



**Dinamika Perubahan Garis Pantai di Kecamatan Blanakan, Kabupaten Subang,
Jawa Barat Pada Tahun 1995-2020**

***Dynamics of Coastline Change in Blanakan District, Subang Regency,
West Java from 1995 to 2020***

Ayi Tarya^{1,2*}, Billy Jonathan Aneky³

¹Kelompok Keahlian Oseanografi Lingkungan dan Terapan,

Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, Institut Teknologi Bandung

²Pusat Pengembangan Kawasan Pesisir dan Laut, Institut Teknologi Bandung

³Program Studi Oseanografi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan,
Institut Teknologi Bandung

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

Email: ayi.tarya@itb.ac.id

ABSTRAK

Pantai merupakan sistem yang dinamis dan kompleks yang terus mengalami perubahan dalam berbagai skala ruang dan waktu, salah satunya adalah dinamika perubahan garis pantai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan garis pantai di Kecamatan Blanakan, Kabupaten Subang, selama periode 1995–2020 menggunakan citra satelit Landsat serta mengkaji pengaruh iklim gelombang dan transpor sedimen sejajar pantai terhadap perubahan tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa wilayah pesisir Blanakan didominasi oleh proses akresi, terutama pada bagian barat pantai. Selama periode penelitian, luas daratan di pesisir Kecamatan Blanakan bertambah sebesar 7,27 km². Pergeseran garis pantai di bagian barat mencapai +1.005,13 m dengan laju rata-rata +40,21 m/tahun, sedangkan di bagian timur pergeseran mencapai +63,15 m dengan laju rata-rata +2,53 m/tahun. Analisis klimatologi gelombang menunjukkan tinggi gelombang signifikan rata-rata sebesar 0,399 m dengan periode gelombang rata-rata 3,361 s. Gelombang dominan berasal dari arah barat-barat laut dan timur-timur laut yang dipengaruhi oleh sistem monsun di Laut Jawa. Pola penjalaran gelombang tersebut membentuk transpor sedimen sejajar pantai ke dua arah yang berperan penting dalam mendistribusikan sedimen fluvial dari Sungai Cilamaya dan Sungai Ciasem. Suplai dan redistribusi sedimen dari kedua sungai tersebut menjadi faktor utama yang mengontrol terjadinya akresi di kawasan pesisir Kecamatan Blanakan.

Kata kunci: Perubahan Garis Pantai, Citra Satelit, Transpor Sedimen, Gelombang Laut

ABSTRACT

Coastal areas are dynamic and complex systems that continuously experience changes across various spatial and temporal scales, one of which is shoreline change dynamics. This study aims to analyse shoreline changes in Blanakan District, Subang Regency, during the 1995–2020 period using Landsat satellite imagery and to examine the influence of wave climate and longshore sediment transport on these changes. The



results show that the coastal area of Blanakan is predominantly characterised by accretion processes, particularly along the western coast. During the study period, the land area in the coastal region of Blanakan District increased by 7.27 km². Shoreline displacement in the western part reached +1,005.13 m with an average shoreline change rate of +40.21 m/year, while the eastern part experienced a displacement of +63.15 m with an average rate of +2.53 m/year. Wave climatology analysis indicates an average significant wave height of 0.399 m and an average wave period of 3.361 s. The dominant waves propagate from the west–northwest and east–northeast directions under the influence of the monsoon system in the Java Sea. These wave propagation patterns generate bidirectional longshore sediment transport that plays an important role in redistributing fluvial sediments from the Cilamaya and Ciasem Rivers. The supply and redistribution of sediments from these rivers are the main factors controlling the significant accretion processes along the coastal area of Blanakan District.

Keywords: *Coastline change, Satellite imagery, Sediment transport, Waves*

I. Pendahuluan

Pesisir pantai merupakan kawasan yang sangat penting bagi perkembangan sosial dan ekonomi masyarakat. Wilayah pesisir mendukung perkembangan dalam berbagai sektor seperti pertanian, perikanan, industri, komersial, dan rekreasi (Ferreira *et al.*, 2021). Saat ini, lebih dari 25% populasi manusia di dunia hidup di sekitar 100 km dari garis pantai, angka populasi tersebut tiga kali lebih besar dari rata-rata kerapatan populasi di dunia (Ferreira *et al.*, 2021). Jumlah tersebut diperkirakan akan terus bertambah mengingat melimpahnya sumber daya alam yang tersedia di wilayah pesisir (Mujabar & Chandrasekar, 2011). Di sisi lain, pantai merupakan perbatasan antara laut dan daratan yang merupakan sistem yang kompleks, dinamis, dan banyak mengalami perubahan yang sifatnya bervariasi, baik secara spasial maupun temporal (Miller & Dean, 2004). Salah satu perubahan tersebut adalah perubahan garis pantai. Garis pantai secara kontinu berubah terhadap waktu karena adanya perpindahan sedimen dan variasi muka air laut (Boak & Turner, 2005). Kombinasi antara perubahan iklim dan aktivitas manusia yang meningkat dapat menyebabkan perubahan garis pantai secara signifikan (Sorensen, 2006; Ghonim, 2019).

Teknologi penginderaan jauh dengan citra satelit, seperti Landsat dan Sentinel, telah banyak digunakan untuk kegiatan pemantauan perubahan lingkungan seperti perubahan garis pantai (Ferreira *et al.*, 2021). Citra satelit yang memiliki variasi resolusi spasial dan temporal yang dapat digunakan untuk identifikasi area-area yang mengalami perubahan signifikan, seperti akresi (penambahan daratan) dan abrasi (pengikisan daratan). Selain itu, perkembangan metode analisis berbasis penginderaan jauh dan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) semakin meningkatkan akurasi pemetaan dinamika garis pantai dalam skala jangka panjang (Himmelstoss *et al.*, 2018). Informasi mengenai laju akresi dan abrasi sangat penting dalam mendukung perencanaan tata ruang wilayah pesisir yang berkelanjutan, mitigasi risiko bencana pesisir, serta pengelolaan sumber daya pesisir secara terpadu. Hal ini menjadi semakin penting pada wilayah pesisir utara Jawa yang memiliki tingkat dinamika sedimentasi dan perubahan garis pantai yang tinggi akibat pengaruh gelombang, arus, dan suplai sedimen sungai (Dewi *et al.*, 2016; Hendriyono *et al.*, 2015).



Kecamatan Blanakan, Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat, merupakan salah satu sentra utama produksi perikanan di Kabupaten Subang. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kabupaten Subang (2021), Kecamatan Blanakan menyumbang sekitar 56% dari total produksi perikanan tangkap kabupaten tersebut. Besarnya potensi perikanan ini mendorong Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia menetapkan Kecamatan Blanakan sebagai kawasan minapolitan melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2013 tentang Penetapan Kawasan Minapolitan, sehingga wilayah ini berperan sebagai salah satu pusat pertumbuhan ekonomi Kabupaten Subang. Optimalisasi potensi tersebut memerlukan dukungan perencanaan dan pengelolaan tata ruang wilayah pesisir yang berkelanjutan dan berbasis informasi ilmiah. Salah satu informasi penting dalam pengelolaan pesisir adalah dinamika perubahan garis pantai, yang mencerminkan respons wilayah pesisir terhadap proses oseanografi dan sedimentasi. Pesisir utara Pulau Jawa dikenal sebagai kawasan dengan dinamika perubahan garis pantai yang dinamis (Abdurrahman *et al.*, 2021; Fauzunora *et al.*, 2023; Meizwar & Tarya, 2024).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dinamika perubahan garis pantai di Kecamatan Blanakan, Kabupaten Subang, dengan memanfaatkan data citra satelit periode 1995–2020. Analisis difokuskan pada identifikasi jarak dan laju pergeseran garis pantai, perubahan luas area abrasi dan akresi dalam interval waktu sepuluh tahunan, serta keterkaitan antara karakteristik klimatologi gelombang laut dan pola transpor sedimen sejajar pantai. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran komprehensif mengenai proses-proses fisik yang mengontrol perubahan garis pantai di wilayah kajian, serta menjadi dasar ilmiah dalam mendukung perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir Kecamatan Blanakan secara berkelanjutan.

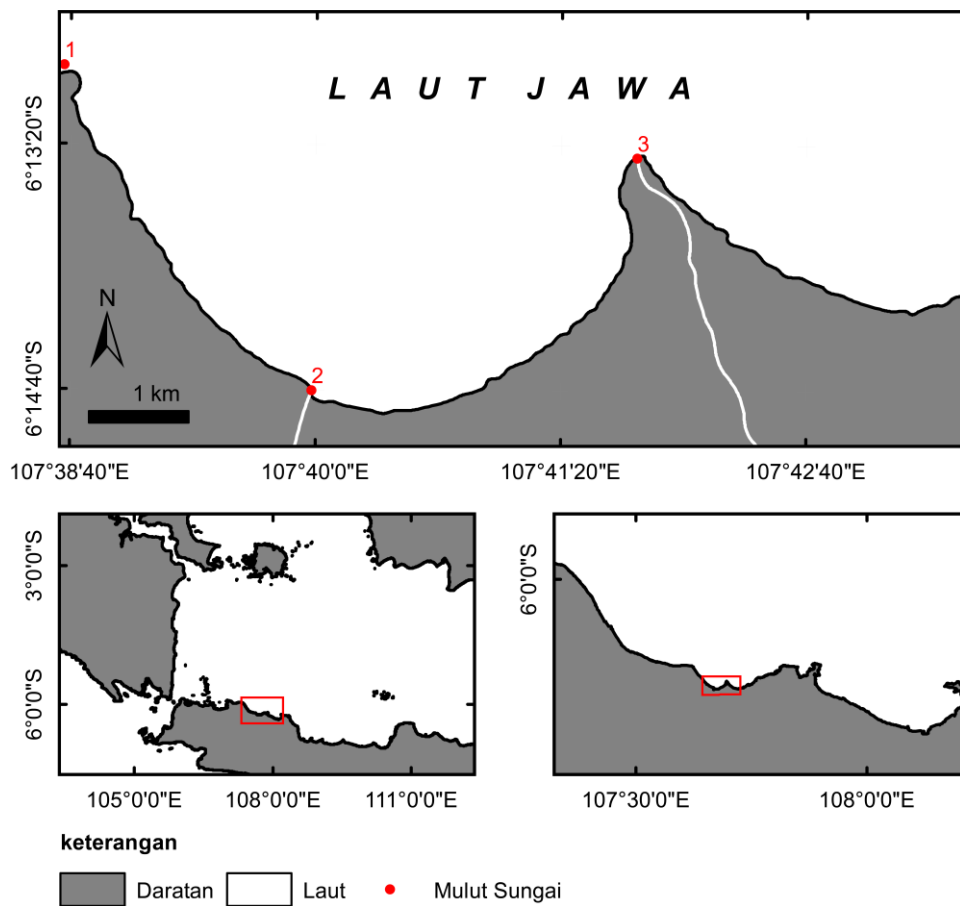
II. Metode penelitian

2.1 Daerah Kajian

Kecamatan Blanakan terletak di wilayah pantai utara Pulau Jawa, secara administratif merupakan bagian dari Kabupaten Subang, Provinsi Jawa Barat. Wilayah pesisir Kecamatan Blanakan yang menjadi fokus kajian pada penelitian ini terletak di antara 6,13°LS-6,15°LS dan 107,64°BT-107,73°BT (Gambar 1). Kawasan pantai di Kecamatan Blanakan menunjukkan karakteristik yang dinamis dan labil (Taofiqurohman & Ismail, 2012; Nandi *et al.*, 2016). Perubahan garis pantai di wilayah ini didominasi oleh akresi, terutama di bagian barat yang disebabkan oleh suplai input sedimen dari 3 sungai yaitu Sungai Cilamaya, Sungai Blanakan dan Sungai Ciasem (Taofiqurohman & Ismail, 2012; Nandi *et al.*, 2016). Sungai ini secara signifikan berkontribusi dalam menyuplai material sedimen, seperti pasir, lempung, dan lanau, yang tergolong sebagai endapan aluvial, dan menjadi penyusun utama pantai tersebut.

2.2 Data

Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu data citra satelit *Landsat* dari U.S. Geological Survey. Resolusi spasial citra satelit *Landsat* sebesar 30 m dan waktu akuisisi pengambilan citra ditunjukkan pada Tabel 1. Selain data citra satelit, penelitian ini juga memanfaatkan data pendukung seperti batimetri untuk memetakan kedalaman laut dan mengetahui kemiringan pantai, serta data pasang surut dan gelombang laut yang tercantum dalam Tabel 2. Data-data pendukung ini bertujuan untuk memberikan informasi yang lebih komprehensif dan mendukung interpretasi data citra satelit.



Gambar 1. Daerah kajian penelitian wilayah pesisir Kecamatan Blanakan, Kabupaten Subang, Jawa Barat : Sungai Cilamaya (1), Sungai Blanakan (2), dan Sungai Ciasem (3).

Tabel 1. Rincian data citra satelit *Landsat*

Satelit	Tahun akuisisi	Jam akuisisi	Pasang surut
Landsat 5 TM	03/09/1993	09:22 WIB	Surut
Landsat 5 TM	24/08/1995	09:03 WIB	Surut
Landsat 5 TM	05/08/2000	09:37 WIB	Surut
Landsat 5 TM	02/07/2005	09:47 WIB	Surut
Landsat 5 TM	01/08/2010	09:50 WIB	Surut
Landsat 8 OLI/TIRS	31/08/2015	09:59 WIB	Surut
Landsat 8 OLI/TIRS	28/08/2020	10:00 WIB	Pasang



Tabel 1. Data dan sumber data yang digunakan dalam penelitian

No.	Data	Sumber
1	Pasang Surut	Badan Informasi Geospasial (BIG) (https://srgi.big.go.id/map/pasut-active)
2	Batimetri	Badan Informasi Geospasial (BIG) (https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/)
3	Kemiringan Pantai	Badan Informasi Geospasial (BIG) (https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/)
4	Gelombang	Era 5 Climate Data Store (US Geological Survei dan Copernicus) (https://cds.climate.copernicus.eu/)

2.3 Pengolahan Data Citra

Koreksi radiometrik dilakukan pada citra satelit untuk meminimalisir distorsi yang disebabkan oleh variasi posisi matahari dan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi pembacaan sensor (Alesheikh *et al.*, 2007). Koreksi ini bertujuan untuk menghasilkan nilai reflektansi yang lebih akurat. Selanjutnya, untuk mengatasi perbedaan nilai reflektansi yang disebabkan oleh efek atmosfer, dilakukan koreksi atmosferik. Seluruh proses koreksi, baik radiometrik maupun atmosferik, diimplementasikan menggunakan aplikasi QGIS. Setelah citra dikoreksi, dilakukan pemotongan citra sesuai dengan batas wilayah daerah kajian yang telah ditentukan.

Identifikasi garis pantai menggunakan metode *band ratio* antara *Band NIR* (*Near-Infrared*) dan *Band Green* merupakan teknik yang efektif untuk membedakan antara daratan dan perairan. Metode ini memanfaatkan perbedaan signifikan dalam reflektansi spektral antara vegetasi dan air pada panjang gelombang *NIR* dan *Green* (Alesheikh *et al.*, 2007). Ratio antara kedua band ini menghasilkan nilai piksel yang dapat digunakan untuk menentukan batas antara darat dan laut (Alesheikh *et al.*, 2007). Untuk meningkatkan akurasi dan kejelasan hasil identifikasi, data citra yang dihasilkan dari *band ratio* ini kemudian diperbaiki dengan menggunakan citra tampilan *RGB composite* yang terdiri dari Band *SWIR-1* (*Shortwave Infrared 1*), *NIR*, dan *Red*. Kombinasi ini membantu dalam memvisualisasikan fitur-fitur garis pantai dengan lebih detail dan meminimalkan kesalahan klasifikasi.

Koreksi pasang surut merupakan langkah penting dalam pengolahan citra satelit, khususnya untuk area pesisir. Proses ini bertujuan untuk meminimalisir distorsi yang disebabkan oleh fluktuasi ketinggian air laut akibat pasang surut saat perekaman citra berlangsung. 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 θ = kemiringan garis pantai (derajat).



2.4 Analisis Perubahan Garis Pantai

Analisis perubahan garis pantai merupakan proses penting dalam memahami dinamika wilayah pesisir. Dalam studi ini, analisis dilakukan menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) yang terintegrasi dalam platform ArcGIS. DSAS memungkinkan perhitungan berbagai parameter statistik yang relevan, termasuk *Net Shoreline Movement* (NSM) yang mengukur total perubahan posisi garis pantai, *Shoreline Change Envelope* (SCE) yang menggambarkan rentang perubahan maksimum, *End Point Rate* (EPR) yang menghitung laju perubahan antara dua garis pantai paling ekstrim, dan *Linear Regression Rate* (LRR) yang memberikan laju perubahan jangka panjang berdasarkan regresi linier (Himmelstoss *et al.*, 2018). Selain itu, pada kajian ini 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.

2.5 Analisis Transpor Sedimen

Arah transpor sedimen merupakan aspek penting dalam memahami dinamika pesisir. Dalam penelitian ini, penentuan arah transpor sedimen dilakukan secara kuantitatif dengan menggunakan Persamaan 2 (Nienhuis *et al.*, 2015).

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

Keterangan:

Q_s = transpor sedimen sepanjang pantai (kg s^{-1}); K_1 = konstanta empiris ($0,06 \text{ m}^{3/5} \text{ s}^{-6/5}$); ρ_s = massa jenis sedimen ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$); p = porositas; H_s = tinggi signifikan gelombang perairan dalam (m); T = periode gelombang (s); ϕ_0 = sudut datang gelombang perairan dalam ($^\circ$); θ = 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.

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

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

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

Keterangan:

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



III. Hasil dan Diskusi

3.1 Koreksi Posisi Garis Pantai Akibat Pasang Surut

Garis pantai diperoleh dengan cara melakukan ekstraksi data dari 7 citra satelit, di mana masing-masing citra diakuisisi pada waktu yang berbeda. Perbedaan waktu akuisisi citra satelit menyebabkan variasi ketinggian muka air laut akibat pengaruh pasang surut, sehingga posisi garis pantai hasil ekstraksi perlu dikoreksi terhadap Mean Sea Level (MSL) menggunakan Persamaan (1). Koreksi ini penting untuk meminimalkan kesalahan posisi garis pantai akibat kondisi pasang surut yang berbeda pada saat perekaman citra satelit (Boak & Turner, 2005; Pajak & Leatherman, 2002). Nilai koreksi posisi garis pantai akibat pasang surut disajikan pada Tabel 3. Nilai koreksi negatif menunjukkan bahwa garis pantai perlu digeser ke arah darat, sedangkan nilai koreksi positif menunjukkan bahwa garis pantai perlu digeser ke arah laut. Pendekatan koreksi terhadap datum pasang surut seperti MSL umum digunakan dalam analisis perubahan garis pantai berbasis penginderaan jauh untuk meningkatkan konsistensi spasial antarwaktu (<Moore, 2000; Ryu *et al.*, 2008).

Tabel 3. Nilai koreksi posisi garis pantai akibat pasang surut

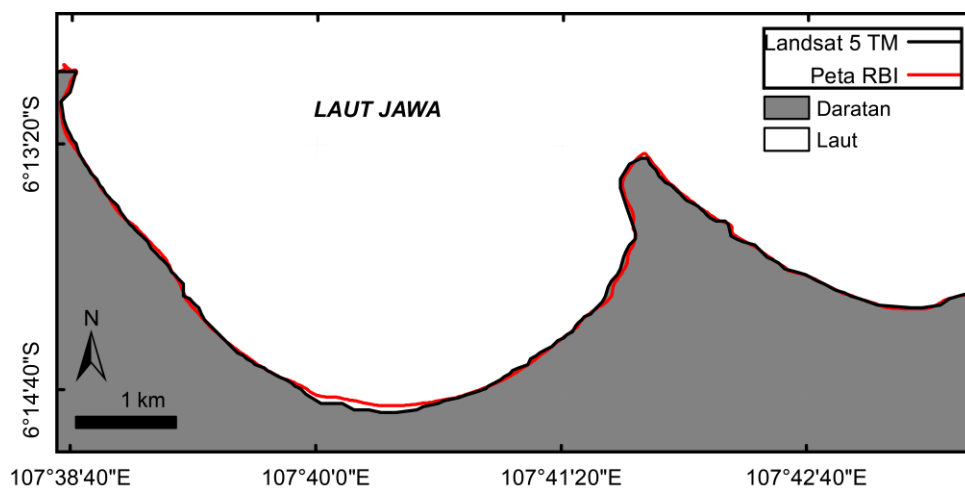
Satelit		Tanggal akuisisi	Jam akuisisi (WIB)	Kondisi	Elevasi (m)	Koreksi (m)
Landsat TM	5	03/09/1993	09:22	Surut	-0,019	-8,802
Landsat TM	5	24/08/1995	09:03	Surut	-0,122	-56,517
Landsat TM	5	05/08/2000	09:37	Surut	-0,145	-67,357
Landsat TM	5	02/07/2005	09:47	Surut	-0,129	-59,759
Landsat TM	5	01/08/2010	09:50	Surut	-0,074	-34,281
Landsat 8 OLI/TIRS		31/08/2015	09:59	Surut	-0,051	-23,626
Landsat 8 OLI/TIRS		28/08/2020	10:00	Pasang	0,027	12,276

3.2 Validasi Garis Pantai

Setelah koreksi dilakukan, validasi perlu dilakukan untuk mengukur tingkat akurasi hasil proses ekstraksi garis pantai dari data citra satelit. Pengukuran tingkat akurasi dilakukan dengan membandingkan jarak garis pantai hasil ekstraksi terhadap jarak garis pantai peta RBI ke baseline. Tahapan validasi ini penting untuk memastikan bahwa hasil deliniasi garis pantai dari citra satelit memiliki ketelitian spasial yang memadai sebelum digunakan dalam analisis dinamika pesisir dan perubahan garis pantai (Chen *et al.*, 2005; Alesheikh *et al.*, 2007). Gambar 2 merupakan peta overlay garis pantai hasil ekstraksi data citra satelit Landsat 5 TM tahun 1993 dengan garis pantai peta RBI hasil survei fotogrametri tahun 1993. Metode overlay antara data hasil ekstraksi dan data referensi lapangan atau peta dasar umum digunakan untuk

mengevaluasi deviasi posisi garis pantai serta mengidentifikasi tingkat kesalahan interpretasi citra satelit (Maiti & Bhattacharya, 2009; Genz *et al.*, 2007).

Garis pantai hasil ekstraksi menunjukkan kesesuaian pola dengan garis pantai pada peta RBI (Gambar 2). Perbedaan jarak terhadap baseline antara kedua garis pantai tersebut menunjukkan nilai maksimum sebesar 87,456 m dan minimum sebesar 0,007 m, dengan rata-rata selisih 21,147 m. Rata-rata selisih ini lebih kecil dibandingkan resolusi spasial citra satelit Landsat yang digunakan, yaitu 30 m. Untuk mengevaluasi kecenderungan overestimate atau underestimate dalam penentuan garis pantai, dilakukan analisis *Net Shoreline Movement* (NSM). Hasil perhitungan menunjukkan nilai rata-rata NSM sebesar +2,45 m, yang mengindikasikan adanya pergeseran posisi garis pantai hasil ekstraksi ke arah laut relatif terhadap garis pantai peta RBI sebagai acuan posisi garis pantai sebenarnya.

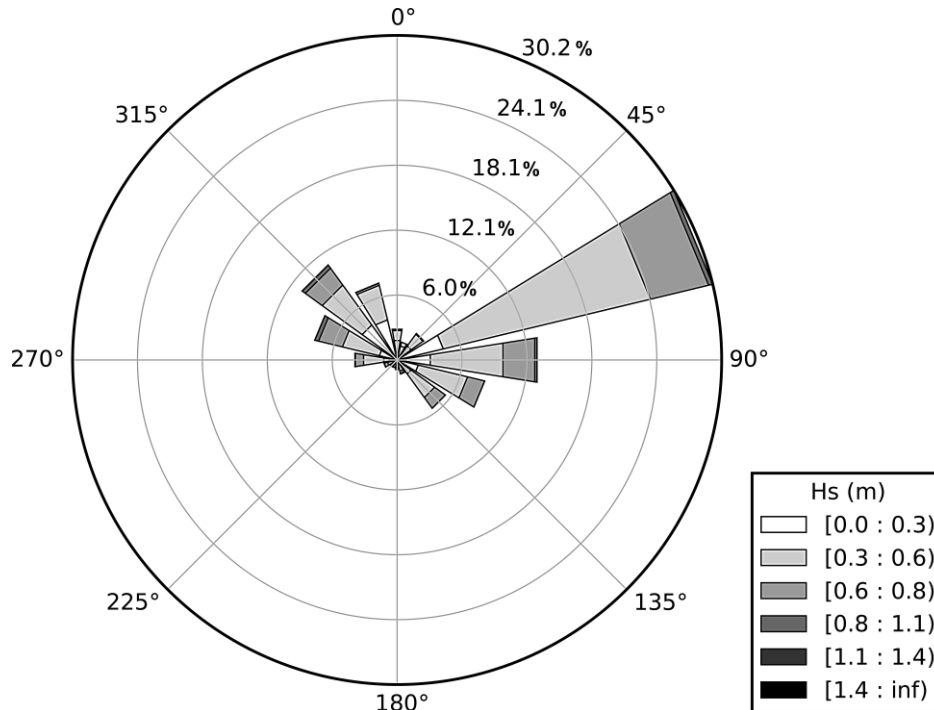


Gambar 2. Peta *overlay* garis pantai hasil ekstraksi Landsat 5 TM dan garis pantai peta RBI

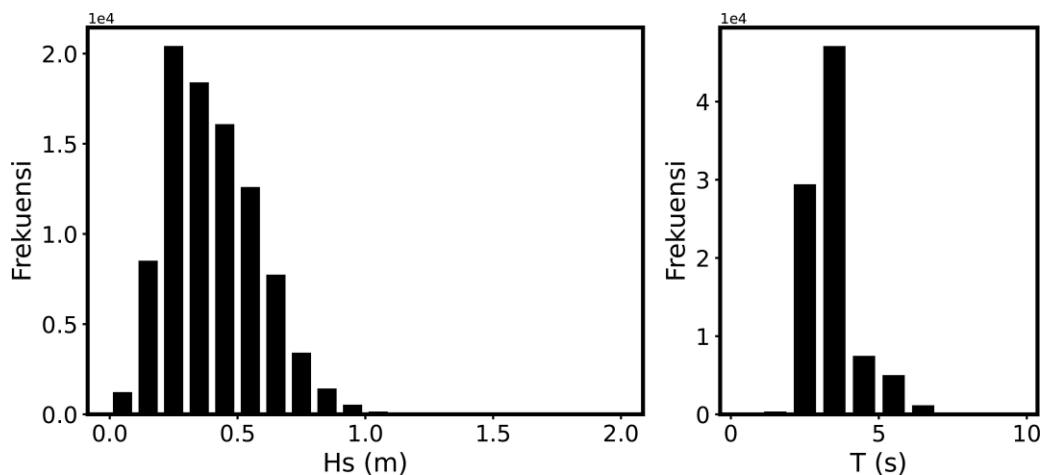
3.3 Gelombang Laut

Perubahan garis pantai merupakan fenomena dinamis yang kompleks, dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah gelombang laut, mempunyai peran signifikan sebagai agen transpor dalam pergerakan sedimen dan pembentukan morfologi di wilayah pesisir (Stanica & Ungureanu, 2010; Mangor *et al.*, 2012). Visualisasi temporal gelombang dari data ERA5 *Climate Data Store* (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) (ECMWF) dari tahun 1980 hingga 2020, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 menunjukkan pola dominan arah gelombang di wilayah penelitian. Data tersebut mengindikasikan bahwa gelombang yang berasal dari arah timur-timur laut secara signifikan lebih sering terjadi dan memiliki energi yang lebih besar dibandingkan gelombang yang datang dari arah barat-barat laut. Dominasi gelombang dari timur-timur laut ini memiliki implikasi penting terhadap dinamika pesisir, khususnya dalam mekanisme transportasi sedimen di Pantai Blanakan. Gelombang dominan berperan dalam mengontrol arah dan intensitas longshore sediment transport yang selanjutnya memengaruhi proses erosi dan akresi pantai (Vos *et al.*, 2019; Luijendijk *et al.*, 2018). Selain itu, interaksi antara karakteristik gelombang, arus sepanjang pantai, dan kondisi morfologi pesisir dapat menyebabkan perubahan konfigurasi garis pantai secara temporal maupun spasial (Davidson *et al.*, 2020). Oleh karena itu, arah dominan

gelombang dari timur–timur laut kemungkinan besar menjadi faktor pengendali utama dalam dinamika morfologi pesisir Pantai Blanakan, termasuk pola erosi, sedimentasi, dan redistribusi sedimen pantai.



Gambar 1. Diagram mawar gelombang di dekat kawasan pantai Kecamatan Blanakan selama 40 tahun (1980-2020).



Gambar 2. Distribusi tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang di dekat kawasan pantai Kecamatan Blanakan selama 30 tahun (1979-2009). Frekuensi tercantum dalam puluh ribuan ($\times 10^4$).

Gambar 4 menunjukkan bahwa tinggi gelombang signifikan bervariasi pada rentang 0,1 hingga 1 m dengan nilai rata-rata sebesar 0,399 m. Frekuensi terbanyak terdapat pada kelas tinggi gelombang signifikan 0,2-0,3 m (22,9%), 0,3-0,4 m (20%),



0,4-0,5 m (17,5%), dan 0,5-0,6 m (13,4%). Sementara itu, periode gelombang bervariasi pada rentang 2 hingga 7 s dengan nilai rata-rata sebesar 3,361 s. Frekuensi terbanyak terdapat pada kelas periode gelombang 2-3 s (33%) dan 3-4 s (51,7%). Frekuensi terbanyak terdapat pada kelas arah penjalaran gelombang 60-70° (13,7%) dan 70-80° (16,7%).

3.4 Perubahan Garis Pantai Tahun 1995-2020

Perubahan garis pantai di Kecamatan Blanakan selama periode 1995–2020 menunjukkan adanya dinamika erosi dan akresi yang dipengaruhi oleh proses transpor sedimen pesisir. Erosi ditunjukkan oleh pergeseran garis pantai ke arah darat yang menyebabkan berkurangnya luas daratan, sedangkan akresi ditandai oleh pergeseran garis pantai ke arah laut yang meningkatkan luas daratan. Dinamika perubahan garis pantai di wilayah pesisir utara Jawa umumnya dipengaruhi oleh interaksi gelombang, arus sejajar pantai (*longshore current*), suplai sedimen dari sungai, serta aktivitas antropogenik di wilayah pesisir (Hendriyono *et al.*, 2015). Untuk memudahkan analisis spasial, wilayah kajian dibagi menjadi dua bagian, yaitu wilayah barat dan timur yang dipisahkan oleh Sungai Ciasem. Pembagian ini relevan karena muara sungai berperan sebagai pengontrol distribusi sedimen dan pembentuk sel sedimen pesisir (*coastal sediment cell*) yang memengaruhi pola erosi dan akresi di sepanjang pantai (Zikra *et al.*, 2017).

Tabel 4 dan 5 menunjukkan bahwa pergeseran garis pantai yang terjadi di Kecamatan Blanakan bagian barat jauh lebih signifikan dibandingkan dengan bagian timur pada setiap periode pengamatan. Kondisi tersebut kemudian berdampak pada tingginya akresi yang terjadi di Kecamatan Blanakan bagian barat selama 25 tahun pengamatan. Pergeseran garis pantai selama periode 1995–2020 di Kecamatan Blanakan bagian barat mencapai +1.005,13 m dengan rata-rata laju pergeseran sebesar +40,21 m/tahun, sedangkan di bagian timur hanya sebesar +63,15 m dengan rata-rata laju +2,53 m/tahun. Tingginya akresi di bagian barat diduga berkaitan dengan dominasi suplai sedimen dari Sungai Ciasem dan mekanisme transpor sedimen sejajar pantai yang menyebabkan sedimentasi lebih intensif pada area tertentu. Fenomena serupa juga ditemukan pada beberapa wilayah pesisir utara Jawa, di mana ketidakseimbangan transpor sedimen menyebabkan perbedaan laju perubahan garis pantai antarwilayah pesisir (Hendriyono *et al.*, 2015; Dewi *et al.*, 2016). Selain faktor oseanografi, perubahan tata guna lahan di daerah aliran sungai dan pembangunan infrastruktur pesisir turut memengaruhi dinamika sedimentasi dan morfologi pantai dalam jangka panjang (Lukas, 2017).

Tabel 4. Nilai perubahan luas dan rerata pergeseran garis pantai di Kecamatan Blanakan periode dari tahun 1995 hingga 2020.

Periode	Perubahan luas (m ²)		Rata-rata pergeseran garis pantai (m)		
	Penambahan	Pengurangan	Ke arah laut	Ke arah darat	Keseluruhan
1995-2000	+0,679	-0,307	+122,61	-50,07	+41,93
2000-2005	+0,730	-0,141	+94,58	-38,93	+61,38
2005-2010	+2,580	-0,003	+257,01	-8,19	+250,14



Periode	Perubahan luas (m ²)		Rata-rata pergeseran garis pantai (m)		
	Penambahan	Pengurangan	Ke arah laut	Ke arah darat	Keseluruhan
2010-2015	+2,314	0	+219,18	0	+219,18
2015-2020	+1,502	-0,088	+198,79	-50,10	+172,66

Tabel 5. Perbandingan pergeseran garis pantai setiap periode dari tahun 1995 hingga 2020 di Kecamatan Blanakan bagian barat dan timur

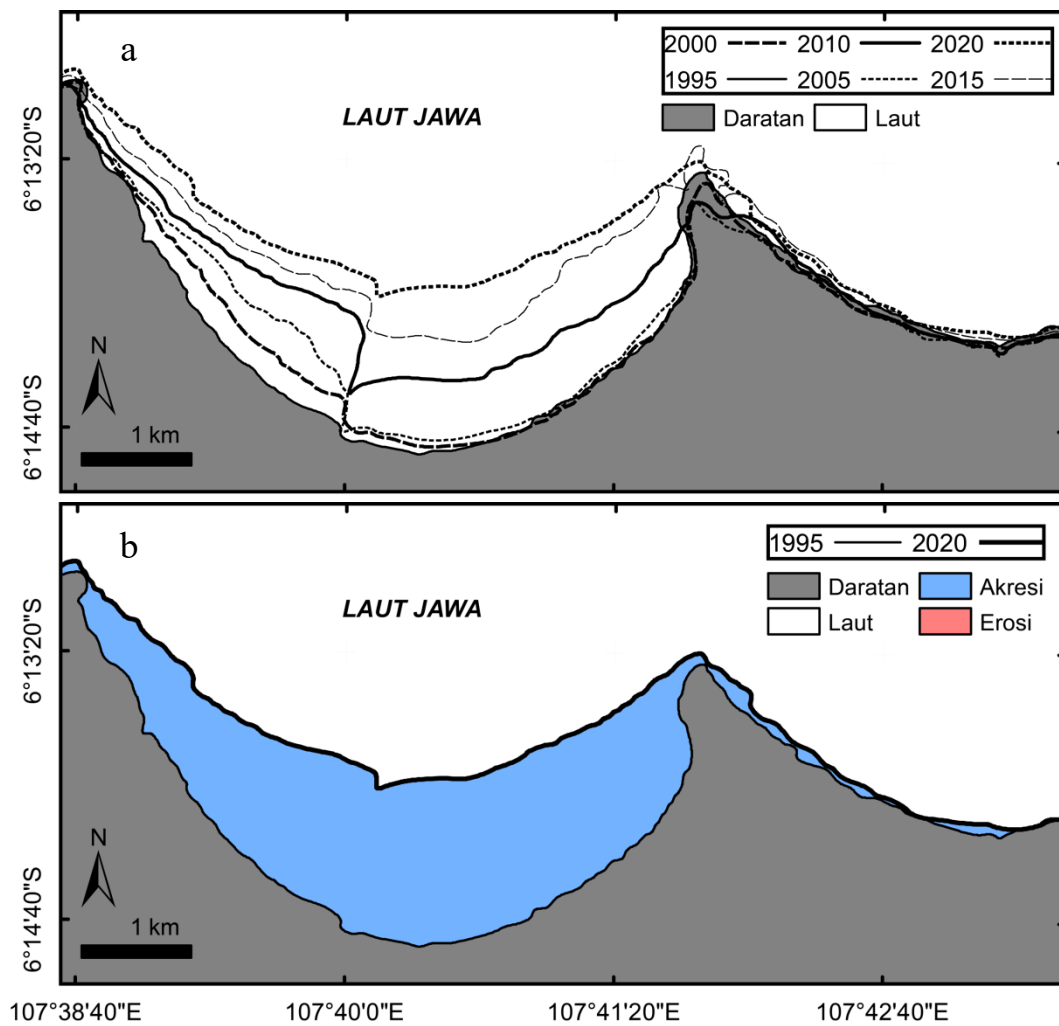
Periode	Rata-rata pergeseran garis pantai (m)	
	Blanakan barat	Blanakan timur
1995-2000	+78,27	-54,30
2000-2005	+91,41	-17,97
2005-2010	+328,14	+44,12
2010-2015	+267,67	+91,89
2015-2020	+239,64	-0,59

Perubahan garis pantai selama 25 tahun, dari tahun 1995 hingga 2020, diperlihatkan oleh Gambar 6a. Berdasarkan Gambar 6a, dapat dilihat bahwa kawasan Pantai Blanakan didominasi oleh akresi. Selama 25 tahun, kawasan Pantai Blanakan mengalami penambahan luas daratan sebesar 7,269 km², di mana penambahan tersebut paling signifikan terjadi di Pantai Blanakan bagian barat. Dominasi akresi pada wilayah pesisir umumnya berkaitan dengan tingginya suplai sedimen dari sungai dan proses transpor sedimen sejajar pantai (*longshore sediment transport*) yang menyebabkan sedimentasi intensif pada area tertentu (Hendriyono *et al.*, 2015). Selain itu, wilayah pesisir utara Jawa diketahui memiliki karakteristik dinamika sedimentasi yang tinggi akibat interaksi proses hidrodinamika dan masukan sedimen dari daerah aliran sungai (Lukas, 2017).

Gambar 7a menunjukkan bahwa perubahan garis pantai pada periode 1995–2020 di Blanakan memiliki kecenderungan bergeser ke arah laut yang didominasi oleh nilai NSM positif, di mana jumlah transek dengan nilai NSM positif mencapai 97,06%. Pergeseran maksimum ke arah laut terjadi pada transek ke-256 dengan nilai sebesar +1.535,16 m, sedangkan rata-rata pergeseran garis pantai ke arah laut mencapai +768,75 m. Di sisi lain, jumlah transek yang bernilai negatif hanya mencapai 2,94%, dengan pergeseran maksimum ke arah darat terjadi pada transek ke-574 sebesar -23,77 m. Secara keseluruhan, rata-rata pergeseran garis pantai adalah sebesar +745,91 m. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kawasan pantai Kecamatan Blanakan secara umum mengalami proses akresi yang dominan. Pola akresi yang luas dan konsisten ini sejalan dengan hasil penelitian perubahan garis pantai berbasis penginderaan jauh dan DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) yang menunjukkan bahwa wilayah pesisir dengan suplai sedimen tinggi cenderung mengalami dominasi pergeseran garis pantai ke arah laut (Dewi *et al.*, 2016).

Berdasarkan hasil perhitungan *Linear Regression Rate* (LRR) (Gambar 7b), diperoleh bahwa rata-rata laju pergeseran garis pantai Kecamatan Blanakan adalah sebesar +31,83 m/tahun. Pada rentang tahun 1995–2020, sebanyak 99,65% dari jumlah transek secara keseluruhan cenderung mengalami akresi, dengan total 76,68% transek

mengalami pertambahan garis pantai secara signifikan. Rata-rata laju pergeseran garis pantai ke arah laut adalah sebesar +31,94 m/tahun, sedangkan laju maksimum terjadi pada transek ke-256 dengan nilai sebesar +64,35 m/tahun. Nilai LRR positif yang mendominasi menunjukkan bahwa proses sedimentasi dan penambahan daratan berlangsung secara konsisten selama periode pengamatan. Metode LRR dalam DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) banyak digunakan untuk mengidentifikasi tren perubahan garis pantai jangka panjang karena mampu menggambarkan kecenderungan laju perubahan secara statistik berdasarkan hubungan linear antarwaktu pengamatan (Himmelstoss *et al.*, 2018).

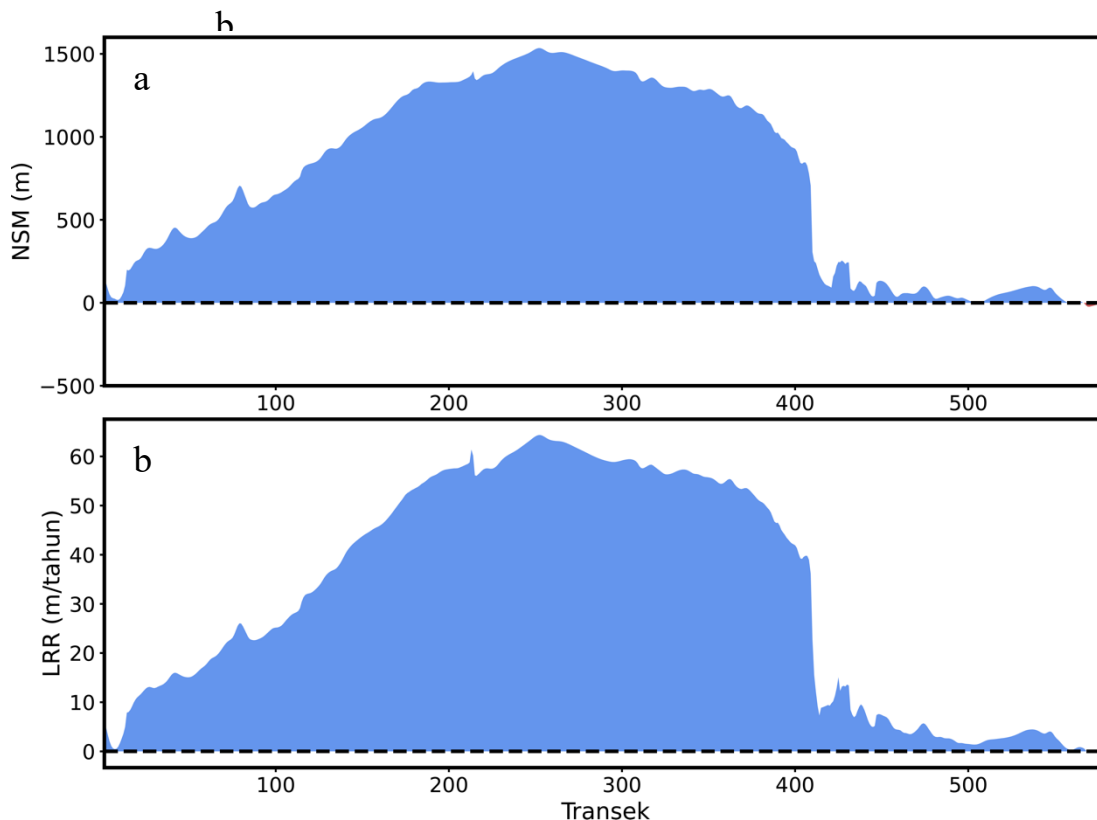


Gambar 6. Peta pergeseran garis pantai (a) dan peta perubahan luas pantai (b) Kecamatan Blanakan pada rentang tahun 1995-2020.

Dominasi akresi pada hampir seluruh transek mengindikasikan bahwa kawasan pesisir Blanakan memperoleh suplai sedimen yang relatif besar dan berkelanjutan. Kondisi ini umumnya dipengaruhi oleh masukan sedimen dari sungai, arus sejajar pantai, serta karakteristik hidrodinamika pesisir utara Jawa yang mendukung

pengendapan sedimen pada wilayah pantai tertentu (Lukas, 2017). Selain faktor alami, perubahan penggunaan lahan di daerah aliran sungai dan aktivitas pembangunan pesisir juga dapat meningkatkan distribusi sedimen menuju wilayah pantai sehingga mempercepat proses akresi.

Akresi di kawasan pantai Kecamatan Blanakan dipengaruhi oleh suplai sedimen fluvial yang didistribusikan oleh gelombang dan arus sejajar pantai (Anthony, 2015). Akresi di bagian barat terutama dipengaruhi oleh sedimen dari Sungai Cilamaya dan Sungai Ciasem yang didistribusikan oleh pola penjalaran gelombang musiman, sedangkan akresi di bagian timur didominasi oleh sedimen dari muara Sungai Ciasem. Data hidrologi menunjukkan bahwa debit Sungai Cilamaya (29,1–70 m³/s) jauh lebih besar dibandingkan Sungai Ciasem (0,95–9,22 m³/s) (Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2007). Mengingat debit sedimen berbanding lurus dengan debit sungai (Syvitski & Milliman, 2007; Nienhuis *et al.*, 2015), kondisi ini menyebabkan suplai sedimen dan tingkat akresi di Kecamatan Blanakan bagian barat lebih besar dibandingkan bagian timur.



Gambar 7. Pergeseran garis pantai (atas), dan laju pergeseran garis pantai (bawah) Kecamatan Blanakan pada rentang tahun 1995-2020.

3.5 Mekanisme Transpor Sedimen oleh Gelombang Laut

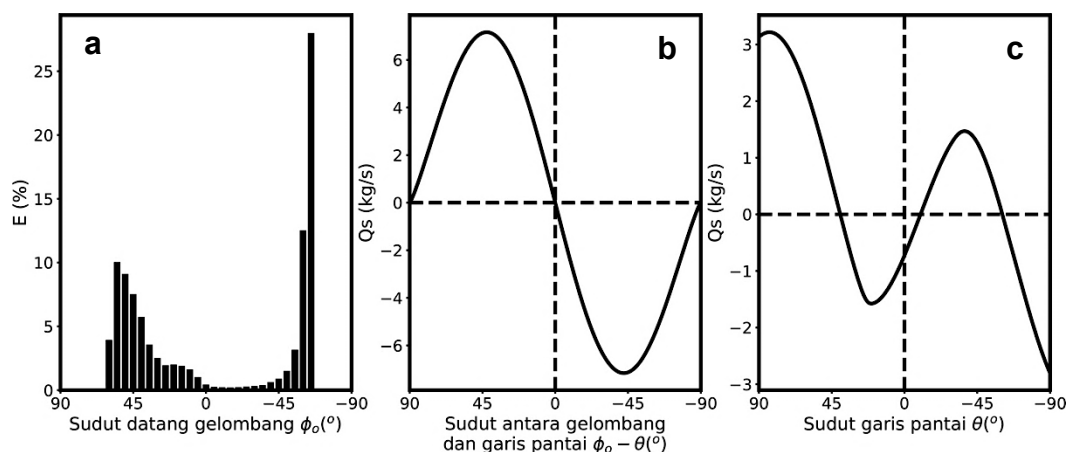
Sedimen pada pesisir pantai dapat bergerak baik tegak lurus pantai maupun sepanjang pantai. Sedimen yang bergerak sepanjang pantai dapat terdeposisi kemudian menyebabkan garis pantai mengalami akresi, atau mundurnya garis pantai akibat proses abrasi. Transpor sedimen sepanjang pantai dihitung dengan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

yang dipengaruhi oleh data gelombang yaitu tinggi gelombang, arah datang gelombang dan orientasi garis pantai terhadap arah penjalaran gelombang (Kamphuis, 2019).

Gambar 8a menunjukkan distribusi energi gelombang (E) ternormalisasi sebagai fungsi sudut datang gelombang (ϕ_0). Nilai E , pada dasarnya, menunjukkan seberapa besar kontribusi masing-masing arah gelombang terhadap transpor sedimen sejajar pantai secara keseluruhan. Gambar 8b menunjukkan nilai laju transpor sedimen sejajar pantai (Q_s) sebagai fungsi sudut antara gelombang dan garis pantai ($\phi_0 - \theta$). Sementara itu, Gambar 8c menunjukkan nilai laju transpor sedimen sejajar pantai bersih ($Q_{s,net}$) sebagai fungsi sudut orientasi garis pantai (θ), yang merupakan hasil konvolusi antara nilai E sebagai fungsi ϕ_0 dengan nilai Q_s sebagai fungsi ($\phi_0 - \theta$). Nilai $Q_{s,net}$ menggambarkan keseimbangan total transpor sedimen pada suatu segmen pantai yang kemudian berperan penting dalam menentukan kecenderungan terjadinya akresi maupun abrasi jangka panjang (Ranasinghe, 2020).

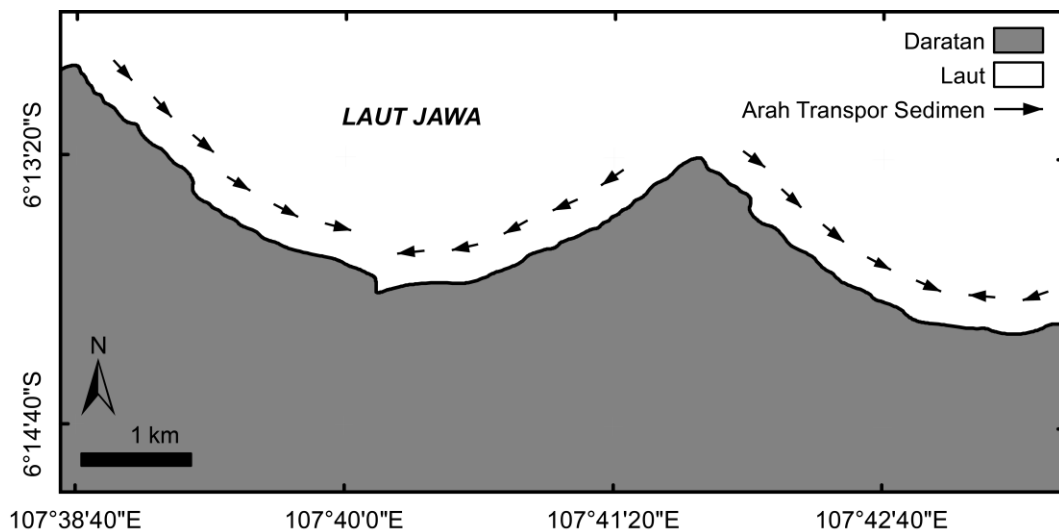
Gambar 8 menggambarkan kapasitas gelombang di perairan sekitar Pantai Blanakan untuk mendistribusikan dan mentransportasikan sedimen sejajar pantai. Gambar 8a menunjukkan bahwa kontribusi gelombang yang berasal dari arah barat-barat laut (50,93%) dan kontribusi gelombang yang berasal dari arah timur-timur laut (49,07%) terhadap proses transpor sedimen sejajar pantai di daerah kajian. Berdasarkan Gambar 8b, dapat diketahui bahwa gelombang di perairan sekitar daerah kajian dapat mendistribusikan sedimen dengan laju maksimum sebesar 7,16 kg/s apabila gelombang datang dan garis pantai membentuk sudut 42° (arah gelombang dari timur laut). Hasil laju sedimen ini diperoleh dari hasil perhitungan Persamaan 3 menggunakan tinggi dan periode gelombang yang diwakili oleh nilai $H_{s,net}$ sebesar 0,41 m dan T_{net} sebesar 3,3 s. Sementara itu, laju transpor sedimen sejajar pantai bersih maksimum terjadi pada garis pantai dengan sudut orientasi sebesar 84° dengan nilai 3,22 kg/s (Gambar 8c).

Besarnya kontribusi gelombang yang berasal dari arah barat-barat laut dipengaruhi oleh tinggi dan periode gelombang *swell* yang dibangkitkan di Laut Cina Selatan (Abdurrahman *et al.*, 2021; Rachmayani *et al.*, 2018). Peningkatan tinggi dan periode gelombang tersebut berimplikasi pada meningkatnya laju transpor sedimen sejajar pantai yang dibangkitkan.



Gambar 8. Distribusi E sebagai fungsi ϕ_0 (a), nilai Q_s sebagai fungsi ($\phi_0 - \theta$) (b), dan nilai $Q_{s,net}$ sebagai fungsi θ (c). Sudut datang gelombang dan sudut orientasi garis pantai dihitung dari garis horizontal sebagai garis referensi.

Gambar 9 memperlihatkan arah dominan transpor sedimen sejajar pantai di Kecamatan Blanakan berdasarkan nilai $Q_{s,net}$. Pola transpor sedimen di Kecamatan Blanakan bagian barat menunjukkan pembagian arah transpor ke dua arah yang berlawanan, yang mencerminkan pengaruh dua sistem gelombang dominan dengan arah penjalaran berbeda. Konvergensi transpor sedimen tersebut di tengah teluk menyebabkan terjadinya akumulasi sedimen yang intensif, sehingga menghasilkan akresi yang signifikan. Kondisi konvergensi transpor sedimen sejajar pantai diketahui dapat meningkatkan deposisi sedimen pada area tertentu, terutama pada wilayah teluk yang dipengaruhi oleh variasi arah datang gelombang dan orientasi garis pantai (Davidson-Arnott, 2019). Hal ini tercermin dari nilai pergeseran garis pantai maksimum ke arah laut yang teridentifikasi pada transek-transek di sekitar tengah teluk. Pola konvergensi transpor sedimen yang serupa juga teridentifikasi di Kecamatan Blanakan bagian timur, yang mengindikasikan bahwa mekanisme pertemuan arah transpor sedimen sejajar pantai merupakan faktor utama pengontrol distribusi spasial akresi di wilayah kajian. Fenomena akresi akibat dominasi suplai dan redistribusi sedimen sejajar pantai juga banyak ditemukan pada wilayah pesisir utara Jawa dengan karakteristik hidrodinamika dan sedimentasi yang kompleks (Ranasinghe, 2020).



Gambar 9. Arah transpor sedimen sejajar pantai berdasarkan nilai $Q_{s,net}$.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan analisis perubahan garis pantai menggunakan citra satelit periode 1995–2020, pesisir Kecamatan Blanakan, Kabupaten Subang, secara umum mengalami dominasi proses akresi atau penambahan daratan. Akresi paling besar terjadi di bagian barat dengan pergeseran garis pantai mencapai +1.005,13 m dan laju rata-rata +40,21 m/tahun, sedangkan di bagian timur pergeseran garis pantai relatif lebih kecil, yaitu +63,15 m dengan laju +2,53 m/tahun. Hasil analisis klimatologi gelombang laut periode 1980–2020 menunjukkan bahwa gelombang di wilayah ini didominasi oleh arah barat–barat laut dan timur–timur laut akibat pengaruh sistem monsun di Laut Jawa. Kondisi tersebut membentuk pola transpor sedimen sejajar pantai ke dua arah yang berperan dalam menyebarkan sedimen dari Sungai Cilamaya dan Sungai Ciasem ke sepanjang pantai. Interaksi antara gelombang laut, transpor sedimen sejajar pantai, dan suplai



sedimen dari sungai menjadi faktor utama yang mengendalikan terjadinya akresi di pesisir Kecamatan Blanakan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar dalam perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir, terutama untuk pengendalian pemanfaatan lahan hasil akresi, pengelolaan daerah aliran sungai, serta penerapan pengelolaan pesisir terpadu yang berkelanjutan.

Daftar pustaka

- 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.
- Alesheikh, A. A., Ghorbanali, A., & Nouri, N., 2007, Coastline change detection using remote sensing 1, *International Journal Environment Science Technology*, 4(1): 61– 66.
- Anthony, E. J. (2015). Wave influence in the construction, shaping, and destruction of river deltas: A review. *Marine Geology*, 361, 53-78.
- Boak, E. H., & Turner, I. L. (2005). Shoreline definition and detection: a review. *Journal of Coastal Research*, 21, 688-703.
- BPS Kabupaten Subang. (2021). *Subang dalam Angka 2021*. Subang: Badan Pusat Statistik Kabupaten Subang.
- 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.
- Chen, X., Vierling, L., & Deering, D. (2005). A simple and effective radiometric correction method to improve landscape change detection across sensors and across time. *Remote Sensing of Environment*, 98(1), 63–79.
- Davidson-Arnott, R. (2019). *Introduction to coastal processes and geomorphology* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Davidson, M. A., Splinter, K. D., & Turner, I. L. (2020). A simple equilibrium model for predicting shoreline change. *Coastal Engineering*, 160, 103730.
- Dewi, R. S., Bijker, W., Stein, A., & Marfai, M. A. (2016). Fuzzy classification for shoreline change monitoring in a part of the northern coastal area of Java, Indonesia. *Remote Sensing*, 8(3), 190.
- 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. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1245, No. 1, p. 012038).
- Ferreira, T. A. B., da Silva, A. G. A., Perez, Y. A. R., Stattegger, K., & Vital, H. (2021). Evaluation of decadal shoreline changes along the Parnaiba Delta (NE Brazil) using satellite images and statistical methods. *Ocean and Coastal Management*, 202.
- Genz, A. S., Fletcher, C. H., Dunn, R. A., Frazer, L. N., & Rooney, J. J. (2007). The predictive accuracy of shoreline change rate methods and alongshore beach variation on Maui, Hawaii. *Journal of Coastal Research*, 23(1), 87–105.
- Ghonim, M. E. (2019). *Recent Developments in Numerical Modelling of Coastline Evolution*. Tesis Program Pasca Sarjana, UN-IHE Institute for Water Education
- Hendriyono, W., Wibowo, M., Al Hakim, B., & Istiyanto, D. C. (2015). Modeling of



- sediment transport affecting the coastline changes due to infrastructures in Batang-Central Java. *Procedia Earth and Planetary Science*, 14, 166–178.
- 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.
- Kamphuis, J. W. (2019). *Introduction to coastal engineering and management* (2nd ed.). World Scientific Publishing.
- Luijendijk, A., Hagenaaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., & Aarninkhof, S. (2018). The state of the world's beaches. *Scientific Reports*, 8(1), 6641.
- Lukas, M. C. (2017). Widening the scope: Linking coastal sedimentation with watershed dynamics in Java, Indonesia. *Regional Environmental Change*, 17, 901–914.
- Maiti, S., & Bhattacharya, A. K. (2009). Shoreline change analysis and its application to prediction: A remote sensing and statistics based approach. *Marine Geology*, 257(1–4), 11–23.
- Mangor, K., Drønen, N. K., Kærgaard, K. H., & Kristensen, S. E. (2017). *Shoreline Management Guidelines*. Hørsholm: DHI.
- Meizwar, D. A., & Tarya, A. (2024). Dinamika Perubahan Garis Pantai Di Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat Pada Tahun 2011-2021. *Journal of Tropical Marine Science*, 7(2), 113-127.
- Miller, J. K., & Dean, R. G. (2004). A simple new shoreline change model. *Coastal Engineering*, 51, 531-556.
- Moore, L. J. (2000). Shoreline mapping techniques. *Journal of Coastal Research*, 16(1), 111–124.
- Mujabar, P. S., & Chandrasekar, N. (2011). Shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin of India using remote sensing and GIS. *Arab J Geosci*, 6, 647-664.
- Nandi, Meriana, G., & Somantri, L. (2016). Monitoring The Land Accretion Development at Coastal Area of Blanakan, Subang Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 47, 1-10.
- Nienhuis, J. H., Ashton, A. D., & Giosan, L. (2015). What makes a delta wave-dominated?. *Geology*, 43(6), 511-514.
- Pajak, M. J., & Leatherman, S. P. (2002). The high water line as shoreline indicator. *Journal of Coastal Research*, 18(2), 329–337.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. (2007). *Data Debit Sungai*. Balai Hidrologi dan Tata Air. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Rachmayani, R., Ningsih, N. S., Ramadhan, H., & Nurfitri, S. (2018). Analysis of ocean wave characteristic in Western Indonesian Seas using wave spectrum model. *MATEC Web of Conferences*, 147, 1-12.
- Ranasinghe, R. (2020). On the need for a new generation of coastal change models for the 21st century. *Scientific Reports*, 10, 2010.
- Ryu, J.-H., Won, J.-S., & Min, K. D. (2008). Waterline extraction from Landsat TM data in a tidal flat: A case study in Gomso Bay, Korea. *Remote Sensing of Environment*, 83(3), 442–456.
- Sorensen, R. M. (2006). *Basic Coastal Engineering*. New York: Springer Science Business Media, Inc.



- Stanica, A., & Ungureanu, V., 2010, Understanding Coastal Morphology and Sedimentology, *Terre Et Environnement*, 88(1992):105–111.
- Syvitski, J. P., & Milliman, J. D. (2007). Geology, geography, and humans battle for dominance over the delivery of fluvial sediment to the coastal ocean. *The Journal of Geology*, 115(1), 1-19.
- Taofiqurohman, A., & Ismail, M. F. A. (2012). Analisis Spasial Perubahan Garis Pantai di Pesisir Kabupaten Subang Jawa Barat. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 4(2), 280-289.
- 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. *Environmental Modelling & Software*, 122, 104528.
- Zhang, Y., & Hou, X., 2020, Characteristics of Coastline Changes on Southeast Asia Islands from 2000 to 2015. *Remote Sensing*, 12(519): 1–22.
- Zikra, M., Suntoyo, & Wirayuhanto, H. (2017). Coastal sediment cells for the North Coast of East Java, Indonesia. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 8(8), 1247–1255.