

KAJIAN BANJIR PESISIR MENGGUNAKAN MODEL DELFT3D STUDI KASUS WILAYAH SERAM BAGIAN TIMUR

(Coastal Inundation Study Using DELFT3D Model Case In Eastern Seram)

Moch. Zainuri Damayanto¹, Simon Tubalawony^{2*}, dan Yunita A. Noya²

¹ Mahasiswa Program Studi Magister Ilmu Kelautan, Pascasarjana Universitas Pattimura

² Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura

Corresponding author: simontubalawony003@gmail.com*

Received: 18 Februari 2024, Revised: 17 April 2024, Accepted: 30 April 2024

ABSTRAK: Wilayah pesisir utara Seram Bagian Timur merupakan wilayah yang rawan terjadi bencana banjir yang diakibatkan adanya kenaikan muka air laut atau ROB. Kasus banjir pesisir yang terjadi pada tanggal 22 Februari 2022 di wilayah Seram Bagian Timur telah menimbulkan kerugian yang signifikan. Dalam rangka mengurangi kerugian materi dan meningkatkan akurasi peringatan dini banjir pesisir, perlu dilakukan identifikasi yang lebih mendalam terkait terjadinya banjir pesisir di wilayah tersebut. Dalam penelitian ini, dilakukan integrasi antara model DELFT3D dan pemetaan wilayah banjir menggunakan metode deteksi perubahan (*change detection*) dan ambang batas (*threshold*) untuk mendapatkan karakteristik pasang surut dan sebaran banjir pada studi kasus tanggal 22 Februari 2022. Data pengamatan *water level* dari Badan Informasi Geospasial (BIG) digunakan untuk memvalidasi hasil model. Hasil analisis menunjukkan bahwa model DELFT3D memiliki korelasi yang tinggi dengan data pengamatan BIG, dengan nilai korelasi sebesar 0,98 dan nilai RMSE sebesar 0,11 serta wilayah terjadinya banjir menyebar sepanjang pesisir Seram Bagian Timur. Pemodelan DELFT3D juga berhasil memprediksi tinggi muka air selama banjir pesisir dengan akurasi yang memadai. Hasil ini dapat digunakan untuk mengembangkan strategi mitigasi bencana dan peningkatan akurasi peringatan dini banjir pesisir di wilayah Seram Bagian Timur.

Kata Kunci: Pemodelan, DELFT3D, banjir rob, wilayah pesisir, tinggi muka air laut

ABSTRACT: The northern coastal area of eastern Seram is a region prone to flood disasters, especially those caused by sea level rise or tidal flooding. The coastal flood case that occurred on February 22, 2022, in the eastern Seram region resulted in significant losses. In order to reduce material losses and improve the accuracy of early warning systems for coastal floods, a more in-depth identification of coastal flooding in the area is necessary. This study integrated the DELFT3D model with flood mapping using change detection and threshold methods to obtain the characteristics of tidal fluctuations and flood distribution in the case study on February 22, 2022. Water level observation data from the National Geospatial Information Agency (BIG) were used to validate the model results. The analysis showed that the DELFT3D model had a high correlation with the BIG observation data, with a correlation value of 0.98 and an RMSE value of 0.11. The flood-prone areas were found to be distributed along the eastern Seram coastline. The DELFT3D model also successfully predicted the water level during coastal floods with adequate accuracy. These results can be used to develop disaster mitigation strategies and improve the accuracy of early warning systems for coastal floods in the eastern Seram region.



Keywords: Modeling, DELFT3D, coastal inundation, coastal area, sea level height

PENDAHULUAN

Pesisir Seram Bagian Timur adalah wilayah yang rawan terhadap bencana banjir pesisir. Dalam rentang tahun 2018-2023, daerah pesisir Seram Bagian Timur terdampak banjir hampir terjadi setiap tahunnya baik banjir rob ataupun banjir yang terjadi akibat luapan sungai. Banjir rob merupakan air pada bagian daratan pantai yang terjadi pada saat air laut pasang, yang berpotensi membawa potensi ancaman bagi masyarakat (Marfai & King, 2008). Banjir rob merupakan kejadian terjadinya genangan air laut pada wilayah pesisir akibat meluapnya air laut pada saat pasang (Putri et al., 2023a; Salim & Siswanto, 2021; Syah, 2012). Dampak banjir akibat pasang air laut (rob) menimbulkan dampak yang signifikan terhadap berbagai aspek dan menyebabkan berubahnya fisik lingkungan pesisir, memberikan tekanan terhadap masyarakat, bangunan, dan infrastruktur permukiman yang ada di wilayah tersebut (Legionosuko et al., 2019; D. R. Putra & Marfai, 2012; Rahman et al., 2021; Sukarman & Purwanto, 2018).

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi (Triatmodjo, 2010). Kenaikan muka air laut memiliki pengaruh besar terhadap kejadian banjir pesisir yang merupakan perubahan naiknya posisi permukaan perairan laut yang disebabkan adanya pengaruh gaya gravitasi bulan dan matahari. Banjir rob dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti pasang laut tinggi, gelombang laut yang tinggi, dan hujan lebat (Budiman & Supriadi, 2019; NOAA, 2022; Putri et al., 2023; Rahili et al., 2023) serta penurunan muka tanah (Iskandar et al., 2020; Putri et al., 2023). Kemiringan lereng juga merupakan faktor yang menentukan resiko terjadinya banjir rob (Perdinan et al., 2023). Kondisi ini membuat wilayah ini memerlukan perhatian khusus dalam pengembangan strategi peringatan bencana banjir pesisir serta untuk mitigasi bencana banjir pesisir.

DELFT3D adalah perangkat lunak pemodelan hidrodinamika yang digunakan untuk memodelkan kondisi hidrologi dan hidrodinamika dalam sistem lingkungan air, seperti pantai, sungai, dan danau (Deltares, 2012). Penggunaan DELFT3D dalam pemodelan banjir pesisir telah banyak dilakukan oleh peneliti di berbagai negara, termasuk Indonesia. Beberapa studi sebelumnya telah dilakukan untuk memodelkan banjir pesisir di Indonesia menggunakan DELFT3D. Misalnya, Takagi et al. (2016), Takagi *et al.* (2016b), Pratama (2019) dan Efendi *et al.* (2021) dan Efendi et al. (2021) melakukan pemodelan banjir pesisir di berbagai wilayah menggunakan DELFT3D dengan tujuan untuk mengevaluasi tinggi muka air selama banjir pesisir dan memprediksi kerusakan yang disebabkan oleh banjir. Hasil analisis menunjukkan bahwa model ini dapat memberikan hasil yang akurat dalam memprediksi tinggi muka air dan kerusakan yang disebabkan oleh banjir.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan di wilayah Kabupaten Seram Bagian Timur masih terbatas. Penelitian terdahulu dilakukan oleh Putra et al. (2021) dengan metode analisis regional menggunakan data elevasi dan potongan melintang sungai yang dilakukan di wilayah DAS, namun penelitian tersebut tidak melibatkan aspek dalam konteks wilayah pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan mengevaluasi kinerja model DELFT3D dalam memprediksi tinggi air laut pasang surut, mengidentifikasi jenis pasang surut serta mengetahui sebaran banjir pada saat terjadinya bencana banjir di Kabupaten Seram Bagian Timur studi kasus tanggal 22 Februari 2022

METODE PENELITIAN

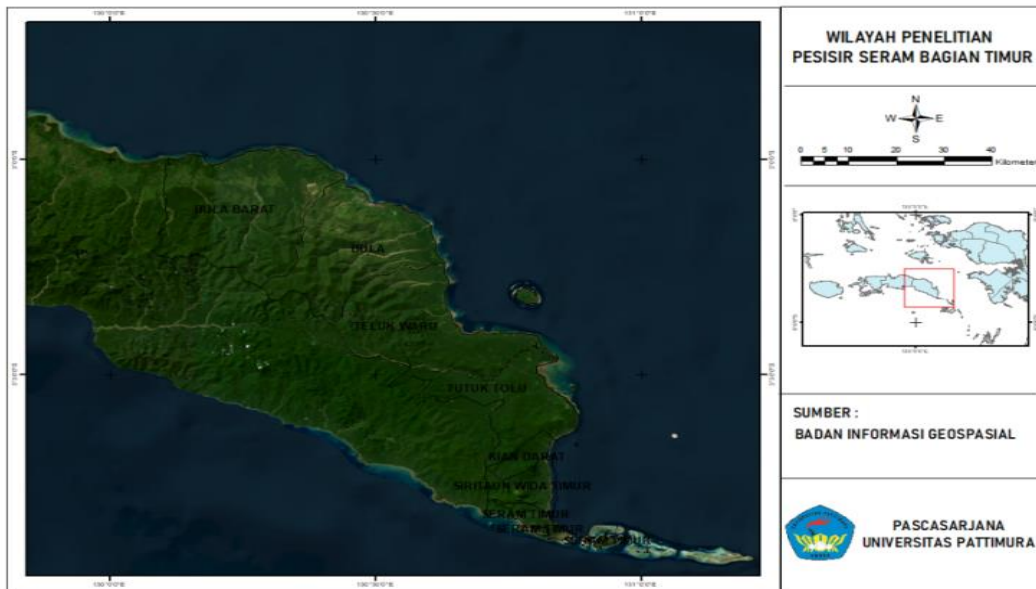
Penelitian ini dilakukan di wilayah pesisir Seram Bagian Timur Provinsi Maluku pada wilayah dengan titik koordinat 3° - 4° Lintang Selatan dan 128° - 129° Bujur Timur dengan mengkaji kasus rob yang terjadi pada tanggal 22 Februari 2022 (Gambar 1).

Dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, Bagian pertama menggunakan model DELFT3D untuk mendapatkan karakteristik pasang surut dan bagian kedua untuk dapat mengetahui persebaran dari genangan pada saat terjadinya banjir pesisir menggunakan *Google Earth Engine*.

Model hidrodinamika yang digunakan yaitu model DELFT3D modul Flow dengan lamanya waktu simulasi adalah 19 hari dari tanggal 15 Februari 2022 hingga 05 Maret 2022. Setelah didapatkan pemodelan DELFT3D, kemudian ditambahkan hasil dari pengolahan daerah sebaran genangan banjir, dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode *Change Detection* menggunakan nilai *threshold*, yang dilakukan dengan menggunakan sistem

pengolahan *Google Earth Engine*. Dalam penelitian ini, data input yang digunakan meliputi:

1. Data FNL komponen angin U dan V tanggal 15 Februari 2022 hingga 05 Maret 2022 resolusi temporal setiap 6 jam dan dengan resolusi spasial 1° x 1° (111 km x 111 km) didapatkan dari NCEP (rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/)
2. Data batimetri dan konstanta harmonik pasang surut yang didapatkan dari Batnas (tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/batnas) dan GEBCO (www.gebco.net/).
3. Data permukaan air laut yang didapatkan dari Badan Informasi dan Geospasial (srgi.big.go.id/tides).



Gambar 1. Wilayah pesisir Seram Bagian Timur

Tabel 1. Konfigurasi model

Parameter		Domain 1	Domain 2 dan 3
Type of Grid		Rectangular	Rectangular
Processes		Wind and tides	Wind and tides
Boundaries	Forcing Type	Astronomic	Time Series
	Type of Boundaries	Water Level	Water Level
Physical Parameter	Gravity	9.813 m/s ²	9.813 m/s ²
	Water Density	1013 Kg/m ³	1013 Kg/m ³
	Roughness	Manning 0,02	Manning 0,02
Simulation Period		19 Days	19 Days
Time step		5 minute	0,5 minute

4. Data citra satelit Sentinel-1 Resolusi spasial 20m dan pixel spacing 10m pada rentang waktu 01 Februari 2022 - 21 Februari 2022 (Sebelum banjir) dan tanggal 21 Februari 2022 - 28 Februari 2022 (Saat banjir) yang didapatkan dari database *Google Earth Engine*.
5. Data vektor peta RBI Provinsi Maluku skala 1:50.000 dari InaGeoPortal. (tanahair.indonesia.go.id/portal-web)

Dalam proses verifikasi diukur dengan menggunakan *root mean square error* (RMSE) dan koefisien r-Pearson. Data model pasang surut dibandingkan dengan data tinggi muka air laut dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang merupakan hasil pengukuran tinggi muka air laut secara real time menggunakan persamaan berikut (Wilks, 2011) :

$$r = \frac{(n\sum xy) - (\sum x \sum y)}{\sqrt{(n\sum x^2 - (\sum x)^2)(n\sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

Keterangan:

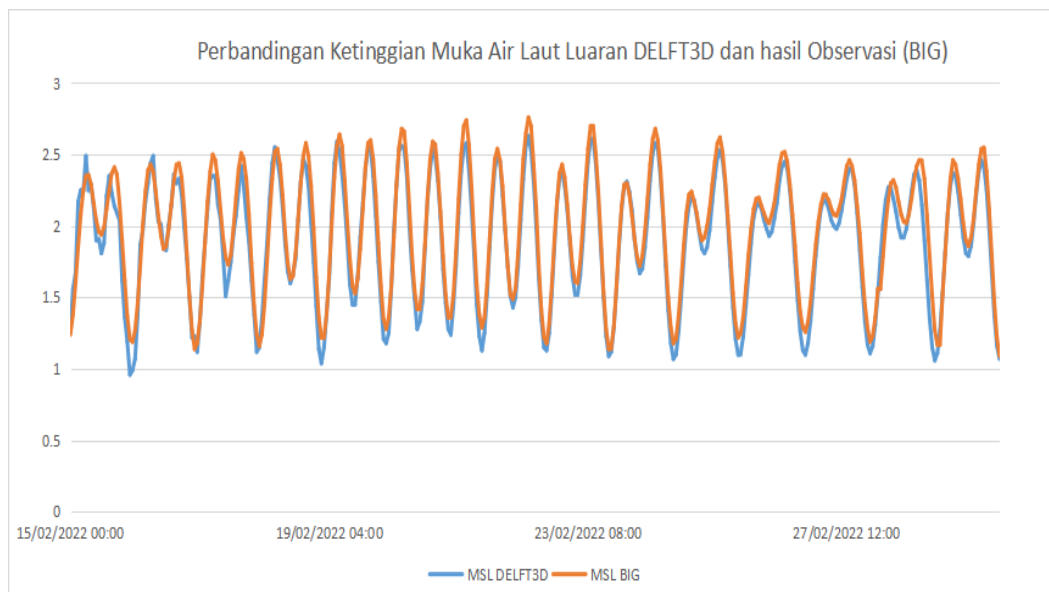
- r = koefisien korelasi Pearson
- x = variabel model DELFT3D
- y = variabel pasang surut BIG
- n = banyak data

Metode Change Detection dengan nilai threshold digunakan dalam pengolahan data untuk mendapatkan daerah yang terkena genangan banjir. Proses pengolahan tersebut

dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Google Earth Engine*. Penelitian ini menggunakan nilai threshold 1.15 yang mengacu pada *United Nations Platform for Space-based Information for Disaster Management and Emergency Response (UN-SPIDER)*. Perhitungan luas banjir dimulai dengan mencari perbedaan antara gambar sebelum dan setelahnya dengan memanfaatkan band *Synthetic Aperture Radar (SAR)* dalam sentinel-1 dan komputasi *Google Earth Engine (GEE)*. Pemanfaatan citra satelit Sentinel-1 dengan memanfaatkan GEE telah banyak dilakukan oleh berbagai peneliti seperti penelitian oleh Fajrin et al. (2019), Utomo (2020), Vanama et al. (2020), Bioresita et al. (2022), dan Hayati et al. (2023) menunjukkan bahwa pemanfaatan GEE dan citra satelit Sentinel-1 mampu menghasilkan pemetaan banjir rob dengan akurasi yang tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil verifikasi data elevasi pasang surut dilakukan dengan membandingkan data luaran dari model DELFT3D dengan data *Mean Sea Level* dari Badan Informasi dan Geospasial (BIG) dari rentang tanggal 15 Februari 2022 sampai dengan 03 Maret 2022. Hasil dari simulasi *water level* DELFT3D dan BIG dapat dilihat dari Gambar 2.



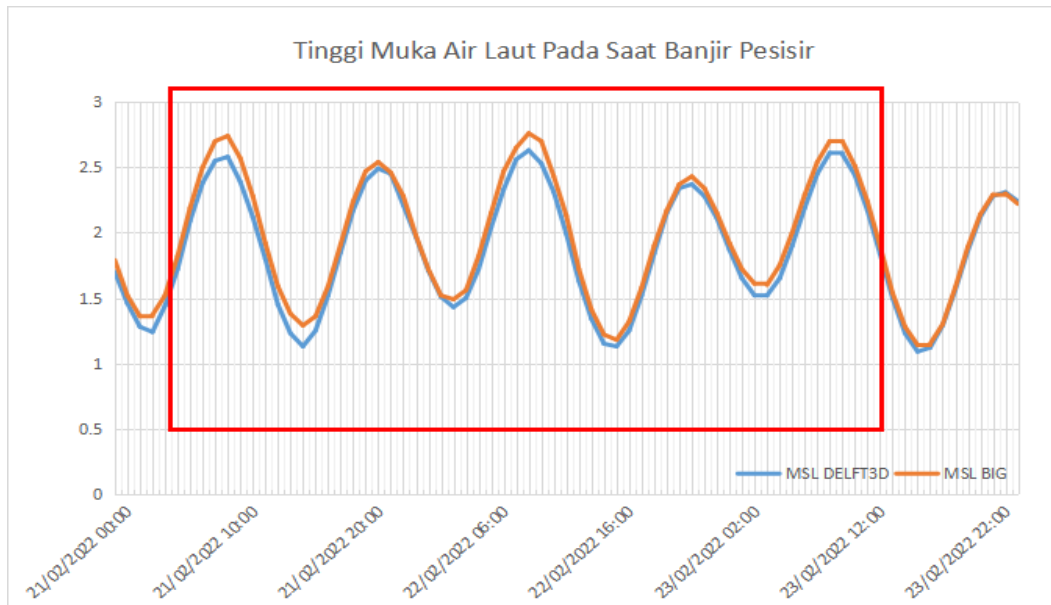
Gambar 2. Perbandingan ketinggian muka air laut luaran DELFT3D dan hasil observasi (BIG)

Didapatkan dari perhitungan antara luaran DELFT3D dengan hasil pengamatan BIG menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat dengan nilai korelasi sebesar 0,98 dan nilai RMSE 0,11. Pola dan karakteristik pasang surut di pesisir utara Kabupaten Seram Bagian Timur termasuk jenis pasang surut tipe campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevailing semidiurnal) yakni dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut tetapi tinggi dan periodenya berbeda (Triatmodjo, 1999) . Pola yang ditunjukkan oleh model DELFT3D mampu memperkirakan variasi ketinggian yang baik serta memiliki ketepatan yang tinggi antara model dan pengamatan tinggi muka air laut.

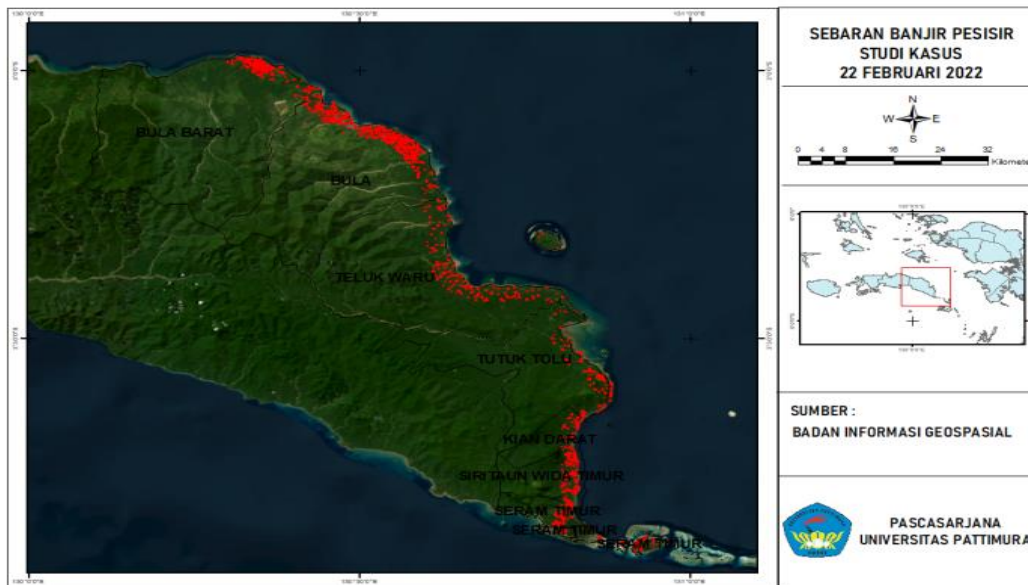
Berdasarkan berita yang dilansir dari CNN Indonesia (2022) banjir pesisir terjadi pada 22 Februari 2022 merendam sejumlah wilayah di Kabupaten Seram Bagian Timur yang berdampak bagi masyarakat. Pada saat terjadinya banjir pesisir data observasi tinggi permukaan laut dari BIG menunjukkan bahwa ketinggian paras air laut mulai meningkat sejak 21 Februari 2022 dengan puncak 2,74 meter, kemudian pada 22 Februari 2022 adalah 2,76 meter dan pada tanggal 23 Februari 2023 adalah 2,70 meter.

Puncak tertinggi terjadi pada tanggal 22 Februari 2022 pukul 09.00 UTC atau 18.00 waktu setempat. Kemudian untuk hasil simulasi yang didapatkan dari luaran DELFT3D menunjukkan pada tanggal 21 Februari 2022 puncak ketinggian dari paras air laut adalah 2,58 meter, pada 22 Februari 2022 adalah 2.63 meter dan pada tanggal 23 Februari adalah 2,61 meter. Terdapat kesamaan waktu puncak harian antara pengamatan dan hasil simulasi meskipun terdapat koreksi nilai yang berkisar antara 0.09 sampai 0.16 meter (Gambar 3).

Hasil pengolahan dengan batas 2 km didapat sebaran banjir pesisir Kabupaten Seram Bagian Timur seperti pada Gambar 4 terdapat wilayah yang memiliki sebaran tinggi ditandai dengan padatnya titik titik merah yang padat, semakin renggang kumpulan titik merah maka semakin rendah tingkat sebaran banjir pesisir. Wilayah Kabupaten Seram Bagian Timur dengan sebaran banjir pesisir yang tinggi meliputi kecamatan Bula Barat, Kecamatan Bula, Teluk Waru dan Kecamatan Seram Timur. Untuk Kecamatan Bula Barat, dan Kecamatan Bula sebaran banjir pesisir yang menimpa tergolong sedang.



Gambar 3. Kondisi tinggi muka air laut pada saat banjir pesisir



Gambar 4. Sebaran banjir studi kasus 22 Februari 2022

Wilayah Kabupaten Seram Bagian Timur dengan sebaran banjir pesisir yang rendah yaitu Kecamatan Siriatun Weda, dan Kecamatan Seram Bagian Timur. Hal ini sesuai dengan keterangan pers dari BNPB untuk wilayah yang terdampak banjir pada tanggal 22 Februari 2022. Dengan memperhatikan hasil pengolahan data yang menunjukkan tingkat sebaran banjir pesisir yang tinggi di beberapa kecamatan, tindakan mitigasi dan manajemen pantai yang efektif perlu segera diimplementasikan untuk melindungi masyarakat dan infrastruktur pantai dari ancaman banjir Rob yang berulang serta dapat diterapkan untuk membantu mengurangi dampak negatif banjir Rob dan meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat Kabupaten Seram Bagian Timur dalam menghadapi ancaman banjir pesisir di masa depan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan, penelitian ini menyimpulkan bahwa model DELFT3D dapat digunakan dengan baik untuk memprediksi tinggi air laut. Model ini menunjukkan performa yang baik dengan data banding menggunakan data pengamatan dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Hasil identifikasi menunjukkan bahwa pasang surut di wilayah Seram Bagian Timur merupakan

kombinasi dari pasang surut campuran dengan pola harian ganda.

Pemetaan wilayah yang tergenang banjir dilakukan menggunakan *Google Earth Engine* dengan efisiensi pengumpulan dan analisis data citra satelit. Wilayah yang tergenang banjir berhasil diidentifikasi dan dipetakan, dengan cakupan wilayah meliputi Kecamatan Bula Barat, Bula, Teluk Waru, dan Seram Timur. Pemetaan ini memberikan pemahaman lebih mendalam tentang wilayah yang terkena dampak banjir dan dapat digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan strategi mitigasi dan meningkatkan peringatan dini yang efektif di wilayah Seram Bagian Timur.

DAFTAR PUSTAKA

- Bioresita, F., Ngurawan, M. G. R., & Hayati, N. (2022). Identifikasi Sebaran Spasial Genangan Banjir Memanfaatkan Citra Sentinel-1 dan Google Earth Engine (Studi Kasus: Banjir Kalimantan Selatan). *Geoid*, 17(1), 108. <https://doi.org/10.12962/j24423998.v17i1.10383>
- 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 Meteorologi. *Jurnal Ilmu Dan*

- Teknologi Kelautan Tropis*, 11(3), 667–681.
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i3.20349>
- CNN Indonesia. (2022). *1.318 Warga di Seram Timur Terdampak Banjir Rob, Sebagian Mengungsi*. CNN Indonesia.
- Deltares. (2012). *User manual DELFT3D-FLOW*. Delft.
- 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 Tanggal 3 – 5 Desember 2018). *Jurnal Kelautan Nasional*, 16(3), 157.
<https://doi.org/10.15578/jkn.v16i3.9634>
- Fajrin, F., yasma Adha, M., & Armi, I. (2019). Pemanfaatan Citra Sentinel-1 Sar Untuk Deteksi Banjir Studi Kasus Pangkalan Koto Baru Sumatera Barat. *Seminar Nasional: Strategi Pengembangan Infrastruktur (SPI) 2019*.
- Hayati, N., Ghifary Royyan, M., Arief, R., & Darminto, M. R. (2023). The Use of Sentinel-1 in Response to Sequences of Natural Disasters in Indonesia: The South Kalimantan Floods and The Mamuju-Majene Earthquake. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1127(1), 012008.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1127/1/012008>
- Iskandar, S. A., Helmi, M., Muslim, M., Widada, S., & Rochaddi, B. (2020). Analisis Geospasial Area Genangan Banjir Rob dan Dampaknya pada Penggunaan Lahan Tahun 2020 - 2025 di Kota Pekalongan Provinsi Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3), 271–282.
<https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i3.8668>
- Legionosuko, T., Madjid, M. A., Asmoro, N., & Samudro, E. G. (2019). Posisi dan Strategi Indonesia dalam Menghadapi Perubahan Iklim guna Mendukung Ketahanan Nasional. *Jurnal Ketahanan Nasional*, 25(3), 295.
<https://doi.org/10.22146/jkn.50907>
- Marfai, M. A., & King, L. (2008). Tidal inundation mapping under enhanced land subsidence in Semarang, Central Java Indonesia. *Natural Hazards*, 44(1), 93–109.
<https://doi.org/10.1007/s11069-007-9144-z>
- NOAA. (2022). *What is a perigean spring tide? National Oceanic and Atmospheric Administration*.
- Perdinan, Ryco, F. A., Syafararisa, D. P., Suvany, A., Sabilla, C. J., Revia, M., & Ikrom, M. (2023). Tidal Flood Hazard Assessment in Pekalongan City, Central Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1266(1), 012058.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1266/1/012058>
- Pratama, M. B. (2019). Tidal flood in Pekalongan: utilizing and operating open resources for modelling. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 676(1), 012029.
- Putra, D. R., & Marfai, M. A. (2012). Identifikasi Dampak Banjir Genangan (Rob) Terhadap Lingkungan Permukiman Di Kecamatan Pademangan Jakarta Utara. *Jurnal Bumi Indonesia*, 1(1).
- Putra, F., Romadhoni, A., & Moe, I. (2021). Flood Evaluation in Bula District Seram Bagian Timur. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 27(2), 260–267.
<https://doi.org/10.14710/mkts.v27i2.36163>
- Putri, D. A., Arhatin, R. E., & Gaol, J. L. (2023a). Spatial Distribution of Tidal Flood in the Coastal Areas of Pandeglang Regency, Banten Using Landsat 8 OLI Imagery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1251(1), 012014.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1251/1/012014>
- Putri, D. A., Arhatin, R. E., & Gaol, J. L. (2023b). Spatial Distribution of Tidal Flood in the Coastal Areas of Pandeglang Regency, Banten Using Landsat 8 OLI Imagery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1251(1), 012014.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1251/1/012014>
- Rahili, N., Al Hakim, B., Ariyanto, D., Cholishoh, E., Prabawardani, D. R., Prijambodo, T., & Gumbira, G. (2023). Tidal Characteristics for Disaster Preparedness in the Port Area (Case Study: Port of Semarang, Central Java). *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 28(2).

- Rahman, B., Karmilah, M., Kautsary, J., & Ridlo, M. A. (2021). The Tidal Flooding Causes In The North Coast Of Central Java: A Systemic Literature Review. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 56(6), 184–194. <https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.56.6.15>
- Salim, M. A., & Siswanto, A. B. (2021). Kajian Penanganan Dampak Banjir Kabupaten Pekalongan. *Rang Teknik Journal*, 4(2), 295–303. <https://doi.org/10.31869/rtj.v4i2.2525>
- Sukarman, M. A., & Purwanto, S. (2018). Modifikasi metode evaluasi kesesuaian lahan berorientasi perubahan iklim. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 12(1), 1–11.
- Syah, A. F. (2012). Strategi adaptasi masyarakat pesisir Bangkalan terhadap dampak banjir rob akibat perubahan iklim. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 5(2), 167–174.
- Takagi, H., Esteban, M., Mikami, T., & Fujii, D. (2016). Projection of coastal floods in 2050 Jakarta. *Urban Climate*, 17, 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.05.003>
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan pelabuhan. Yogyakarta: Beta Offset*.
- UTOMO, P. P. (2020). Identifikasi Sebaran Banjir Menggunakan Citra Satelit Sentinel-1. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Geodesi*, 1(1).
- Vanama, V. S. K., Mandal, D., & Rao, Y. S. (2020). GEE4FLOOD: rapid mapping of flood areas using temporal Sentinel-1 SAR images with Google Earth Engine cloud platform. *Journal of Applied Remote Sensing*, 14(03), 1. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.14.034505>
- Wilks, D. S. (2011). *Statistical methods in the atmospheric sciences* (Vol. 100). Academic press.