

Pemodelan Banjir ROB di Wilayah Pesisir Mataram, Nusa Tenggara Barat Menggunakan Delft3D (Studi Kasus pada Bulan Desember 2021)

Riyanti Maharani Ilyas*, Aris Ismanto dan Elis Indrayanti

*Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: riyantimaharani@students.undip.ac.id*

Abstrak

Bencana banjir, menjadi salah satu bencana yang kini cukup sering melanda di berbagai kawasan di Indonesia terutama di wilayah Pesisir laut dan wilayah sekitar sungai. Salah satu bencana yang kerap terjadi ialah kenaikan muka air laut ke wilayah pesisir laut (banjir rob). Salah satu wilayah terdampak adalah wilayah pesisir bagian barat Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat, khususnya di sekitar pesisir pantai Pesisir Bagik Kembar. Tanjung Karang. Banjir rob melanda kawasan pesisir pantai Pesisir Bagik Kembar pada tanggal 4-8 Desember 2021. Pemodelan dilakukan untuk mengidentifikasi area yang terdampak dan pengaruh pasang surut terhadap fenomena banjir tersebut. Pemodelan dilakukan menggunakan *software open source* Delft3D dengan 2 skenario, yaitu skenario pertama menggunakan *set up* angin dan konstanta pasang surut, sedangkan *set up* kedua dengan inputan gelombang. Hasil model menunjukkan adanya kenaikan elevasi muka air laut pada 4 titik observasi yang berada di darat dengan ketinggian berkisar 0.9-1 m setiap pasang di setiap tanggal kejadian. Hasil model lainnya berupa grafik elevasi muka air laut, hasil menunjukkan kesesuaian yang cukup baik dengan data elevasi pasang surut di lapangan yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG), nilai verifikasi sebagai validasi RMSE didapatkan 0.1080.

Kata kunci: Banjir Rob, Delft3D, Pasang Surut, Pemodelan, Lombok

Abstract

ROB Flood Modeling in the Mataram Coastal Area, West Nusa Tenggara, Using Delft3D (Case Study in December 2021)

Flood disasters are one of the disasters that now strike quite often in various regions of Indonesia, especially in coastal areas and areas around rivers. One of the disasters that often occurs is sea level rise in coastal areas (tidal floods). One of the affected areas is the western coastal area of Lombok Island, West Nusa Tenggara, especially around the coast of the Bagik Kembar Coast. Cape Coral. Tidal floods hit the coastal areas of the Bagik Kembar Coast on December 4–8, 2021. Modeling was carried out to identify the affected areas and the influence of tides on the flooding phenomenon. Modeling was carried out using open-source Delft3D software with 2 scenarios, namely the first scenario using wind set-up and tidal constants, while the second set-up used wave input. The model results show an increase in sea level elevation at 4 observation points on land, with heights ranging from 0.9–1 m per tide on each date of the incident. Other model results are in the form of sea level elevation graphs. The results show quite good agreement with tidal elevation data in the field obtained from the Geospatial Information Agency (BIG), and the verification value for RMSE validation is 0.1080.

Keywords: Tidal Flood, Delft3D, Tidal, Modeling, Lombok

PENDAHULUAN

Bencana banjir, menjadi salah satu bencana yang kini cukup sering melanda di berbagai kawasan di Indonesia terutama di wilayah pesisir laut dan wilayah sekitar sungai. Salah satu terdampak adalah wilayah pesisir bagian barat Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat, khususnya di sekitar pesisir pantai Bagik Kembar. Tanjung Karang. Banjir *rob* di pantai Bagik Kembar diduga terjadi karena luapan muara sungai. Luapan air sungai terjadi selain pengaruh debit sungai dari darat juga dipengaruhi oleh fenomena dari laut berupa gelombang dan kenaikan elevasi muka air laut ke darat. menjelaskan bahwa pasang surut didefinisikan sebagai fluktuasi atau gerakan naik turun muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda langit, terutama bulan dan matahari sehingga pasang surut memiliki konstanta harmonik dan merupakan salah satu fenomena yang dapat mempengaruhi kejadian banjir *rob*.

Fenomena banjir *rob* yang terjadi di wilayah Pesisir Bagik Kembar ini diperlukan suatu pemodelan untuk dapat melihat bagaimana representasi banjir *rob* yang terjadi pada tanggal 4-8 Desember 2021, dan mengidentifikasi wilayah yang terdampak serta bagaimana peran pasang surut dalam kenaikan elevasi muka

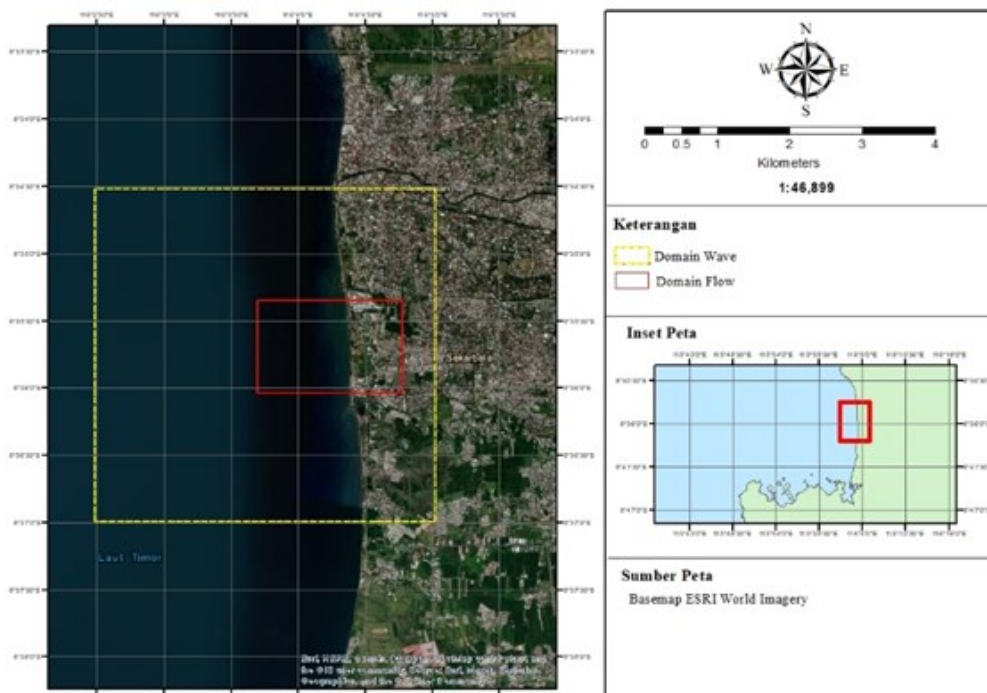
air laut ke wilayah tersebut. Rahmanto & Susetyo (2018) telah melakukan pemodelan spasial tentang genangan banjir yang diakibatkan oleh gelombang pasang, namun dengan lokasi yang berbeda yaitu di wilayah pesisir Mataram. Simulasi pemodelan spasial terkait banjir dilakukan tahun 2016 dan melakukan prediksi hingga tahun 2116.

Banjir pasang air laut (*rob*) merupakan suatu pola fluktuasi muka air laut yang dipengaruhi oleh gaya tarik antar benda astronomi, utamanya adalah akibat gaya tarain antara bumi, bulan, dan matahari terhadap massa air laut di bumi (Drestanto *et al.*, 2014). Pada saat kejadian *rob*, gravitasi bulan terhadap bumi dan sangatlah kuat, hal tersebut menyebabkan gerak air laut ke arah pantai lebih kuat yang menyebabkan kenaikan elevasi muka air laut pada daratan yang lebih rendah dibandingkan pasang tertingginya. Faktor yang membuat area pesisir akan mengalami banjir semakin parah adalah dengan adanya genangan air hujan atau banjir kiriman, dan banjir lokal akibat saluran drainase yang kurang terawat sehingga terjadi luapan (Desmawan & Sukamdi, 2012). Kejadian banjir *rob* yang sudah terjadi maupun yang akan mendatang (prediksi) dapat di modelkan menggunakan model numerik hidrodinamika. Salah satu *software* yang digunakan untuk model numerik hidrodinamika di wilayah laut dan pesisir adalah Delft3D.

MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian di fokuskan pada pesisir Mataram, khususnya area pesisir Bagik Kembar sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 1. Domain area terdiri atas domain *wave* dan domain *flow*. Domain *wave* meliputi area yang lebih besar yang meliputi wilayah Kota Mataram dan Kabupaten Lombok Barat, dan domain *flow* meliputi area yang lebih kecil yang dimana meliputi wilayah pesisir Bagik Kembar dan Lingkungan Bangsal, Kecamatan Tanjung Karang Permai.

Pada penelitian ini konstanta pasang surut dan angin merupakan *inputan* utama dalam model, dengan tambahan gelombang *significant* yang diasumsikan sebagai penyebab utama banjir pada pesisir. Kerangka waktu pemodelan adalah 1 – 20 Desember 2021 dengan fokus utama pada tanggal 4 – 8 Desember 2021 yang dimana sebagai periode banjir *rob*. Pada penelitian ini ditetapkan batasan sehingga hasil model belum sepenuhnya dapat mempresentasikan keadaan lapangan. Batasan tersebut diantaranya adalah pengabaian curah hujan dan debit sungai, sehingga banjir diasumsikan berasal dari pasang surut dan gelombang signifikan, untuk penggunaan lahan tidak di *input* karena penelitian difokuskan pada kejadian kenaikan elevasi dan genangan sehingga *mannings's roughness* diasumsikan *uniform* yaitu 0.02.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Data

Data utama yang digunakan sebagai *inputan* model diantaranya adalah topografi, batimetri, konstanta pasang surut sebagai batas pasang surut, dan angin. Batimetri merupakan data utama yang sangat penting untuk pemodelan hidrodinamika di pesisir. Data kedalaman air tersebut merupakan salah satu variabel utama dalam persamaan perairan dangkal (Pratama, 2019). Data batimetri pada penelitian ini diambil dari BATNAS yang dikeluarkan oleh BIG dengan resolusi spasial data BATNAS adalah 6 *arcsecond* dengan datum MSL. Data topografi juga diambil dari data DEMNAS yang dikeluarkan oleh BIG dengan resolusi spasial 0.27 *arcsecond* dengan datum EGM2008 (Badan Informasi Geospasial, 2018). Data batimetri dan topografi dari BIG dilakukan koreksi elevasi terlebih dahulu pada DEM dengan penyesuaian terhadap data kelengkapan yang diambil langsung di lapangan (Pratama, 2019). Persentase kelengkapan pantai (β) dihitung dengan persamaan 1 (Kalay *et al.*, 2018)

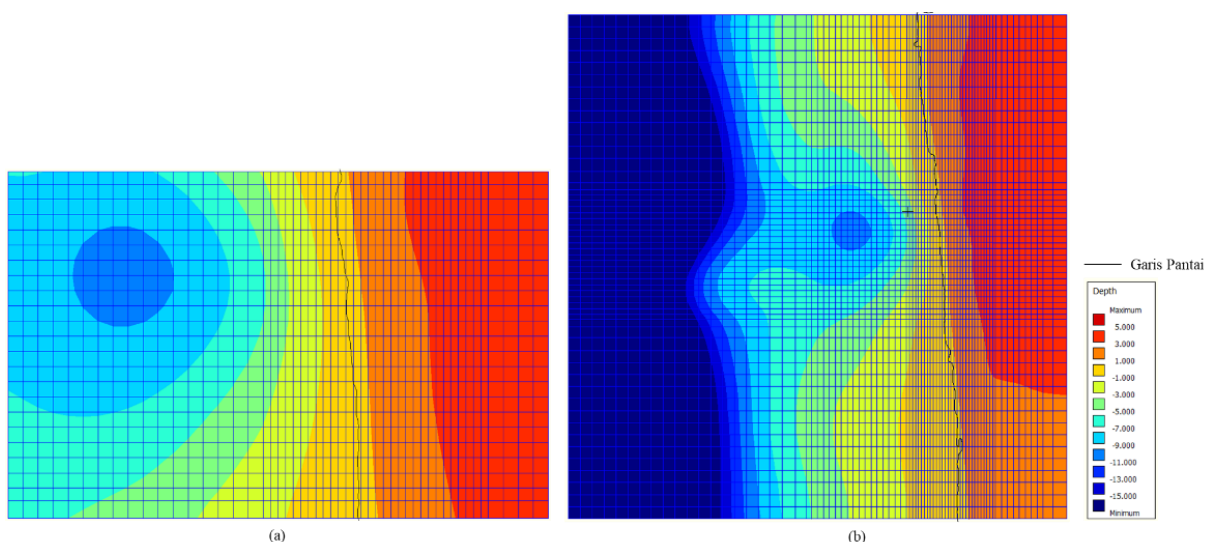
$$\text{Persentase Kelengkapan Pantai (\%)} = \frac{\beta}{0.45} \quad (1)$$

Batas pasang surut dibuat menggunakan TPXO 8.0. TPXO 8.0 merupakan alat yang untuk membuat batas pasang surut dengan menggunakan satelit altimetri TOPEX/Poseidon (Hermialingga *et al.*, 2020). TPXO 8.0 diakses menggunakan DelftDashboard (DDB), data angin bulan Desember 2021 dari ECMWF. Nilai gelombang signifikan dianalisis menggunakan data angin menggunakan *website EasyWave* (<https://apps.algomarinesolution.com/en/EasyWave>) dan mawar angin diperoleh dari WR Plot. Data pasang surut yang diperoleh dari BIG digunakan sebagai verifikasi elevasi air laut yang dihasilkan oleh model. Sebagai validasi data, dilakukan wawancara dengan masyarakat pesisir Bagik Kembar untuk mengetahui ketinggian dan genangan terjauh dari banjir.

Model

Pemodelan banjir *rob* disimulasikan menggunakan model hidrodinamik Delft3D. Delft3D merupakan *software opensource* yang dikembangkan oleh Deltares. Delft3D diformulasikan untuk pemodelan hidrodinamika yang dimana mampu untuk mensimulasikan fenomena arus, transpor sedimen, gelombang, kualitas air, dan lain-lain. Delft3D-FLOW yang digunakan dalam penelitian ini merupakan salah satu modul dalam paket Delft3D. Modul ini menggunakan dan menyelesaikan Persamaan Navier Stokes untuk fluida tak termampatkan di dalam perairan dangkal dan Boussinesq asumsi-asumsi (Deltares, 2014; Pratama, 2019).

Model menggunakan 2 domain, domain *flow* didesain untuk difokuskan pada data batas pasang surutnya, sedangkan domain *wave* didesain untuk gelombangnya. Kedua domain ini didesain dalam bentuk *rectangular grid* untuk gambaran domain dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. (a) Domain *flow*; (b) Domain *wave*

Domain *wave* dibuat dengan area lebih luas yang dimana mencakup *domain flow* didalamnya. *Grid* pada domain *wave* dibuat dengan ukuran $0.1 \times 0.1 \text{ km}^2$. Berdasarkan pada *grid* domain *wave* diperhalus sehingga dibuat menjadi *domain flow*. Batasan yang digunakan pada model domain *flow* adalah tipe batas *Current Velocity* (CV) untuk arah Utara dan Selatan, sedangkan *Water Level* (WL) untuk arah Barat. Penentuan tipe batas ini tergantung pada wilayah penelitiannya (Pratama, 2019). Pada model domain *wave* tipe batas yang digunakan hanya gelombang signifikan yang bernilai 0.5399 m, periode signifikan 3.75 det, dengan arah dominan barat daya (dapat dilihat pada gambar 3). Untuk memberikan periode yang stabil pada model dibutuhkan 2-3 hari *spin-up* (Pratama, 2019). Koefesien kekasaran *manning's roughness* digunakan *uniform* 0.02 (Höffken et al., 2020). Skema domain model disajikan pada Tabel 1.

Skenario Model

Pada model digunakan 2 skenario: (1) menggunakan *input* angin, gelombang signifikan, dan batas pasang surut dan (2) menggunakan angin dan batas pasang surut. Kedua skenario ini bertujuan untuk membandingkan pengaruh pasang surut terhadap kenaikan elevasi muka air laut ke darat dengan ada atau tidaknya *inputan* data gelombang.

Titik observasi di tambahkan pada model untuk melihat kenaikan elevasi air laut ke darat dan mengetahui elevasi pasang surut yang dihasilkan oleh model. Titik observasi ditentukan berdasarkan hasil wawancara dengan masyarakat pesisir yang dimana Lapangan Desa diasumsikan sebagai area wilayah genangan terjauh, Laut Utara Desa sebagai titik observasi elevasi muka air laut perairan yang dekat dengan stasiun IHO Ampenan dan sebagai validasi pasang surut, Desa Utara yang diasumsikan sebagai wilayah yang sering tergenang dan memiliki morfologi yang cukup lebih landau dibandingkan pesisir di depan desa (dapat dilihat pada lampiran), Pesisir Bagik Kembar yang berada tepat di depan akses masuk pantai yang dimana pada 1 *grid* ini mewakili sekitar 2-3 *unit* rumah, dan Surau yang berada tepat di pesisir pantai dan dikatakan sebagai bangunan yang sering terkena kenaikan air laut. Titik observasi dapat dilihat pada Gambar 3.

Validasi

Pasang surut BIG digunakan sebagai validasi dari elevasi air laut yang dihasilkan oleh model Delft3D. Pasang surut diolah menggunakan *toolbox* T_Tide pada Matlab untuk didapatkan konstanta harmonik pasang surut dan nilai MSL, berdasarkan konstanta pasang surut dihitung nilai *formhzal* untuk diketahui tipe pasang surutnya. Berikut adalah rumus untuk mengetahui nilai *formhzal* Astari et al., (2018)

$$F = \frac{AO1 + AK1}{AM2 + AS2}$$

Tabel 1. Skema Domain Model

Parameters	Flow	Wave
Description	Pemodelan dengan <i>Flow</i> Input di wilayah sekitar desa	Pemodelan dengan <i>inputan</i> Gelombang
Grid Resolution	$0.025 \times 0.05 \text{ km}^2$	$0.1 \times 0.1 \text{ km}^2$
Grid Size (M,N)	53 x 25	79 x 56
Batasan	Selatan: CV Utara: CV Barat: WL	Direction: SW (225°) Hs Ts
Initial Conditions		Uniform 0 Water Level
Time Step		1 minute
Batimetri		BATNAS
DEM		DEMNAS
Time		1 - 20 Desember 2021
Inputan Data		Angin Bulan Desember 2021
Roughness (Manning's)		Uniform 0.02



Gambar 3. Titik Observasi pada Model

yang dimana F *Formzahl* atau konstanta pasang surut, AK_1 Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian tunggal rata-rata yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan dan matahari, AO_1 Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian tunggal rata-rata yang dipengaruhi oleh deklinasi matahari, AM_2 Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian ganda rata-rata yang dipengaruhi oleh bulan, dan AS_2 Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian ganda rata-rata yang dipengaruhi oleh matahari. Menurut Hamuna *et al.*, (2018), penentuan tipe pasut dapat dilakukan berdasarkan bilangan *formzahl*nya. hal ini karena bilangan *formzahl* memiliki range tertentu untuk menentukan tipe pasang surut suatu perairan laut yaitu sebagai berikut:

- $F \leq 0.25$: Pasang surut tipe ganda (semidiurnal tides).
- $0,25 < F \leq 1,5$: Pasang surut tipe campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevailing semidiurnal)
- $1,50 < F \leq 3.0$: Pasang surut tipe campuran condong ke harian tunggal (mixed tide prevailing diurnal)
- $F > 3.0$: Pasang surut tipe tunggal (diurnal tides)

Selain nilai *formhzal*, dengan konstanta yang diperoleh, didapatkan nilai HHWL dan LLWL, dengan rumus sebagai berikut (Ryanto *et al.*, 2022)

$$\begin{aligned} LLWL &= A(S0) - (A(M2) + A(K1) + A(O1) + A(P1) + A(K2)) \\ HHWL &= A(S0) + (A(M2) + A(K1) + A(O1) + A(P1) + A(K2)) \end{aligned}$$

Validasi elevasi hasil model dengan data BIG menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE). *Root Mean Square Error* (RMSE) merupakan *error metric* yang digunakan untuk kemampuan Model, di mana 0 akan mengindikasikan kecocokan sempurna dengan data (Ardianto *et al.*, 2022). Pada data ini digunakan data elevasi hasil pengamatan stasiun BIG pada bulan Desember 2021 sebagai pembandingan dengan data elevasi muka air laut keluaran Delft3D. Berikut adalah rumus dari RMSE (Ardianto *et al.*, 2022)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_i - O_i)^2}{n}}$$

M_i menunjukkan data hasil Delft3D pada waktu i , n menunjukkan banyak data, dan O_i menunjukkan data hasil observasi BIG.

Untuk hasil model, dilakukan validasi menggunakan hasil wawancara yang telah dilakukan pada tanggal 31 Oktober 2021 dengan masyarakat pesisir Bagik Kembar. Survei pengamatan genangan *rob*, dibagi menjadi 3 kriteria, yaitu titik aman dari genangan *rob* yang berarti daerah tersebut tidak terkena genangan banjir *rob*, titik yang tergenang *rob* yang berarti daerah tersebut masih terkena genangan banjir *rob*, dan titik genangan *rob* terjauh yang berarti merupakan batas terjauh genangan banjir *rob* tersebut dari garis pantai (El-Fath *et al.*, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelerengan Pantai

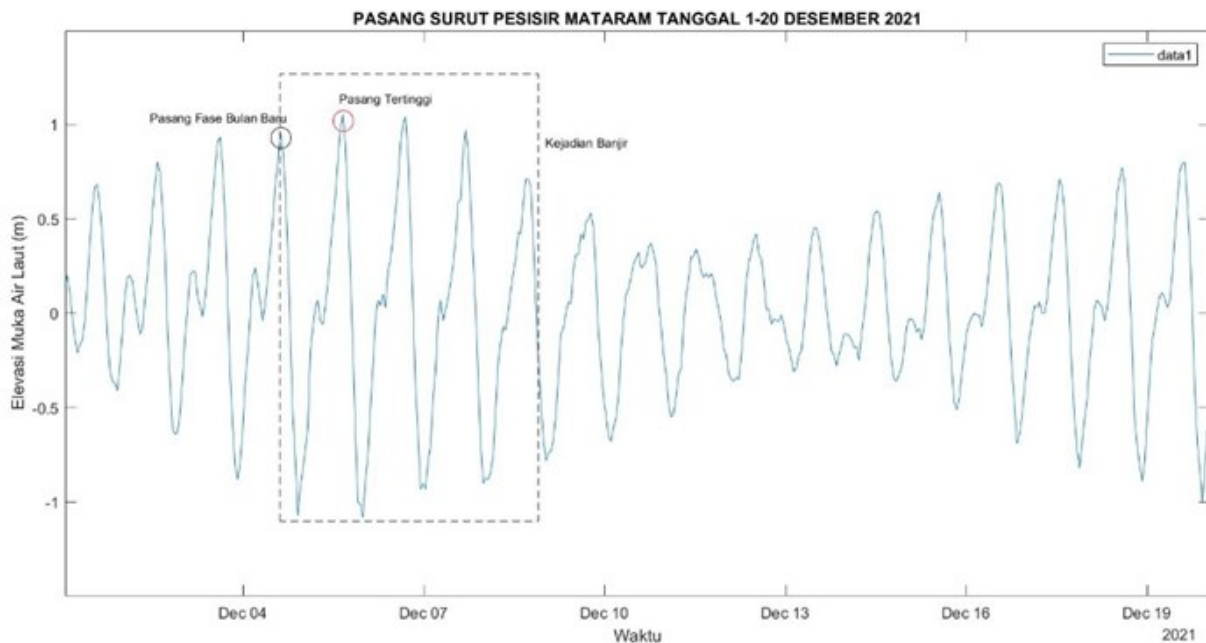
Derajat kelerengan yang didapatkan juga digunakan sebagai koreksi nilai DEM. Berdasarkan nilai pengamatan lapangan dan perhitungan persentase kemiringan, pesisir Bagik Kembar tergolong pada kemiringan yang tergolong curam. Hasil dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Kelerengan Pantai

Stasiun	Koordinat		Kelerengan Pantai Pengukuran ke-			Rata-Rata	Persentase Kemiringan Pantai (%)	Keterangan
	Bujur	Lintang	ke-1	ke-2	ke-3			
1	116,07326	-8,5932	15	16	17	16	35,56	Curam
2	116,07316	-8,5927	10	15	15	13.33	29,63	Curam
3	116,07294	-8,5985	9	12	12	11	24,44	Curam

Pasang Surut dan Gelombang

Data pasang surut 1-20 Desember 2021 yang diolah menggunakan *toolbox* T_Tide didapatkan hasil grafik, yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Observasi Pasang Surut 1-20 Desember 2021

Berdasarkan Gambar 4, pada tanggal 4 Desember terjadi pasang pada fase bulan baru. BMKG (2021) menyebutkan bahwa pada tanggal 4 Desember 2021 pukul 14.42 WIB atau 15.42 WITA bulan berada pada fase bulan baru (*super new moon*). Menurut Rizqi *et al.*, (2021) nilai pasang surut pada fase bulan baru dan fase bulan purnama menghasilkan nilai tunggang pasang surut tertinggi. Pada hasil grafik menunjukkan nilai

pasang tertinggi terjadi pada tanggal 5 Desember 2021, dan studi kasus kejadian berada di 4 hari pasang tertinggi sejak fase bulan baru yang dijadikan sebagai fokus utama pada model ini, Hasil konstanta pasang surut yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 3. Konstanta pasang surut yang dihasilkan digunakan untuk menghitung nilai dari *forhmzal*, HHWL, dan LLWLnya sehingga didapatkan nilai pada Tabel 4

Data pasang surut hasil pengamatan BIG pada bulan Desember 2021 yang dihasilkan memiliki nilai *forhmzal* sebesar 1,32 yang dimana menurut Hamuna *et al.*, (2018) jika nilai *forhmzal* berkisar diantara 0,25 hingga 1,5 maka tipe pasang surut pada perairan tersebut berupa campuran condong harian ganda yang dimana terjadi 2 kali pasang dan 2 kali surut dalam sehari dengan perbedaan amplitudo yang berbeda dan interval yang berbeda (Budiman & Supriadi, 2019). Hal ini sesuai dengan pernyataan Prarikeslan (2016) yang dimana pada area disekitaran wilayah Indonesia ke bagian timur, tipe pasang surutnya berupa campuran condong harian ganda. Hasil mawar angin dan gelombang yang diperoleh dari WR Plot, dapat dilihat pada Gambar 5 dan Tabel 5.

Tabel 3. Konstanta Harmonik Pasang Surut Perairan Mataram Desember 2021

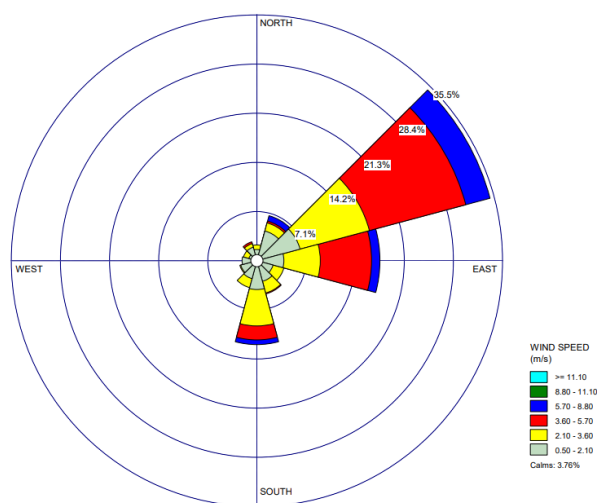
	S0	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A (m)		0,265	0,149	0,042	0,041	0,338	0,211	0,112	0,014	0,010
g	0,00	104,31	126,71	81,25	155,68	199,30	11,15	178,76	239,61	284,18

Tabel 4. *Forhmzal* dan Nilai MSL, HHWL, dan LLWL

<i>Forhmzal</i>	MSL (m)	HHWL (m)	LLWL (m)
1,326	-0,00438	1,11	-1,12

Tabel 5. Ketinggian Gelombang bulan Desember 2021

Tanggal	Keterangan	H (m)	T (det)
1-31 Desember 2021	Signifikan	0,5399	3,7546
	Maksimum	1,1412	5,6230



Gambar 5. Mawar Angin Desember 2021

Pada bulan Desember 2021 yang termasuk ke dalam musim Barat, kecepatan angin didapatkan berkisar 5,6-7,15 m/det dengan arah dominan barat daya yang dapat dilihat pada gambar, hal ini sesuai dengan pernyataan Wyrkti (1961); (Budiman & Supriadi, 2019) bahwasannya pada Musim Barat angin di wilayah Indonesia bergerak dari Utara ke Selatan yang disebabkan oleh tekanan dari belahan bumi selatan (BBS) atau Australia lebih rendah dari wilayah utara Asia. Berdasarkan energi angin didapatkan nilai gelombang pada perairan Mataram, ketinggian maksimum sebesar 1,1412 m dengan periode maksimum 5,6230 m/det. Berdasarkan klasifikasi gelombang oleh Triatmodjo (1999), periode gelombang yang berkisar 1-15 m/det termasuk dalam klasifikasi gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Selain itu didapatkan juga nilai gelombang signifikan (H_s) sebesar 0,5399 m dengan periode signifikan (T_s) sebesar 3,7546 m/det.

Model Delft3D

Elevasi muka air laut yang dihasilkan oleh Delft3D dari konstituen TPXO 8.0 dengan skenario *inputan* gelombang atau tidak dapat dilihat pada tabel 6 dan 7. Berdasarkan perbandingan seluruh data elevasi muka air laut dari titik observasi model baik yang di laut maupun di darat, nilai elevasi antara data model dengan skenario *inputan* gelombang maupun tidak dengan gelombang memiliki perbandingan yang kecil, yakni berkisar 0.001 sekian. Nilai tertinggi antara kedua model *inputan* tidak ada yang mendominasi sehingga dapat diasumsikan bahwa nilainya sama tidak ada perbandingan yang sangat jauh diantara perbedaan *inputan* tersebut sehingga yang dibahas nilainya hanya salah satu dari 2 skenario model. Skenario yang difokuskan adalah skenario dengan data *inputan* gelombang, dikarenakan nilai tertinggi berasal dari skenario dengan model tersebut.

Pemodelan difokuskan pada tanggal kejadian *rob* yakni pada tanggal 4-8 Desember 2021. Perlu diperhatikan bahwasannya pada domain, 1 *grid area* model menggambarkan luasan wilayah berkisar 50 x 25 m^2 . Delft3D mensimulasikan hasil elevasi model pada interval 60 menit sedangkan grafik pada interval 10 menit. *Spin-up* model dibutuhkan 3 hari sehingga pada tanggal 1-3 Desember model belum siap digunakan. Hasil model dapat dilihat pada gambar 6.

Pada tanggal 4 Desember 2021 pukul 14.42 WIB atau 15.42 WITA BMKG (2023) menyebutkan bahwasannya bulan berada pada fase bulan baru (*super new moon*). Menurut Rizqi et al., (2021) nilai pasang surut pada fase bulan baru dan fase bulan purnama menghasilkan nilai tunggang pasang surut tertinggi. Nilai elevasi muka air laut pada tanggal 4 Desember 2021 dari stasiun BIG yang telah dikoreksi MSL berkisar -0,00438 m. Gambar 4.4 menunjukkan hasil model pada tanggal 4 Desember 2021 pukul 14.00 WITA, berdasarkan model tersebut dapat dilihat bahwasannya dikawasan Pesisir Bagik Kembar terjadi kenaikan air laut, hal ini terlihat dari air laut yang melebihi garis pantai dan mencapai titik observasi darat yaitu bagian Utara Desa, Desa, Surau, dan titik genangan terjauh yaitu Lapangan. Nilai kenaikan di model berkisar 0,96-0,98 m, sedangkan pada titik observasi elevasi muka air laut mencapai 0,9715 m di wilayah Surau dan Lapangan, 0,9697 m di titik Utara Desa, dan 0,9714 m di Desa.

Tabel 6. Elevasi Muka Air Laut Saat Pasang Tertinggi dengan Data Gelombang

Koordinat		Titik Observasi	Elevasi Muka Air Laut (m)				
Longitude	Latitude		4 Des 2021	5 Des 2021	6 Des 2021	7 Des 2021	8 Des 2021
116,073	-8,594	Surau	0,9715	1,0068	0,9813	0,9239	0,7981
116,073	-8,592	Utara Desa	0,9697	1,0068	0,9793	0,9230	0,7975
116,074	-8,593	Lapangan	0,9715	1,0062	0,9810	0,9238	0,8757
116,073	-8,593	Desa	0,9714	1,0067	0,9810	0,9240	0,7982

Tabel 7. Elevasi Muka Air Laut Saat Pasang Tertinggi Tanpa Data Gelombang

Koordinat		Titik Observasi	Elevasi Muka Air Laut (m)				
Longitude	Latitude		4 Des 2021	5 Des 2021	6 Des 2021	7 Des 2021	8 Des 2021
116,073	-8,594	Surau	0,9724	1,0072	0,9801	0,9241	0,7982
116,073	-8,592	Utara Desa	0,9705	1,0072	0,9783	0,9232	0,7977
116,074	-8,593	Lapangan	0,9725	1,0067	0,9796	0,9240	0,8757
116,073	-8,593	Desa	0,9722	1,0071	0,9798	0,9242	0,7984

BPBD kota Mataram (2021) mencatat bahwasannya pada tanggal 4 Desember 2021 terjadi banjir *ROB* di kelurahan Tanjung Karang Permai, kecamatan Sekarbela, tercatat bahwasannya terdapat 37 *unit* rumah terendam dan mengakibatkan 140 jiwa mengungsi. Ditinjau dari model elevasi yang terdapat pada lampiran, kenaikan elevasi muka air laut mulai memasuki garis pantai pada pukul 12.00 WITA dan surut kembali pada pukul 17.00 WITA.

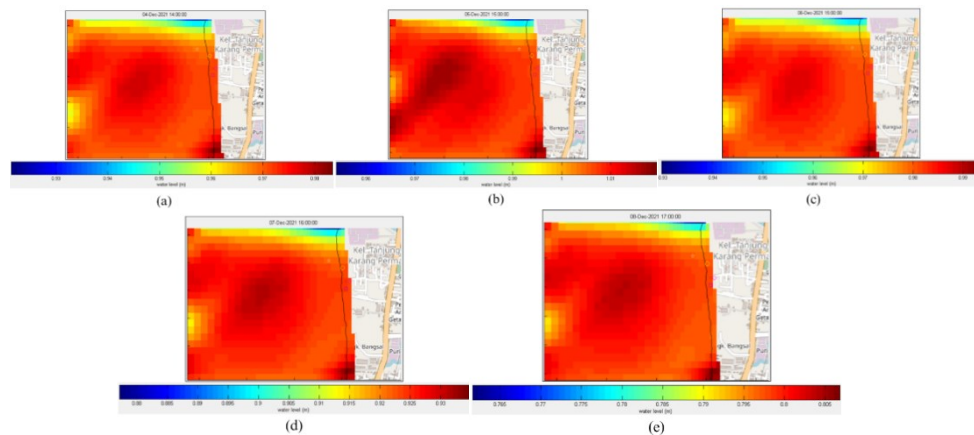
Puncak pasang tertinggi berdasarkan hasil pasang surut observasi BIG terjadi pada tanggal 5 Desember 2021 pada pukul 15.45 WITA dengan nilai elevasi 1,05 m, sedangkan surut terendah terjadi pada tanggal 5 Desember 2021 pada pukul 23.44 WITA dengan nilai -1,08 m selisih 0,01 dengan surut pada tanggal 4 Desember 2021 yang bernilai -1,07 m. Berdasarkan pada hasil model elevasi muka air laut, kenaikan elevasi muka air laut pada tanggal 5 Desember 2021 mulai memasuki wilayah garis pantai sekitar pukul 13.00 WITA dan kembali surut menjauhi garis pantai pada pukul 19.00 WITA, hal ini dapat dilihat pada lampiran. Puncak tertinggi kenaikan elevasi pada model hasil yaitu pada pukul 15.00 WITA (Gambar 6b). Hasil model elevasi Gambar 4.5 menunjukkan bahwa disaat puncak pasang tertinggi, elevasi muka air laut didarat kembali menggenangi seluruh titik observasi darat dengan elevasi berkisar 1-1,01 m. Berdasarkan Tabel 4.5, pada wilayah Surau dan Utara Desa elevasi muka air laut mencapai ketinggian 1,0068 m, wilayah Lapangan mencapai 1,0062 m dan di wilayah Desa mencapai 1,0067 m.

Tanggal 6 Desember pasang tertinggi terjadi pada jam 16.42 WITA dengan tinggi genangan 1.04 dan surut pada pukul 22.41 WITA dengan nilai elevasi muka air laut sebesar -0,93 m. Pada tanggal 6 Desember 2021 berdasarkan gambar model, elevasi kenaikan air laut masih mencapai kisaran 0,98-0,99 m pada pukul 15.00 WITA dan mulai seperti semula (surut) pada pukul 19.00 WITA, yang dimana wilayah yang terdampak kenaikan elevasi muka air laut pada model masih sama seperti pada tanggal 4 dan 5 Desember 2021. Titik observasi pada surau menunjukkan elevasi muka air laut sebesar 0,9813 m, 0,9793 m pada Utara Desa, dan 0,9810 m pada titik Lapangan dan Desa.

Pada tanggal 7 Desember 2021 area yang terdampak kenaikan elevasi muka air laut mulai berkurang dari sebelah Utara, akan tetapi nilai elevasi masih berkisar diantara 0,915-0,925 m. Elevasi kenaikan muka air laut tertinggi tanggal 7 Desember terjadi pada pukul 16.00 WITA. Seluruh titik observasi di darat masih terdampak kenaikan elevasi muka air laut pada tanggal 7 Desember 2021, Surau dan Lapangan terendam hingga 0,9239 m, Utara Desa 0,9230 m, dan Desa mencapai 0,924 m. Pada tanggal 7 Desember pasang tertinggi berdasarkan data BIG terjadi sekitar jam 16.38 WITA dengan ketinggian elevasi muka air laut 0,97 m dan surut pada pukul 23.37 WITA dengan ketinggian elevasi muka air laut sebesar -0,9 m, dan pada hasil model waktu surut berkisar pada pukul 23.00 sampai 00.00 WITA dengan nilai kisaran -0,93 - -0,91 m.

Pasang pada 8 Desember ketinggian elevasi air sudah mulai berkurang yakni pasang tertinggi bernilai 0,71 m pada pukul 16.35 WITA dan surut pada pukul 00.34 WITA dengan nilai -0,78. Berdasarkan hasil model elevasi muka air laut pada pukul 17.00 WITA area yang terdampak kenaikan elevasi muka air laut mulai berkurang, titik observasi darat yang masih terdampak hanya pada Utara Desa, Desa, dan Surau, sedangkan kenaikan elevasi muka air laut ini sudah tidak sampai ke titik observasi Lapangan. Pada tanggal 8 Desember 2021 elevasi muka air laut saat pasang berkisar 0,79-0,8 m, yang dimana pada Surau elevasi mencapai 0,7981 m, Utara Desa 0,7975 m, Desa 0,7982 m. Titik Observasi Lapangan terdeteksi adanya elevasi muka air laut sebesar 0,8757 m,

Pada bagian selatan model (Lingkungan Bangsal) menunjukkan terjadi genangan di area tersebut. Pada tanggal 5 Desember 2021 disaat terjadi pasang tertinggi, elevasi kenaikan air laut ke darat tertinggi terletak di Lingkungan Bangsal, genangan tersebut terdeteksi bertahan hingga tanggal 7 Desember 2021 pukul 20.00 WITA dan surut pada 7 Desember 2021 pukul 21.00 WITA dengan ketinggian berkisar 0.3 m. Lingkungan Bangsal pada tanggal 8 Desember 2023 setelah terjadi kenaikan elevasi muka air laut, kembali menunjukkan terjadinya genangan dengan elevasi muka air laut berkisar 0,3 m pada pukul 23.00 WITA. Menurut Rahmanto & Susetyo (2018) berdasarkan pemodelan banjir pada tahun 2016 di sekitar pesisir Mataram, terdapat 2 kecamatan yang sering dilanda banjir akibat gelombang pasang, yaitu Ampenan pada kelurahan Banjar, Bintaro, Ampenan Tengah, dan Ampenan Selatan, dan kecamatan Sekarbela pada kelurahan Jemping Baru, Tanjung Karang, dantanjung Karang Permai. Berdasarkan pemodelan tersebut, dapat diketahui bahwasannya dari tahun ke tahun Pesisir Bagik Kembar dan Lingkungan Bangsal yang terletak di Tanjung Karang Permai sering terdampak banjir yang diakibatkan oleh air laut, terutama saat musim barat di bulan Desember.



Gambar 6. Model Kenaikan Elevasi Muka Air Laut Saat Pasang Tertinggi Pada Tanggal; (a) 4 Desember 2021; (b) 5 Desember 2021; (c) 6 Desember 2021; (d) 7 Desember 2021; (e) 8 Desember 2021

Selain hasil model, didapatkan juga grafik kenaikan elevasi muka air laut pada saat pasang dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan seluruh hasil pemodelan yang didapatkan, kenaikan elevasi muka air laut ke daerah pesisir ini dikategorikan sebagai banjir *rob* genangan sesaat. Menurut Suhelmi & Prihatno (2014) penggenangan sesaat, merupakan penggenangan yang dialami pada saat terjadi pasang tinggi tertinggi (HHWL) tetapi setelah surut maka area yang tergenang sebelumnya akan terbebas lagi. Akan tetapi area yang seperti ini memiliki potensi sebagai area dengan penggenangan permanen jika muka air laut terus mengalami kenaikan.

Berdasarkan hasil model yang di dapatkan, ditinjau dari keseluruhan model, kenaikan elevasi muka air laut ke daratan tidak membuat terjadinya genangan pada area inti yaitu pesisir pantai Bagik Kembar, melainkan air naik hanya berkisar 1-3 jam dan kemudian surut kembali tanpa menunjukkan terjadinya genangan setelah surut tersebut seperti halnya yang ada di Lingkungan Bangsal, pada harusnya disaat air surut tetap terjadi genangan di area pesisir Bagik Kembar. Menurut Pratama (2019) ketidakmampuan model tersebut dalam penggenangan wilayah dapat disebabkan oleh kurangnya beberapa hal berikut, yakni: (1) Terdapat gaya lain yang berpengaruh, seperti angin dan gelombang. Sehingga tinggi surge lebih besar. (2) Sistem drainase yang kompleks sehingga saat surut debit air yg kembali ke pantai lebih sedikit. (3) Terdapat pengaruh hujan deras dan debit sungai/drainase. (4) Terdapat wilayah yg berbentuk seperti cekungan.

Ditinjau dari batasan masalah yang telah ditetapkan pada model ini maka untuk membuat suatu genangan dibutuhkan data dan *set-up* yang lebih kompleks dalam membuat model yang lebih detail.

Validasi Model Delft3D

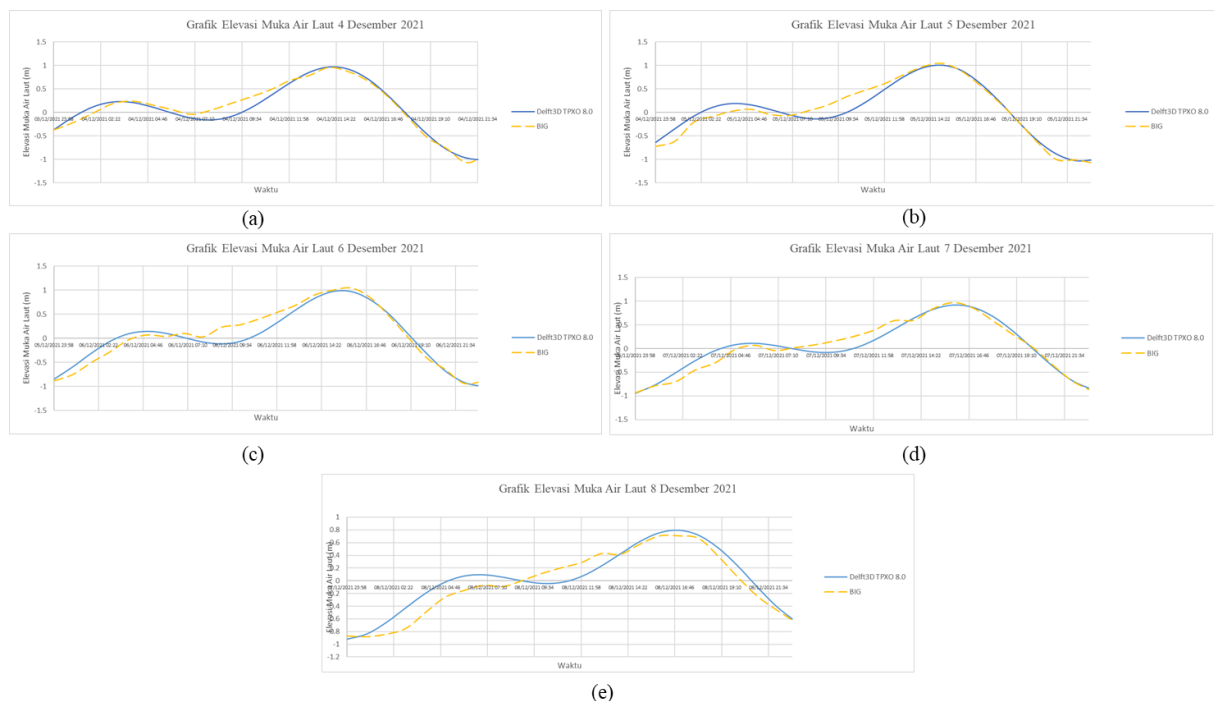
Terdapat 2 validasi yakni validasi untuk hasil elevasi muka air laut yang diverifikasi menggunakan data BIG, dan validasi dengan wawancara terhadap warga setempat. Verifikasi hasil elevasi air laut dari Delft3D dengan BIG menggunakan metode RMSE didapatkan nilai RMSE 0.1080 dengan grafik perbandingan pada gambar 8

Berdasarkan wawancara dengan masyarakat Pesisir Bagik Kembar, kejadian banjir *ROB* diungsikan selama 4-7 hari kedepan sejak terjadinya banjir tanggal 4 Desember 2021 dan puncaknya adalah pada tanggal 5 Desember 2021. Banjir menenggenang selama kurang lebih 1 minggu hingga 25 kartu keluarga (KK) harus diungsikan. Masyarakat menyebutkan bahwasannya ketinggian air yang menggenang saat itu sekitar lutut orang dewasa (0,8-0,9 m) di bagian Selatan Surau, dan sekitar 1 meter di bagian Utara dan mulai dari Surau (Lapangan, Desa, Utara Desa) yang membuat masyarakat harus mengungsi dan menggunakan perahu untuk memindahkan barangnya dan anak-anaknya. Genangan banjir tersebut mencapai titik terjauh di titik observasi Lapangan. Dari 30 KK, telah diwawancara sebanyak 12 Orang dari 12 KK, dari 12 KK menyampaikan hal yang sama terkait dengan kondisi ketika banjir terjadi. Berdasarkan pernyataan masyarakat dan dikaitkan dengan hasil model, dapat dikatakan bahwasannya model dapat mensimulasikan tinggi elevasi muka air laut yang disebabkan oleh kenaikan air laut ke darat dengan ketinggian yang mendekati keadaan saat itu, yang dimana pada Utara Desa, Lapangan, dan Desa ketinggian air berkisar 1 m dan pada hasil model didapatkan

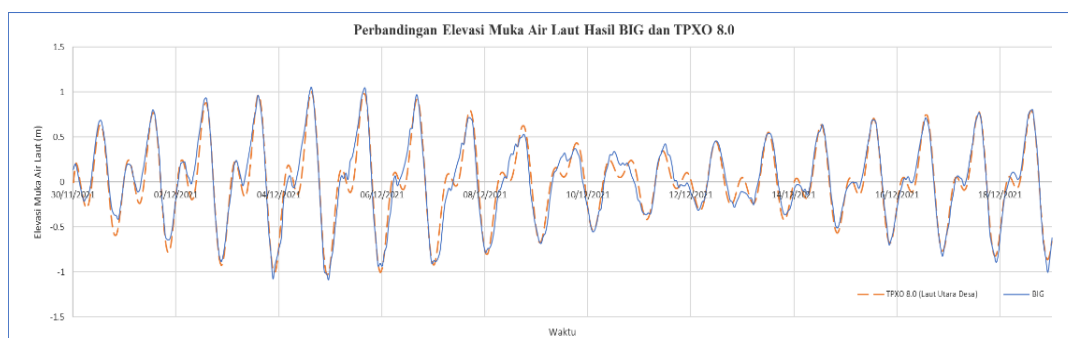
nilai ketinggian mendekati 1 m untuk tanggal 4, 6, 7, dan 8 Desember, sedangkan pada tanggal 5 Desember nilai elevasi muka air laut mencapai 1 m lebih. Selain itu kesesuaian pada titik terjauh genangan yang dimana titik terjauhnya berada pada Lapangan.

Pada saat wawancara, narasumber yakni ketua RT setempat menyatakan bahwa selain dari kenaikan air laut, faktor utama banjir didaerah tersebut adalah luapan air sungai akibat curah hujan yang tinggi pada tanggal 5-6 Desember 2021. Menurut Efendi *et al.*, (2021) banjir *rob* yang disertai dengan intensitas hujan tinggi dari segi ketinggian menunjukkan nilai yang hampir sama antara banjir *rob* tanpa dan dengan inputan curah hujan, akan tetapi luasan area terdampak banjir sangat dipengaruhi oleh intensitas hujan. Intensitas hujan dan kenaikan elevasi air laut ke darat memiliki korelasi, karena dengan tingginya intensitas curah hujan dapat mempengaruhi luapan dari muara dan diperburuk oleh kenaikan elevasi muka air laut yang tinggi.

Selain itu dari hasil wawancara juga disebutkan bahwasannya gelombang pasang terjadi bersamaan dengan kenaikan elevasi muka air laut ke darat pada saat itu. Akan tetapi pada hasil yang didapatkan, pengaruh terbesar kenaikan elevasi muka air laut tersebut adalah akibat angin dan pasang surut tinggi pada tanggal kejadian. Gelombang signifikan yang di *input* juga turut berpengaruh membuat kenaikan elevasi bernilai lebih besar (selisih 0.001 m).



Gambar 7. Grafik Kenaikan Elevasi Muka Air Laut Saat Pasang Tertinggi Pada Tanggal; (a) 4 Desember 2021; (b) 5 Desember 2021; (c) 6 Desember 2021; (d) 7 Desember 2021; (e) 8 Desember 2021



Gambar 8. Grafik elevasi muka air laut TPXO 8.0 dan BIG

KESIMPULAN

Berdasarkan 2 skenario yang diterapkan dalam model, pasang surut dan angin sangat berpengaruh besar dalam kenaikan elevasi muka air laut ke daratan. Hal ini ditunjukkan pada nilai antara 2 skenario yang memiliki sesilih kecil yakni sekitar 0,001 m. Pada tanggal 5 Desember 2021, saat terjadi pasang tertinggi, seluruh titik observasi tergenang dengan ketinggian tertinggi di antar 4 hari lain yakni pada Surau dan Utara 1,0068 m, Lapangan 1,0062 m, dan Desa 1,0067 m. Hasil model menunjukkan bahwa genangan yang terjadi akibat pasang surut merupakan banjir dengan tipe penggenangan sesaat. Wilayah yang terkena dampak kenaikan elevasi muka air pada tanggal 4-6 Desember 2021 adalah seluruh titik observasi dengan titik terjauh banjir dari bibir pantai berada pada titik observasi lapangan dengan ketinggian berkisar 0,9-1 m. Pada tanggal 7-8 Desember 2021 area yang terkena dampak kenaikan elevasi muka air laut mulai berkurang, lapangan sudah tidak lagi terkena kenaikan elevasi muka air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardianto, R., Ismanto, A., Widada, S., & Sampurno, J. (2022). Prediction Model For Tidal Flood Control Using One-Way Coupling Scheme in Pontianak. *JURNAL TEKNIK HIDRAULIK*, 13(2), 77–88. <https://doi.org/10.32679/jth.v13i2.707>
- Astari, K. F., Hendri, A., & Fauzi, M. (2018). Analisis Pasang Surut Perairan Dumai Menggunakan Metode Admiralty. *Jom FTeknik*, 5(2), 1–7.
- Badan Informasi Geospasial. (2018). *Seamless Digital Elevation Model (DEM) dan Batimetri Nasional*. <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/###Info>
- Budiman, A. S., & Supriadi, I. H. (2019). Potensi Kejadian ROB di Pesisir Probolinggo Serta Perbandingan Kondisinya Antara Musim Barat dan Musim Timur Berdasarkan Data Oseanografi dan Metereologi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(3), 667–681. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i3.20349>
- Desmawan, B. T., & Sukamdi, S. (2012). Adaptasi Masyarakat Kawasan Pesisir Terhadap Banjir ROB di Kecamatan Sayung, Kabupaten Demak, Jawa Tengah. *Jurnal Bumi Indonesia*, 1(1).
- Drestanto, A. S., Indarjo, A., & Helmi, M. (2014). Pemetaan Area Genangan Banjir Pasang di Kawasan Lahan Budidaya Air Payau Kota Pekalongan Jawa Tengah. In *Journal Of Marine Research* (Vol. 3, Issue 4). <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jmr>
- Efendi, U., Kristianto, A., & Pratama, B. E. (2021). Respon Hujan Lebat dan Kenaikan Tinggi Muka Laut Terhadap Prediksi Luasan Banjir ROB di Semarang (Studi Kasus 3-5 Desember 2018). *Jurnal Kelautan Nasional*, 16(3), 157–168.
- El-Fath, D. D. I., Atmodjo, W., Helmi, M., Widada, S., & Rochaddi, B. (2022). Analisis Spasial Area Genangan Banjir Rob Setelah Pembangunan Tanggul di Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 4(1), 96–110. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v4i1.13254>
- Hamuna, B., Tanjung, R. H. R., Kalor, J. D., Dimara, L., Indrayani, E., Warpur, M., Paulangan, Y. Y. P., & Paiki, K. (2018). Studi Karakteristik Pasang Surut Perairan Laut Mimika, Provinsi Papua. *Jurnal Acropora Ilmu Kelautan Dan Perikanan Papua*, 1(1), 19–28.
- Hermialingga, S., Purwiyanto, A. I., & Iskandar, I. (2020). Analisis Pemodelan Data Pasang Surut Menggunakan Model TPXO 7.1 di Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta Utara. *Jurnal Kelautan Nasional*, 15(2), 85–90.
- Höffken, J., Vafeidis, A. T., MacPherson, L. R., & Dangendorf, S. (2020). Effects of the Temporal Variability of Storm Surges on Coastal Flooding. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00098>
- Kalay, D. E., Lopulissa, V. F., Jurusan, Y. A. N., Kelautan, I., Perikanan, F., Pattimura, U., Mr, J., Soplanit-Kampus, C., & Ambon, P. (2018). Analisis Kemiringan Lereng Pantai dan Distribusi Sedimen Pantai Perairan Negeri Waai Kecamatan Salahutu Provinsi Maluku (Coastline Slope Analysis and Sediment Distribution of Waai Village Waters, District of Salahutu, Maluku Province). *Jurnal Triton*, 14(1), 10–18.
- Korto, J., Ihsan Jasin, M., & Mamoto, J. D. (2015). Analisis Pasang Surut di Pantai Nuangan (Desa Iyok) Boltim dengan Metode Admiralty. *Jurnal Sipil Statik*, 3(Juni), 391–402.
- Prarikeslan, W. (2016). *Oseanografi*. Kencana.

- Pratama, M. B. (2019). Tidal Flood in Pekalongan: Utilizing and Operating Open Resources for Modelling. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 676(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/676/1/012029>
- Rahmanto, R. R., & Susetyo, C. (2018). Pemodelan Spasial Genangan Banjir Akibat Gelombang Pasang di Wilayah Pesisir Kota Mataram. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 2337–3520.
- Rizqi, P. B., Devina R P S P, & Idris M. (2021). Studi Perubahan Fase Bulan Terhadap Nilai Tunggang Pasang Surut dan Slack Water dari Penanggalan Hijriah. *Jurnal Geosains Kutai Basin*, 4(2), 1–6.
- Ryanto, N. A., Wiyono, R. U. A., & H, E. (2022). 13653-45363-1-PB.pdf. *MASPARI JOURNAL*, 14(1), 1–13.
- Suhelmi, I. R., & Prihatno, H. (2014). Model Spasial Dinamik Genangan Akibat Kenaikan Muka Air Laut di Pesisir Semarang (Spatial Dynamic Model of Inundated Area Due to Sea Level Rise at Semarang Coastal Area). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 21(1), 15–20.
- Syafitri, A. W., & Rochani, A. (2021). Analisis Penyebab Banjir Rob di Kawasan Pesisir Studi Kasus: Jakarta Utara, Semarang Timur, Kabupaten Brebes, Pekalongan. *Jurnal Kajian Ruang*, 1(1), 16–28.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Beta Offset.