan pemodelan Tiga Dimensi (3D) menggunakan *Software ArcScene*.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Data Geodetic

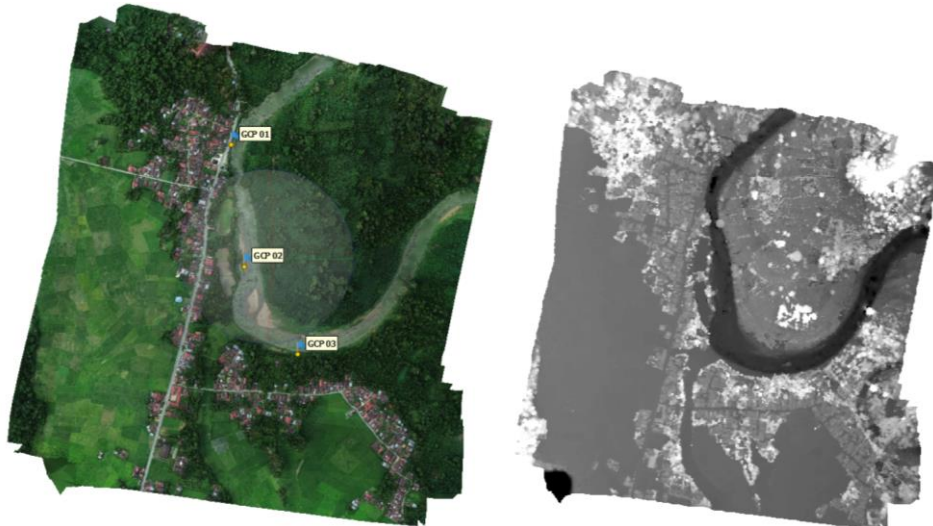
Vector Components (Mark to Mark)					
From: cpdg					
Grid		Local		Global	
Easting	651673.747 m	Latitude	S0°57'14.33568"	Latitude	S0°57'14.33568"
Northing	9894526.170 m	Longitude	E100°21'47.20308"	Longitude	E100°21'47.20308"
Elevation	11.250 m	Height	3.848 m	Height	3.848 m
To: GCP02					
Grid		Local		Global	
Easting	667224.029 m	Latitude	S1°12'55.58645"	Latitude	S1°12'55.58645"
Northing	9865610.551 m	Longitude	E100°30'10.66560"	Longitude	E100°30'10.66560"
Elevation	5.098 m	Height	-1.072 m	Height	-1.072 m
Vector					
ΔEasting	15550.2817 m	NS Fwd Azimuth	151°42'12.8"	ΔX	-15207.9603 m
ΔNorthing	-28915.6181 m	Ellipsoid Dist.	32834.5481 m	ΔY	-3361.7481 m
ΔElevation	-6.152 m	ΔHeight	-4.9198 m	ΔZ	-28905.4014 m
Standard Errors					
Vector errors:					
σ ΔEasting	0.0077 m	σ NS fwd Azimuth	0°00'00.0"	σ ΔX	0.0080 m
σ ΔNorthing	0.0057 m	σ Ellipsoid Dist.	0.0069 m	σ ΔY	0.0493 m
σ ΔElevation	0.0493 m	σ ΔHeight	0.0493 m	σ ΔZ	0.0056 m

Sumber: Hasil Analisis (2025)

### Gambar 2. Hasil Baseline Reaport

Pada pengolahan data statik bertujuan untuk mendapatkan titik kontrol koordinat GCP yang dilakukan pengolahan menggunakan *Software Trimble Bussines Center* (TBC). Pengolahan TBC menggunakan metode radial yang diikat ke *CORS* Padang (cpdg).

### 2. Fotogrametri dan *Digital Surface Model* (DSM)

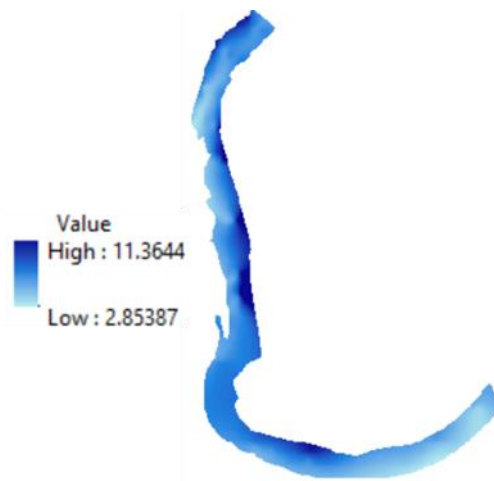


Sumber: Pengolahan Data (2025)

### Gambar 3. Orthofoto dan DSM

Foto udara dihasilkan sebanyak 842 dengan ketinggian 200 meter, dari hasil foto udara dilakukan pengolahan data menggunakan *software Agisoft Metashape* dimana didapatkan hasil berupa *Orthofoto* yang dilakukan pengikatan dengan 3 GCP.

### 3. Survei Terestris

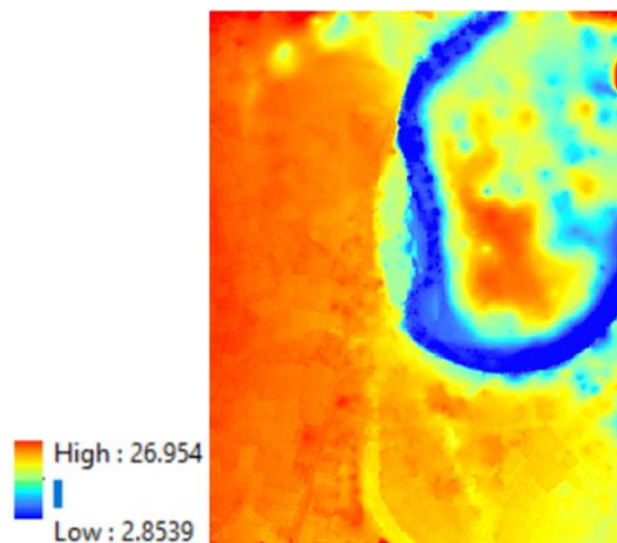


Sumber: Pengolahan Data (2025)

**Gambar 4. Hasil Metode Interpolasi IDW**

Pengukuran topografi di area sungai dilakukan menggunakan alat ukur *Total Station Nikon*, dimana sebelum memulai pengukuran membuat titik acuan atau *Benchmark* pada Survei *GNSS* sebelumnya, hasil output data pengukuran merupakan *Raw CSV* Pada tahap ini yaitu melakukan pengolahan data *Raw* koordinat dan elevasi yang didapatkan dengan melakukan pengukuran situasi topografi di area sungai di Nagari Duku. Pada pengolahan data pengukuran ini menggunakan *Software ArcGis* dengan metode interpolasi *Inverse Distance Weighting (IDW)*.

### 4. Integrasi Data

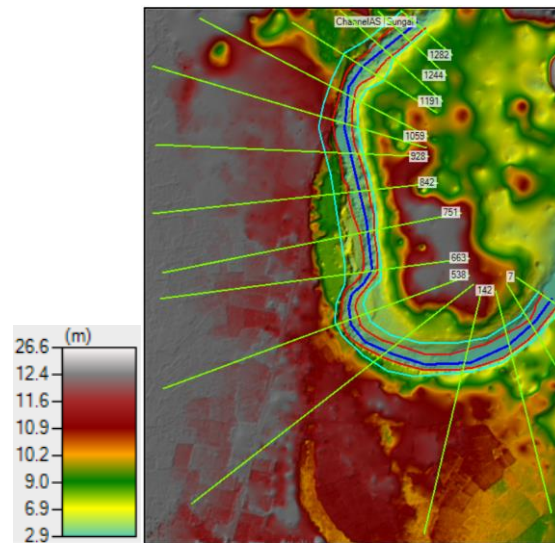


Sumber: Pengolahan Data (2025)

**Gambar 5. Hasil integrasi Data**

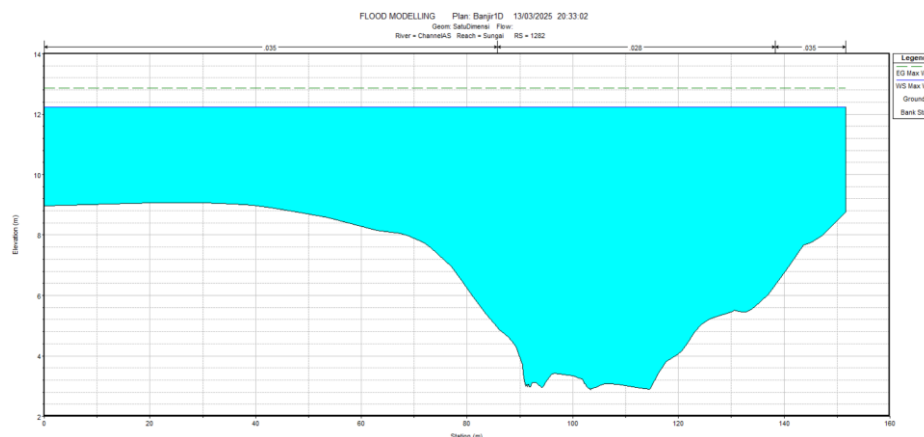
## 5. Pemodelan

### a) Pemodelan Satu Dimensi (1D)



Sumber: Pengolahan Data (2025)

**Gambar 6. Geometri Sungai**



Sumber : Pengolahan Data (2025)

**Gambar 7. Profile Cross Section STA 1282**

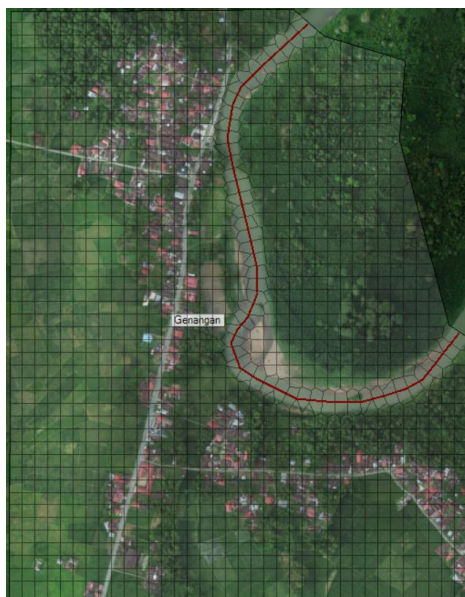
Gambar diatas merupakan potongan melintang area sungai pada Station 1282. Berdasarkan gambar dapat dilihat untuk tinggi maksimum mencapai elevasi 12 m. Setiap *Cross Section* yang di input dalam model *Hec-Ras* mempresentasikan potongan melintang pada titik tertentu yang disebut STA (*Station*), setiap *Station Cross Section* menggambarkan bentuk dari fisik pada area *geometri* sungai. Elevation (m) merupakan tinggi penampang sungai dari permukaan tanah. *Station* (m) lebar dasar sungai.

**Tabel 1.** Identifikasi Kenaikan Muka Air

<i>Cross Section Station</i>	Elevasi Tertinggi Muka Air (m)	Rata-Rata Muka Air (m)	Kenaikan Muka Air (m)
A (1282)	12,23	4,45	7,78
B (1244)	12,47	4,45	8,02
C (1191)	12,77	4,45	8,32
D (1131)	12,74	4,45	7,21
E (1059)	12,70	4,45	8,29
F (996)	12,65	4,45	8,20
G (928)	12,28	4,45	7,83
H (842)	12,44	4,45	7,99
I (751)	12,37	4,45	7,92
J (663)	12,26	4,45	7,81
K (538)	12,32	4,45	7,87
<i>Cross Section Station</i>	Elevasi Tertinggi Muka Air (m)	Rata-Rata Muka Air (m)	Kenaikan Muka Air (m)
L (425)	12,27	4,45	7,82
M (249)	12,14	4,45	7,69
N (142)	12,06	4,45	7,61
O (76)	11,97	4,45	7,52
P (7)	11,75	4,45	7.30

Berdasarkan pada **tabel 1.** merupakan hasil identifikasi setiap *Cross Section* dari kenaikan muka air sungai hingga mencapai daerah permukiman. Elevasi tertinggi untuk kenaikan muka air sungai mencapai 11-12 meter dengan rata-rata muka air 4,45 meter. Pada kenaikan muka air sungai mencapai 7 meter dan sampai 8 meter pada setiap *station cross section*.

**b) Pemodelan Dua Dimensi (2D)**

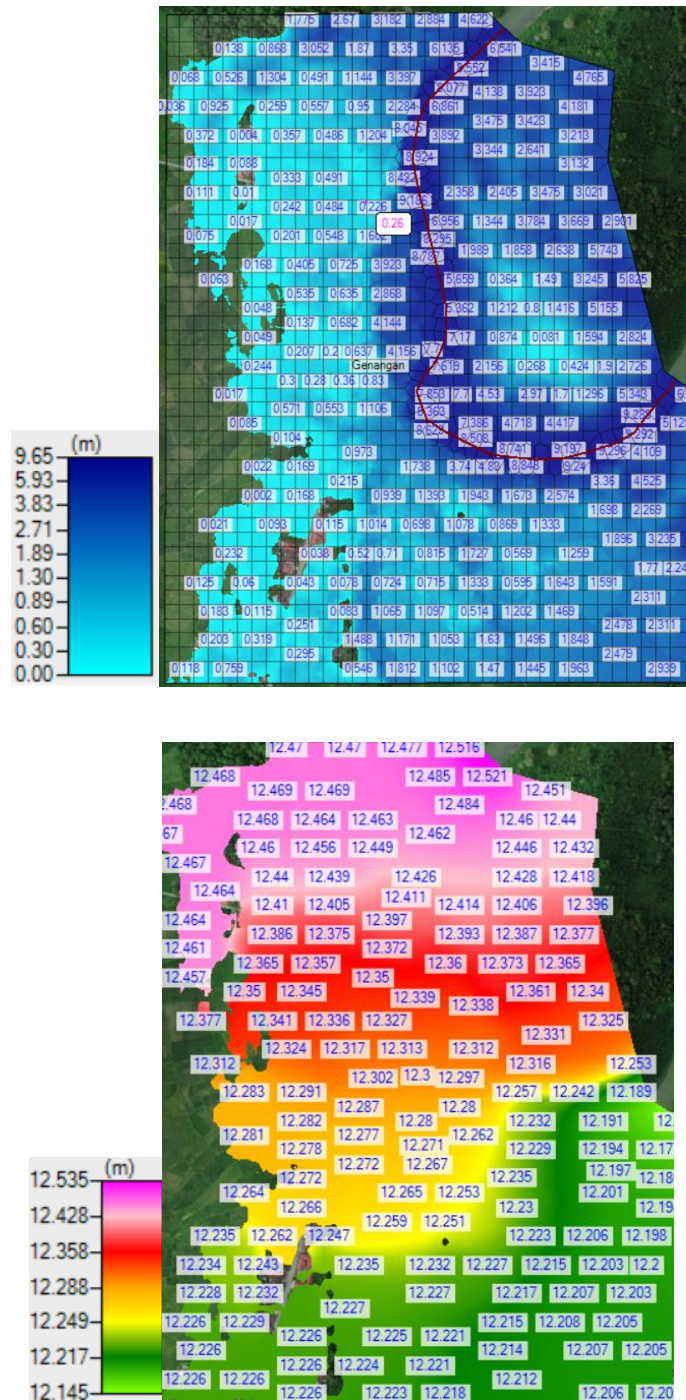


Sumber : Pengolahan Data (2025)

**Gambar 8. Mesh Parieters**



Pada gambar diatas merupakan perimeter sebagai *mesh* dalam pemodelan 2D menggunakan *Software Hec-Ras*. Pembuatan *mesh* sangat penting untuk mendefinisikan wilayah yang dianalisis, menetapkan kondisi batas aliran, memastikan kelengkapan dan kesesuaian model, serta membantu menghasilkan hasil yang lebih akurat dan relevan dalam analisis banjir. Pada penelitian ini menggunakan *point Spacing* 25m. Jadi untuk jarak per *pixel* mempunyai jarak 25 meter antar *pixel*.



Sumber: Pengolahan Data (2025)

**Gambar 9. Hasil 2D Kedalaman (depth) dan WSE**

*Water Surface Elevation* memberikan gambaran tentang ketinggian muka air dari elevasi *terrain* pada area saluran sungai, sementara *depth* menunjukkan nilai berapa kedalaman air yang tergantung pada perbedaan antara berapa ketinggian *water surface elevation* dan elevasi *terrain*. Sehingga dari hasil untuk kedalaman didapatkan mulai dari 0,00 - 9,65 meter. Sedangkan pada hasil *Water Surface Elevation* kenaikan muka air sungai rata-rata mencapai elevasi 12 meter dari elevasi *terrain*.

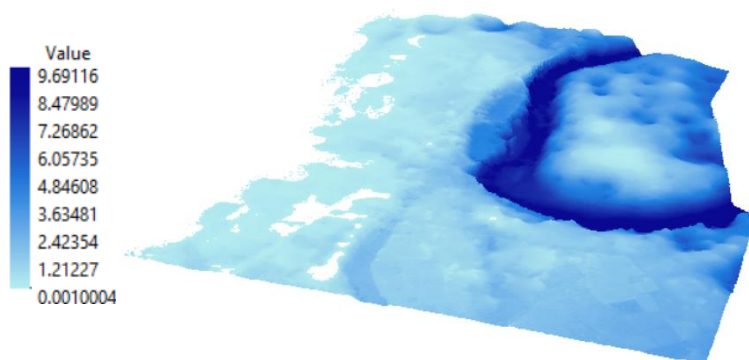
### c) Pemodelan Tiga Dimensi (3D)



Sumber: Pengolahan Data (2025)

**Gambar 10. Hasil 3D lokasi AOI**

Pada gambar diatas merupakan hasil dari visualisasi 3D pada lokasi *AOI* penelitian Kecamatan Koto XI Tarusan, Nagari Duku, Pesisir Selatan dengan luas  $\pm 110$  Ha. Pada pemodelan 3D *Orthofoto* menggunakan data *DTM* hasil *filterring* sebagai *baseheight floating*



Sumber: Pengolahan Data (2025)

**Gambar 11. Hasil 3D Kedalaman (depth)**

Visualisasi 3D hasil kedalaman (*Depth*) merupakan hasil pemodelan dua dimensi 2D pada *Software Hec-Ras* yang di *export* menjadi data raster. Untuk kedalaman didapatkan mulai dari 0,00 - 9,65 meter. Visualisasi 3D pada hasil kedalaman (*depth*)

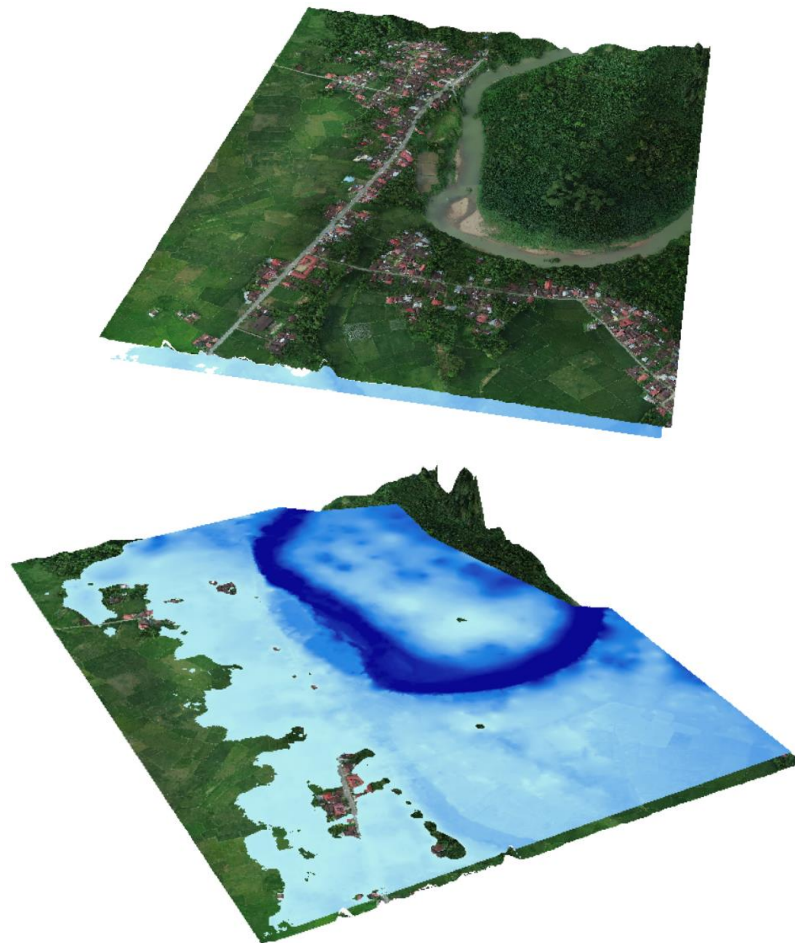
menggunakan data *DTM* hasil *fltering baseheight floting*.



Sumber: Pengolahan Data (2025)

### **Gambar 12. Hasil 3D Water Surface Elevation (WSE)**

Visualisasi 3D hasil *Water Surface Elevation* (WSE) merupakan hasil pemodelan dua dimensi 2D pada *software Hec-Ras* yang di *export* menjadi data raster, rata-rata kenaikan muka air mencapai elevasi 12 meter. Visualisasi 3D pada hasil *Water Surface Elevation* (WSE) menggunakan data *DTM* hasil *fltering* sebagai *baseheight floting*.



Sumber: Pengolahan Data (2025)

### **Gambar 13. Visualisasi 3D Kenaikan Muka Air pada Software ArcScene**

Pada **gambar 13** merupakan pemodelan visualisasi hasil simulasi kenaikan muka air banjir di Sungai Batang Tarusan, Nagari Duku, Kecamatan Koto XI Tarusan, Pesisir Selatan. Pada hasil pemodelan simulasi kenaikan muka air menggunakan *Software ArcScene* hasil simulasi tidak seakurat hasil yang didapatkan dari pemodelan menggunakan *Software Hec-Ras*. Pemodelan simulasi kenaikan muka air menggunakan *Software ArcScene* hanya melihat simulasi dan visualisasi 3D kenaikan muka air.

## **5. KESIMPULAN**

1. Dari hasil pemodelan satu dimensi (1D) menggunakan *software Hec-ras* kenaikan muka air dari muka air rata-rata mencapai 7 meter sampai 8 meter pada setiap *Cross Section*. Sedangkan pada pemodelan dua dimensi (2D) simulasi kenaikan muka air banjir menggunakan *software Hec-Ras* didapatkan nilai kedalaman (*Depth*) dari elevasi *Digital Terrain Model* (DTM) mencapai kedalaman 9,53 meter, sedangkan hasil *Water Surface Elevation* (WSE) rata-rata mencapai 12 meter. Pada simulasi kenaikan muka air di Sungai Batang tarusan menggunakan *Translation Z* Mulai dari 4,45 m – 12,45 m dengan dengan jarak kenaikan per 15 cm dalam waktu 30 detik. Nilai tertinggi pada *Translation Z* di ambil dari hasil tertinggi *Water Surface Elevation* (WSE) pada hasil pemodelan menggunakan *Software Hec-Ras*, sedangkan nilai terendah pada *Translation Z* didapatkan dari rata-rata muka air sungai.
2. Pada hasil pemodelan banjir menggunakan *software Hec-Ras* terpadat perbedaan pada setiap model dan mempengaruhi hasil yang didapatkan. pada hasil satu dimensi (1D) dan dua dimensi (2D) pemodelan banjir menggunakan *software Hec-ras*, hasil dari pemodelan dua dimensi (2D) lebih detail dibandingkan dari hasil satu dimensi (1D) dan untuk kenaikan banjir hasil dua dimensi sedikit lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil satu dimensi, karena pada pemodelan dua dimensi menggunakan mesh parameter dimana semakin kecil area mesh semakin detail area terrain untuk pemodelan kenaikan muka air.

## DAFTAR REFERENSI

- Adimagistra, T., Prakasa, R. R., & Wahjoerini, W. (2023). Pelatihan pembuatan pemodelan dan simulasi banjir di kawasan pesisir Kota Semarang menggunakan ArcScene 10.4. *Jurnal Pengabdian Kolaboratif*, 1(2), 41. <https://doi.org/10.26623/jpk.v1i2.6026>
- Afani, I. Y. N., Yuwono, B. D., & Nurhadi, B. (2019). Optimalisasi pembuatan peta kontur skala besar menggunakan kombinasi data pengukuran terestris dan foto udara format kecil. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 180–189.
- Agustina, D. (2017). Analisis banjir dengan menggunakan citra satelit multilevel di Kecamatan Rengel Kabupaten Tuban (Tugas akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Fathulhuda, W. A. (2019). Pemodelan prediksi genangan banjir dan visualisasi 3 dimensi Sungai Gajahwong. 1–13.
- Hernanda, A., Azwar, & Putri, Y. E. (2022). Analisis Digital Elevation Model (DEM) menggunakan ArcGIS 10.4.1 pada kawasan Baturaja Permai. *Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, 1(1), 30–36.
- Immanuella, L. A., Dermawan, V., & Winarta, B. (2022). Studi alternatif pengendalian banjir Sungai Welang dengan pendekatan pemodelan banjir aliran 2D. *Jurnal Teknik Pengairan*, 13(2), 245–257. <https://doi.org/10.21776/ub.pengairan.2022.013.02.10>
- Mabrur, A. Y., Arafah, F., Agustina, F. D., & Suganda, L. T. (2023). Pembuatan peta 3D urban model untuk visualisasi dampak banjir. *Faktor Exacta*, 15(4), 243. <https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v15i4.11419>
- Mashuri, Mardika, M. G. I., & Sariyah, H. (2023). Studi pemodelan banjir 1-D (satu dimensi) dan 2-D (dua dimensi) menggunakan HEC-RAS 5.0.7 (Studi kasus: Sungai Way Sulan). *Jurnal Infrastruktur*, 9(1), 33–40.
- Rizky, T. N. (2020). Analisis pembuatan peta ortofoto dengan data unmanned aerial vehicle (UAV) menggunakan perangkat lunak open source OpenDroneMap.
- Sufiyan, I., Alkali, I. M., & Sulaiman, S. (2022). 3D modeling and assessment of flood risk zones using GIS and remote sensing in catchment area Terengganu, Malaysia. *Malaysian Journal of Geosciences*, 6(2), 97–100. <https://doi.org/10.26480/mjg.02.2022.97.100>
- Wardana, K. P. W., & Sawitri, S. (2019). Analisis tinggi tanaman padi menggunakan model 3D hasil pemotretan UAV dengan pengukuran lapangan. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 378–387.
- Wigati, R., & Soedarsono, S. (2016). Analisis banjir menggunakan software HEC-RAS 4.1.0 (Studi kasus Sub DAS Ciberang HM 0+00 - HM 34+00). *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), 51–61. <https://doi.org/10.36055/jft.v5i2.1261>

Yuwono, B. D., & Apsandi, O. A. (2018). Analisis pengukuran GNSS metode statik dengan variasi sampling rate. *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 1(2), 7–13.  
<https://doi.org/10.14710/elipsoida.2018.3697>