

# PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI UNTUK PENCEGAHAN ABRASI DI PANTAI UTARA KARAWANG

## *BUILDING PLANNING OF BEACH PROTECTION FOR ABRATION PREVENTION ON THE NORTH BEACH OF KARAWANG*

Roberto Pasaribu<sup>1</sup>, Asep Irwan<sup>2</sup>, & Chrisoetanto Pattirane<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kelautan - Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Sipil - Institut Teknologi dan Sains Bandung

e-mail : robertopasa37@gmail.com

Diterima tanggal: 8 Maret 2021 ; diterima setelah perbaikan: 16 Desember 2021 ; Disetujui tanggal: 23 Desember 2021

### ABSTRAK

Pantai Karawang adalah pantai yang dipengaruhi aktifitas hidro-oseanografi yang terjadi disepanjang pantai seperti arus, gelombang dan pasang surut. Akibat dari hempasan gelombang laut dan transport sedimen mengakibatkan terjadinya abrasi dan sedimentasi yang menimbulkan kerusakan disepanjang pantai. Untuk melindungi pantai dari kerusakan yang diakibatkan abrasi dilakukan dengan membuat bangunan pelindung pantai. Bangunan pelindung pantai adalah infrastruktur yang dibangun di garis pantai yang berfungsi sebagai pelindung pantai. Bangunan ini berfungsi untuk mengurangi besarnya gelombang yang sampai di pantai. Beberapa contoh bangunan pelindung pantai adalah *Breakwater* dan *Groin*. Penelitian ini bertujuan merencanakan bangunan pelindung pantai untuk mecegah abrasi yang terjadi di pantai utara kabupaten Karawang. Data yang digunakan adalah data hidro-oseanografi seperti gelombang, arus, pasang surut dan batimetri, sedangkan untuk pengolahan data digunakan program GENESIS. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data serta kondisi pantai, bangunan pelindung pantai yang direncanakan adalah *Breakwater* dengan letak dan dimensi bangunan adalah: jarak bangunan dari pantai 50 meter, tinggi bangunan 6 meter, panjang bangunan 100 meter, jarak antara bangunan 20 m.

**Katakunci:** hidro-oseanografi, bangunan pantai, abrasi, sedimentasi, *breakwater*, *groin*, program GENESIS.

### ABSTRACT

*Karawang Beach is a beach that is influenced by hydro-oceanographic activities that occur along the coast such as currents, waves and tides. As a result of ocean waves and sediment transport resulting in abrasion and sedimentation that causes damage along the coast. To protect the beach from damage caused by abrasion, it is done by making coastal protection buildings. Coastal protection structures are infrastructure built on the shoreline that serves as a coast guard. This building serves to reduce the size of the waves that reach the beach. Some examples of coastal protection structures are Breakwater and Groin. This study aims to plan a coastal protection building to prevent abrasion that occurs on the north coast of Karawang district. The data used are hydro-oceanographic data such as waves, currents, tides and bathymetry, while the GENESIS program is used for data processing. Based on the results of calculations and data analysis as well as coastal conditions, the planned coastal protection building is Breakwater with the location and dimensions of the building being: the distance of the building from the beach is 50 meters, the building height is 6 meters, the length of the building is 100 meters, the distance between buildings is 20 m.*

**Keywords:** hydro-oceanography, coastal structures, abrasion, sedimentation, *breakwater*, *groynes*, GENESIS program.

## PENDAHULUAN

Kabupaten Karawang secara geografis terletak antara 107°2'-107°4'BT dan 5°56'-6°34'LS, termasuk daerah dataran yang relatif rendah, mempunyai variasi ketinggian wilayah antara 0-1,279 meter di atas permukaan laut. Dinamika Pantai Karawang sangat dipengaruhi oleh gelombang dari Laut Jawa yang terletak di utara pantai tersebut. Gelombang ini menyebabkan adanya arus sejajar pantai dan tegak lurus pantai yang membawa material dari pantai terutama pasir ke arah laut, sehingga daerah pantai mengalami deposit material dan terjadilah abrasi di sekitar pantai, disisi lain terjadi pengendapan akibat adanya material yang dibawah gelombang kearah laut yang menyebabkan sedimentasi. Penyebab abrasi yang paling utama adalah gelombang laut yang datang dari arah timur laut. (Pasaribu *et al.*,2017)

Keberadaan pesisir pantai di wilayah bagian utara Kabupaten Karawang sangat mengkhawatirkan. Air laut yang tadinya jauh hingga puluhan meter dari sisi jalan, kini sudah berada didekat jalan, sejumlah rumah penduduk kini bersentuhan dengan air laut. Berdasarkan pengamatan dan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terlihat bahwa di pantai Karawang proses abrasi dan sedimentasi telah berlangsung lama. Luas abrasi yang terbesar terjadi di desa Sedari seluas 166,80 hektare dan sedimentasi yang terbesar terjadi di desa Muara Cilamaya sebesar 276,318 hektare (Pasaribu *et al.*, 2019).

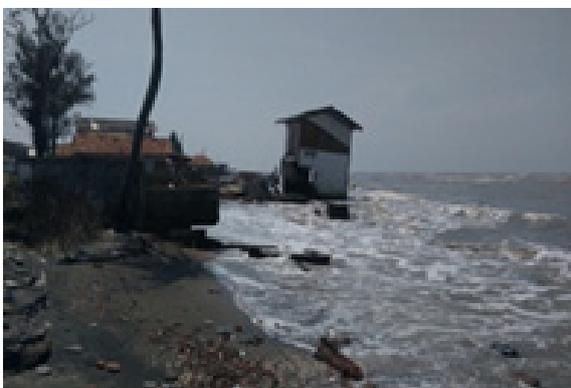
Abrasi yang terjadi di Pantai Karawang mengakibatkan adanya perubahan garis pantai sehingga menimbulkan perubahan bentuk pantai. Dari pengamatan data lapangan dan pengolahan data citra satelit landsat selama 29 tahun (1989-2018) perubahan garis pantai, kecepatan dan luas abrasi maupun sedimentasi yang

terjadi bervariasi sepanjang tahun. (Pasaribu *et al.*,2019). Untuk menanggulangi atau mencegah kerusakan pantai lebih parah maka diperlukan bangunan yang dapat melindungi pantai dari abrasi dan sedimentasi yaitu dengan membuat bangunan pelindung pantai.

Bangunan pelindung pantai adalah segala jenis infrastruktur yang dibangun di pantai yang dapat berfungsi sebagai pelindung pantai. Bangunan ini berfungsi untuk mengurangi besarnya gelombang yang sampai di pantai. Beberapa contoh bangunan pelindung pantai antara lain *Breakwater* dan *Groin*. Dalam pemilihan alternatif bangunan pantai untuk menanggulangi abrasi pada pantai perlu dipertimbangkan berbagai faktor seperti faktor hidro oseanografi dan tujuan yang akan dicapai serta pengaruhnya terhadap lingkungan. (Pratikto *et al.*, 2014).

GENESIS (*GENeralized Model for Simulating Shoreline Change*) merupakan system pemodelan numerik yang didesain untuk melakukan simulasi perubahan garis pantai, dengan model ini dapat diperkirakan perubahan garis pantai akibat adanya abrasi maupun sedimen tanpa maupun dengan adanya bangunan pelindung pantai, kemudian dari perubahan garis pantai itu dapat dilakukan pemilihan tipe bangunan pelindung pantai. GENESIS juga di gunakan dalam perencanaan bangunan pantai dengan menghitung dimensi dan menentukan layout bangunan pengaman yang sesuai dengan kondisi lapangan. (Krauss & Hanson, 1991).

Dalam perencanaan bangunan pantai perlu diketahui pola pergerakan sedimen atau pola perubahan garis pantai yang telah terjadi maupun yang akan terjadi pada kurun waktu tertentu. Dengan mengetahui pola



Gambar 1. Kondisi abrasi dan sedimentasi di Pantai Karawang.  
*Figure 1. Abrasion and sedimentation conditions on the Karawang Coast.*



Gambar 2. Lokasi Penelitian. (Sumber : Google Earth, 2019)  
 Figure 2. Observation Location. (Source: Google Earth, 2019)

yang terjadi maka perencanaan bangunan pantai tersebut dapat berhasil dengan optimal. Perancangan bangunan pelindung pantai dilakukan dengan menentukan letak dan dimensi bangunan pantai yang akan dibangun. Perhitungan dimensi bangunan seperti tinggi bangunan, panjang bangunan, jarak dari pantai, jarak antara bangunan dilakukan dengan menggunakan data hidro-osenografi seperti arus, gelombang dan pasang surut (Wirekso & Inayah, 2005).

Tujuan dari kegiatan ini adalah membuat perencanaan bangunan pelindung pantai untuk penanggulangan atau mencegah abrasi di daerah Pantai Karawang. Dalam perencanaan ini digunakan data hidro-oseanografi seperti gelombang, arus, pasang surut dan batimetri sedangkan untuk pengolahan dan analisa data digunakan program GENESIS untuk menentukan letak, dimensi serta jenis bangunan pelindung pantai yang sesuai untuk dibangun.

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan dipesisir Pantai Utara Kabupaten Karawang dengan lokasi pengamatan dilakukan di Desa Pusakajaya Utara (Gambar 2), Kecamatan Cilebar. Penelitian dilaksanakan pada Juli - Nopember 2019 oleh dosen Program Studi Teknik Kelautan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah peralatan untuk mengukur data hidro osenografi yaitu: *Garmin MapSounder*, *Current Meter*, *GPS Garmin*, *Bottle Nensen*, *Tripod*,

*Palm Pasut*. Untuk pengolahan data digunakan *GENESIS* yaitu program untuk mengetahui pengaruh data hidro-oseanografi terhadap perubahan garis pantai dan perhitungan dimensi bangunan pantai.

### Jenis dan Sumber Data

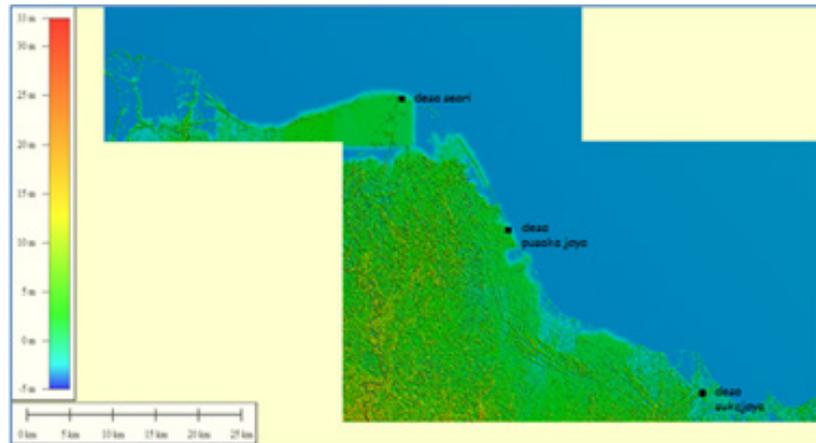
Data yang digunakan ada 2 jenis, yaitu data primer seperti data arus, batimetri dan pengamatan kondisi pantai dan data sekunder adalah data angin, pasang surut dan topografi. Data kondisi lapangan dilakukan dengan pengambilan data langsung ke lokasi penelitian dengan melakukan pengukuran parameter hidro-oseanografi seperti kedalaman dan tinggi gelombang disekitar pantai yang diperlukan untuk pemodelan garis pantai dan gelombang, serta pengambilan data topografi dan gambar disekitar pantai untuk melihat kondisi abrasi dan sedimentasi (Gambar 3). Data Topografi yang digunakan berdasarkan data *Digital Elevation Model (DEM)* Nasional dari Badan Informasi Geospasial (BIG).

Data pasang surut didapatkan secara sekunder dan pengukuran sesaat selama pengamatan di lapangan. Data skunder yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial yang tersaji di website resmi yaitu <http://tides.big.go.id/pasut/>.

Data gelombang yang diperoleh adalah dengan melakukan peramalan/prediksi gelombang. Salah satu cara peramalan gelombang adalah dengan melakukan pengolahan data angin. Gelombang laut yang akan diramal adalah gelombang dalam suatu perairan yang dibangkitkan oleh angin, kemudian merambat ke arah pantai dan pecah seiring dengan mendangkalnya perairan di dekat pantai. (DUXBURY *et al.*, 2002).



Gambar 3. Pengamatan dan Pengambilan data Primer di lokasi.  
 Figure 3. Observation and Primary Data Collection at the location.



Gambar 4. Data DEMNAS pada lokasi Penelitian.  
 Figure 4. DEMNAS data at the research location.

Hasil peramalan gelombang berupa tinggi dan perioda gelombang signifikan untuk setiap data angin. Untuk mendapatkan gelombang rencana, dilakukan peramalan gelombang berdasarkan data angin jangka panjang. Metode yang diterapkan mengikuti metode yang ada di Shore Protection Manual (SPM). Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.

### Pemodelan GENESIS

Untuk mensimulasikan permasalahan yang terjadi di lokasi penelitian digunakan perangkat lunak Generalized Model for simulating Shoreline (GENESIS), yaitu perangkat lunak yang dikembangkan untuk memodelkan perubahan garis pantai dan transpor sedimen sejajar garis pantai yang disebabkan oleh mekanisme gelombang pecah. (Mark B, Gravens; Nicholas C, Krauss (1991). Dalam pemodelan GENESIS dilakukan beberapa asumsi yaitu :

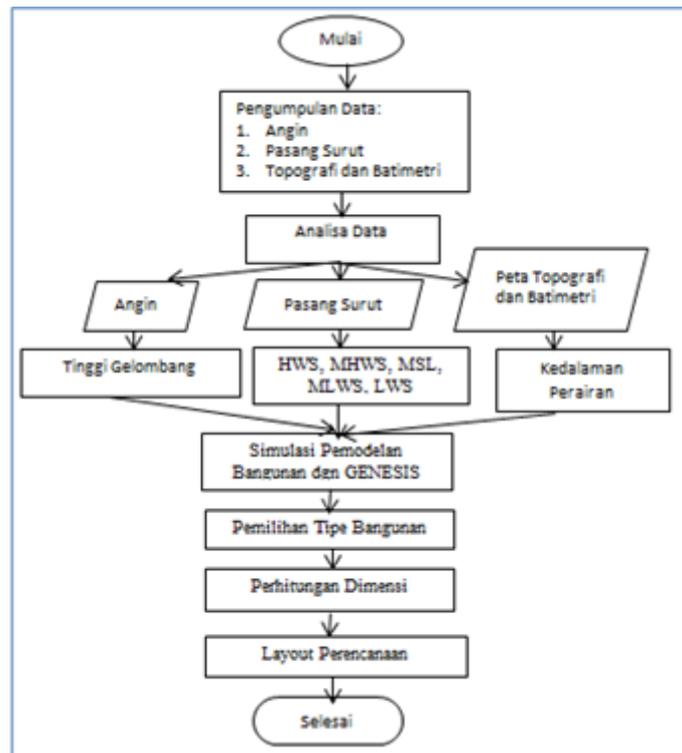
- Transpor sedimen hanya terjadi di surf zone
- Transpor sedimen sejajar pantai terjadi akibat aksi gelombang pecah
- Detail struktur terinci di seputar pantai dapat diabaikan
- Evolusi garis pantai menggunakan kecenderungan

jangka panjang

Perubahan garis pantai yang dihitung di dalam GENESIS didapatkan dari konservasi volume sedimen yang dihitung dari laju transport sedimen sejajar pantai yang merupakan fungsi tinggi gelombang pecah, sudut datang gelombang pecah, dan beberapa karakteristik gelombang lainnya (CERC. 2002).

Salah satu langkah penting dalam pemodelan adalah melakukan diskritisasi model dengan membuat mesh (grid model) dengan data bathimetri dan garis pantai yang telah didapatkan. Grid Model ini berdasarkan finite element sederhana di mana bathimetri dan garis pantai akan digeneralisasi menjadi bathimetri sesuai format kebutuhan perangkat lunak. Grid Simulasi pada lokasi dalam program GENESIS ditunjukkan pada Gambar 6.

Grid simulasi melingkupi garis pantai serta perairan dimana gelombang akan merambat. Transpor sedimen, posisi struktur, dan batasan garis pantai terletak pada dinding sel, sedangkan titik posisi garis pantai berada di tengah-tengah sel. Grid disepanjang model garis



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian.  
 Figure 5. Research Flowchart.

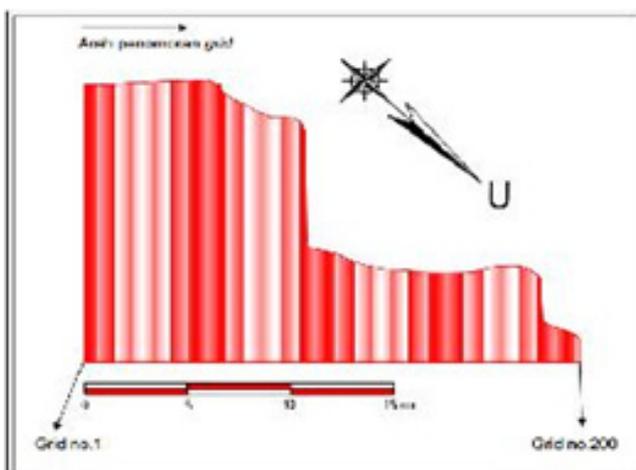
pantai adalah sama, yaitu  $\Delta x = 120\text{m}$  sistem koordinat grid ini dengan tidak memperbolehkan dua garis pantai pada satu grid.

Struktur eksisting sepanjang garis pantai dalam kasus ini tidak turut diperhitungkan karena faktor dimensi yang tidak terlalu signifikan dibandingkan dengan ukuran garis pantai yang dimodelkan. Hasil proses grid simulasi pada penelitian ini dimulai dari memasukkan data batimetri dengan format arah timur, arah utara

dan elevasi (xyz) yang kemudian dilakukan pembuatan daerah batas model yang nantinya akan menjadi lokasi pemodelan.

### Pemodelan Gelombang

Mengingat tidak tersedianya data gelombang hasil pengukuran di lokasi pengamatan, maka penelitian ini menggunakan data angin 10 tahun dengan interval per 1 jam untuk membangkitkan gelombang dimana metode tersebut dikenal dengan metode Hindcasting. Hindcasting gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang dengan menggunakan data angin dimasa lampau. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang di laut. Penelitian ini menggunakan data angin dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) pada lokasi dengan rentang waktu 10 tahun (2011-2020). Langkah pertama dalam melakukan analisis dan pemodelan garis pantai adalah melakukan pemodelan transformasi gelombang. Untuk keperluan analisis ini digunakan model STWAVE (*Steady-state spectral WAVE*). Baik model STWAVE maupun GENESIS keduanya berada dalam satu perangkat lunak CEDAS (*Coastal Engineering Design & Analysis System*) yang dikembangkan oleh U.S. Army Corp of Engineers Engin (CERC. 1984). Dalam pemodelan gelombang dibutuhkan beberapa data masukan, seperti data bathimetri, gelombang, angin,



Gambar 6. Grid Pemodelan Pantai Pantai Karawang.  
 Figure 6. The Karawang Beach Beach Modeling Grid.



Gambar 7. Grafik Pasut di lokasi dari data BIG .  
 Figure 7. Tide Graph in Locations from BIG data.

dan data spasial lokasi penelitian.

### Tata Letak Bangunan

Tata letak (*layout*) bangunan untuk melindungi pantai dapat diatur sesuai maksud dan tujuan bangunan perlindungan tersebut. Rumus atau formula yang eksak untuk keperluan tersebut tidak tersedia, namun dari hasil penelitian dan pengalaman (CUR,1987; US Army Corps of Engineers,1994) dapat dipergunakan sebagai pedoman tata letak bangunan pantai tersebut (Yuwono,1996) yaitu bangunan didasarkan pada tujuan pembentukan tombolo atau salient. Tombolo adalah sedimentasi yang terbentuk tepat di belakang bangunan *breakwater* sedangkan salient adalah sedimentasi yang terbentuk pada garis pantai. Untuk membentuk tombolo atau salient dapat dihitung dengan menggunakan formula, yaitu :

- $Y_b/y > 1$  : tidak terbentuk salient
  - $Y_b/y < 1$  : berpotensi terbentuk salient atau tombolo
  - $Y_b/y \leq 0.5$ : dapat terbentuk salient/tombolo (kriteria yang dipilih)
  - $Y_b/y \leq 0,3$  : dapat terbentuk double tombolo
- dimana:  $Y_b$  = jarak bangunan ke pantai dan  $y$  = jarak gelombang pecah ke pantai

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pasang surut diperoleh dari stasiun Badan Informasi Geospasial (BIG) terdekat kemudian dikalibrasikan dengan pengamatan lapangan dengan rentang waktu selama 3 jam. Titik lokasi pengambilan pasang surut pada data stasiun BIG adalah pada koordinat : 107,26025, -5,95256 yang terletak disekitar pantai Karawang. Grafik data pasut di lokasi penelitian dari data BIG Desember 2019 ditunjukkan pada Gambar 7.

Dari data pasut Badan Informasi Geospasial (BIG) dilakukan pengolahan pasang surut menggunakan metode Least Square. Hasil pengolahan Least Square ini didapatkan konstanta harmonik sehingga dapat dihitung nilai *Mean Sea Level* (MSL), *Mean High Water Spring* (MHWS), *Mean Highest Water Level* (MHWL), *Mean Low Water Spring* (MLWS), *Mean Low Water Level* (MHWL) dan muka air rerata yang diukur dari Datum LWS (Z0). Hasil analisa pasang surut dilakukan dengan menghitung konstanta harmonik. Perhitungan Konstanta Harmonik terlihat dalam Tabel 1.

Dari tabel 1 dapat diketahui tipe pasang surut dengan menghitung bilangan Formzahl (F) dari persamaan 1.

$$F = \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} \dots\dots\dots 1)$$

- dimana,
- $F < 0,25$  = pasang surut harian ganda
  - $0,25 < F < 1,50$  = pasang surut campuran condong harian ganda
  - $1,50 < F < 3,0$  = pasang surut campuran condong harian tunggal
  - $F > 3,0$  = pasang surut harian tunggal

Dari persamaan Formzahl Persamaan 1 didapatkan, bilangan Formzahl = 3,84, nilai ini menunjukkan bahwa perairan pantai Karawang memiliki tipe pasang surut harian tunggal. Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu gelombang rendah dan periode pasang surut adalah 12 jam 24 menit. Dengan nilai tunggang pasang surut berdasarkan analisis dengan metode *Least Square* adalah 1,22 meter.

Seluruh hasil pengukuran bathimetri mengacu pada suatu bidang persamaan atau datum sebagai acuan untuk pekerjaan rekayasa pantai. Elevasi penting yang

Tabel 1. Konstanta Harmonik Pasang Surut  
*Table 1. Tidal Harmonic Constants*

	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
A cm	114,02	8,34	2,67	1,25	2,27	24,6	17,37	11,98	0,01	0,01
G		81,61	103,14	22,1	102,78	-13,36	0,8	148,52	246,23	73,26

Sumber: Hasil perhitungan

dihasilkan dari analisa pasang surut dengan metode least square dapat dilihat dalam Tabel 2.

Data pasang surut hasil pengolahan kemudian dikalibrasikan dengan data pengamatan lapangan yaitu pada Gambar 8. Dapat dijelaskan bahwa hasil pengamatan memiliki data yang tidak jauh berbeda dengan data hasil pengolahan data sekunder dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Data angin digunakan sebagai data masukan perhitungan tinggi gelombang yang terjadi di lokasi kajian. Data angin yang digunakan adalah data angin dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). Dalam penelitian ini digunakan data angin dengan rentang waktu 10 tahun (2011-2020) (Gambar 9). Selengkapnya, arah angin di daerah lokasi digambarkan dalam sebuah diagram mawar angin (*windrose*) pada gambar 10.

Berdasarkan data angin 10 tahun mulai dari tahun 2011 - 2020 didapatkan arah dan kecepatan dominansi angin pada lokasi penelitian yaitu dari Timur sebesar 27% serta dari arah Tenggara sebesar 20%. Kecepatan angin pada lokasi penelitian berkisar rata-rata 4.8 m/s, dimana kejadian angin terbesar dari arah Timur dan Tenggara. Data angin ini akan dijadikan sebagai data untuk pembangkitan gelombang pada metode *Hindcasting*. Dari *windrose* total di atas, dapat dilihat bahwa angin dominan bertiup dari arah timur sepanjang tahun. Kemudian diikuti dari arah barat, timur laut, dan utara yang terjadi pada musim barat yaitu Desember sampai dengan Maret.

Untuk melakukan peramalan gelombang di suatu perairan diperlukan masukan berupa data angin dan peta batimetri. Peta perairan lokasi dan sekitarnya

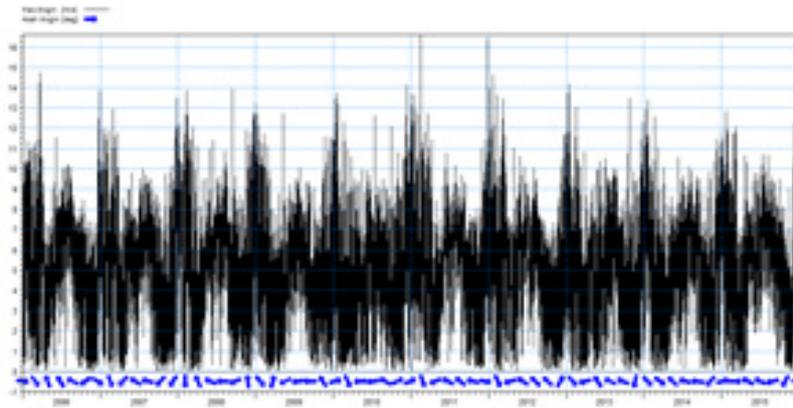
Tabel 2. Nilai Pasang Surut Metode Least Square  
*Table 2. Tidal Value of Least Square Method*

Jenis Elevasi		Elevasi (m)	DATUM (m)
Highest High SPRING	(HWS)	1,73	1,22
Mean High Water Spring	(MHWS)	1,60	1,09
Mean Sea Level	(MSL)	1,14	0,63
Mean Low Water Spring	(MLWS)	0,64	0,13
Lowest Water SPRING	(LWS)	0,51	0
Tunggang Pasut	(HWS-LWS)	1,22	
$Z_0$	(MSL-LWS)	0,63	

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 8. Grafik Pasang Surut BIG dan Pengamatan.  
*Figure 8. BIG Tide Chart and Observations.*



Gambar 9. Data Angin ECMWF 10 Tahun (2011-2020).  
 Figure 9. Years ECMWF Wind Data (2011-2020).

diperlukan untuk menentukan besarnya “fetch” atau kawasan pembentukan gelombang. Fetch adalah daerah pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relatif konstan. Adanya kenyataan bahwa angin bertiup dalam arah yang bervariasi atau sembarang, maka panjang fetch diukur dari titik pengamatan dengan interval 5°. Panjang fetch efektif dihitung untuk 8 arah mata angin dan ditentukan berdasarkan Persamaan 2.

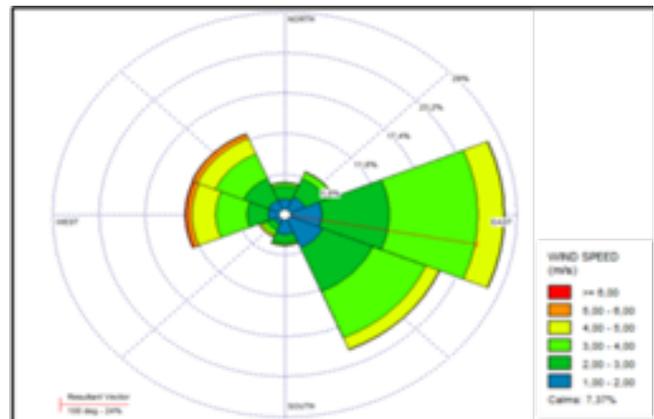
$$L_i = \frac{\sum L_j \cdot \cos \alpha_j}{\sum \cos \alpha_j} \dots\dots\dots 2)$$

dimana,

- L<sub>i</sub> = panjang *fetch* ke-*i*
- α = sudut pengukuran *fetch* ke-*i*
- i = jumlah pengukuran *fetch*

Jumlah pengukuran “i” untuk tiap arah mata angin

tersebut meliputi pengukuran-pengukuran dalam wilayah pengaruh fetch (22,5° searah jarum jam dan 22,5° berlawanan arah jarum jam dari masing-masing arah mata angin). Hasil perhitungan fetch efektif

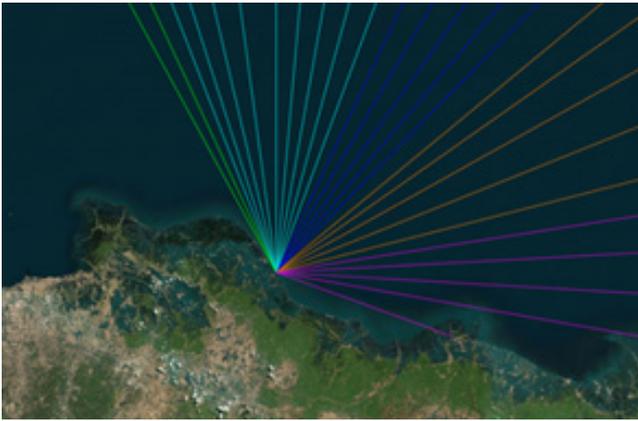


Gambar 10. Windrose 10 Tahun (2011-2020).  
 Figure 10. Years Windrose (2011-2020).

Tabel 3. Distribusi Frequency Angin 10 Tahun di Lokasi Penelitian  
 Table 3. 10 Year Wind Frequency Distribution at the Research Location

Directions	Wind Classes (m/s) Frequency Distribution						Total (%)
	1,00 - 2,00	2,00 - 3,00	3,00 - 4,00	4,00 - 5,00	5,00 - 6,00	>= 6,00	
N	0,02274	0,01819	0,00476	0,00109	0,00024	0,00000	0,04701
NE	0,02732	0,02878	0,00938	0,00054	0,00006	0,00002	0,06610
E	0,04680	0,08316	0,11062	0,03220	0,00119	0,00006	0,27403
SE	0,05146	0,06729	0,07089	0,01891	0,00076	0,00000	0,20931
S	0,02834	0,01209	0,00358	0,00090	0,00017	0,00001	0,04509
SW	0,01534	0,00948	0,00607	0,00315	0,00064	0,00010	0,03477
W	0,02057	0,02656	0,03932	0,02933	0,00649	0,00197	0,12424
NW	0,02331	0,03299	0,03825	0,02308	0,00700	0,00111	0,12573
<b>Sub-Total</b>	<b>0,23587</b>	<b>0,27853</b>	<b>0,28286</b>	<b>0,10920</b>	<b>0,01655</b>	<b>0,00327</b>	<b>0,92628</b>
<b>Calms</b>				<b>0,07372</b>			
<b>Total</b>				<b>1,00</b>			

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 11. Peta Fetch Perairan Terluar Kabupaten Karawang.

Figure 11. Map of the Outer Waters of Karawang Regency.

diberikan pada Gambar 11.

Pembentukan gelombang di perairan dalam dianalisa dengan formula-formula persamaan 3, 4, dan 5.

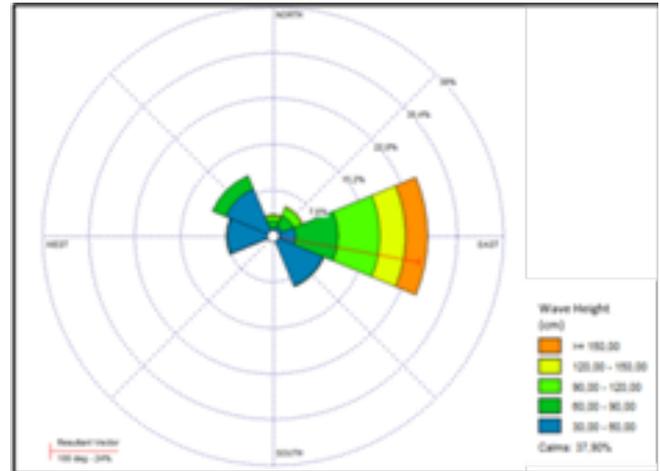
$$\frac{gt_d}{U_A} = 68.8 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{2/3} \leq 7.5 \times 10^4 \quad \dots\dots\dots 3)$$

$$\frac{gT_p}{U_A^2} = 0.2857 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3} \leq 8.134 \quad \dots\dots\dots 4)$$

$$\frac{gH_{m_0}}{U_A^2} = 0.0016 \left( \frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2} \leq 0.2433 \quad \dots\dots\dots 5)$$

Sedangkan persamaan untuk keadaan gelombang terbentuk penuh diberikan oleh:

$$\frac{gt_d}{U_A} = 7.5 \times 10^4 \quad \dots\dots\dots 6)$$



Gambar 12. Waverose Tinggi Gelombang (2011-2020).  
Figure 12. Waverose Wave Height (2011-2020).

$$\frac{gH_{m_0}}{U_A^2} = 0.2433 \quad \dots\dots\dots 7)$$

$$\frac{gT_p}{U_A^2} = 8.134 \quad \dots\dots\dots 8)$$

dimana,

- td = durasi angin
- Hm0 = tinggi gelombang signifikan menurut energi spektral
- Tp = periode puncak gelombang
- Ts = periode gelombang signifikan
- Ts = 0.95 Tp
- UA = 0.71 U101.23 m/detik = faktor tekanan angin
- U10 = kecepatan angin pada ketinggian 10 m

Hasil perhitungan tinggi gelombang di perairan dalam berdasarkan data angin pada lokasi kajian (2011-2020) disajikan pada Gambar 12.

Tabel 4. Tinggi gelombang terbesar di laut dalam tahunan (2011-2020)  
Table 4. Largest wave height in the annual deep sea (2011-2020)

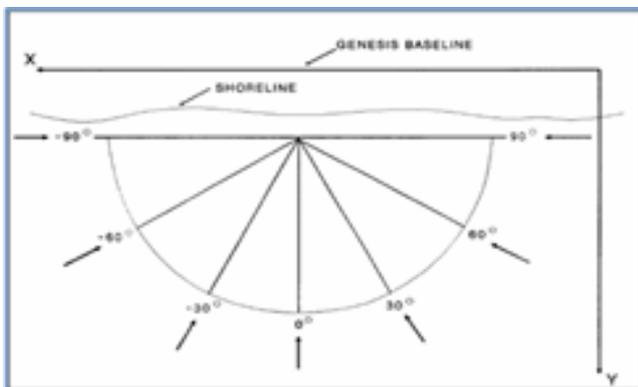
TAHUN	TINGGI GELOMBANG (CM) BERDASARKAN ARAH							
	UTARA TIMUR LAUT				SELATAN	BARAT BARAT LAUT		
	TIMUR	Tenggara	Tenggara	Tenggara		Barat	Barat	Barat
2011	141	142	143	121	0	0	160	141
2012	142	143	142	125	0	0	130	142
2013	140	141	144	123	0	0	130	145
2014	142	142	145	126	0	0	140	150
2015	141	141	146	124	0	0	150	147
2016	141	140	142	128	0	0	170	150
2017	141	141	147	129	0	0	150	147
2018	144	141	148	129	0	0	140	150
2019	143	141	145	127	0	0	130	143
2020	143	141	141	127	0	0	130	141

Sumber: Hasil Perhitungan

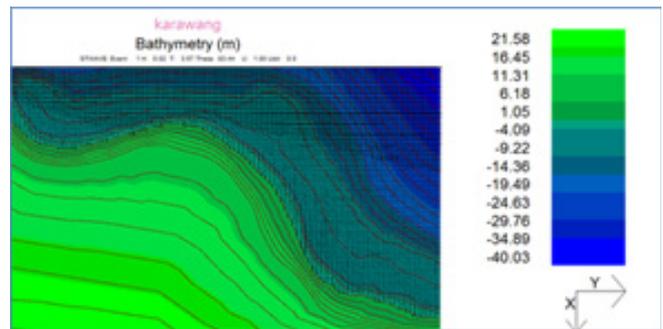
Berdasarkan waverose selama 10 tahun didapatkan dominansi gelombang di lokasi dari arah Timur dengan range data antara 30 cm sd lebih dari 150 cm untuk tinggi gelombang. Data *waverose* tersebut disajikan pada distribusi untuk melihat nilai prosentase dominansi gelombang akibat angin pada lokasi penelitian. Berdasarkan data gelombang 10 tahun mulai dari tahun 2011 sd 2020 didapatkan arah dan tinggi gelombang dominansi pada lokasi penelitian yaitu dari Timur sebesar 25% serta dari arah Barat Laut sebesar 10%. Tinggi Gelombang pada lokasi berkisar rata-rata 0.98 m, dimana gelombang terbesar dari arah Timur dan Barat Laut. Data gelombang ini akan dijadikan sebagai data untuk pembangkitan gelombang pada proses simulasi garis pantai dengan program GENESIS. Tinggi gelombang rencana yang diperlukan sebagai data input dalam analisis gelombang diperoleh dari hasil peramalan gelombang, diambil tinggi gelombang yang terbesar dengan periodanya untuk tiap arah, tiap tahun (Tabel 4).

Untuk melakukan simulasi perubahan garis pantai yang terjadi memerlukan data bathimetri pantai, angin, dan fetch, gelombang, arus, pasang-surut dan investigasi tanah. Adapun daerah sudut datang gelombang yang akan diperhitungkan oleh program GENESIS hanya dalam kisaran  $-90^{\circ}$  hingga  $90^{\circ}$ , dimana garis yang tegak lurus baseline adalah sudut  $0^{\circ}$  yang dapat dilihat pada gambar 13.

Hal ini menyebabkan perlunya kesesuaian antara arah garis pantai dengan sudut gelombang datang sebenarnya. Data gelombang hasil *hindcasting* yang akan diperhitungkan dalam pemodelan adalah data gelombang dengan arah sudut datang yang sesuai dalam koordinat lokal GENESIS. Setelah grid model dilakukan selanjutnya membuat kondisi batas model,



Gambar 13. Arah Datang Gelombang Dalam Genesis.  
Figure 13. Waves Coming Direction in Genesis.



Gambar 14. Model Batimetri Pantai Karawang.  
Figure 14. Bathimetric Model of Karawang Beach.

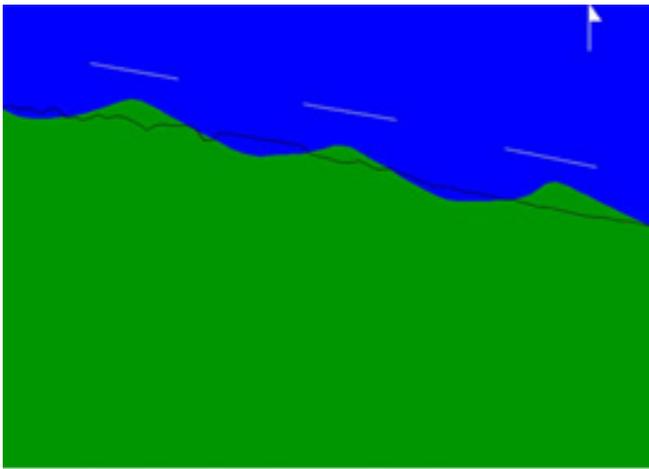
dimana posisi awal garis pantai berupa koordinat (x,y) adalah perubahan garis pantai tersebut. (Faustinus, 2014). Adapun proses *meshing grid* pada pekerjaan ini dimulai dari memasukan data bathimetri, yang kemudian dilakukan pembuatan daerah batas model yang akan menjadi lokasi pemodelan seperti yang ditunjukkan pada gambar 14.

Simulasi perubahan garis pantai dengan program GENESIS dilakukan di Desa Pusakajaya Utara, Kecamatan Cilebar. Hasil simulasi dapat memperkirakan perubahan garis pantai dengan adanya bangunan pantai dan tanpa bangunan pantai di suatu lokasi. Dari simulasi ini dapat ditentukan tipe bangunan pantai, apakah *breakwater* atau groin sedangkan untuk perencanaan bangunan dapat dilakukan dengan menghitung dimensi dan letak bangunan pengaman pantai yang sesuai dengan kondisi pantai di desa tersebut. Pada gambar 15 dapat dilihat pemodelan hasil simulasi perubahan garis pantai pada saat dibuat bangunan dengan tipe bangunan *breakwater* di desa Pusakajaya Utara.

Perencanaan bangunan pelindung pantai memerlukan desain yang tepat dan efektif agar diperoleh kegunaannya secara optimal. Parameter-parameter penting dalam desain dan perencanaan suatu bangunan pelindung pantai seperti tinggi gelombang, dan lain-lain digunakan untuk desain detail, sehingga pemahaman dan aplikasi yang tepat akan sangat mendukung untuk tercapainya desain yang optimal, baik secara teknis maupun ekonomis (Ersa & Sasmito, 2008).

Tinggi gelombang rencana dihitung dengan menggunakan grafik perpotongan antara gelombang pecah dengan menggunakan program GENESIS. Hasil perhitungan tinggi gelombang pecah maksimum pada perpotongan tersebut, ditunjukkan pada gambar 16.

Berdasarkan Gambar 16 hasil plot grafik antara



Gambar 15. Simulasi perubahan garis pantai dan tipe bangunan di Desa Pusakajaya Utara.  
 Figure 15. Simulated changes in coastlines and building type in Pusakajaya Utara Village.

gelombang pecah dengan gelombang refraksi-difraksi didapatkan perpotongan pada kedalaman 6,5 m dengan tinggi gelombang 1,35 meter. Sehingga dapat disimpulkan tinggi gelombang pecah menuju lokasi penelitian dari saat gelombang tersebut pecah yaitu pada kedalaman 6,5 m dengan tinggi gelombang 1,35 m.

Perencanaan bangunan pelindung pantai dilakukan dengan melakukan beberapa tahapan, yaitu menentukan letak bangunan, menghitung panjang dan jarak antara bangunan pantai. Berdasarkan simulasi program GENESIS dan melihat kondisi pantai Karawang bangunan pelindung pantai yang sesuai adalah *breakwater*. Pemilihan *breakwater* ini karena *breakwater* merupakan tipe bangunan pemecah gelombang yang dibuat sejajar pantai untuk menghambat datangnya gelombang yang datang tegak

lurus kearah pantai (Kajian Hidro-Oseanografi di Perairan Kabupaten Karawang. (Pasaribuet *et al.*, 2020). Dengan menggunakan ketentuan atau formula CUR dan *US Army Corps of Engineers* diatas dan dengan menggunakan grafik pertemuan gelombang pecah (Gambar.16) diketahui jarak gelombang pecah dari pantai sekitar  $\pm 100$  m. Agar bangunan dapat membentuk salient/tombolo maka berdasarkan formula diatas  $Y_b/y \leq 0.5$  maka  $Y_b = 0,5 \cdot 100 = 50$  m, sehingga *breakwater* yang direncanakan dibangun dengan jarak 50 meter dari pantai.

Untuk mengetahui panjang bangunan digunakan formula :

$$\frac{L_B}{Y_B} \geq 3.205 \quad : \text{ terbentuk tombolo sempurna}$$

$$1.14 \leq \frac{L_B}{Y_B} \leq 1.965 \quad : \text{ terbentuk salient dan tombolo periodik}$$

$$0.525 \leq \frac{L_B}{Y_B} \leq 1.14 \quad : \text{ terbentuk subdued salient}$$

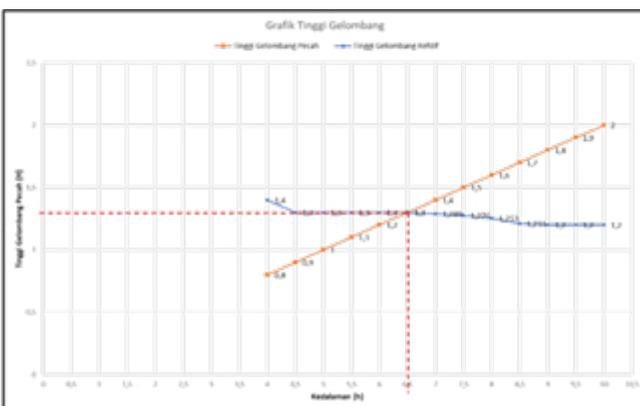
$$\frac{L_B}{Y_B} \geq 0.525 \quad : \text{ tidak ada sedimentasi}$$

dimana  $L_b$  panjang bangunan dan  $Y_b$  jarak bangunan ke garis pantai

Dengan menetapkan pola sedimentasi, dapat ditentukan kisaran  $L_B/Y_B$ , selanjutnya dengan diketahuinya  $Y_b$  dapat dihitung  $L_b$ . Agar terbentuk salient maka panjang

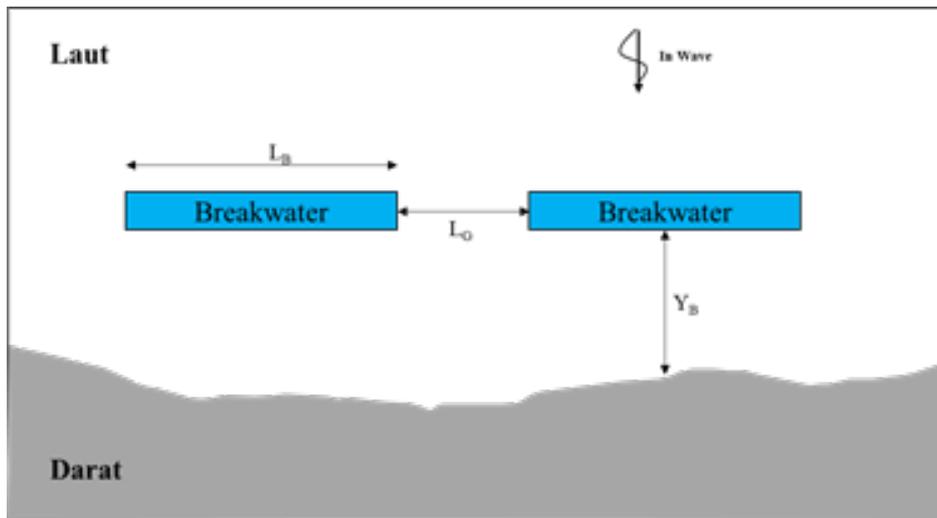
$$1.14 \leq \frac{L_B}{Y_B} \leq 1.965$$

$$L_B = 1.9 \times 50 = 95m \rightarrow 100m$$



Gambar 16. Grafik pertemuan gelombang pecah di Lokasi Penelitian.

Figure 16. The graph of the meeting of the breaking waves at the research location.



Gambar 17. Layout Penempatan Breakwater.  
Figure 17. Breakwater Placement Layout.

breakwater adalah sehingga panjang breakwater direncanakan adalah 100 m.

Jarak antar bangunan ditentukan dengan etode Suh dan Dalrymple:

$$\frac{L_G \cdot Y_B}{(L_B)^2} \leq 0.1 \quad \rightarrow \text{terbentuk salient / tombolo}$$

$$L_G = \frac{0.1(L_B)^2}{Y_B} \rightarrow L_G = \frac{0.1(100)^2}{50} = 20m$$

, sehingga agar terbentuk salient maka jarak antara breakwater adalah 20 m.

Setelah diketahui dimensi bangunan pelindung pantai, seperti tinggi bangunan, pangjang bangunan, jarak antara bangunan, jarak bangunan dari pantai serta tipe bangunan pantai nya maka dapat dibuat layout dari bangunan pelindung pantai tersebut, seperti gambar 17.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari seluruh rangkaian proses pengamatan sampai dengan analisa data dalam perencanaan bangunan pelindung pantai di Pantai Karawang dapat disimpulkan antara lain :

1. Dari hasil pengamatan di lokasi dan analisa data hidro-oseanografi selama 10 tahun, saat ini telah dan sedang terjadi proses abrasi dan sedimentasi di Pantai Utara Karawang yang menyebabkan merusakkan pantai. Kerusakkan pantai ini dapat dicegah atau dikurangi dengan mendirikan bangunan pelindung pantai.

2. Berdasarkan analisa data hidro-oseanografi seperti gelombang, pasang surut dan batimetri serta simulasi program GENESIS, dapat disimulasikan perubahan garis pantai dengan ada dan tidak adanya bangunan pelindung pantai, kemudian dari perubahan itu dapat dilakukan perencanaan bangunan pelindung pantai di lokasi perubahan tersebut.

3. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data serta kondisi pantai, dapat diketahui letak, dimensi dan tipe bangunan pelindung pantai yang direncanakan yaitu :

- Tipe Bangunan : Breakwater
- Tinggi Bangunan : 6 meter
- Jarak dari Pantai : 50 meter
- Panjang Bangunan : 100 meter
- Jarak antara Bangunan : 20 meter

Saran yang didapatkan dari hasil penelitian ini adalah garis pantai Karawang sudah mengalami kemunduran sehingga disarankan kepada pemerintah setempat segera membangun bangunan pelindung pantai dalam hal ini Breakwater untuk mengurangi abrasi yang lebih besar.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada kepala Dinas Kelautan dan Perikanan Karawang dan stafnya, kepala desa Pusakajaya Utara, Kecamatan Cilebar dan kepada bapak Asep Irwan dosen Program Studi Teknik Sipil - Institut Teknologi dan Sains Bandung, yang telah banyak membantu kegiatan ini sehingga dapat selesai dengan baik. Roberto Pasaribu adalah kontributor utama dalam tulisan ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Badan Informasi Geospasial (BIG). (2019). Data Online Pasang Surut. Diakses pada: <http://tides.big.go.id/pasut/>.
- Ersa-M, Bramudya., & Wihantoro, S. (2008). *Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Muarareja, Tegal*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro.
- Coastal Engineering Research Center (CERC). (1984). *Shore Protect Manual Volume*. US Army Coastal Engineering Research Center. Washington.
- Coastal Engineering Research Center (CERC) And Department of Water Research Engineering. (1991). *GENESIS (Generalized Model For Simulating Shoreline Change)*, US Army Corps of Engineers. Washington.
- Coastal Engineering Research Center (CERC). (2002). *Engineering and Design Coastal Engineering Manuals*. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
- Duxbury, A. B., Duxbury, A. V., & Sverdrup, K. A. (2002). *Fundamentals of Oceanography-4th Ed*, McGraw-Hill Publishing, New York.
- Google Earth. (2019).
- Holme, M. G., & McIntyre, N. D. (1984). *Methods for Study of Marine Benthos, second edition*. Blackwell Scientific Publication. Oxford.
- Komar P. D. (1983). *Nearshore Current and Sand Transport on Beaches in Johns Ed.*, Physical Oceanografi of Coastal and Shefl Seas. Florida. CERC Press, Inc.
- Nicholas-C, K., & Hanson, H. (1991), "GENESIS: Generalized Model For Simulating Shoreline Change", Technical Report CERC, Departement of The Army, Mississippi.
- Pratikto, W. A., Suntoyo., Solikhin., & Sambodho, K. (2014). *Struktur Pelindung Pantai*. Jakarta: PT. Mediatama Saptakarya.
- Rudolf, F. (2014). Modul Nemos dan Cedas. Dipublikasikan di <https://id.scribd.com/doc/228149793/Modul-Nemos-Dan-Cedas>
- Pasaribu, R., Agus, F., Tanjung, (2017). Indentifikasi Kerusakan Pantai di Kabupaten Karawang. *Jurnal STP-Teknologi dan Penelitian Terapan*, 20(2).
- Pasaribu, R., Soeprijadi, L., & Sutono, D. (2019). Kajian Abrasi dan Sedimentasi dengan Teknologi Remote Sensing di Pantai Karawang. *Jurnal Airaha*, 8(2), 137-147.
- Pasaribu, R., Agus-H, F., & Soeprijadi, L. (2019). Spatial Analysis of Coastline Change by Remote Sensing in the North Coast of Karawang Regency, *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik, JGLITrop*, 3(2). 50-56.
- Pasaribu, R., Agus-H, F., & Soeprijadi, L. (2020). Kajian Hidro-Oseanografi Di Perairan Kabupaten Karawang. *Jurnal PELAGICUS: Jurnal IPTEK Terapan Perikanan dan Kelautan*, 1(1), 39-51.
- Setiyono, H. (1996). *Kamus Oseanografi*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- SDC-R-90163. (2009). *Manual Design Bangunan Pengaman Pantai*, Sea Defence Consultants, Indonesia.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (2008). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wirekso, U. L., & Inayah, N, (2005). *Pembangunan Bangunan Pengaman Pantai di Daerah Mundu-Balongan*. Tugas Akhir. Jurusan Sipil Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Yuwono, N. (1996). *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik U-niversitas Gajah Mada.

