

# DINAMIKA PERUBAHAN GARIS PANTAI DI MUARA GEMBONG, BEKASI, JAWA BARAT PADA TAHUN 2011-2021

## SHORELINE CHANGE DYNAMICS AT MUARA GEMBONG, BEKASI, WEST JAVA IN 2011-2021

Dara Afiifah Meizwar<sup>1</sup> dan Ayi Tarya<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Oseanografi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

<sup>2</sup>Kelompok Keahlian Oseanografi Lingkungan dan Terapan, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesa No.10, Bandung 40132, Jawa Barat

Email: ayi.tarya@itb.ac.id

### ABSTRAK

Perubahan garis pantai dapat berupa bertambahnya (akresi) atau berkurangnya (abrasi) daratan di wilayah pesisir salah satunya akibat aktivitas manusia. Studi ini bertujuan untuk mengetahui perubahan garis pantai berupa abrasi dan akresi yang terjadi di Muara Gembong tahun 2011-2021 menggunakan garis pantai hasil ekstraksi dari citra satelit Landsat dengan metode *band ratio* dan *composite RGB*. Analisis perubahan garis pantai dengan *Digital Shoreline Analysis (DSAS)* menggunakan metode statistika *Net Shoreline Movement (NSM)*, *End Point Rate (EPR)* dan *Linear Regression Rate (LRR)* untuk mengidentifikasi jarak dan laju perubahan garis pantai. Area Muara Gembong dibagi menjadi Zona A yang terletak di selatan dan Zona B yang terletak di utara berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Perubahan garis pantai yang terjadi selama 10 tahun menunjukkan kecenderungan akresi sejauh 6,81 m. Laju perubahan garis pantai menunjukkan nilai 0,18 m/tahun dengan laju akresi 12,24 m/tahun dan laju abrasi -7.68 m/tahun. Selain itu total luas abrasi selama 10 tahun pada seluruh zona yaitu 805.562,41 m<sup>2</sup> dan total luas akresi 881.897,24 m<sup>2</sup>. Arah transpor sedimen pada Zona A mengarah ke selatan atau ke kiri dari muara sungai, sedangkan pada Zona B mengarah ke timur atau kanan dari muara sungai. Hal ini dipengaruhi oleh kontribusi terbesar energi gelombang yang menjalar dari arah barat laut.

**Kata kunci :** perubahan garis pantai, DSAS, Landsat, Muara Gembong

### ABSTRACT

Shoreline change can be an increase (accretion) or decrease (abrasion) of land on the coast due to human activities. This research aims to determine shoreline change occurs at Muara Gembong in 2011-2021 using coastline extracted from Landsat satellite imagery with *band ratio* and *composite RGB* methods. Shoreline changes were analyzed with *Digital Shoreline Analysis (DSAS)* using *Net Shoreline Movement (NSM)*, *End Point Rate (EPR)*, and *Linear Regression Rate (LRR)* statistical methods, to identify distance and rate of coastline change. Muara Gembong area is divided into Zone A located in the south and Zone B located in the north which is directly exposed to the Java Sea. Shoreline change for 10 years showed a tendency to accrete as far as 6.81 m. Rate of shoreline change value 0.18 m/year with accretion rate 12.24 m/year and abrasion rate -7.68 m/year. The total area of abrasion in 10 years comes to 805,562.41 m<sup>2</sup> and the area of accretion is 881,897.24 m<sup>2</sup>. The direction of sediment transport in Zone A leads to the south or to the left of estuary, while in Zone B heading east or right of estuary. It is influenced by the greatest contribution of wave energy that propagates from the northwest.

**Keywords :** shoreline change, DSAS, Landsat, Muara Gembong

### PENDAHULUAN

Sekitar 41% populasi global terkonsentrasi pada daerah pesisir. Bahkan, diprediksi jumlah kepadatan populasi manusia pada daerah pesisir dari 87 orang/km<sup>2</sup> pada tahun 2000 meningkat hingga 134 orang/km<sup>2</sup> pada tahun 2050 (Pussella *et al.*, 2015). Peningkatan kepadatan populasi manusia

tersebut memperlihatkan kehidupan manusia yang bergantung pada wilayah pesisir. Pengembangan pesisir seperti tata guna lahan untuk tambak dan rekayasa bangunan pantai memengaruhi kondisi dan proses alami di wilayah pesisir (Stanica & Ungureanu, 2010). Aktivitas manusia yang dapat mengganggu proses alam diantaranya adalah

pembangunan bendungan di aliran sungai, hal ini dapat memengaruhi sedimentasi pada daerah pesisir yang diakibatkan berkurangnya input sedimen dari sungai (Poullou & Collins, 2002; Stanica & Ungureanu, 2010).

Dinamika perubahan garis pantai berupa sedimentasi (akresi) dapat mengakibatkan pendangkalan kedalaman perairan di alur pelayaran pada mulut sungai atau muara sungai, hal ini dapat menyebabkan banjir di daerah muara sungai ketika debit sungai sedang tinggi (Putra *et al.*, 2016). Sedangkan perubahan garis pantai berupa pengurangan daratan (abrasi) juga memberikan dampak kerugian bagi masyarakat pesisir karena tergerusnya daratan dan tempat bangunan-bangunan maupun lahan penunjang kehidupan masyarakat setempat (menurut siapa?).

Perubahan garis pantai di pesisir Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat telah terjadi selama beberapa dekade terakhir akibat alih fungsi lahan yang tidak memerhatikan keseimbangan lingkungan (Alimuddin & Aryanti, 2020). Nugraha *et al.* (2019) memperlihatkan adanya tren penurunan lahan mangrove dari tahun 1974 hingga tahun 2019 sebesar 55%. Padahal mangrove memiliki fungsi sebagai pelindung pantai untuk mengurangi hantaman energi gelombang pada pesisir pantai. Penurunan luas lahan mangrove dan penambahan luas tambak juga diidentifikasi pada tahun 1990 hingga tahun 2007 (Suwargana, 2008).

Berdasarkan studi Paryono *et al.* (2016) diperoleh adanya keterkaitan antara dinamika penggunaan lahan dengan sedimentasi di Muara Gembong, dimana jika luas lahan vegetasi berkurang maka luas sedimentasi di muara akan semakin besar. Penurunan luas mangrove memiliki pengaruh terhadap luas abrasi sebesar 52,40% dan penambahan luas mangrove memiliki pengaruh terhadap luas akresi sebesar 37,80% secara keseluruhan diketahui jika penurunan dan penambahan luas mangrove berbanding lurus dengan penambahan luas akresi juga abrasi.

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Putra *et al.* (2016) diperoleh bahwa perubahan garis pantai di Muara Gembong mengalami jarak perubahan abrasi sekitar 34,95 m/tahun sampai 230,89 m/tahun dan jarak perubahan akresi sekitar 34 m/tahun sampai 172,39 m/tahun. Hasil studi tersebut menunjukkan bahwa Muara Gembong merupakan area pesisir yang memperlihatkan perubahan garis pantai yang dinamis, sehingga studi yang kontinu diperlukan untuk memantau perubahan garis pantai di Muara Gembong

sebagai bahan informasi yang berkelanjutan sebagai informasi dasar dalam desain pembangunan, pemberdayaan dan pengembangan kawasan pesisir (Boak & Turner, 2005). Pengetahuan dan pemahaman mengenai perubahan garis pantai menjadi dasar untuk memecahkan permasalahan-permasalahan lain yang terjadi di kawasan pantai (Moussaid *et al.*, 2015).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dinamika perubahan garis pantai di Muara Gembong pada tahun 2011-2021 berupa jarak pergeseran garis pantai, laju perubahan garis pantai serta perubahan luas area abrasi dan akresi dalam jangka waktu 10 tahun tersebut, periode pengamatan pada penelitian ini merupakan kelanjutan studi dari Putra *et al.* (2016). Penelitian ini juga meninjau faktor alami seperti gelombang, debit sungai, pasang surut, dan jumlah sedimen total dari sungai dan juga faktor antropogenik yaitu tata guna lahan. Faktor alami tersebut belum dikaji secara mendalam pada studi sebelumnya (Putra *et al.*, 2016; Paryono *et al.*, 2016).

## METODE PENELITIAN

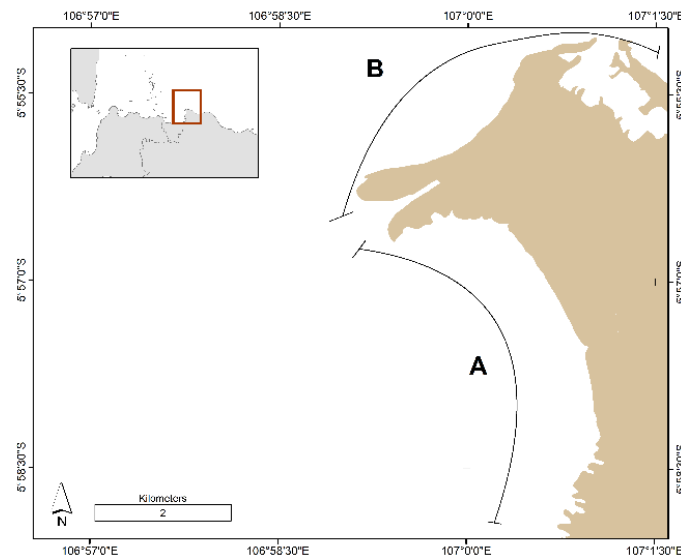
Lokasi penelitian terletak pada 106° 58' 40"E dan 5° 59' 40"S hingga 107° 2' 20"E dan 5° 55' 00"S. Daerah kajian dibagi menjadi dua zona yaitu Zona A dan Zona B, menimbang indikasi ada perbedaan karakter pesisir juga adanya pembatas berupa penumpukan sedimen di daerah muara sungai (Motyka & Brampton, 1993). Selain itu orientasi garis pantai yang berbeda menjadi pertimbangan pembagian zona, dapat dilihat pada

Gambar 1.

Perubahan garis pantai yang ditinjau adalah perubahan garis pantai tahun 2011-2021 dengan menggunakan garis pantai hasil ekstraksi citra satelit *Landsat* dari U.S. *Geological Survey*. Resolusi spasial citra satelit *Landsat* sebesar 30 m dan waktu akuisisi pengambilan citra dan data yang digunakan pada Tabel 1 dan 2.

**Tabel 1.** Data citra satelit *Landsat*

Citra <i>Landsat</i>	Tahun Akuisisi	Waktu Akuisisi
<i>Landsat 7</i> ETM+	2011	13 September pukul 08:53 WIB
<i>Landsat 8</i> OLI	2013	12 Oktober pukul 09:01 WIB
<i>Landsat 8</i> OLI	2015	18 Oktober pukul 09:00 WIB
<i>Landsat 8</i> OLI	2017	19 Juli pukul 08:59 WIB
<i>Landsat 8</i> OLI	2019	11 September pukul 09:00 WIB
<i>Landsat 8</i> OLI	2021	5 Mei pukul 08:59 WIB



**Gambar 1.** Daerah kajian penelitian di Muara Gembong

**Tabel 2.** Data dan sumbernya

Data	Sumber
Pasang Surut	Badan Informasi Geospasial (BIG) ( <a href="https://srgi.big.go.id/map/pasu-t-active">https://srgi.big.go.id/map/pasu-t-active</a> )
Batimetri	Badan Informasi Geospasial (BIG) ( <a href="https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/">https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/</a> )
Kemiringan Pantai	Badan Informasi Geospasial (BIG)
Gelombang	Era 5 <i>Climate Data Store</i> ( <i>US Geological Survey dan Copernicus</i> ) ( <a href="https://cds.climate.copernicus.eu/">https://cds.climate.copernicus.eu/</a> )
Penggunaan Lahan dan Populasi Penduduk	Nugraha <i>et al.</i> , (2019)
Debit Air Sungai dan Total Sedimen dalam Aliran	Paryono <i>et al.</i> (2016)

### Pengolahan Data Citra

Koreksi radiometrik dilakukan untuk menghilangkan *noise* distorsi oleh posisi cahaya matahari (Candra & Rahayu, 2014). Perbedaan nilai reflektansi akibat atmosfer diminimalisir dengan melakukan koreksi atmosferik, memperhitungkan faktor musim dan faktor iklim. Proses koreksi dilakukan pada aplikasi QGIS. Citra kemudian dipotong sesuai daerah kajian.

Identifikasi garis pantai dilakukan dengan metode *band ratio* antara *Band NIR* dan *Band Green* sehingga dapat diperoleh batas nilai piksel untuk darat dan laut

(Alesheikh *et al.*, 2007). Data citra hasil band ratio diperbaiki dengan citra tampilan RGB composite *band SWIR-1*, NIR, dan Red.

Koreksi pasang surut dilakukan untuk mengurangi perbedaan ketinggian pasang surut saat perekaman citra. Indikator garis pantai yang digunakan adalah garis air laut rata-rata atau *Mean Sea Level* (MSL) (Chen & Chang, 2009). Pergeseran koreksi pasang surut ditentukan dengan Persamaan 1.

$$B = \frac{A}{\tan \theta} \quad (1)$$

Keterangan : B = koreksi garis pantai (m); A = perbedaan tinggi elevasi pasang surut saat akuisisi citra satelit dan MSL (m) dan  $\theta$  = kemiringan garis pantai (derajat).

### Analisis Perubahan Garis Pantai

Analisis perubahan garis pantai dilakukan dengan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) pada ArcGIS. Metode statistika yang digunakan yaitu *Net Shoreline Movement* (NSM), *Shoreline Change Envelope* (SCE), *End Point Rate* (EPR), dan *Linear Regression Rate* (LRR) (Himmelstoss *et al.*, 2018). Selain itu dilakukan pula perhitungan intensitas perubahan luas dan perubahan panjang garis pantai berdasarkan studi Zhang & Hou (2020). Nilai intensitas yang negatif menunjukkan adanya pengurangan garis pantai dan sebaliknya nilai intensitas positif merepresentasikan penambahan garis pantai.

### Penentuan Arah Transpor Sedimen

Arah transpor sedimen dihitung dengan menggunakan Persamaan 2 berdasarkan studi dari Nienhuis *et al.* (2015).

$$Q_s(\phi_0 - \theta) = K_1 \cdot \rho_s \cdot (1 - p) \cdot H_s^{12} T^{1/5} \cos^6(\phi_0 - \theta) \sin(\phi_0 - \theta) \quad (2)$$

Keterangan:  $Q_s$  = transpor sedimen sepanjang pantai ( $\text{kg s}^{-1}$ );  $K_1$  = konstanta empiris ( $0,06 \text{ m}^{3/5} \text{ s}^{-6/5}$ );  $\rho_s$  = massa jenis sedimen ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ );  $p$  = porositas;  $H_s$  = tinggi signifikan gelombang perairan dalam (m);  $T$  = periode gelombang (s);  $\phi_0$  = sudut datang gelombang perairan dalam ( $^\circ$ );  $\theta$  = sudut orientasi garis pantai lokal ( $^\circ$ ).

Nilai  $H_s$  dan  $T$  dihitung dengan Persamaan 3 dan 4 menggunakan nilai parameter gelombang dalam jangka waktu 10 tahun. Kontribusi arah gelombang terhadap transpor sedimen dihitung dari Persamaan 5.

$$H_s = \left( \frac{1}{N} \sum H_s^{12/5} \right)^{5/12} \quad (3)$$

$$T = \left( \frac{1}{N} \sum T^{1/5} \right)^5 \quad (4)$$

$$E(\phi_0) = \frac{H_s^{12/5}(\phi_0) \cdot T^{1/5}(\phi_0)}{\sum_{\phi_0} H_s^{12/5}(\phi_0) \cdot T^{1/5}(\phi_0)} \quad (5)$$

Keterangan:  $N$  = jumlah data pengamatan;  $E$  = kontribusi arah gelombang terhadap transpor sedimen sepanjang pantai ( $^\circ$ )

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi garis pantai untuk melihat kesesuaian antara garis pantai hasil ekstraksi dari citra satelit Landsat tahun 2017 dengan validator yaitu garis pantai BIG dengan sumber transek garis pantai. Jarak antara kedua garis pantai pada setiap transek (SCE) tersebut dirata-ratakan dan menghasilkan nilai sebesar 21,12 m. Nilai tersebut lebih kecil

dibandingkan dengan resolusi spasial citra satelit Landsat yaitu 30 m, maka garis pantai hasil ekstraksi dari citra satelit *Landsat* tersebut dianggap dapat merepresentasikan garis pantai di daerah Muara Gembong pada tahun-tahun lainnya seperti yang dilakukan oleh Nugraha *et al.* (2019). Rata-rata jarak beserta arahnya yang dihitung dengan *tools* NSM pada DSAS memiliki nilai -7,52 m. Nilai ini menunjukkan garis pantai citra lebih cenderung ke arah darat atau *underestimate*. *Overlay* garis pantai citra dengan garis pantai BIG diperlihatkan oleh Gambar 2.

## Dinamika Pasang Surut

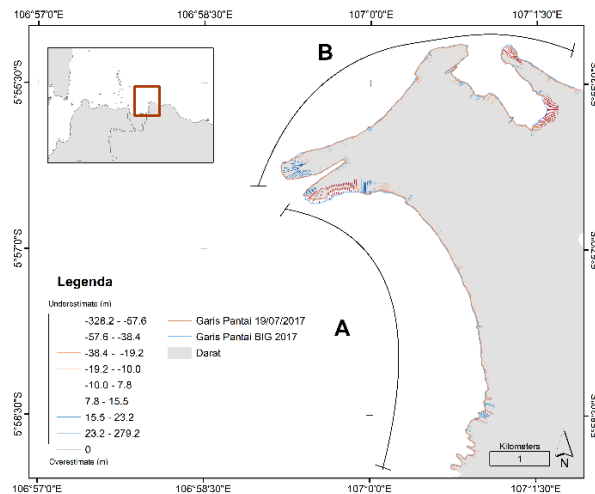
Tipe pasang surut di perairan Muara Gembong diketahui merupakan tipe pasang surut harian tunggal (diurnal), terjadi satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari. Bilangan formzahl di Muara Gembong menurut studi Hidayatullah *et al.* (2016) sebesar 4,024 (lebih besar dari 3), termasuk tipe pasang surut diurnal. Elevasi pasang surut dari data BIG terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 dapat mengekstrak konstanta pasut, bilangan formzahl, dan elevasi penting, sebaiknya nilai-nilai tersebut dihitung karena dapat memberikan koreksi yang berbeda.

Keadaan elevasi muka air laut memengaruhi posisi garis pantai. Setiap waktu akuisisi data memiliki keadaan pasang surut yang berbeda-beda. Untuk mengurangi perbedaan elevasi muka air laut dan menyamakan indikator pasang surut menjadi garis air laut rata-rata (MSL), maka dilakukan koreksi pasang surut sesuai dengan perbedaan jarak antara elevasi muka air laut pada waktu akuisisi dengan garis air tinggi pada waktu yang sama. Nilai koreksi garis pantai berbeda-beda setiap waktu akuisisi data. Garis pantai kemudian dikoreksi dengan menarik garis pantai tegak lurus ke arah darat sejauh nilai pada kolom koreksi pada Tabel 3.

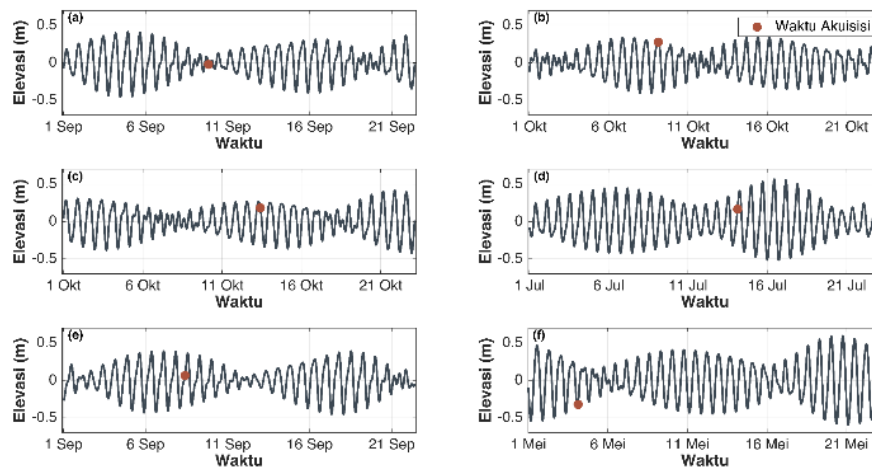
**Tabel 3.** Koreksi pasang surut

Waktu Akuisisi	Elevasi (m)	Kondisi Pasut	Slope	Koreksi (m)
13 September 2011 (08:53)	-0,024	menuju surut	0,052	-0,461
12 Oktober 2013(09:01)	0,275	menuju pasang	0,052	5,288
18 Oktober 2015(09:00)	0,183	menuju surut	0,052	3,519
19 Juli 2017(08:59)	0,166	menuju pasang	0,052	3,192
11 September 2019(09:00)	0,065	menuju pasang	0,052	1,250
5 Mei 2021(08:59)	-0,322	menuju pasang	0,052	-6,192

Keterangan: (-) ke arah darat; (+) ke arah laut



**Gambar 2.** Validasi garis pantai antara citra satelit Landsat dan garis pantai BIG.



**Gambar 3.** Grafik deret waktu elevasi pasang surut di Muara Gembong pada (a) September 2011 (b) Oktober 2013 (c) Oktober 2015 (d) Juli 2017 (e) September 2019 (f) Mei 2021.

### Batimetri Perairan

Kondisi batimetri di Perairan Muara Gembong termasuk kedalam perairan dangkal dengan rentang batimetri mencapai kedalaman 55 m (BIG, 2018). Topografi Perairan Muara Gembong landai dengan kemiringan 30 derajat dan nilai presentasi kemiringan pantai 6,67%, dan termasuk klasifikasi lereng landai dengan rentang kelas 3-8% (Kalay *et al.*, 2018). Topografi yang landai memengaruhi besarnya koreksi pasang surut, nilai kemiringan/*slope* pantai di Muara Gembong adalah 0,052. Semakin landai topografi suatu perairan, maka pergeseran garis pantai akibat perbedaan elevasi pasang surut semakin besar.

### Kondisi Gelombang Laut

Perubahan garis pantai umumnya dipengaruhi oleh hidrodinamika perairan, salah satunya gelombang yang merupakan

salah satu agen transpor dalam pergerakan sedimen di pesisir (Stanica & Ungureanu, 2010). Visualisasi temporal gelombang dari data Era5 *Climate Data Store* (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)) tahun 2011 hingga 2021, dapat terlihat pada

Gambar 5 hingga

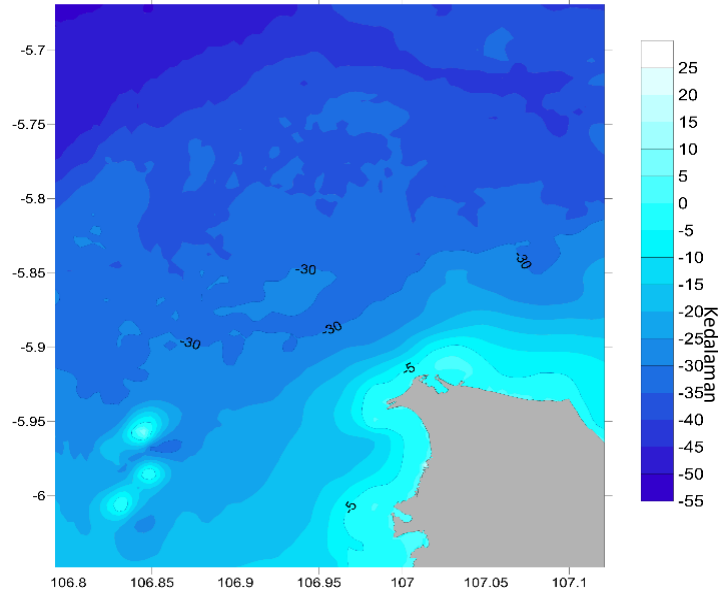
Gambar 7. Data yang diambil pada titik  $5,75^{\circ}\text{S}$  dan  $107^{\circ}\text{E}$  sejauh 20 km dari daratan.

Gambar 5 memperlihatkan tinggi signifikan gelombang laut menunjukkan variabilitas musiman, yaitu nilainya lebih tinggi ketika Musim Barat (Desember Januari Februari) dan Musim Timur (Juni Juli Agustus) dibandingkan dengan ketika Musim Peralihan I (Maret April Mei) dan Musim Peralihan II (September Oktober November). Variabilitas tersebut diakibatkan oleh kecepatan angin yang lebih besar ketika Musim Barat dan Timur

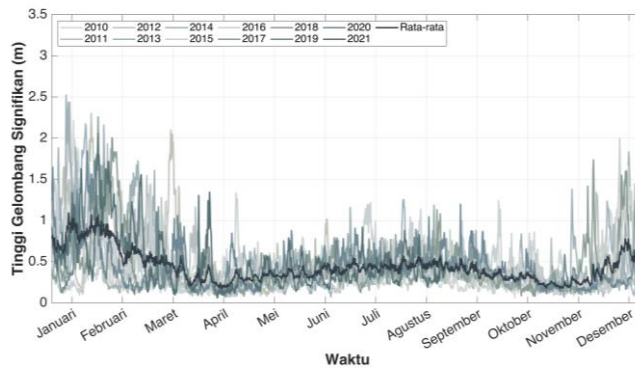
dibandingkan ketika Musim Peralihan I dan II dan daerah pembangkitan gelombang yang lebih luas yaitu di Laut Cina Selatan and Laut Jawa bagian timur (Abdurrahman *et al.*, 2021). Grafik periode gelombang signifikan pada Gambar 6 menunjukkan variabilitas yang sama dengan grafik tinggi gelombang

signifikan yaitu nilainya tinggi ketika Musim Barat dan Timur.

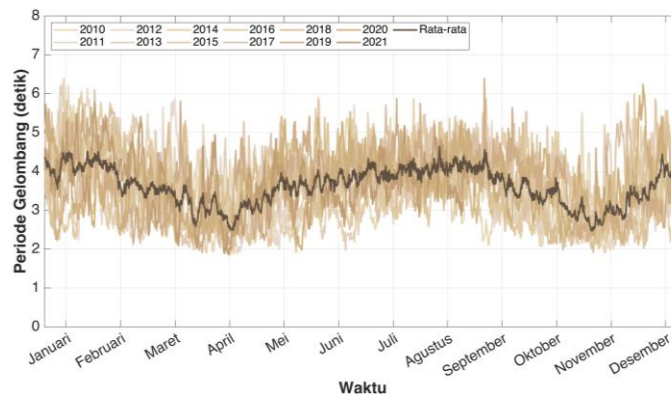
Gambar 7 menunjukkan arah gelombang di perairan Muara Gembong didominasi oleh gelombang dari arah  $295^{\circ}$ - $330^{\circ}$  (barat laut) dan  $90^{\circ}$  (timur) merupakan gelombang Musim Barat dan Timur.



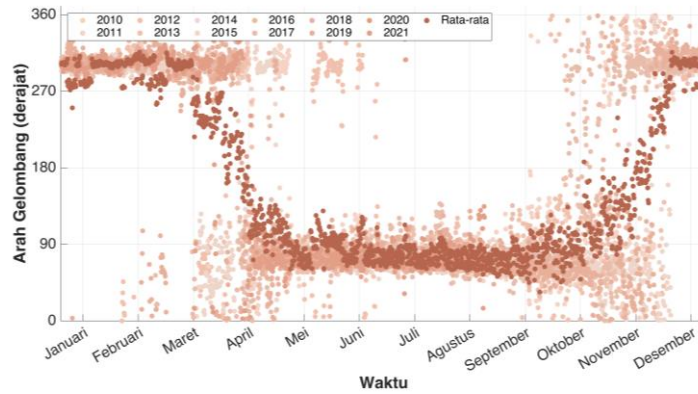
**Gambar 4.** Batimetri (kedalaman perairan) di perairan Muara Gembong (BIG, 2018).



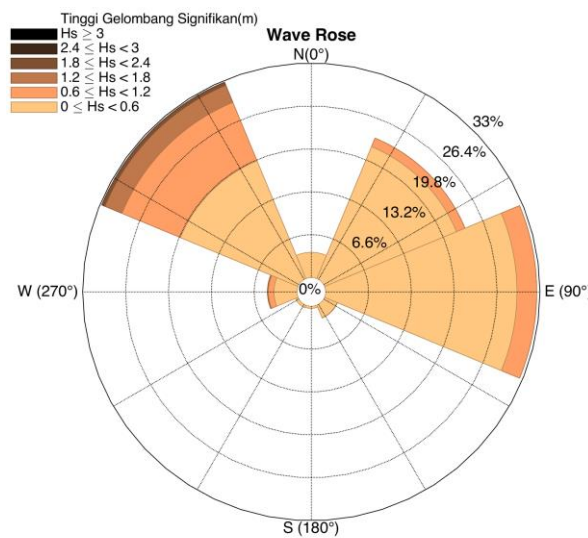
**Gambar 5.** Grafik deret waktu tinggi gelombang signifikan



**Gambar 6.** Grafik deret waktu periode gelombang signifikan



**Gambar 7.** Grafik deret waktu arah gelombang signifikan dengan 0° menunjukkan ke arah utara semakin membesar searah jarum jam.



**Gambar 8.** Waverose tinggi gelombang signifikan dan arah gelombang (*blowing from*)

Arah datang gelombang selama 10 tahun diperlihatkan pada Gambar 8, sebagian besar datang dari arah timur laut-timur juga dari arah barat laut. Dominansi arah datang gelombang dari barat laut dengan persentase 32,73%. Arah penjalaran gelombang yang dominan akan memengaruhi arah transpor sedimen dan dipengaruhi pula oleh orientasi garis pantai. Hempasan gelombang yang datang ke arah pantai terus-menerus dapat menyebabkan proses penggerusan pantai (abrasi). Gelombang yang datang dengan sudut tertentu juga dapat menyebabkan abrasi karena menimbulkan arus sejajar pantai yang membawa angkutan sedimen hingga tempat tertentu ketika pengaruh arus sejajar pantai berkurang sehingga mengalami.

**Perubahan Garis Pantai Tahun 2011-2021**

Hasil *overlay* garis pantai di Muara Gembong selama 10 tahun (2011-2021) dapat dilihat pada

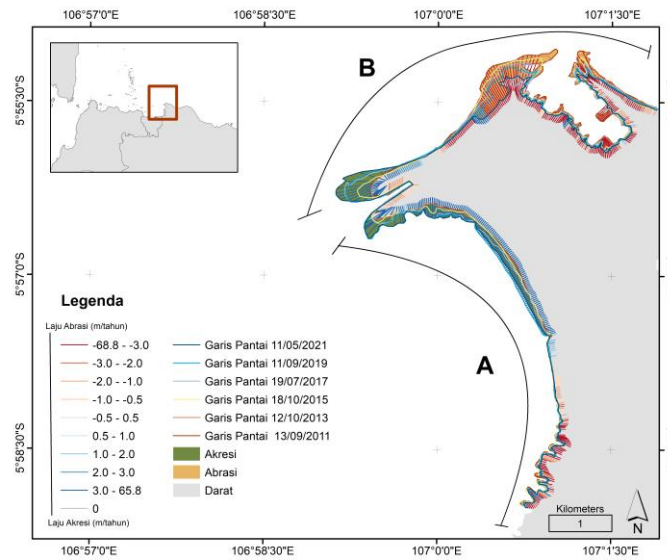
Gambar 9. Garis Pantai di Muara Gembong selama 10 tahun mengalami perubahan yang signifikan, bahkan selama selang dua tahun perubahan yang dialaminya cukup besar. Terlihat jelas jika Zona B merupakan zona yang mengalami abrasi dengan luas terbesar, dan Zona A merupakan zona dengan akresi paling besar. Terjadinya akresi dominan terlihat pada bagian selatan mulut Muara Gembong.

Luasan abrasi dan akresi dalam 10 tahun didigitasi berdasarkan daerah antara garis pantai tahun 2011 dan 2021. Total luas abrasi selama 10 tahun pada seluruh zona yaitu 805.562,41 m<sup>2</sup> dan total luas akresi 881.897,24 m<sup>2</sup>. Luasan abrasi paling besar dialami oleh Zona B dengan nilai 805.837,06 m<sup>2</sup>, zona ini juga merupakan zona dengan luas akresi yang lebih kecil dibandingkan Zona A yaitu 265.688,68 m<sup>2</sup>. Zona A mengalami abrasi dengan luas 76.060,18 m<sup>2</sup> dan akresi 473.476,39 m<sup>2</sup>.

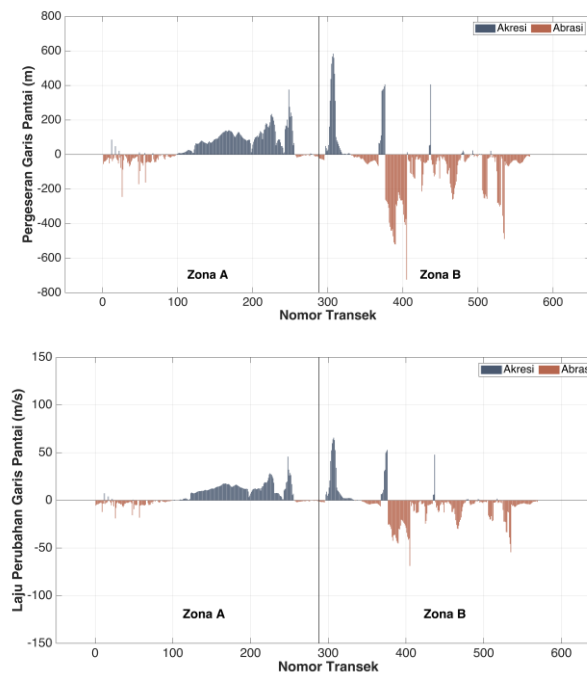
Selama jangka waktu 10 tahun, nilai pergeseran garis pantai ke arah darat atau abrasi paling besar adalah -724,59 m dan pergeseran garis pantai akresi paling besar memiliki nilai 584,46 m keduanya terletak pada Zona B. Grafik pergeseran garis pantai dan laju perubahan garis pantai selama 10 tahun sepanjang transek dengan jarak 30 m dapat dilihat pada

Gambar 10. Perubahan garis pantai di Muara Gembong selama 10 tahun memperlihatkan rerata pergeseran garis pantai yang cenderung mengalami akresi dengan nilai 6,81 m.

Seluruh zona menunjukkan nilai rerata akresi 99,63 m dan abrasi nilainya -79,23 m. Laju perubahan garis pantai seluruh zona nilainya 0,18 m/tahun dengan rerata laju abrasi sebesar -7.68 m/tahun dan rerata laju akresi 12,24 m/tahun. Zona B memiliki nilai pergeseran garis pantai cenderung ke arah darat (abrasi) dengan nilai terbesar yaitu -9.25 m sedangkan laju abrasinya -4,77 m/tahun. Zona dengan nilai pergeseran garis pantai cenderung terjadinya akresi yang terbesar adalah Zona A dengan nilai 31,07 m dan laju akresinya 5,41 m/tahun. Rerata



**Gambar 9.** Peta perubahan garis pantai di Muara Gembong pada tahun 2011-2021.



**Gambar 10.** Pergeseran garis pantai (atas) dan laju perubahan garis pantai (bawah) pada setiap transek.

pergeseran garis pantai dan juga rerata laju perubahan garis pantai untuk setiap zona baik akresi maupun abrasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Intensitas perubahan luas daerah di Muara Gembong cenderung fluktuatif setiap 2 tahunnya dengan intensitas luas yang bertambah selama 10 tahun. Nilai absolut perubahan luas terbesar pada tahun 2015-2017 yang artinya pada tahun tersebut terjadi perubahan yang signifikan (2,75%) dibandingkan tahun lainnya. Intensitas perubahan panjang garis pantai juga fluktuatif dan memperlihatkan pengurangan panjang garis pantai selama 10 tahun. Nilai absolut perubahan panjang garis pantai paling signifikan terjadi pada tahun 2015-2017 (2,73%). Hal tersebut diperlihatkan pada Tabel 5.

Perubahan panjang garis pantai tidak selalu diiringi dengan penambahan (sebaiknya kata pertambahan diubah menjadi penambahan karena mendeskripsikan lahan bukan penduduk, Ketika lahan berkurang maka akan terjadi pengurangan luas lahan, bukan perurangan luas lahan) luas, begitu juga sebaliknya. Penambahan luas dapat mengurangi panjang garis pantai akibat adanya sedimen yang terdeposisi ataupun dapat menambah panjang garis pantai akibat adanya fitur-fitur pantai baru yang terbentuk. Pada

Gambar 11 dapat dilihat pergeseran rerata garis pantai dan intensitas perubahan luas secara temporal pada setiap zona. Pergeseran garis pantai akresi dan penambahan luas terlihat pada Zona A pada

tahun 2017-2019. Zona A merupakan daerah yang dipengaruhi pengeluaran sedimen dari muara Sungai Citarum. Sedimen yang terbawa aliran sungai dan mengendap di muara terbawa oleh arus sejajar pantai ke arah selatan. Secara keseluruhan, Zona A cenderung mengalami akresi atau penambahan luas lahan daratan dibandingkan dengan Zona B. Akresi pada Zona A dipengaruhi oleh sedimen yang keluar dari muara Sungai Citarum.

Zona B memperlihatkan pergeseran garis pantai yang cenderung ke arah darat (abrasi) dari tahun 2011 hingga 2021, kecuali pada tahun 2015-2017. Hal ini karena Zona B terletak pada bagian utara yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Selain itu akibat peningkatan kegiatan konversi hutan mangrove menjadi lahan tambak di Muara Gembong yang terjadi hingga tahun 1998 (Nugraha *et al.*, 2019), berkurangnya hutan mangrove yang dapat meredam gelombang berubah menjadi tambak yang rentan tergerus gelombang menyebabkan terjadinya abrasi di zona ini.

### Penggunaan Lahan

Perubahan garis pantai yang terjadi di pesisir dapat disebabkan oleh aktivitas manusia diantaranya dapat dilihat dari alih fungsi dan penggunaan lahan yang tidak mementingkan dan mempertimbangkan keseimbangan alam. Penggunaan lahan berupa luasan mangrove, permukiman,

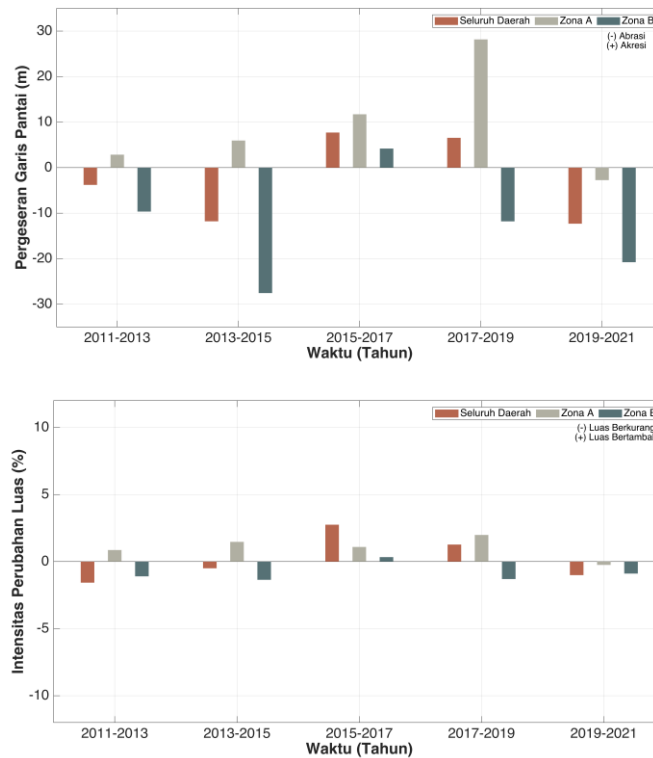
**Tabel 4.** Nilai rerata pergeseran garis pantai dan rerata laju perubahan garis pantai di Muara Gembong pada setiap zona tahun 2011-2021

Zona	Pergeseran Garis Pantai (m)			Laju Perubahan Garis Pantai (m/th)			Keterangan
	+	-	rerata	+	-	rerata	
A	91,72	-29,58	31,07	11,34	-3,02	5,41	Akresi
B	102,55	-121,05	-9,25	9,99	-14,6	-4,77	Abrasi

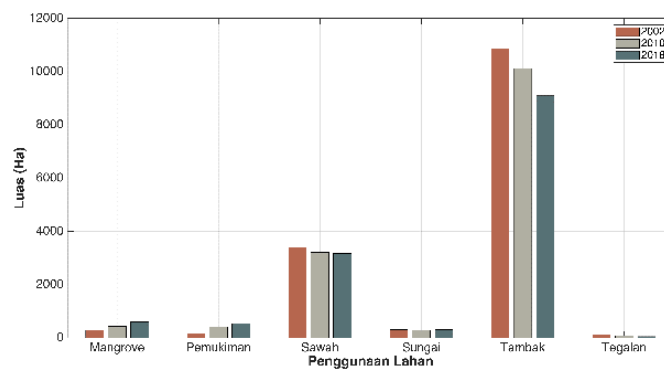
Keterangan: (-) ke arah darat (abrasi); (+) ke arah laut (akresi)

**Tabel 5.** Intensitas perubahan luas dan perubahan panjang

Tahun	Intensitas Perubahan Luas (%)	Intensitas Perubahan Panjang (%)
2011-2013	-1,57%	-1,04%
2013-2015	-0,50%	-2,22%
2015-2017	2,75%	2,73%
2017-2019	1,27%	-2,36%
2019-2021	-1,01%	1,07%
2011-2021	0,92%	-1,03%



**Gambar 11.** Grafik rerata pergeseran garis pantai (atas) dan intensitas perubahan luas (bawah) terhadap waktu.



**Gambar 12.** Luasan penggunaan lahan di Muara Gembong tahun 2002, 2010, dan 2018

sawah, sungai, tambak, dan tegalan di Muara Gembong dapat dilihat pada Gambar 12.

Data penggunaan lahan dari studi Nugraha *et al.*, (2019) memperlihatkan peningkatan luasan mangrove diakibatkan oleh kesadaran masyarakat mengenai peranan mangrove dalam menahan abrasi pantai. Selain itu mangrove tumbuh alami di muara sungai karena adanya pengendapan sedimen. Luas sawah dan tegalan berkurang mengindikasikan adanya alih fungsi lahan tersebut menjadi permukiman penduduk. Muara Gembong didominasi oleh tambak. Sejak 2002 hingga 2018 tersebut luas tambak

berkurang setelah sebelumnya mengalami peningkatan secara masif tercatat pada studi Nugraha *et al.*, (2019) tahun 1989 hingga 1998 terjadi kenaikan luas tambak sebesar kurang lebih 37,72% dan penurunan luas mangrove sebesar 8,5%. Meningkatnya kegiatan konversi hutan mangrove yang terjadi hingga tahun 1998 yang dapat meredam gelombang berubah menjadi tambak yang rentan tergerus gelombang menyebabkan abrasi di Zona B.

Persebaran secara spasial penggunaan lahan di Muara Gembong tergambar di Gambar 13 memperlihatkan tampak citra *Google Earth*. Terlihat bahwa mangrove

di muara bertambah dari tahun ke tahun, hal ini sejalan dengan akresi pada muara sungai. Tambak yang mendominasi penggunaan lahan pada Zona B bagian utara terlihat semakin tergerus dan berkurang, seiring dengan abrasi yang terjadi. Oleh karenanya abrasi pada Zona B lebih dipengaruhi oleh faktor antropogenik dibandingkan dengan faktor alam, yaitu alih fungsi lahan menjadi tambak. Alih fungsi lahan tersebut merupakan faktor utama perubahan garis pantai di pesisir utara Jawa (Fauzunora *et al.*, 2023; Solihuddin *et al.*, 2021; Arjasakusuma *et al.*, 2021; Kalthar & Itaya, 2020).

### Debit Sungai dan Total Sedimen

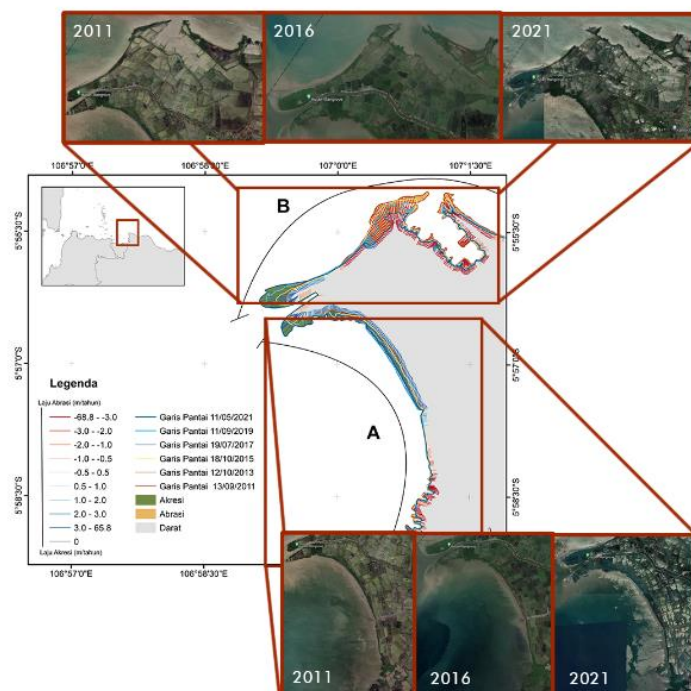
Debit sungai dan sedimen dalam aliran dapat memengaruhi sedimentasi pada muara sungai. Grafik debit sungai dan total sedimen dalam aliran pada tahun 2014 dapat dilihat pada

Gambar 14. Bahwa baik debit air maupun total sedimen dalam aliran lebih tinggi ketika musim hujan pada periode Oktober hingga Maret dan mengalami penurunan dari April hingga September. Debit sungai lebih besar ketika musim hujan dikarenakan adanya curah hujan yang lebih tinggi. Jika lahan resapan air atau lahan vegetasi berkurang, maka semakin banyak air yang tidak terserap ke dalam tanah. Air tersebut akan masuk ke sungai dan menambah debit air sungai. Air hujan dan air sungai tersebut merupakan media pembawa sedimen dari daratan ke muara sungai. Total

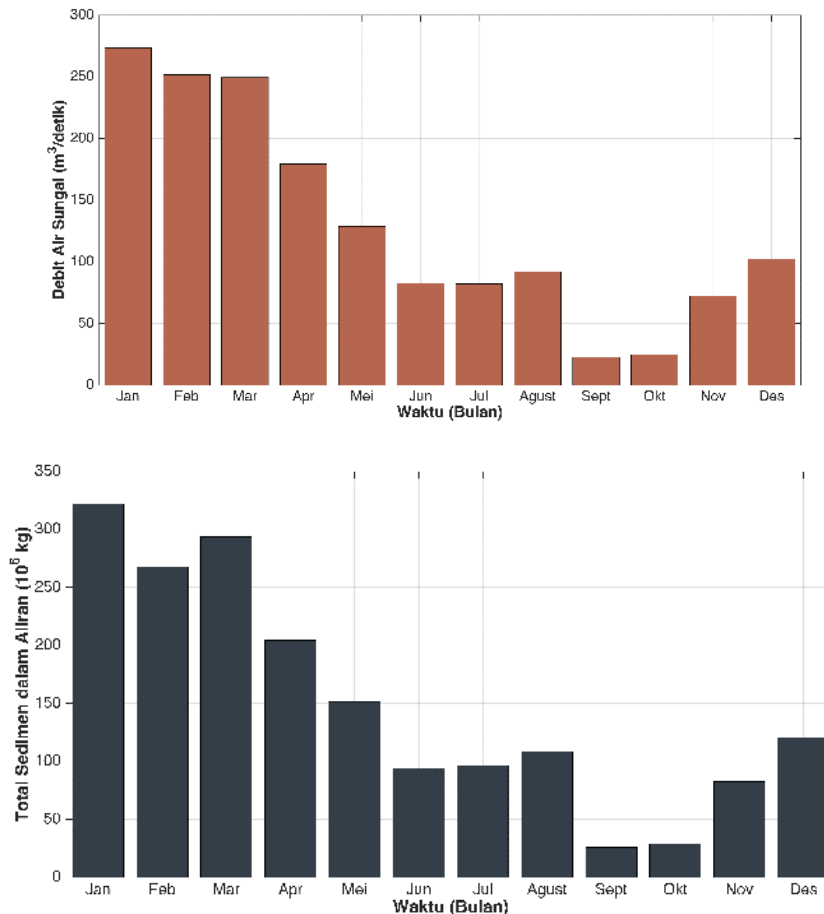
sedimen dalam aliran Sungai Citarum adalah  $1.794,42 \times 10^6$  kg/tahun. Volume sedimen yang masuk ke dalam Muara Gembong dalam satu tahun senilai  $6,77 \times 10^5$  m<sup>3</sup>/tahun merupakan hasil dari pembagian total sedimen dalam aliran dengan massa jenis sedimen pasir yaitu 2.650 kg/m<sup>3</sup> (Van Rijn, 1984). Jika diakumulasikan dalam 10 tahun, volume sedimen yang masuk ke Muara Gembong tersebut senilai  $6,77 \times 10^6$  m<sup>3</sup>. Volume sedimen akresi dari citra yang merupakan hasil perkalian dari luas akresi dan *Depth of Closure* yaitu 4,22 m memiliki nilai  $4,02 \times 10^6$  m<sup>3</sup>. Nilai tersebut tidak terlalu jauh berbeda menimbang pendekatan-pendekatan yang dilakukan seperti pendekatan kedalaman yang dianggap homogen dan juga pendekatan massa jenis sedimen homogen secara spasial. Nilai tersebut memperkuat indikasi jika sedimen dari sungai terdeposisi, kemudian cocok untuk pertumbuhan mangrove maka akan menyebabkan terjadinya akresi.

### Transpor Sedimen Akibat Gelombang

Sedimen pada pesisir pantai Muara Gembong dapat bergerak baik tegak lurus pantai maupun sepanjang pantai. Sedimen yang bergerak sepanjang pantai dapat terdeposisi kemudian menyebabkan garis pantai mengalami akresi, atau mundurnya garis pantai akibat proses abrasi. Transpor sedimen sepanjang pantai dihitung dengan menggunakan Persamaan 2 yang dipengaruhi



**Gambar 13.** Tutupan lahan tampak dari *Google Earth* pada tahun 2011, 2016 dan 2021.



**Gambar 14.** Debit air pada hilir Sungai Citarum (atas) dan total sedimen aliran (bawah) pada tahun 2014 (Paryono *et al.*, 2016).

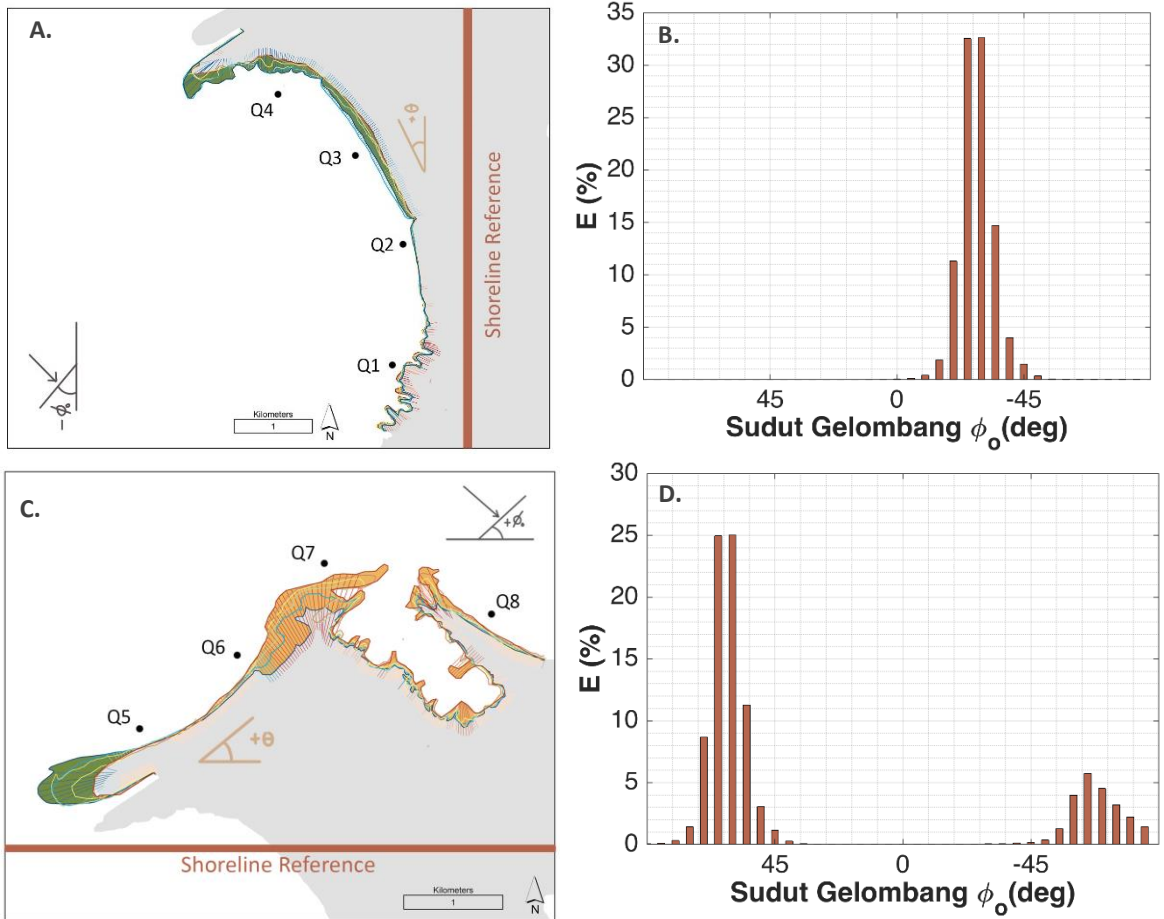
oleh data gelombang yaitu tinggi dan arah datang gelombang dan juga orientasi garis pantai lokal. Referensi perhitungan orientasi garis pantai lokal ( $\theta$ ) untuk menghitung transpor sedimen sepanjang pantai digunakan dua referensi yaitu referensi horizontal untuk Zona A dan referensi vertikal untuk Zona B.

Gambar 15 memperlihatkan referensi orientasi garis pantai vertikal yang diterapkan pada Zona A, dengan sudut  $270^\circ$  sebagai garis normal. Sudut orientasi garis pantai lokal ( $\theta$ ) dan sudut gelombang datang ( $\phi_0$ ) yang terbuka ke arah utara (sudut  $360^\circ$ ) memiliki nilai sudut positif dan terbuka ke arah selatan (sudut  $180^\circ$ ) bernilai negatif. Probabilitas distribusi energi untuk referensi orientasi garis pantai vertikal dalam 10 tahun memperlihatkan nilai yang paling tinggi pada sudut  $-33^\circ$  artinya gelombang dari arah barat laut, tepatnya yang menjalar dari  $327^\circ$  berkontribusi paling besar terhadap transpor sedimen pada Zona A sekitar 32,63%.

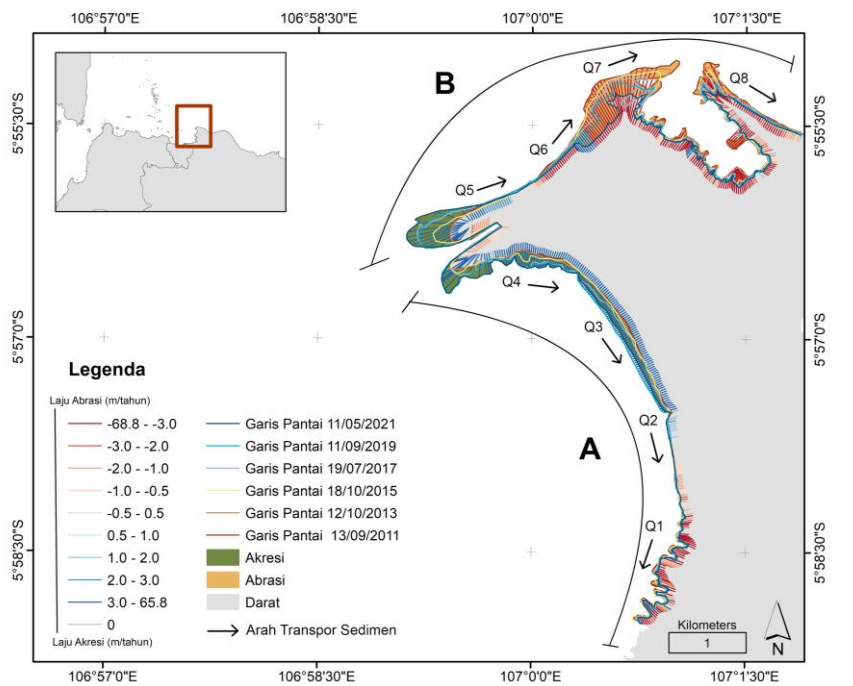
Selain itu referensi orientasi garis pantai horizontal yang diterapkan pada Zona B,

dengan sudut  $0^\circ$  sebagai garis normal. Sudut orientasi garis pantai lokal ( $\theta$ ) dan sudut gelombang datang ( $\phi_0$ ) yang terbuka ke arah timur ( $90^\circ$ ) memiliki nilai sudut positif dan terbuka ke arah barat ( $270^\circ$ ) bernilai negatif. Probabilitas distribusi energi untuk referensi orientasi garis pantai horizontal selama 10 tahun memperlihatkan nilai yang paling tinggi pada  $36^\circ$  artinya gelombang dari arah barat laut, berkontribusi paling besar terhadap transpor sedimen pada Zona B sekitar 25,02%.

Arah transpor sedimen yang diakibatkan oleh arah gelombang dengan kontribusi energi terbesar tanpa menimbang faktor lain seperti debit sungai. Orientasi pantai lokal dihitung pada setiap titik dengan bantuan aplikasi *Google Earth*. Zona A yang terletak di selatan, dengan kontribusi gelombang paling besar dari arah barat laut, menyebabkan transpor sedimen yang bergerak ke kiri dan kemudian bergerak ke arah selatan. Zona B menunjukkan transpor sedimen terlihat ke arah timur diakibatkan oleh kontribusi arah gelombang dominan yang berasal dari barat laut (Gambar 16).



**Gambar 15.** Referensi orientasi garis pantai vertikal untuk Zona A (A), probabilitas distribusi energi gelombang Zona A (B), referensi orientasi garis pantai horizontal untuk Zona B (C), dan probabilitas distribusi energi gelombang Zona B (D).



**Gambar 16.** Arah transpor sedimen pada Zona A dan Zona B.

**Tabel 6.** Perhitungan arah transpor sedimen pada 8 titik pengamatan

No.	Titik	$\theta$ ( $^{\circ}$ )	Arah
Zona A			
1	Q1	-22	-
2	Q2	7	-
3	Q3	33	-
4	Q4	62	-
Zona B			
5	Q5	26	+
6	Q6	36	+
7	Q7	10	+
8	Q8	-31	+

Keterangan: (-) transpor sedimen ke arah barat; (+) transpor sedimen ke arah timur

## KESIMPULAN

Perubahan garis pantai di Muara Gembong selama 10 tahun (2011-2021) memperlihatkan kecenderungan mengalami akresi sejauh 6,81 m dengan rerata pergeseran garis pantai akresi 99,63 m dan rerata abrasi -79,23 m. Laju perubahan garis pantai di Muara Gembong nilainya 0,18 m/tahun dengan laju akresi 12,24 m/tahun dan laju abrasi -7,68 m/tahun. Total luas abrasi selama 10 tahun pada seluruh zona yaitu 805.562,41 m<sup>2</sup> dan total luas akresi 881.897,24 m<sup>2</sup>. Arah transpor sedimen pada Zona A mengarah ke selatan atau ke kiri dari muara sungai, sedangkan pada Zona B mengarah ke timur atau kanan dari muara sungai. Hal ini dipengaruhi oleh kontribusi terbesar energi gelombang yang menjalar dari arah barat laut.

## REFERENSI

- Abdurrahman, U., Ningsih, N.S., Suprijo, T., & Tarya, A. 2021. Analisis perubahan garis pantai akibat pembangunan jetty di Wilayah Pantai Karangsong, Indramayu, Indonesia. *Bulletin of Geology*, 5(2):628-637. DOI: 10.5614/bull.geol.2021.5.2.5
- Alesheikh, A.A., Ghorbanali, A., & Nouri, N. 2007. Coastline change detection using remote sensing. *International Journal Environment Science Technology*. 4(1):61-66. DOI: 10.1007/BF03325962
- Alimuddin, & Aryanti, D. 2020. Kajian perubahan garis Pantai Muara Gembong, Bekasi. *Jurnal Rona Teknik Pertanian*. 13(2):42-58. DOI: 10.17969/rtp.v13i2.17620
- Arjasakusuma, S., Kusuma, S.S., Saringatin, S., Wicaksono, P., Mutaqin, B.W., & Rafif, R. 2021. Shoreline dynamics in East Java Province, Indonesia, from 2000 to 2019 using multi-sensor remote sensing data. *Land*, 10(2):1-17. DOI: 10.3390/land10020100
- Badan Informasi Geospasial. 2018. DEMNAS: Seamless Digital Elevation Model (DEM) dan Batimetri Nasional. Cibinong, Indonesia: Geospatial Information Agency.
- Boak, E.H., & Turner, I.L. 2005. Shoreline definition and detection: A review. *Journal of Coastal Research*, 21(4):688-703. DOI: 10.2112/03-0071
- Candra, D.S., & Rahayu. 2014. Koreksi radiometrik citra Landsat-8 Kanal Multispektral menggunakan *Top of Atmosphere* (TOA). *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*, 1(1):762-768.
- Chen, W.W., & Chang, H.K. 2009. Estimation of shoreline position and change from satellite images considering tidal variation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 84(1):54-60. DOI: 10.1016/j.e.css.2009.06.002
- Fauzunora, E.A., Saepuloh, A., & Tarya, A. 2023. Coastline change using time series satellite images in the North Coast of Java: Study Case Indramayu Regency, West Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1245(1):012038). DOI: 10.1088/1755-1315/1245/1/012038
- Hidayatullah, I., Subardjo, P., & Satriadi, A. 2016. Pemetaan genangan rob di pesisir Muaragembong Kabupaten Bekasi dengan menggunakan sistem informasi geografis. *Journal of Oceanography*, 5(3):359-367.
- Himmelstoss, E.A., Henderson, R.E., Kratzmann, M.G., & Farris, A.S. 2018. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide. Reston: U.S. Geological Survey.

- Kalay, D.E., Lopulissa, V.F., & Noya, Y.A. 2018. Analisis kemiringan lereng pantai dan distribusi sedimen Kecamatan Salahutu Provinsi Maluku. *Jurnal Triton*, 14(1):10–18.
- Kalther, J., & Itaya A. 2020. Coastline changes and their effects on land use and cover in Subang, Indonesia. *Journal of coastal conservation*, 24(2): p.16. DOI: 10.1007/s11852-020-00736-w
- Moussaid, J., For, A.A., Zourarah, B., Maanan, M., & Maanan, M. 2015. Using automatic computation to analyze the rate of shoreline change on the Kenitra coast, Morocco. *Ocean Engineering*, 102:71-77. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.04.044
- Motyka, J.M., & Brampton, A.H. 1993. Coastal management: mapping of littoral cells. *Hydraulics Research Report*, 1622174: 102pp.
- Nienhuis, J.H., Ashton, A.D., & Giosan, L. 2015. What makes a delta wave-dominated?. *Geology*, 43(6):511–514. DOI: 10.1130/G36518.1
- Nugraha, R.B.A., Syaharani, L., Iska, R., Mulyana, D., Wahyudin, Y., Purbani, D., Jayawiguna, H., Triyono, T., Setiawan, A., & Fajar, P. 2019. The impact of land used changes on mangrove forest and shoreline dynamic in Muara Gembong, Bekasi, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 241(1):012018 DOI: 10.1088/1755-1315/241/1/012018
- Paryono, Damar, A., Susilo, S.B., Dahuri, R., & Suseno, H. 2016. Mapping of sedimentation distribution at Citarum River Estuary, Muara Gembong District, Bekasi Regency. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 14(5):93–101. DOI: 10.20886/jppdas.2017.1.1.15-26
- Pussella, P., Gunathilake, J., & Bandara, K. 2015. Coastline changes: vulnerability and predictions - a case study of the Northwestern Coastal Belt of Sri Lanka. Faculty of Geomatics, Sabaragamuwa University, Sri Lanka. 8–10pp.
- Putra, H., Prasetyo, L.B., & Santoso, N. 2016. Monitoring perubahan garis pantai dengan citra satelit di Muara Gembong Bekasi. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 6(2):178–186. DOI: 10.29244/jpsl.6.2.178
- Stanica, A., & Ungureanu, V. 2010. Understanding coastal morphology and sedimentology. *Terre et Environnement*, 88:105–111.
- Solihuddin, T., Husrin, S., Salim, H.L., Kepel, T.L., Mustikasari, E., Heriati, A., Ati, R.N.A., Purbani, D., Mbay, L.O.N., Indriasari, V.Y., & Berliana, B. 2021. Coastal erosion on the north coast of Java: adaptation strategies and coastal management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 777(1):012035. DOI: 10.1088/1755-1315/777/1/012035
- Suwargana, N. 2008. Analisis perubahan hutan mangrove menggunakan data penginderaan jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 5:64–74.
- Van Rijn, L.C. 1984. Sediment transport, part II: suspended load transport. *Journal of Hydraulics Engineering*, 110(11). DOI: 10.1061/(ASCE)0733-9429(1984)110:11(1613)
- Zhang, Y, & Hou, X. 2020. Characteristics of coastline changes on Southeast Asia islands from 2000 to 2015. *Remote Sensing*, 12(519):1–22. DOI: 10.3390/rs12030519