

Evaluasi Kinerja dan Dampak Jeti Muara Sungai Bogowonto terhadap Perubahan Garis Pantai

Wakhidatik Nurfaida*

Departemen Teknik Sipil, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta,
E-mail: wakhidatik@ugm.ac.id

Estu Wijayanti

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,
E-mail: wijayantiestuu@gmail.com

Hafizh Maulana Ihsan

Program Studi Teknik Pemeliharaan dan Pengelolaan Infrastruktur Sipil, Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, E-mail: hafizhmihsan14@mail.ugm.ac.id

Tania Edna Bhakty

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Janabada,
E-mail: tania@janabarda.ac.id

Abstrak

Penutupan muara sungai menimbulkan masalah apabila terdapat infrastruktur penting di dekatnya, seperti Bandara Yogyakarta International Airport (YIA) yang terletak di sisi timur muara Sungai Bogowonto. Sebagai usaha mitigasi, telah dibangun jeti sepanjang 300 m untuk mencegah penutupan muara. Setelah beberapa tahun dibangun, keberhasilan kinerja jeti penting untuk dievaluasi. Penelitian ini terdiri dari analisis citra satelit melalui program CoastSat, analisis karakteristik gelombang berdasarkan data ERA5, pemodelan DELFT3D, serta observasi lapangan. Data ERA5 menunjukkan bahwa tinggi gelombang dapat mencapai 3,5 – 4 meter pada musim badai, periode rerata sebesar 9 – 11 detik, arah gelombang dominan dari selatan. Arus lokal yang datang dari arah timur ke barat mempengaruhi arah dominan transpor sedimen ke arah barat. Hal ini juga tampak pada hasil pemodelan DELFT3D. Berdasarkan analisis citra satelit, terlihat penumpukan sedimen di kedua sisi. Meskipun pada umumnya diprediksi bahwa akan ada erosi di sisi barat (downdrift), tetapi hingga penelitian ini ditulis, tidak tampak adanya erosi yang terjadi. Laju perubahan penumpukan sedimen di sisi timur jeti adalah sekitar 12 m/tahun, sedangkan di sisi barat jeti adalah sekitar 9,5 m/tahun. Studi ini menyimpulkan bahwa jeti muara Sungai Bogowonto bekerja dengan baik dalam mencegah penutupan muara, dan hingga saat ini tidak tampak adanya dampak erosi akibat bangunan tersebut.

Kata-kata Kunci: Jeti, mitigasi banjir, penutupan muara sungai, transpor sedimen, YIA

Abstract

River mouth closure could pose significant challenges, when important infrastrucutre is operated nearby. For instance, the Yogyakarta Internasional Airport, which is located in the vicinity of Bogowonto River Mouth. A 300 m length of training jetty was built to mitigate the closure. After several years, the performace of its effectiveness is important to be evaluated. This research was done by satellite imagery analysis using CoastSat, wave characteristic analysis based on ERA5 data, numerical simulation using DELFT3D, and field observations. ERA5 indicates that wave heights might reach 3.5 – 4 meters during storm seasons, with an average period of 9 to 11 seconds, with dominant direction is from the south. Local current from east to west influences local sediment transport with a predominantly westward trend. This trend was seen in DELFT3D simulation as well. Satellite imagery reveals sediment accumulation on both river mouth sides. Although erosion is typically expected on the downdrift side, no evidence of such erosion was observed during the study period. The rate of sediment accretion was approximately 12 m/year on the eastern side and 9.5 m/year on the western side of the jetty. It was concluded that the jetty has functioned effectively in preventing river mouth closure, and to date, no significant erosional impact was detected.

Keywords: Flood mitigation, jetty, river mouth closure, sediment transport, YIA

* Penulis Korespondensi: wakhidatik@ugm.ac.id

1. Pendahuluan

Area di sekitar muara sungai dan pesisir sering kali terdapat infrastruktur penting bagi kegiatan sosial dan ekonomi, seperti pelabuhan dan bandar udara (Franzen et al., 2021). Akan tetapi, permasalahan sedimentasi dan erosi di sekitar muara sungai sering terjadi sehingga dapat mengganggu aktivitas di sekitar muara, atau bahkan membahayakan infrastruktur di sekitarnya. Sebagai contoh, penutupan muara Sungai Opak di Yogyakarta yang sempat merusak beberapa rumah di sekitar muara. Contoh lain adalah di Girona, Spanyol, yaitu penutupan muara Sungai Daro yang menyebabkan banjir di bagian hulunya (Barriocanal et al., 2006).

Pada muara Sungai Bogowonto, sedimentasi dan penutupan muara sungai menjadi permasalahan bagi sistem drainase bandara Yogyakarta International Airport (YIA) (Fadilah et al., 2023a). Selain itu, terdapat juga permasalahan terkikisnya infrastruktur jalan di sekitar pesisir di depan bandara YIA, sehingga karakteristik hidrodinamika dan transpor sedimen di sekitar pantai tersebut menjadi menarik untuk dipelajari (Ihsan, 2023). Pembangunan Yogyakarta International Airport mempengaruhi kondisi, kapasitas, fisik, dan morfologi daerah pesisir Pantai Selatan, Sungai Bogowonto, dan Sungai Serang. Apabila sedimentasi menutup muara Sungai Bogowonto, maka dapat menyebabkan banjir dan membahayakan aktivitas bandara. Oleh karena itu, saat ini telah dibangun bangunan pengendali sedimen untuk menstabilkan bentuk muara berupa training jeti sepanjang ± 300 m di sisi kanan dan kiri muara sungai (Bhakty et al., 2021) (**Gambar 1**).

Konstruksi jeti di sisi muara sungai (*training jetty*) biasa dibangun untuk menstabilkan bukaan muara. *Training jetty* adalah jeti yang dibangun di kedua sisi muara sebuah sungai maupun inlet untuk menjaga bukaan muara sungai maupun inlet tersebut tetap terbuka. Jenis konstruksi ini telah banyak dipakai di lapangan, baik di Indonesia (Idrus et al., 2025; Wahyudi et al., 2022) maupun di negara lain (Phanomphongphaisarn et al., 2020; Tanaka and Lee, 2003; Uğurlu and Balas, 2024; Yuk and Aoki, 2007). Oleh karena itu, konstruksi ini menjadi salah satu pilihan untuk penstabilan muara Sungai Bogowonto.

Jeti muara Sungai Bogowonto dibangun untuk menjaga muara sungai supaya tetap terbuka, sehingga aliran dari DAS dapat dialirkkan dengan baik menuju ke laut, terutama karena kawasan YIA cukup rentan terhadap banjir akibat hujan dari hulu (Fadilah et al., 2023b). Pencegahan penutupan muara oleh jeti ini dilakukan dengan cara menahan pergerakan sedimen memanjang pantai supaya tidak menumpuk di dalam mulut sungai.

Namun demikian, salah satu dampak dibangunnya

struktur di sekitar pantai berpasir adalah berubahnya kesetimbangan transpor sedimen, yang selain dapat menahan sedimentasi di area *updrift*, diprediksi juga dapat menyebabkan erosi di sebelah hilir (*downdrift*) dari struktur. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja jeti Bogowonto apakah sukses dalam menjaga muara tetap terbuka sepanjang tahun, termasuk mengevaluasi dampak yang ditimbulkan terhadap perubahan morfologi pantai di sekitarnya, apakah jeti yang dibangun menyebabkan erosi berlebih di bagian hilirnya (*downdrift*).



Gambar 1. Visualisasi area: lokasi area studi (kotak merah) terhadap bandara YIA (kotak kuning) (atas); dan fokus lokasi studi di Muara Sungai Bowowonto (bawah). (sumber gambar: Google Earth Pro, image of 2024)

Transpor sedimen merupakan fenomena alami dan normal sebagai hasil dari interaksi energi gelombang dan pergerakan sedimen. Estimasi pergerakan sedimen dapat dilakukan melalui hitungan matematis (Pambudi et al., 2023) atau pemodelan numerik (da Silva et al., 2022; Fahimi and Hafli, 2019; Nurfaida and Shimozono, 2017). Model numerik banyak digunakan untuk estimasi pergerakan sedimen, baik 1D atau 2D. Namun demikian, hitungan model transpor sedimen merupakan hitungan yang empiris, sehingga akurasinya sulit untuk diprediksi. Di sisi lain, mekanisme transpor sedimen banyak diperlukan pada perencanaan, operasi, dan pemeliharaan bangunan pantai. Oleh karena itu, penelitian mengenai transpor sedimen menjadi penting untuk dilakukan.

2. Data dan Metode

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu observasi lapangan, analisis perubahan garis pantai serta analisis karakteristik hidrodinamika, dan pemodelan transpor sedimen 2D dengan menggunakan perangkat lunak DELFT3D.

2.1. Observasi lapangan

Observasi lapangan berlangsung selama satu tahun pada tahun 2022 melalui foto udara menggunakan drone. Pengambilan foto dilakukan oleh pelaksana konstruksi sebagai bagian dari proses monitoring. Kegiatan observasi lapangan dilakukan untuk lebih memahami karakteristik pantai di lokasi studi. Selain itu, dilakukan juga pengambilan sampel sedimen juga dilakukan di sepanjang pantai di depan bandara

YIA di beberapa titik (**Gambar 2**) untuk mengetahui karakteristik sedimen di sekitar pesisir (lihat Tabel 1) bersama dengan penelitian sebelumnya (Ihsan, 2023).

2.2. CoastSat

Pengamatan citra satelit dilakukan dengan bantuan perangkat lunak CoastSat. CoastSat merupakan perangkat lunak *open-source* yang dapat secara otomatis mendeteksi garis pantai dengan citra satelit dari katalog Google Earth Engine sesuai permintaan *user*, kemudian melakukan preprocessing data serta melakukan deteksi otomatis berbasis pada klasifikasi tembiring dan *sub pixel resolution segmentation* (Vos et al., 2019). Gambar satelit yang diakses adalah rentang waktu antara tahun 2020 hingga 2023, mewakili kondisi sebelum dan sesudah dibangunnya training jetti di kedua sisi muara sungai.



Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel (a) titik 1, (b) titik 2, (c) titik 3, dan (d) titik 4

Tabel 1. Hasil uji laboratorium sampel sedimen di Pantai Sekitar Bandara YIA (Ihsan, 2023)

Lokasi	Waktu Pengambilan (WIB)	Latitude	Longitude	G	Jenis	D ₅₀	%Clay	%Passing Sieve No. 200
Titik 1	14:16	-7,900972°	110,033175°	2,90	Pasir	0,32	2,67	5,26
Titik 2	14:21	-7,901604°	110,035549°	2,72	Pasir	0,48	2,28	2,88
Titik 3	14:29	-7,902507°	110,038118°	2,89	Pasir	0,32	2,51	3,16
Titik 4	14:37	-7,903626°	110,041716°	2,83	Pasir	0,38	2,45	4,45
Titik 5	14:54	-7,907458°	110,052709°	2,84	Pasir	0,30	1,82	3,30
Titik 6	15:10	-7,908259°	110,055182°	2,83	Pasir	0,35	2,39	3,23
Titik 7	15:10	-7,909124°	110,057166°	2,86	Pasir	0,39	3,30	3,87
Titik 8	15:18	-7,909952°	110,059267°	2,81	Pasir	0,34	2,43	3,41
Titik 9	11:39	-7,912807°	110,067175°	2,93	Pasir	0,40	2,88	3,13
Titik 10	10:59	-7,916175°	110,074240°	3,02	Pasir	0,37	2,17	2,72

Tabel 1. Hasil uji laboratorium sampel sedimen di Pantai Sekitar Bandara YIA (Ihsan, 2023) (Lanjutan)

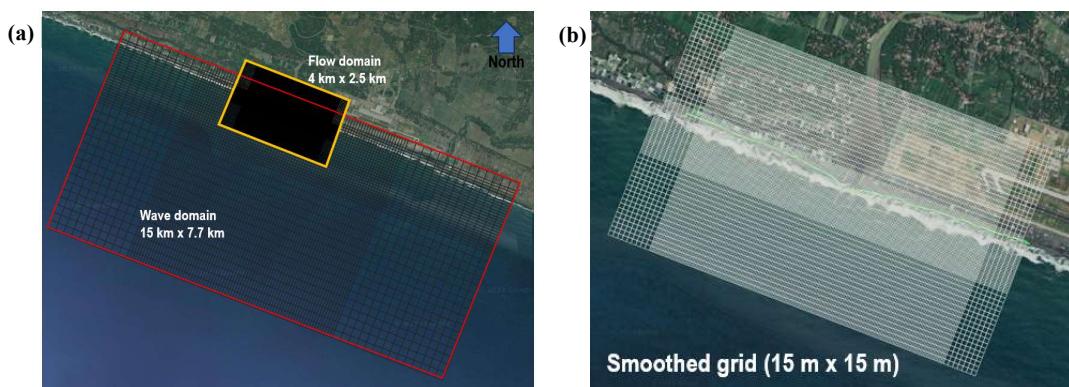
Lokasi	Waktu Pengambilan (WIB)	Latitude	Longitude	G	Jenis	D ₅₀	%Clay	%Passing Sieve No. 200
Titik 11	10:53	-7,917010°	110,076196°	2,84	Pasir	0,33	2,67	5,27

2.3. Pemodelan dengan DELFT3D

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak DELFT3D dengan cara *coupling*, atau menjalankan dua model (DELFT3D-Wave dan DELFT3D-Flow) secara bersamaan. DELFT3D-Wave akan menghitung perambatan gelombang, sedangkan DELFT3D-Flow menghitung kecepatan arus, pergerakan sedimen, hingga perubahan morfologi dasar laut (Lesser et al., 2004; Nienhuis et al., 2016). Domain model, baik DELFT3D-Wave maupun DELFT3D-Flow, disajikan pada **Gambar 3**. Pada model DELFT3D-Wave digunakan domain seluas $15 \text{ km} \times 7,7 \text{ km}$, sedangkan pada model DELFT3D-Flow digunakan domain seluas $4 \text{ km} \times 2,5 \text{ km}$. Ukuran grid yang digunakan pada domain Flow lebih halus daripada ukuran grid yang digunakan pada domain Wave untuk kepentingan peningkatan akurasi hitungan arus dan sedimen. Pada DELFT3D-Flow digunakan grid $15 \text{ m} \times 15 \text{ m}$ agar hasil pemodelan lebih detail (**Gambar 3-b**).

Pada area di sekitar Muara Sungai Bogowonto terdapat jeti sebagai pengendali sedimen. Adanya jeti tersebut membantu agar muara sungai tidak tertutup. Pada penelitian ini, jeti tersebut juga dimodelkan pada domain.

Gelombang yang digunakan pada pemodelan diambil dari data ERA5 (Hersbach et al., 2020). Sedangkan parameter sedimen (**Gambar 4**) yang diterapkan pada model DELFT3D-Flow mengadopsi rekomendasi parameter dari (Nienhuis et al., 2016). Dalam pemodelan ini akan digunakan parameter *Morphological Factor* (MORFAC), yang akan mengalikan hitungan sedimen terhadap hitungan hidraulika. Oleh karena itu, pada DELFT3D-Flow, pasang surut direpresentasikan dalam satu komponen pasang surut M2 dengan amplitudo sebesar 0,5 meter, sebagai nilai rerata fluktuasi air laut.

**Gambar 3. Domain model (a) domain Delft3D-Wave dan Delft3D-Flow; (b) grid halus pada Delft3D-Flow**

3. Hasil dan Pembahasan

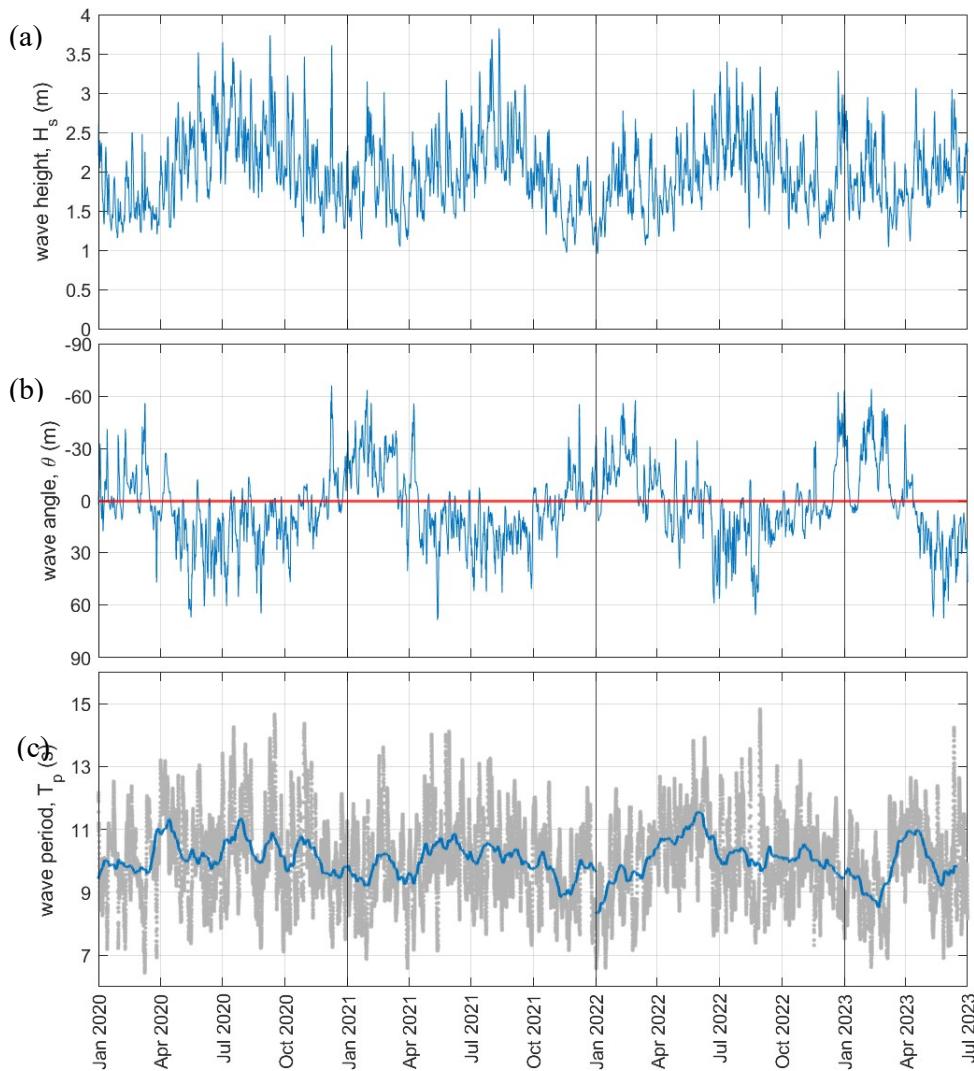
3.1. Karakteristik gelombang di wilayah studi

Karakteristik gelombang dianalisis berdasarkan data gelombang reanalysis ERA5. **Gambar 5** menampilkan mawar gelombang di sekitar wilayah studi. Gambar tersebut menunjukkan bahwa gelombang memiliki arah dominan 196°N. Mawar gelombang pada **Gambar 5** dihasilkan dari data gelombang selama satu tahun, sedangkan karakteristik musiman ditampilkan pada **Gambar 6**, yang menunjukkan bahwa musim badai berlangsung di pertengahan tahun, yaitu bulan April sampai Oktober.

Gelombang di sekitar Muara Sungai Bogowonto terbagi dalam dua musim gelombang sesuai dengan musim angin di perairan Indonesia pada umumnya (angin barat dan angin timur) seperti disajikan pada **Gambar 6-b**. Musim gelombang tinggi terjadi pada pertengahan tahun (April – Oktober), yaitu pada angin muson timur. Sedangkan musim gelombang rendah terjadi pada sekitar bulan November hingga Maret. Pada musim gelombang tinggi, tinggi gelombang dapat mencapai tinggi 3 – 4 m. Sedangkan tinggi gelombang pada musim gelombang rendah adalah sekitar 1 – 1,5 m (**Gambar 6-a**). Rata-rata periode gelombang adalah sekitar 9 – 11 detik (**Gambar 6-c**).

```
[MorphologyFileInfo]
FileCreatedBy = Delft3D FLOW-GUI, Version: 3.59.01.57433
FileCreationDate = Fri Oct 20 2023, 05:51:59
FileVersion = 02.00
[Morphology]
EpsPar = false Vertical mixing distribution according to van Rijn (overrules k-epsilon model)
IopKCW = 1 Flag for determining Rc and Rw
RDC = 0.01 [m] Current related roughness height (only used if IopKCW > 1)
RDW = 0.02 [m] Wave related roughness height (only used if IopKCW > 1)
MorFac = 9.000000e+001 [-] Morphological scale factor
MorStt = 1.440000e+003 [min] Spin-up interval from Tstart till start of morphological changes
Thresh = 5.000000e-002 [m] Threshold sediment thickness for transport and erosion reduction
MorUpd = true Update bathymetry during FLOW simulation
EqmBc = true Equilibrium sand concentration profile at inflow boundaries
DensIn = false Include effect of sediment concentration on fluid density
AksFac = 5.000000e-001 [-] van Rijn's reference height = AKSFAC * KS
RWave = 2.000000e+000 [-] Wave related roughness = RWAVE * estimated ripple height. Van Rijn Recommends range 1-3
AlfaBs = 1.000000e+000 [-] Streamwise bed gradient factor for bed load transport
AlfaBn = 1.500000e+000 [-] Transverse bed gradient factor for bed load transport
Sus = 1.000000e+000 [-] Multiplication factor for suspended sediment reference concentration
Bed = 1.000000e+000 [-] Multiplication factor for bed-load transport vector magnitude
SusW = 1.500000e-001 [-] Wave-related suspended sed. transport factor
BedW = 1.500000e-001 [-] Wave-related bed-load sed. transport factor
SedThr = 1.000000e-001 [m] Minimum water depth for sediment computations
ThetSD = 8.000000e-001 [-] Factor for erosion of adjacent dry cells
HMaxTH = 1.500000e+000 [m] Max depth for variable THETSD. Set < SEDTHR to use global value only
FWFac = 1.000000e+000 [-] Vertical mixing distribution according to van Rijn (overrules k-epsilon model)
```

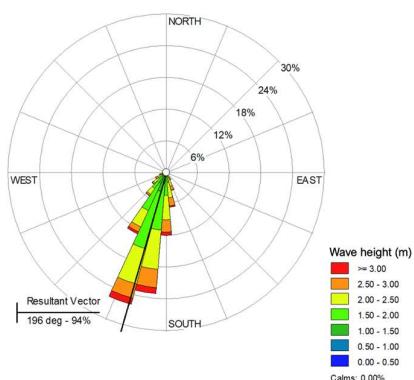
Gambar 4. Parameter sedimen yang dipakai pada pemodelan DELFT3D-Flow



Gambar 5. Karakteristik gelombang di sekitar Muara Sungai Bogowonto, Pantai Selatan. (a) tinggi gelombang;

(b) arah gelombang relatif dari tegak lurus garis pantai; dan (c) periode gelombang. Garis merah pada (b) menunjukkan sudut arah tegak lurus garis pantai, garis biru pada (c) menunjukkan besaran rerata harian

Posisi area studi adalah berhadapan langsung dengan Samudera Hindia, sehingga karakteristik gelombang di area ini didominasi oleh gelombang swell, terlihat dari rentang periode gelombang yang terjadi dan arah gelombangnya (lihat **Gambar 6**).

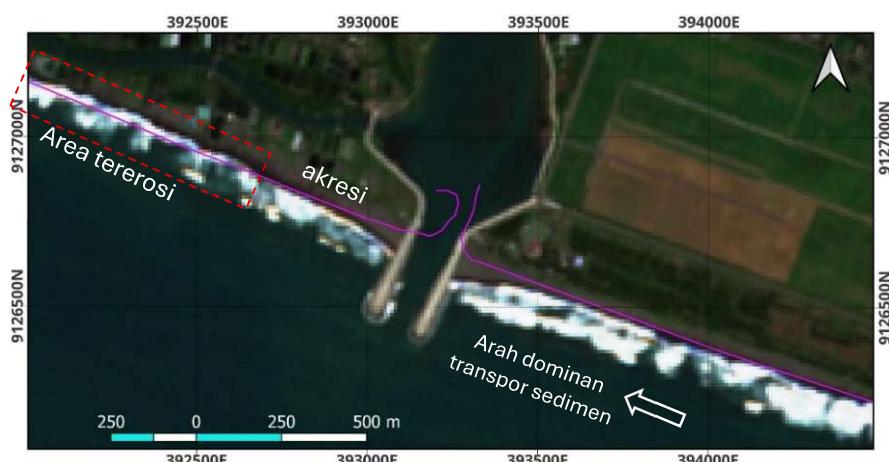


Gambar 1. Wave rose di sekitar Muara Sungai Bogowonto

3.2. Perubahan garis pantai di sekitar muara sungai bogowonto

Pergerakan garis pantai dari waktu ke waktu diamati dengan bantuan program CoastSat (Vos et al., 2019) yang memungkinkan pengambilan data dengan frekuensi yang cukup tinggi, sehingga tidak hanya trend jangka panjang saja yang dapat diamati, tetapi juga trend jangka pendek maupun musiman.

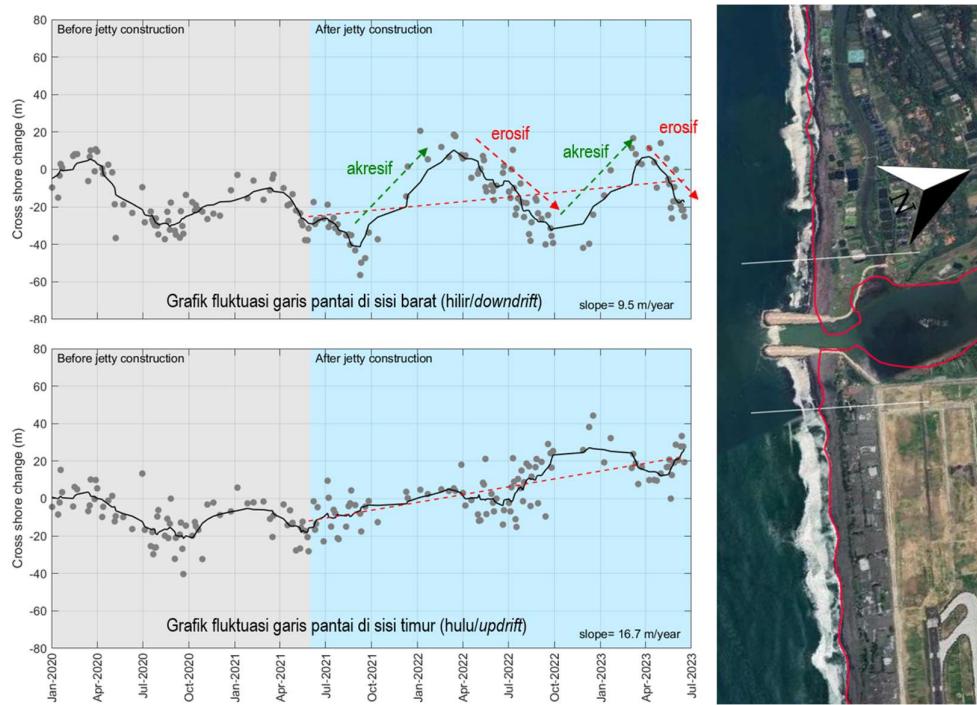
Arah gelombang dominan di area studi adalah 196°N (**Gambar 5**). Sehingga, dapat diperkirakan bahwa pergerakan sedimen relatif dominan menuju ke arah barat. Oleh karena itu, pada umumnya diprediksi bahwa akan ada erosi di area barat jeti. Namun demikian, pada kenyataannya lokasi erosi tidak langsung berada di dekat (hilir) jeti, meskipun selang beberapa ratus meter di hilirnya, seperti disajikan pada **Gambar 7**, terlihat bahwa erosi terjadi setelah ±500 m di barat jeti (*downdrift*). (Roelvink and Walstra, 2017) juga menyimpulkan hal yang sama pada penelitiannya.



Gambar 6. Perbandingan garis pantai sebelum adanya jeti (garis magenta: garis pantai berdasarkan citra Sentinel 2 pada bulan April 2021), dan setelah adanya jeti (citra satelit: Sentinel 2 pada bulan April 2025)

Gambar 8 (kanan) menunjukkan posisi garis transek terhadap lokasi jeti, sedangkan **Gambar 8** (kiri) menampilkan tren perubahan posisi garis pantai pada dua buah transek di hulu dan hilir jeti. Pada gambar tersebut, semakin besar angka *shoreline position*, artinya posisi garis pantai semakin menjorok ke laut (akresi), dan sebaliknya semakin kecil angka *shoreline position*, maka posisi garis pantai semakin mundur (erosi). Fluktuasi posisi garis pantai pada grafik tersebut sekaligus menunjukkan pergerakan garis pantai jangka pendek dan musiman.

Apabila dilakukan regresi secara linier terhadap perubahan posisi garis pantai di titik terdekat dengan jeti, terhitung bahwa sisi hulu jeti pada jarak 250 m dari muara memiliki slope atau laju akresi sebesar 16,7 m/tahun dan sedangkan sisi hilir pada jarak 250 m dari muara mengalami laju erosi sebesar 9,5 m/tahun. Pada sisi hilir jeti, pengaruh musim gelombang tampak lebih dominan, terlihat dari fluktuasi musiman yang tertangkap dari data CoastSat pada **Gambar 8** dan **Gambar 9**.



Gambar 7. Perubahan posisi garis pantai di sekitar Muara Sungai Bogowonto. Garis merah pada citra satelit menunjukkan posisi *initial shoreline* (sumbu y = 0).

Fluktuasi posisi garis pantai di beberapa titik baik di hulu maupun hilir jeti disajikan pada **Gambar 9**. Bagian kanan pada **Gambar 9** menyajikan perubahan garis pantai di sisi hulu jeti (*updrift*). Terlihat bahwa pada sisi timur jeti (*updrift*), garis pantai cenderung mengalami kemajuan, tanpa didominasi gelombang musiman. Hal disebabkan oleh arah dominan pergerakan sedimen adalah dari timur ke barat, sehingga area tersebut selalu menerima suplai sedimen litoral dari sisi timur, yang kemudian tertahan oleh bangunan jeti (lihat Gambar 9 – kanan). Sedangkan pada sisi barat jeti (*downdrift*), meskipun tren linier menyajikan kecenderungan akresi, pada musim-musim tertentu terjadi erosi, yaitu pada musim gelombang tinggi (April - Oktober) seperti disajikan pada Gambar 9 (kiri).

Pola pergerakan kemajuan dan kemunduran posisi garis pantai di sisi barat (**Gambar 8** dan **Gambar 9**) memiliki kemiripan dengan pola karakteristik musim gelombang (**Gambar 6**). Pada musim gelombang tinggi, arah gelombang dominan adalah dari timur ke barat, demikian juga arah pergerakan sedimen adalah dari timur ke barat. Pada sisi barat muara Bogowonto, suplai sedimen dari timur tertahan oleh jeti, sehingga garis pantai cenderung mengalami kemunduran. Sebaliknya, pada saat musim gelombang rendah dengan arah gelombang dari barat, area di sisi barat memperoleh suplai sedimen, sehingga terjadi akresi.

Secara umum, hasil regresi linier di sisi barat juga menunjukkan kecenderungan akresi. Hal ini karena jarak kemunduran garis pantai pada musim erosi lebih kecil dibandingkan jarak kemajuan garis pantai pada musim akresi. Berdasarkan grafik fluktuasi pada **Gambar 9** di atas, secara umum laju akresi masing – masing sisi adalah 12 m/tahun di sisi hulu (timur) dan 9,5 m/tahun di sisi hilir (barat), berdasarkan kemiringan laju akresi pada transek B dan E di **Gambar 9**.

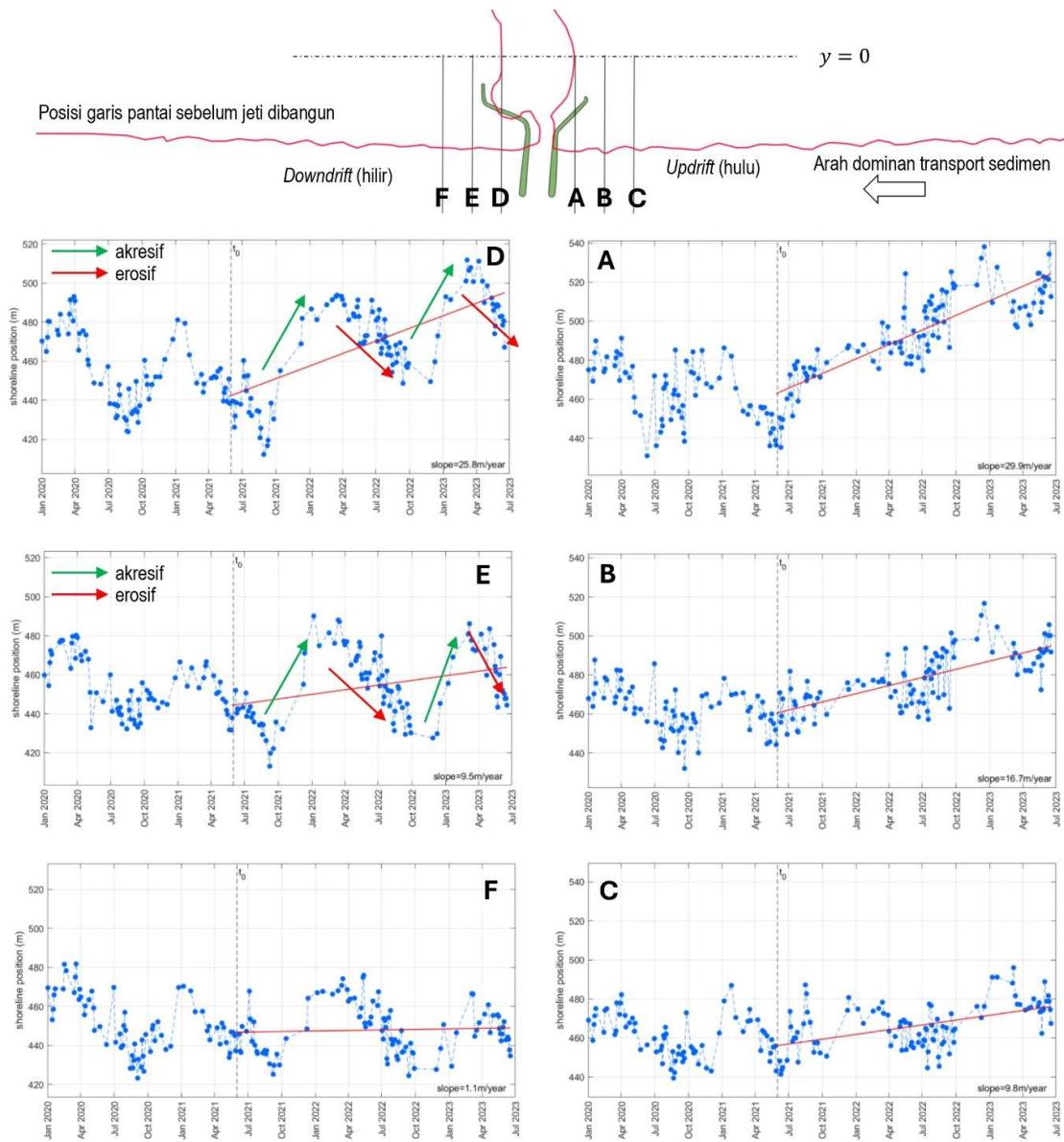
3.3. Pergerakan Sedimen Berdasarkan Model

Pada penelitian ini dilakukan juga pemodelan pergerakan sedimen dengan menggunakan model DELFT3D-Flow yang dijalankan secara simultan dengan DELFT3D-Wave (*coupling*). Perhitungan numeris dilakukan secara 2D rerata kedalaman (*depth averaged*). Untuk memudahkan simulasi, hitungan model pada penelitian ini hanya menggunakan satu input gelombang, yaitu gelombang dominan (**Gambar 5**). Hasil hitungan hidrodinamika dari DELFT3D-Flow kemudian dikalikan dengan menggunakan angka *Morphological Factor* (MORFAC) sebesar 90 untuk menghitung gerak sedimen dan perubahan dasar laut (sesuai parameter model sedimen pada **Gambar 4**). Hitungan hidrodinamika dijalankan selama 6 hari, dengan satu (1) hari sebagai “*spin up time*”. Dengan koefisien MORFAC yang diberikan, maka hitungan perubahan morfologi dapat disamakan dengan 450

hari.

Perubahan morfologi pada akhir waktu simulasi ditampilkan pada **Gambar 10**. Terlihat pada akhir simulasi, terdapat penumpukan sedimen di sisi timur (hulu) jeti, dan tidak terjadi erosi yang signifikan di sisi baratnya (hilir), sesuai dengan yang terjadi di

lapangan. Penumpukan sedimen di sisi barat tidak terlihat pada hasil simulasi karena input gelombang yang digunakan pada model kali ini hanya satu angka, yaitu satu gelombang representatif dengan arah gelombang 196°N sesuai gelombang dominannya.



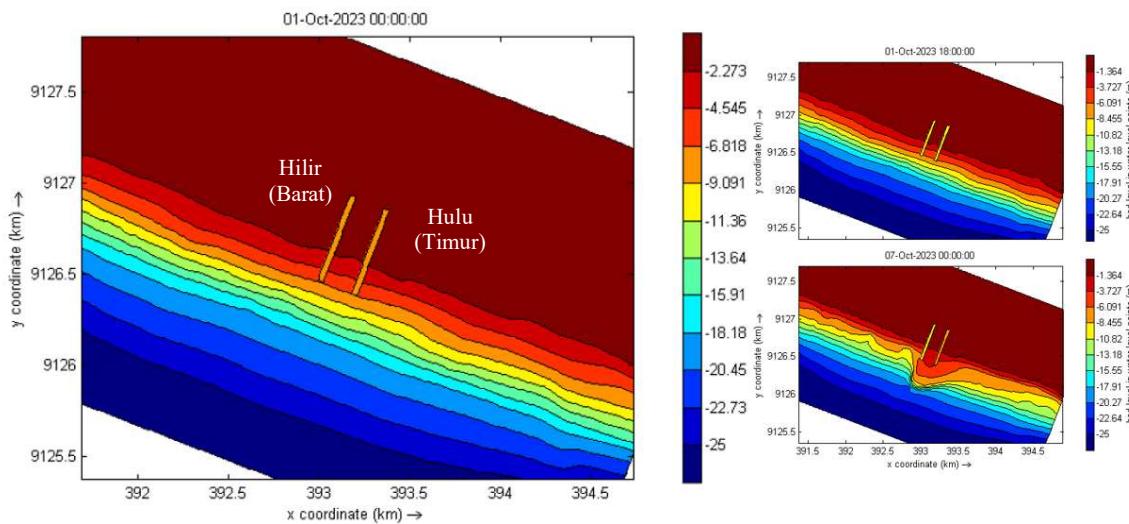
Gambar 8. Grafik fluktuasi perubahan posisi garis pantai pada sisi hulu (updrift) jeti (kanan) dan sisi hilir (downdrift) jeti.

3.4. Efektivitas Jeti Muara Sungai Bogowonto

Berdasarkan penelitian – penelitian sebelumnya, muara sungai di sepanjang pantai selatan Jawa cenderung berbelok ke arah barat, akibat dari arah pergerakan dominan sedimen ke arah barat dan *sand*

spit selalu terbentuk di dalam muara sungainya (Nurfaida, 2019). Salah satu contoh lain terdekat dengan muara Sungai Bogowonto adalah muara Sungai Serang, yang di dekatnya terdapat pelabuhan Tanjung Adikarto (Chrysanti et al., 2019). Jeti yang dibangun pada muara Sungai Serang dibuat lebih pendek dari pada jeti muara Sungai Bogowonto,

dengan ujung kepala jetti masih berada di dalam *surf zone* (Suciaty and Murtadho, 2021).



Gambar 9. Hasil simulasi berupa *bed level changes*. Kiri: *model setup*; kanan atas: *initial bed level*; kanan bawah: *final bed level*

Jeti pada muara Sungai Serang masih belum sepenuhnya mengatasi sedimentasi di dalam muara sungai karena panjang jetti masih berada di dalam area gelombang pecah. Ukuran ini masih mengijinkan pergerakan sedimen dari sisi timur ke sisi barat muara sungai. Berbeda dengan jetti muara Sungai Bogowonto yang memiliki panjang melebihi *surf zone*, sehingga hampir tidak ada lagi pergerakan sedimen dari sisi timur ke sisi barat muara. Oleh karena itu hingga saat ini muara Sungai Bogowonto senantiasa terbuka.

4. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data gelombang ERA5, gelombang di sekitar muara Sungai Bogowonto memiliki periode gelombang 10 – 14 detik, menunjukkan bahwa gelombang di area studi didominasi oleh gelombang swell. Gelombang pada area tersebut memiliki tinggi gelombang yang dapat mencapai 3 – 4 m pada musim badai, dengan arah dominan 196°N.

Hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa akumulasi sedimen terangkut di sebelah hilir berkurang, akan tetapi tidak menunjukkan terjadinya erosi yang signifikan. Tren laju akresi pada area *updrift* (sisi timur) menunjukkan kecenderungan akresi tanpa dipengaruhi musim gelombang. Sedangkan tren laju akresi pada area *downdrif* (sisi barat) juga menunjukkan kecenderungan akresi, tetapi terdapat juga musim erosi yang dipengaruhi oleh musim gelombang.

Pemodelan 2D yang dilakukan melalui DELFT3D memberikan estimasi morfologi yang lebih realistik, meskipun penggunaannya relatif lebih kompleks. Beberapa parameter sedimen untuk pemodelan 2D

yang sebaiknya digunakan telah terangkum dalam penelitian ini. Parameter model tersebut dapat digunakan untuk model pada lokasi pantai berpasir lainnya.

Berdasarkan hasil analisa dari studi ini, dapat disimpulkan bahwa jetti yang dibangun di kedua sisi muara Sungai Bogowonto, dengan panjang ±300 m, hingga saat ini terbukti dapat bekerja dengan baik dalam menjaga terbukanya muara sungai. Panjang jetti yang lebih panjang daripada area *surf zone* ini mencegah aliran sedimen dari sisi timur menuju sisi barat muara, sesuai dengan ekspektasi.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Vokasi UGM melalui Hibah Dana Masyarakat Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada Nomor 62/UN1.SV/K/2023 atas pendanaan yang diberikan untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Barriocanal, C., Crousj, A., Vargat, D., Vilaf, J., 2006. Preliminary assessment of factors responsible for periodic river mouth closure, river Daró, (Costa Brava, Girona).
- Bhakty, T.E., Swasono, A.H., Yuwono, N., Ghazizhan, A.F., Widayati, T., 2021. Determination of the length of Bogowonto double jetties as the river mouth stabilization. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 930, 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/930/1/012027>
- Chrysanti, A., Bagus Adityawan, M., Widyaningtyas, Pramono Yakti, B., Nugroho, J., Zain, K., Haryanto, I., Sulaiman,

- M., Kurniawan, A., Tanaka, H., 2019. Prediction of shoreline change using a numerical model: case of the Kulon Progo Coast, Central Java. MATEC Web Conf. 270, 04023. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201927004023>
- da Silva, P.D., Fernandes, E.H., Gonçalves, G.A., 2022. Sustainable Development of Coastal Areas: Port Expansion with Small Impacts on Estuarine Hydrodynamics and Sediment Transport Pattern. Water 14, 3300. <https://doi.org/10.3390/w14203300>
- Fadilah, S., Istiarto, Legono, D., 2023a. Investigasi penyebab genangan banjir di Kawasan Aerotropolis Yogyakarta International Airport. Teknisia 28, 13–24. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol28.iss1.art2>
- Fadilah, S., Istiarto, Legono, D., 2023b. INVESTIGASI PENYEBAB GENANGAN BANJIR DI KAWASAN AEROTROPOLIS YOGYAKARTA INTERNATIONAL AIRPORT. Teknisia 28, 13–24. <https://doi.org/10.20885/teknisia.vol28.iss1.art2>
- Fahmi, M., Hafli, T.M., 2019. Simulasi Numerik Perubahan Morfologi Pantai Akibat Konstruksi Jetty Pada Muara Lambada Lhok Aceh Besar Menggunakan Software DELFT3D. J. Tek. Sipil 8, 50–59. <https://doi.org/10.24815/jts.v8i2.13905>
- Franzen, M.O., Fernandes, E.H.L., Siegle, E., 2021. Impacts of coastal structures on hydro-morphodynamic patterns and guidelines towards sustainable coastal development: A case studies review. Reg. Stud. Mar. Sci. 44, 101800. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101800>
- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellán, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., Chiara, G., Dahlgren, P., Dee, D., Diamantakis, M., Dragani, R., Flemming, J., Forbes, R., Fuentes, M., Geer, A., Haimberger, L., Healy, S., Hogan, R.J., Hólm, E., Janisková, M., Keeley, S., Laloyaux, P., Lopez, P., Lupu, C., Radnoti, G., Rosnay, P., Rozum, I., Vamborg, F., Villaume, S., Thépaut, J., 2020. The ERA5 global reanalysis. Q. J. R. Meteorol. Soc. 146, 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Idrus, Setyandito, O., Farell, Soelistyo, A.P., 2025. Construction Optimization in The Construction of a Jetty Structure As A Coastal Sediment Protection Structure in West Java. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 1488, 012075. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1488/1/012075>
- Ihsan, H.M., 2023. Pemeliharaan Garis Pantai Kawasan Pesisir Yogyakarta International Airport Menggunakan Groin Berdasarkan Data Gelombang ERA 5 (Undergraduate Thesis). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.
- Lesser, G.R., Roelvink, J.A., Van Kester, J.A.T.M., Stelling, G.S., 2004. Development and validation of a three-dimensional morphological model. Coast. Eng. 51, 883–915. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2004.07.014>
- Nienhuis, J.H., Ashton, A.D., Nardin, W., Fagherazzi, S., Giosan, L., 2016. Alongshore sediment bypassing as a control on river mouth morphodynamics. J. Geophys. Res. Earth Surf. 121, 664–683. <https://doi.org/10.1002/2015JF003780>
- Nurfaida, W., 2019. Migration of River Mouth Opening in a Swell dominated Environment. <https://doi.org/10.15083/0002004367>
- Nurfaida, W., Shimozono, T., 2017. Migration of River Mouth Opening in Opak River, Yogyakarta, Indonesia. J. Jpn. Soc. Civ. Eng. Ser B2 Coast. Eng. 73, I_751-I_756. https://doi.org/10.2208/kaigan.73.I_751
- Pambudi, N.A.R., Handoyo, G., Rochaddi, B., 2023. Estimasi Laju Pengendapan Sedimen di Perairan Muara Sungai Silugonggo Kabupaten Pati. Indones. J. Oceanogr. 5, 43–56. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v5i1.15835>
- Phanomphongphaisarn, N., Rukvichai, C., Bidorn, B., 2020. Impacts of Long Jetties Construction on Shoreline Change at the Western Coast of the Gulf of Thailand. Eng. J. 24, 1–17. <https://doi.org/10.4186/ej.2020.24.4.1>
- Roelvink, D., Walstra, D.-J., 2017. Keeping it Simple by Using Complex Models.
- Suciaty, F., Murtadho, H., 2021. Karakteristik Gelombang Laut pada Rencana Pembangunan Breakwater di Pelabuhan Tanjung Adikarto. RekaRacana J. Tek. Sipil 6, 204.

- <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v6i3.204>
- Tanaka, H., Lee, H.-S., 2003. Influence of Jetty Construction on Morphology and Wave Set-Up at a River Mouth. *Coast. Eng. J.* 45, 659–683.
<https://doi.org/10.1142/S0578563403000956>
- Uğurlu, A., Balas, C., 2024. Integrative Probabilistic Design of River Jetties by 3D Numerical Models of Transport Phenomena: The Case Study of Kabakoz River Jetties. *Mar. Sci. Technol. Bull.* 13, 151–167.
<https://doi.org/10.33714/masteb.1414048>
- Vos, K., Splinter, K.D., Harley, M.D., Simmons, J.A., Turner, I.L., 2019. CoastSat: A Google Earth Engine-enabled Python toolkit to extract shorelines from publicly available satellite imagery. *Environ. Model. Softw.* 122, 104528.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104528>
- Wahyudi, N.R., Wahyudi, S.I., Husni, F., Subagyo, A., 2022. Wave and sedimentation simulation of jetty construction to protect estuary, case study in Batang, Indonesia. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 955, 012006.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/955/1/012006>
- Yuk, J.H., Aoki, S., 2007. Impact of Jetty Construction on the Current and Ecological Systems in an Estuary with a Narrow Inlet. *J. Coast. Res.* 50. <https://doi.org/10.2112/JCR-SI50-146.1>

