



Analisis Numerik Dampak Pembangunan Jetty terhadap Dinamika Morfologi di Muara Sungai Jeneberang dengan Model Delft3D

Israil¹, Hamzah Al Imran², Muhammad Nur Fikry³, Ahmad Rizky Sahabudin^{4*}

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia

**Email : rizkisahabudin15@gmail.com*

Abstract: The Jeneberang River plays a vital role in flood control for Makassar City and Gowa Regency. However, it faces severe sedimentation problems following the landslide at Mount Bawakaraeng, which released approximately 200 million m³ of mud and sand into downstream areas. Sedimentation at the estuary reduces the river's discharge capacity to the sea and significantly disrupts fishing vessel accessibility in the Tanjung Bunga area. This study aims to analyze coastal morphological dynamics and evaluate the effectiveness of jetty construction in controlling sediment accumulation using numerical simulations with Delft3D. The data employed include bathymetry, tides, currents, and sediment characteristics obtained from BMKG and Ina-Geoportal. Simulation results indicate substantial sediment buildup at the estuary prior to jetty construction. After the jetty was introduced, sediment concentration at the river mouth decreased markedly from 1.4 kg/m³ to 0.16 kg/m³ by the end of the simulation period. Morphologically, the jetty reduces current energy and alters sediment transport pathways, thereby maintaining the stability of the navigation channel. The novelty of this study lies in its quantitative evaluation of jetty effectiveness under extreme sediment supply conditions caused by large-scale upstream landslides, providing numerical-based evidence for jetty performance in highly sediment-laden estuaries. These findings confirm that jetty construction is an effective engineering solution to sustain navigation channels and support the continuity of local fishing activities.

Keywords: Coastal Morphology; Sedimentation; Jetty; Jeneberang Estuary; Delft3D

1. PENDAHULUAN

Sebagai negara kepulauan dengan garis pantai mencapai 80.000 km, Indonesia memiliki dinamika morfodinamika pantai yang sangat kompleks. Perubahan morfologi di kawasan pesisir dipengaruhi oleh interaksi dinamis antara faktor hidro-oseanografi seperti pasang surut, arus, dan gelombang yang secara terus-menerus mengubah bentang alam pantai (Triatmodjo, 2008). Aktivitas ekonomi yang intens di wilayah pesisir, di mana 75% kota besar di Indonesia berada, menuntut pemahaman mendalam mengenai perubahan garis pantai ini guna menghindari kerugian infrastruktur dan lingkungan akibat abrasi maupun sedimentasi (Yuliani dkk., 2020).

Dinamika morfologi tersebut berkaitan erat dengan proses transport sedimen, yang menjadi permasalahan utama di banyak muara sungai di Indonesia. Akumulasi

sedimen yang tinggi dapat menyebabkan pendangkalan alur dan penutupan mulut muara, yang pada gilirannya menurunkan kapasitas pengaliran air sungai ke laut serta memicu risiko banjir di kawasan hulu (Najah dkk., 2022). Dalam konteks keteknikan pantai, pengendalian pergerakan sedimen ini sangat krusial untuk menjaga stabilitas kedalaman perairan, terutama pada area yang memiliki tingkat kerentanan sedimentasi yang massif (Putri dkk., 2023).

Salah satu solusi teknis yang umum digunakan untuk menanggulangi pendangkalan di muara adalah konstruksi jetty. Bangunan pelindung muara ini berfungsi untuk mengarahkan arus sungai dan menghalangi masuknya sedimen transpor sepanjang pantai (*longshore drift*) ke dalam alur pelayaran (Suciaty dkk., 2021). Pembangunan jetty diharapkan dapat menjaga mulut muara tetap terbuka, sehingga aktivitas kapal nelayan dan fungsi drainase sungai dapat berjalan optimal tanpa terganggu oleh gundukan pasir (Nurfaida dkk., 2025).

Kebutuhan akan konstruksi pelindung ini sangat mendesak di Estuari Jeneberang, Makassar, yang mengalami ancaman sedimentasi luar biasa pasca longsornya Gunung Bawakaraeng. Material longsor sebesar ± 200 juta m^3 terbawa hingga ke hilir, mengakibatkan pendangkalan serius di muara yang merupakan akses utama kapal nelayan di Tanjung Bunga (Karamma dkk., 2020). Permasalahan ini memerlukan evaluasi mendalam mengenai sejauh mana efektivitas bangunan jetty dalam melindungi alur pelayaran dari ancaman sedimentasi tersebut.

Untuk memprediksi perubahan morfologi dan efektivitas bangunan tersebut secara akurat, digunakan pemodelan numerik berbasis software Delft3D (Daffa dkk., 2020). Perangkat lunak ini mampu mensimulasikan interaksi antara arus, pasang surut, dan transpor sedimen dalam skala waktu tertentu untuk memberikan gambaran perubahan morfologi di masa depan (Nugraha dkk., 2021). Melalui simulasi ini, dampak pembangunan jetty terhadap perubahan kedalaman dan garis pantai di Muara Sungai Jeneberang dapat dianalisis secara komprehensif sebagai dasar pengambilan kebijakan pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas mengenai topik yang sama. Salah satunya adalah konstruksi jetty berpengaruh signifikan dalam mengarahkan arus dan mengendalikan sedimentasi di muara sungai, sehingga menjaga stabilitas alur pelayaran berdasarkan hasil pemodelan numerik Delft3D (Fahmi dkk., 2019). Selain itu, pola sedimentasi dan erosi di muara sungai dikendalikan oleh interaksi pasang surut, arus, dan suplai sedimen sungai, serta dapat dianalisis secara efektif menggunakan pemodelan numerik Delft3D (Perwira dkk., 2024). Penelitian lain menyebutkan bahwa bangunan groin efektif dalam mengurangi laju erosi pantai dengan mengendalikan transpor sedimen sepanjang pantai, meskipun menimbulkan akumulasi sedimen dan perubahan morfologi lokal di sekitar struktur (Cahya dkk., 2025).

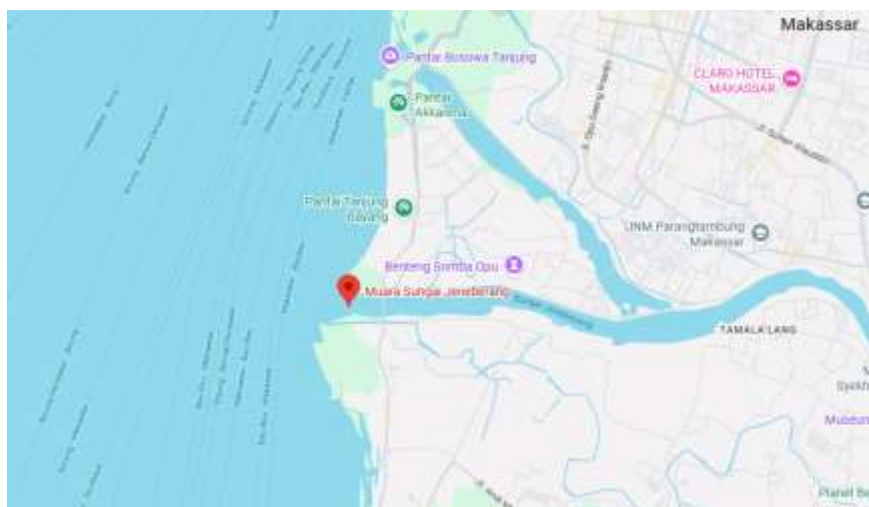
Meskipun pemodelan numerik Delft3D telah banyak digunakan untuk mengkaji dinamika arus dan sedimentasi di muara, sebagian besar penelitian masih bersifat parsial dan belum mengintegrasikan hidrodinamika, transpor sedimen, dan respon morfologi secara komprehensif. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengevaluasi efektivitas konstruksi jetty pada muara dengan beban sedimen ekstrem melalui analisis terintegrasi berbasis Delft3D sebagai dasar pengelolaan muara.

Berdasarkan uraian tersebut, maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh konstruksi jetty terhadap dinamika hidrodinamika, transpor sedimen, dan perubahan morfologi di Muara Sungai Jeneberang menggunakan pemodelan numerik Delft3D. Selain itu, penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas jetty dalam mengendalikan sedimentasi dan menjaga stabilitas alur pelayaran pada muara sungai dengan beban sedimen tinggi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif yang menerapkan pendekatan simulasi numerik untuk menganalisis interaksi parameter hidro-oseanografi dan transpor sedimen di wilayah muara. Analisis dilakukan secara deskriptif-analitis dengan memanfaatkan data sekunder kuantitatif, meliputi batimetri, pasang surut, arus, dan karakteristik sedimen, yang diintegrasikan dalam model komputasi dua dimensi (2D).

Lokasi penelitian berada di muara Sungai Jeneberang, Kecamatan Tamalate, Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan. Lokasi ini dipilih karena mengalami permasalahan sedimentasi serius akibat suplai material sedimen dari longsor Gunung Bawakaraeng sebanyak ± 200 juta m^3 di hulu Sungai Jeneberang, yang menyebabkan pendangkalan muara dan terganggunya alur pelayaran nelayan di kawasan Tanjung Bunga (Isha dkk., 2022). Kondisi tersebut menjadikan muara Sungai Jeneberang sebagai lokasi yang relevan untuk mengevaluasi peran konstruksi jetty dalam menjaga keberfungsian alur pelayaran dan kapasitas aliran sungai menuju laut.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Data penelitian sepenuhnya bersumber dari data sekunder. Angin dan pasang surut diperoleh dari BMKG, sementara data batimetri diunduh melalui Ina-Geoportal. Pemrosesan garis pantai dilakukan menggunakan Google Earth Pro, sedangkan ArcGIS digunakan untuk integrasi data spasial dan pembuatan grid model sebelum disimulasikan dalam Delft3D. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data historis tahun 2014 yang dipilih karena ketersediaannya yang lengkap dan representatif terhadap kondisi hidrodinamika Muara Sungai Jeneberang, sehingga tetap relevan untuk analisis numerik dan evaluasi pengaruh konstruksi jetty. Berikut tabel sumber data dan spesifikasi penelitian.

Tabel 1. Sumber Data dan Spesifikasi Penelitian

No	Jenis Data	Sumber Data	Kegunaan dalam Model
1	Data Angin	BMKG	Input gaya penggerak gelombang & arus permukaan
2	Pasang Surut	BMKG / BIG	Syarat batas fluktuasi muka air
3	Batimetri	Ina-Geoportal	Representasi topografi dasar laut dan sungai
4	Garis Pantai	Google Earth Pro	Penentuan batasan domain (<i>land boundary</i>)
5	Peta Lokasi	ArcGIS	Visualisasi spasial area studi

Analisis data dilakukan melalui simulasi numerik dua dimensi (2D) untuk mengevaluasi pengaruh konstruksi jetty terhadap pola arus dan distribusi sedimentasi di Muara Sungai Jeneberang. Data sekunder diproses dan diintegrasikan ke dalam model hidrodinamika, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar pemodelan transpor sedimen. Simulasi dilakukan pada dua skenario, yaitu kondisi eksisting dan kondisi dengan konstruksi jetty (Mustazim dkk., 2024).

Evaluasi hasil simulasi dilakukan dengan membandingkan parameter hidrodinamika dan transpor sedimen antara kondisi eksisting dan kondisi dengan konstruksi jetty. Parameter hidrodinamika direpresentasikan melalui persamaan kontinuitas aliran dua dimensi, sedangkan transpor sedimen dimodelkan menggunakan pendekatan adveksi–difusi. Indikator yang dianalisis meliputi kecepatan dan arah arus, distribusi konsentrasi sedimen, serta perubahan elevasi dasar perairan di sekitar muara dan alur pelayaran. Efektivitas jetty dinilai berdasarkan kemampuan struktur dalam mereduksi akumulasi sedimen dan menjaga kestabilan kedalaman alur pelayaran melalui analisis kuantitatif dan spasial terhadap hasil simulasi (Ali dkk., 2022).

2.1. Persamaan Kontinuitas (Aliran 2D)

Untuk menunjukkan dasar hidrodinamika, rumus yang digunakan yakni :

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial (Hu)}{\partial x} + \frac{\partial (Hv)}{\partial y} = 0$$

Dimana η merupakan elevasi muka air dengan satuan m, H merupakan kedalaman total dengan satuan m dan u, v merupakan komponen kecepatan arus arah x dan y dengan satuan m/s.

2.2. Persamaan Transpor Sedimen (Adveksi–Difusi)

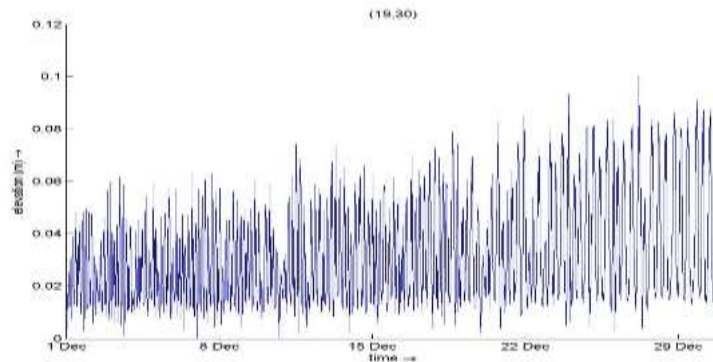
Untuk menunjukkan dasar sedimentasi, rumus yang digunakan yakni :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) - w_s C$$

Dimana C merupakan konsentrasi sedimen dengan satuan kg/m^3 , D_x, D_y merupakan koefisien difusi sedimen dan w_s merupakan kecepatan jatuh sedimen dengan satuan m/s.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Pasang Surut sebagai Penggerak Hidrodinamika

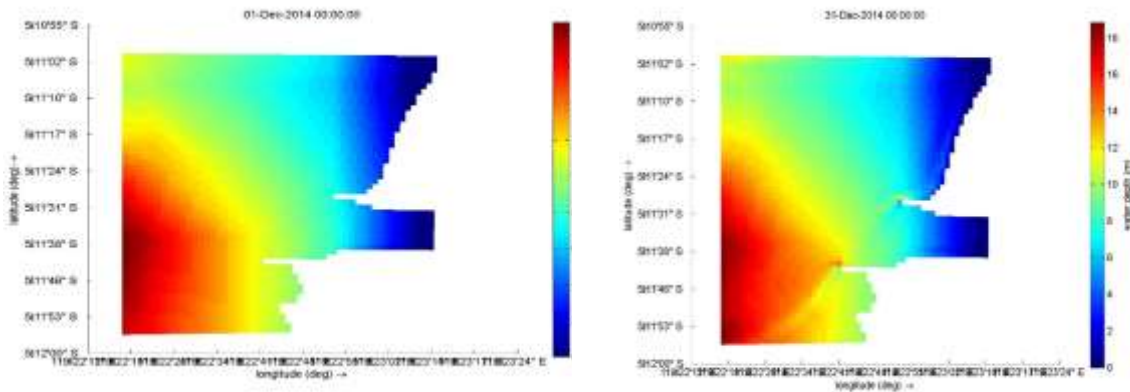


Gambar 2. Grafik Hasil Simulasi Pasang Surut

Hasil simulasi pasang surut selama periode 31 hari menunjukkan fluktuasi muka air yang relatif stabil dan konsisten, dengan elevasi pasang maksimum dan surut minimum yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan antara skenario eksisting dan skenario dengan konstruksi jetty. Kondisi ini mengindikasikan bahwa keberadaan jetty tidak mempengaruhi karakteristik pasang surut, melainkan berperan pada skala lokal dalam memodifikasi pola aliran dan distribusi sedimen di sekitar muara.

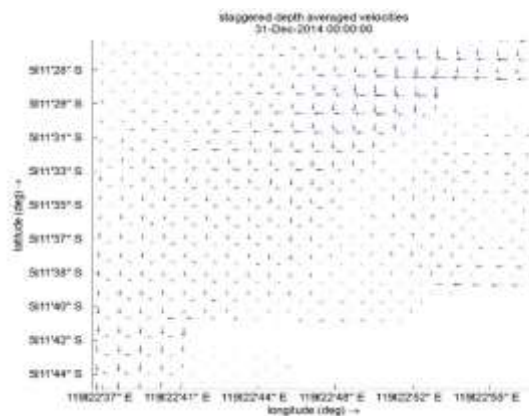
Hasil ini menegaskan bahwa pasang surut berfungsi sebagai kondisi batas utama dalam model, sedangkan perubahan hidrodinamika yang diamati lebih disebabkan oleh interaksi antara arus dan keberadaan struktur jetty.

3.2. Perubahan Pola Arus Akibat Konstruksi Jetty



Gambar 3. Awal dan akhir Simulasi Arus Muara Sungai Jeneberang

Pada kondisi eksisting, pola arus di sekitar mulut muara menunjukkan penyebaran aliran yang relatif tidak terarah, dengan sebagian energi arus menyebar lateral ke area pesisir. Kondisi ini berpotensi meningkatkan akumulasi sedimen di sekitar muara akibat rendahnya kemampuan arus dalam menggelontor material sedimen ke laut lepas.

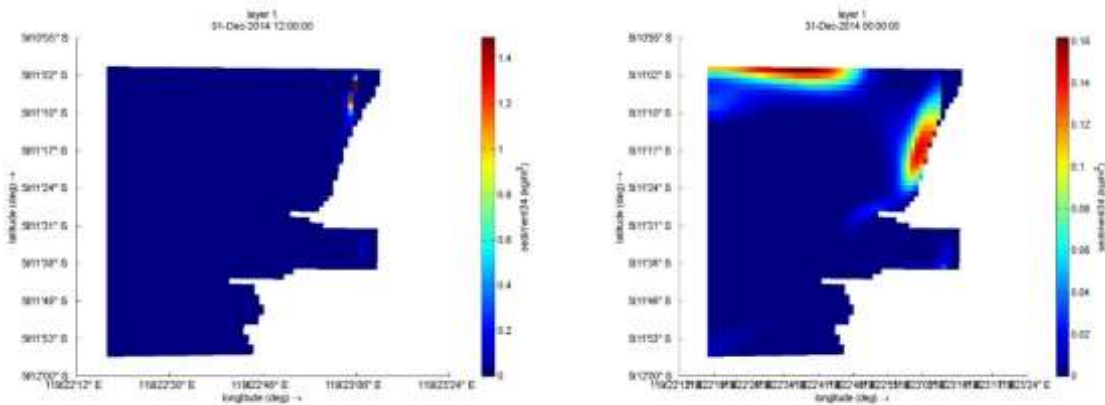


Gambar 4. Vektor Kecepatan pada Akhir Simulasi Pasang Surut

Setelah konstruksi jetty dimodelkan, pola arus menjadi lebih terarah mengikuti sumbu alur muara. Vektor kecepatan arus menunjukkan terjadinya peredaman energi arus lateral dan peningkatan dominasi aliran memanjang menuju laut. Jetty berfungsi sebagai struktur pengarah aliran yang membatasi penyebaran arus dan mengurangi turbulensi di sekitar mulut muara.

Perubahan ini menunjukkan bahwa jetty efektif dalam mengendalikan dinamika arus lokal, sehingga menciptakan kondisi hidrodinamika yang lebih stabil untuk menjaga keterbukaan alur pelayaran.

3.3. Dampak Jetty terhadap Transpor Sedimen



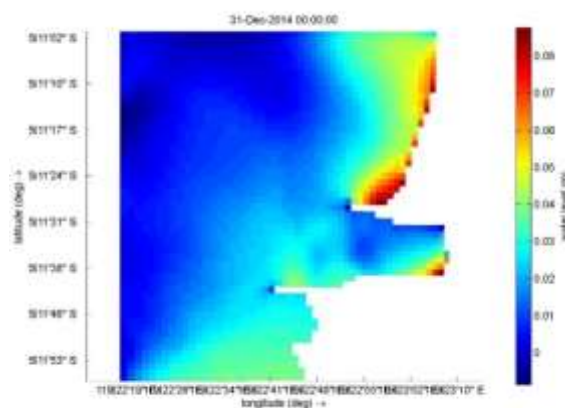
Gambar 5. Kondisi Awal dan Akhir Simulasi Sedimen

Distribusi transpor sedimen pada kondisi eksisting menunjukkan akumulasi sedimen yang cukup tinggi di sekitar mulut muara. Konsentrasi sedimen maksimum mencapai sekitar $1,4 \text{ kg/m}^3$, yang mengindikasikan tingginya potensi pendangkalan alur pelayaran dalam jangka waktu relatif singkat.

Pada skenario dengan jetty, hasil simulasi menunjukkan penurunan konsentrasi sedimen yang signifikan di area muara. Konsentrasi maksimum sedimen menurun menjadi sekitar $0,16 \text{ kg/m}^3$, atau mengalami penurunan lebih dari 80% dibandingkan kondisi eksisting. Penurunan ini menunjukkan bahwa jetty mampu menghambat masuknya sedimen ke alur pelayaran dengan cara mengarahkan aliran dan mengubah jalur transport sedimen di sekitar muara.

Hasil ini sejalan dengan temuan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa konstruksi jetty efektif dalam mengendalikan sedimentasi pada muara sungai dengan suplai sedimen tinggi, khususnya melalui mekanisme pengarah aliran dan pengurangan energi arus lateral.

3.4. Respon Morfologi Pantai



Gambar 6. Simulasi Morfologi Kondisi Akhir

Hasil simulasi morfologi menunjukkan bahwa perubahan bentuk dasar perairan akibat konstruksi jetty bersifat lokal dan tidak ekstrem. Pada area di sekitar jetty, khususnya di sisi hulu bangunan, terjadi kecenderungan akumulasi sedimen akibat berkurangnya energi arus. Namun, pada sisi alur pelayaran dan area pesisir di luar pengaruh langsung jetty, perubahan morfologi relatif kecil.

Secara umum, bentuk garis pantai dan elevasi dasar perairan tetap mengikuti kondisi awal, yang menunjukkan bahwa konstruksi jetty tidak memicu perubahan morfologi pantai berskala besar. Kondisi ini mengindikasikan bahwa fungsi utama jetty pada lokasi penelitian lebih dominan sebagai pengendali sedimentasi dan penjaga stabilitas alur, bukan sebagai pemicu perubahan garis pantai secara signifikan.

3.5. Implikasi Teknis terhadap Stabilitas Alur Pelayaran

Integrasi hasil hidrodinamika, transpor sedimen, dan morfologi menunjukkan bahwa konstruksi jetty memberikan dampak positif terhadap stabilitas alur pelayaran di Muara Sungai Jeneberang. Penurunan konsentrasi sedimen dan pola arus yang lebih terarah memungkinkan alur muara tetap terbuka dan fungsional bagi aktivitas kapal nelayan.

Namun demikian, efektivitas jetty sangat bergantung pada orientasi bangunan terhadap arah arus dominan dan karakteristik suplai sedimen. Oleh karena itu, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya perencanaan jetty berbasis analisis numerik terintegrasi sebagai dasar pengelolaan muara sungai dengan beban sedimen ekstrem.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi numerik dua dimensi (2D) menggunakan Delft3D, konstruksi jetty terbukti efektif dalam mengendalikan dinamika hidrodinamika dan transpor sedimen di Muara Sungai Jeneberang dengan mengarahkan pola arus secara lebih terfokus menuju laut dan mereduksi energi arus lateral di sekitar mulut muara. Keberadaan jetty menurunkan konsentrasi sedimen maksimum secara signifikan dari sekitar $1,4 \text{ kg/m}^3$ pada kondisi eksisting menjadi sekitar $0,16 \text{ kg/m}^3$, sehingga mampu menjaga kestabilan dan keterbukaan alur pelayaran bagi aktivitas nelayan. Perubahan morfologi yang terjadi bersifat lokal dan tidak menimbulkan perubahan signifikan terhadap garis pantai, yang menunjukkan bahwa jetty berperan utama sebagai pengendali sedimentasi tanpa memicu dampak morfologi pantai berskala besar. Hasil penelitian ini menegaskan bahwa penerapan jetty berbasis analisis numerik terintegrasi merupakan solusi teknis yang efektif untuk pengelolaan muara sungai dengan beban sedimen tinggi.

REFERENSI

Ali, I. A. H. A., Armono, H. D., Rahmawati, S., Ridlwan, A., & Ariefianto, R. M. (2022). Pemodelan Tinggi Gelombang Untuk Kajian Energi Gelombang Laut Di Perairan Barat Provinsi Lampung. *Wave: Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 15(2), 5-84.

- Cahya, F., Hafli, T. M., Fasdarsyah, Fadhliani, Ersya, N. S., & Prestika, Y. (2025). Evaluation of the Effectiveness of Groin Buildings Against Erosion on Ujong Blang Beach . *Proceedings of International Conference on Multidisciplinary Engineering (ICOMDEN)*, (pp. 1 - 5).
- Daffa, Muhammad Zulfiqar, Haryo Dwito Armono, and Sujantoko. (2020). Model Numerik Pengaruh Artificial Dalam Reduksi Gelombang Dan Perubahan Morfologi Pantai Menggunakan Delft3D. *Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2020*, (pp. 34 - 39).
- Fahmi, M., & Hafli, T. M. (2019). Simulasi Numerik Perubahan Morfologi Pantai Akibat Konstruksi Jetty Pada Muara Lambada Lhok Aceh Besar Menggunakan Software Delft3D. *Jurnal Teknik Sipil*, 8(2), 50-59.
- Isha, I. F, Septiani, A. R., Nurnawaty, Gaffar, F., Kasmawati, Indriyanti, Wangsa, F. A., & Marupah. (2022). Analisis Karakteristik Aliran pada Sungai Jeneberang di Kecamatan Pallangga Kabupaten Gowa dengan Menggunakan HEC-RAS 6.0. *Muhammadiyah's Application Technology*, 1(1), 27–38.
- Karamma, R., Pallu, M. S., Thaha, M. A., & Hatta, M. P. (2020). Penjalaran Pasang Surut dan Difraksi Gelombang pada Muara Sungai Jeneberang. *Jurnal Sipil Sains*, 10(2), 151–156.
- Mustazim, Afdaliah, A., Syamsuri, A. M., & Kasmawati. (2024). Analisis Stabilitas Pada Struktur Penahan Tanah (Studi Kasus Pantai Punaga Kabupaten Takalar). *Jurnal Karajata Engineering*, 4(2), 133-142.
- Najah, S., Mirza, D., Ahmad, N. G. (2022). Analisis Perubahan Garis Pantai Ujung Blang Kecamatan Banda Sakti Kota Lhokseumawe Pada Tahun 2016 -2020. *Jurnal Samudra Geografi*, 5(2), 167-17.
- Nurfaida, W., Wijayanti, E., Ihsan, H. M., & Bhakty, T. E. (2025). Evaluasi Kinerja dan Dampak Jeti Muara Sungai Bogowonto terhadap Perubahan Garis Pantai. *Jurnal Teknik Sipil*, 32(3), 383-394.
- Perwira, A. Y., Ismanto, A., Widada, S., & Widiaratih, R. (2024). Dinamika Sedimentasi-Erosi Menggunakan Delft3D di Muara Sungai Lasem, Kabupaten Rembang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 6(1), 95-101.
- Putri, P. I. D., & Kusuma, M. S. B. (2023). Kondisi Hidrodinamika dan Transpor Sedimen di Perairan Muara Sungai Ayung dengan Simulasi Delft 3D. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 2(4), 385-396.
- Suciaty, Fitri, and Hasan Murtadho. (2021). Karakteristik Gelombang Laut Pada Rencana Pembangunan Breakwater Di Pelabuhan Tanjung Adikarto. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil* 6(3): 204.

- Triatmodjo, B. (2008). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Nuri Press.
- W. L. Nugraha, M. A. Maulana, W. Wardoyo, and S. D. Negara, "Analisis Sensitivitas Kecepatan Rata-rata Kedalaman dan Tinggi Muka Air terhadap Parameter Masukan Setting Model pada Saluran Berbelok 180° dengan Menggunakan Program Bantu Delft3D. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(1), 73-80.
- Yuliani, A. D., & Rejeki, H. A. (2020). Pengaruh Gelombang Terhadap Abrasi Di Pesisir Kabupaten Demak, Kendal, Dan Kota Semarang. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(4), 378–85.