

Analisis Sedimentasi dan Peredaman Gelombang Akibat Pemecah Gelombang Ambang Rendah di Pantai Sigandu

Maria Yosephine Simbolon¹, Hendra Achiari², Dede M Sulaiman³, Chairun Annisa Aryanti⁴

¹Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera

²Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

³Experimental Station for Coastal, RCWR, Jalan Gilimanuk-Singaraja Km 122, Gerokgak, Buleleng, Bali, Indonesia

⁴Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Halu Oleo

Korespondensi: maria.simbolon@kl.itera.ac.id

Diterima: 20 Februari 2025; Direvisi: 5 April 2025; Disetujui: 15 April 2025

Abstrak

Kurangnya pertimbangan aspek lingkungan dalam pemanfaatan ruang pantai menjadi salah satu faktor penyebab kerusakan Pantai Sigandu, Kabupaten Batang. Tidak adanya bangunan/struktur pelindung pantai menyebabkan energi gelombang yang mencapai pantai cukup tinggi sehingga pantai berpotensi mengalami abrasi. Untuk mencegah kerusakan lebih lanjut, Pemerintah membangun pemecah gelombang ambang rendah (PEGAR) sebagai upaya perlindungan pantai. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya redam gelombang serta sedimentasi akibat PEGAR di perairan Pantai Sigandu. Analisis data menggunakan pendekatan model numerik dua dimensi. Hasil analisis memperlihatkan bahwa saat kondisi pasang, kecepatan arus sebesar 0,036 – 0,079 m/s dan bergerak menuju Tenggara, sementara saat kondisi surut, kecepatan arus sebesar 0,005 – 0,025 m/s dan berbalik arah dari Tenggara ke Barat Laut. Besar koefisien transmisi gelombang akibat adanya pemecah gelombang ambang rendah sebesar 32,68%. Sementara itu, hasil pemodelan sedimen mengindikasikan adanya sedimentasi dan erosi di sekitar Pantai Sigandu dengan laju sedimentasi sebesar 0,00117 m/hari. Hal ini menunjukkan bahwa arus dan gelombang berperan dalam transpor sedimen, yang berkontribusi terhadap proses sedimentasi di belakang bangunan pantai.

Kata kunci: PEGAR, Pantai Sigandu, sedimentasi, peredaman gelombang

Abstract

The lack of environmental considerations in the utilization of coastal space is one of the factors causing damage to Sigandu Beach, Batang Regency. The absence of coastal protection buildings/structures causes the wave energy that reaches the beach to be high enough to potentially cause abrasion. To prevent further damage, the Government built a low crested breakwaters (PEGAR) as a coastal protection effort. This study aims to analyze the wave damping power and sedimentation due to PEGAR in Sigandu Beach waters. Data analysis used a two-dimensional numerical model approach. The results of the analysis show that during high tide conditions, the current speed is 0,036 – 0,079 m/s and moves towards the Southeast, while during low tide conditions, the current speed is 0,005 – 0,025 m/s and reverses direction from Southeast to Northwest. The wave transmission coefficient due to the low crested breakwaters is 32,68%. Meanwhile, sediment modeling results indicate sedimentation and erosion around Sigandu Beach with a sedimentation rate of 0,00117 m/day. This indicates that currents and waves play a role in sediment transport, which contributes to the sedimentation process behind the beach structure.

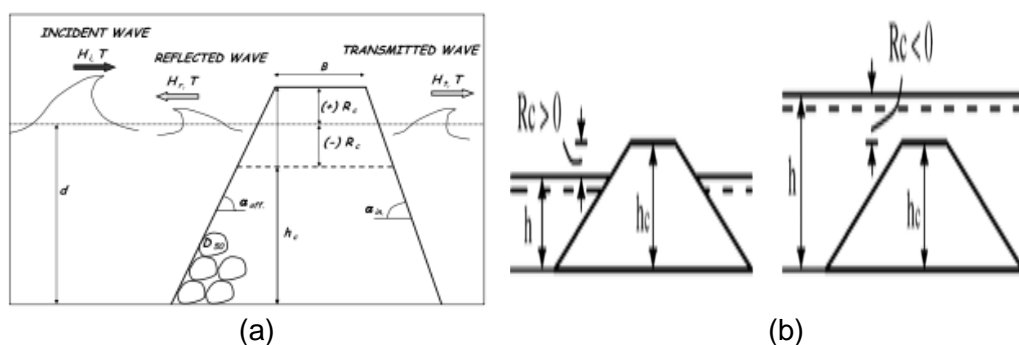
Key words: Low Crested Breakwaters, Sigandu Beach, sedimentation, wave damping

PENDAHULUAN

Salah satu daerah pesisir di Indonesia yang mengalami perubahan garis pantai akibat abrasi adalah pantai utara Jawa, termasuk Pantai Sigandu di Kabupaten Batang, Jawa Tengah. Pantai ini memiliki karakteristik berpasir dan merupakan destinasi wisata. Rusaknya Pantai Sigandu terjadi akibat ketidakseimbangan transpor sedimen yang dipicu oleh pemanfaatan ruang pantai tanpa mempertimbangkan aspek lingkungan. Tidak adanya bangunan pemecah gelombang mengakibatkan tingginya energi gelombang yang mencapai pantai sehingga berpotensi terjadinya abrasi. Selain itu, keberadaan jati Pelabuhan Batang yang menjorok ke laut juga diduga berperan terhadap terganggunya keseimbangan pantai di sekitarnya. Abrasi di Pantai Sigandu diperkirakan mencapai 100 meter dalam kurun waktu lima tahun (Salim, 2014).

Untuk mencegah kerusakan pantai yang semakin parah, pemerintah mengambil langkah perlindungan di Pantai Sigandu dengan membangun pemecah gelombang ambang rendah (PEGAR) berbahan geotube pada Oktober 2014. Struktur ini dipasang pada jarak 75 meter dari garis pantai dan ditempatkan pada elevasi muka air laut rata-rata (MSL) sesuai dengan fluktuasi permukaan air laut (Sulaiman, 2017).

PEGAR merupakan struktur pemecah gelombang yang puncaknya berada di bawah, sejajar, atau sedikit lebih tinggi dari permukaan air laut rata-rata. Struktur ini berfungsi meredam energi gelombang hingga tingkat tertentu, namun tidak sepenuhnya, karena sebagian energi tetap diteruskan melalui limpasan di atasnya (Pilarczyk, 2003). Sketsa PEGAR dan freeboard dapat dilihat pada Gambar 1.



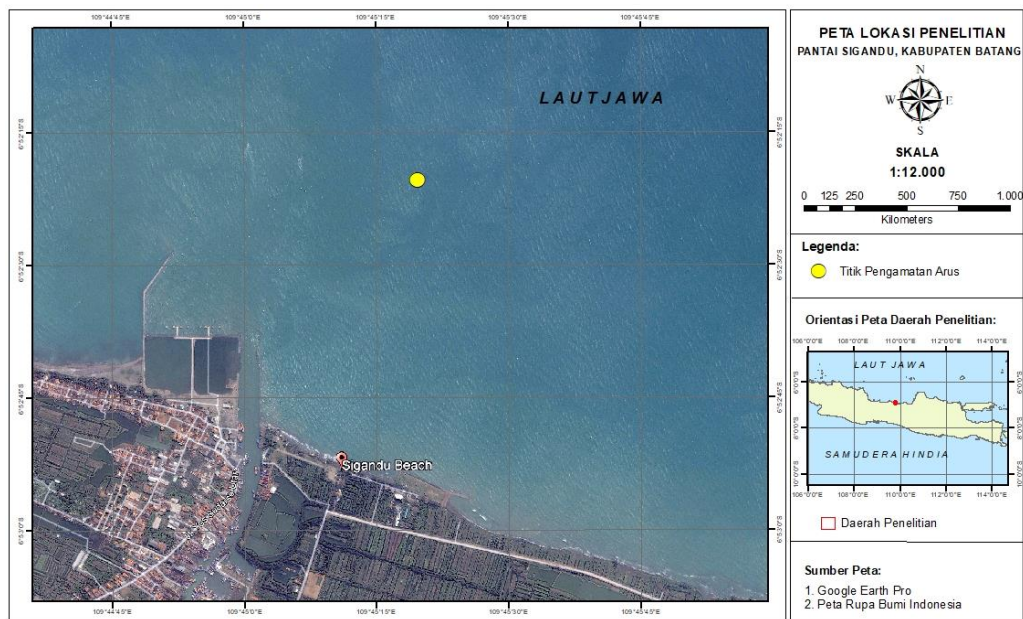
Gambar 1. (a) Definisi Sketsa Low Crested Breakwaters ; (b) Freeboard $R_c = H_c - H$ (Pilarczyk, 2003)

PEGAR dirancang untuk mengurangi erosi pantai serta membantu akumulasi sedimen sehingga sedimen yang terakumulasi di sekitar pantai dapat membentuk daratan baru. Prinsip kerja PEGAR adalah menahan dan mengurangi energi gelombang sebelum mencapai garis pantai, sehingga gelombang yang sampai ke pantai memiliki

energi yang lebih rendah. Akibatnya, kondisi perairan dan arus di belakang struktur menjadi lebih tenang, dan memungkinkan terjadinya pengendapan sedimen, yang dapat membentuk salient atau tombolo (Sulaiman, 2017). Oleh karena itu, besar laju sedimentasi akibat PEGAR perlu diketahui sebagai bahan evaluasi efektivitas struktur PEGAR.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Pantai Sigandu, Kabupaten Batang. Secara astronomis pantai Sigandu terletak pada $6^{\circ} 51' 46''$ sampai dengan $7^{\circ} 11' 47''$ LS dan $109^{\circ} 40' 19''$ sampai $110^{\circ} 03' 06''$ BT.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

(Sumber: Google Earth)

Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data yang diperoleh dari berbagai sumber. Data inputan model dan kalibrasi dapat dilihat dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data Inputan Model

No.	Jenis Data	Periode Data	Sumber Data
1.	Batimetri	2000	Peta LPI Semarang Lembar 1409
		2014	Survei Balai Pantai
2.	Garis Pantai	2014	Survei Balai Pantai
		2018	Google Earth
3.	Elevasi Muka Air	Januari-Juni 2016	Mike Tide Prediction
4.	Debit Sungai	Januari-Juni 2016	Balai Hidrologi PUSAIR
5.	Angin	Januari-Juni 2016	OGIMET
6.	Jenis Sedimen	2018	Survei Balai Pantai

Tabel 2. Data Kalibrasi

No.	Jenis Data	Periode Data	Sumber Data
1.	Elevasi Muka Air	17 Mei 2016 – 16 Juni 2016	Survei Balai Pantai
2.	Arus	17 – 18 Mei 2016	Survei Balai Pantai

Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan pendekatan numerik dua dimensi menggunakan tiga modul yaitu *Hydrodynamic Module* (pemodelan hidrodinamika), *Spectral Waves Module* (Pemodelan gelombang), dan *Sand Transport Module* (pemodelan sedimen) yang terdapat dalam MIKE 21 *Flow Model*.

Modul Hidrodinamika MIKE 21 (*HD Module*) merupakan model numerik yang digunakan untuk memodelkan dinamika pergerakan air akibat berbagai gaya eksternal, seperti angin dan kondisi muka air yang telah ditentukan pada batas terbuka model. Modul ini mampu mensimulasikan fluktuasi muka air dan pola arus yang terjadi di perairan seperti danau, estuari, serta wilayah pesisir (DHI, 2002). Berbagai efek fisik yang dapat dimodelkan dengan modul ini meliputi:

- Gaya gesek dasar (*bottom shear stress*)
- Gaya gesek angin (*wind shear stress*)
- Gradien tekanan barometrik
- Gaya Coriolis
- Dispersi momentum
- Sumber dan pelepasan massa (*sources and sinks*)
- Penguapan
- Proses genangan dan pengeringan wilayah (*flooding and drying*)
- Tegangan radiasi gelombang (*wave radiation stress*)

Persamaan pengatur modul hidrodinamika sebagai berikut.

Persamaan kontinuitas :

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \dots \dots \dots (1)$$

Persamaan momentum arah x :

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial q}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 h^2} - \frac{1}{\rho w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fVV_Y + \frac{h}{\rho w} \frac{\partial}{\partial x} (Pa) = 0 \dots \dots \dots (2)$$

Persamaan momentum arah y :

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial q}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 h^2} - \frac{1}{\rho} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_p - fVV_Y + \frac{h}{\rho} \frac{\partial}{\partial xy} (Pa) = 0 \dots \dots \dots (3)$$

Dengan keterangan tiap simbol sebagai berikut:

$h(x, y, t)$	= kedalaman air
$d(x, y, t)$	= kedalaman air dalam berbagai waktu (m)
(x, y, t)	= elevasi permukaan (m)
$p, q(x, y, t)$	= densitas flux pada arah x dan y ($\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$)
$c(x, y)$	= tahanan Chezy ($\text{m}^{0.5}/\text{s}$)
g	= kecepatan gravitasi (m/s^2)
$f(V)$	= faktor gesekan angin
$V, V_x, V_y(x, y, t)$	= kecepatan angin dalam arah x dan y (m/s)
(x, y)	= parameter coriolis (s^{-1})
$P_a(x, y, t)$	= tekanan atmosfer ($\text{kg}/\text{m}/\text{s}^2$)
ρ	= berat jenis air (kg/m^3)
(x, y)	= koordinat ruang (m)
t	= waktu (s)
$\tau_{xx}, \tau_{yy}, \tau_{xy}$	= <i>effective shear stress component</i>
Ω_q	= parameter Coriolis

MIKE 21 Spectral Waves (SW) adalah model yang digunakan untuk mensimulasikan proses pembangkitan, pelemahan energi, serta transformasi gelombang akibat angin dan swell, baik di wilayah pesisir maupun laut lepas. Model ini bekerja dengan menggunakan dua pendekatan berbeda, yaitu:

- Formulasi parametrik dengan pemisahan arah (*directional decoupled parametric*)
- Formulasi spektral penuh (*fully spectral*)

MIKE 21 SW dapat dimanfaatkan untuk memprediksi kondisi gelombang serta melakukan analisis baik pada skala regional maupun lokal. Model ini juga sering digunakan sebagai bagian dari kajian transportasi sedimen, karena pergerakan sedimen sangat dipengaruhi oleh karakteristik gelombang dan arus yang ditimbulkan oleh gelombang (*wave-induced currents*). Arus tersebut muncul akibat adanya gradien tegangan radiasi (*radiation stresses*) di zona pecah gelombang (*surf zone*). Selain itu, MIKE 21 SW mampu menghitung parameter gelombang serta distribusi tegangan radiasi secara rinci. Modul ini menggunakan persamaan keseimbangan energi gelombang sebagai dasar pengaturannya, yang diformulasikan dalam sistem koordinat kartesian maupun sferis (*spherical*), sebagaimana dikembangkan oleh Komen *et al.* (1994) dan Young (1999).

- Koordinat kartesian

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- $N(\vec{x}, \sigma, \theta, t)$ = rapat gaya
 t = waktu
 $\vec{x}(x, y)$ = koordinat Cartesian
 $\vec{v}(c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta)$ = kecepatan propagasi grup gelombang empat dimensi
 S = *source*
 • Koordinat *spherical*

$$\hat{N} = NR^2 \cos \phi = \frac{ER^2 \cos \phi}{\sigma} \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

- $\hat{N}(\vec{x}, \sigma, \theta, t)$ = rapat gaya
 $\vec{x}(\phi, \lambda)$ = koordinat *spherical*, dimana ϕ = *latitude* dan λ = *longitude*
 E = rapat energi normal
 R = jari-jari bumi

Dalam sistem koordinat polar, persamaan keseimbangan energi gelombang dapat dinyatakan dalam bentuk berikut.

$$\frac{\partial \hat{N}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial \phi} c_\phi \hat{N} + \frac{\partial}{\partial \lambda} c_\lambda \hat{N} + \frac{\partial}{\partial \sigma} c_\sigma \hat{N} + \frac{\partial}{\partial \theta} c_\theta \hat{N} = \frac{S}{\sigma} \dots \dots \dots (6)$$

dengan:

$$\hat{S}(\vec{x}, \sigma, \theta, t) = SR^2 = \text{total source dan sink function}$$

Energi *source*, S , menunjukkan superposisi *source function* dari berbagai macam fenomena fisik.

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

- S_{in} = pembentukan energi oleh angin
 S_{nl} = transfer energi gelombang akibat *non linear wave-wave interaction*
 S_{ds} = disipasi energi gelombang akibat *whitcapping*
 S_{bot} = disipasi akibat *bottom friction*
 S_{surf} = disipasi energi gelombang akibat *depth-induced breaking*

Untuk menentukan nilai koefisien transmisi gelombang setelah gelombang melewati suatu struktur, digunakan persamaan berikut.

$$K_T = \frac{H_T}{H_I} * 100\% \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan:

- K_T = Koefisien transmisi gelombang
 H_T = Tinggi gelombang transmisi (setelah melewati struktur)
 H_I = Tinggi gelombang datang (sebelum struktur)

Modul *Sand Transport* (ST) adalah model yang digunakan untuk mensimulasikan transportasi sedimen non-kohef. Modul ini menghitung pergerakan material non-kohef berdasarkan data aliran yang diperoleh dari modul hidrodinamika, serta kondisi gelombang yang dihasilkan melalui perhitungan dari modul gelombang spektral (*spectral wave module*). Persamaan pengatur yang digunakan dalam modul ini sebagai berikut:

$$\frac{\partial z}{\partial t} = \frac{z(1+e^{-z})}{e^z(z-1)+1} \frac{1}{U_0} \frac{dU_0}{dt} + \frac{30K}{k} \frac{\sqrt{K^2 U_0^2 + z^2 U_{f0}^2 + 2K_z U_{f0} U_0 \cos \gamma}}{e^z(z-1)+1} \dots \dots \dots (9)$$

Keterangan:

- K = konstanta Von Karman
 t = waktu
 z = parameter tebal *boundary layer*
 U_0 = kecepatan orbit dasar gelombang terdekat
 U_{f0} = kecepatan geser arus dalam lapisan batas gelombang
 γ = sudut antara arus dan gelombang
 k = kekasaran dasar permukaan $2.5 d_{50}$ untuk lapisan *plane bed* dan $2.5 d_{50} + k_R$ untuk *ripple covered bed*
 d_{50} = rata ukuran diameter
 k_R = *ripple* yang berkaitan dengan kekasaran

Modul Sand Transport (ST) menghasilkan sejumlah *output*, di antaranya:

- *Total load, x-component*
- *Total load, y-component*
- *Rate of bed level change*
- *Bed level change*
- *Bed level*

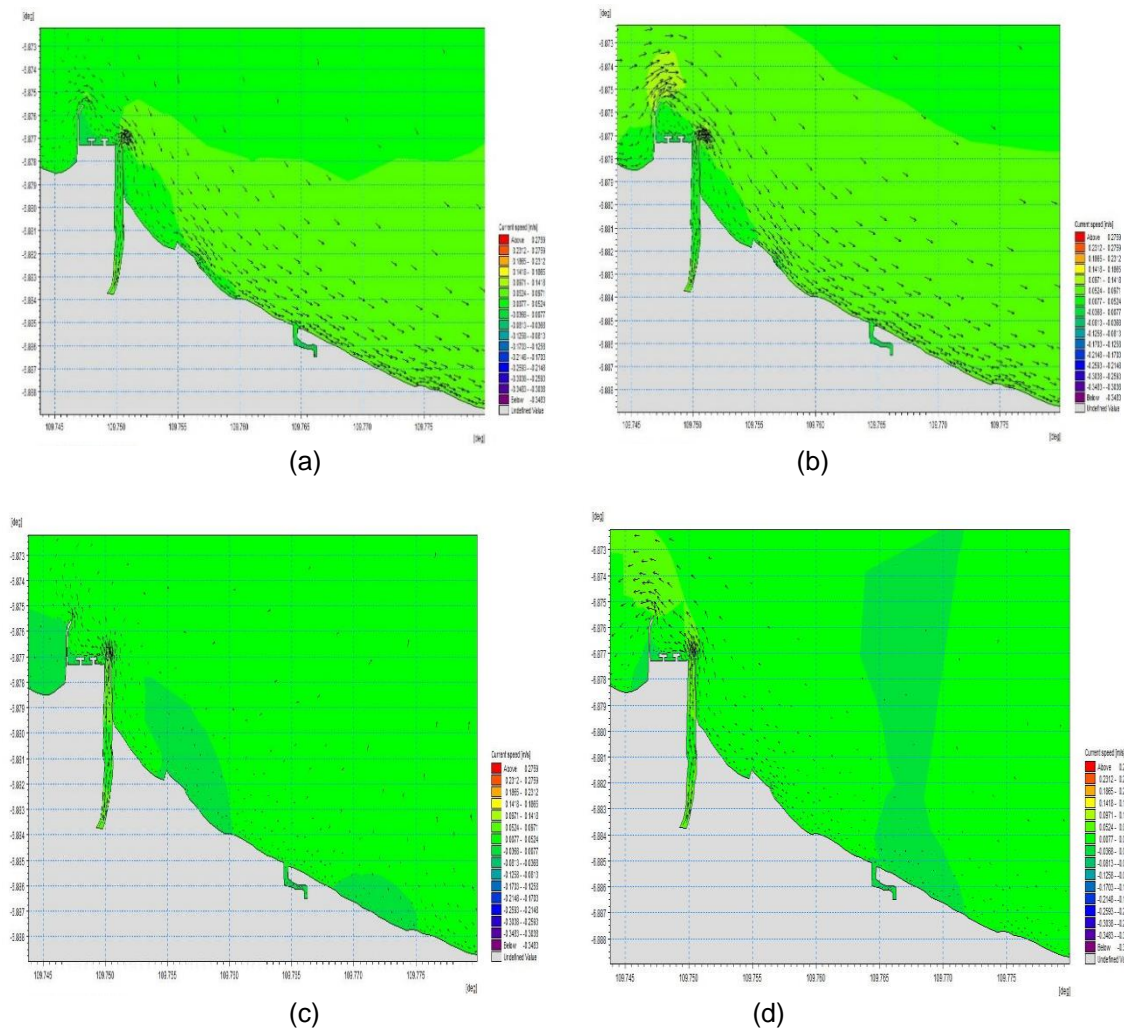
Simulasi pemodelan di setiap modul pada penelitian ini dilakukan selama enam (6) bulan dari tanggal 1 Januari – 30 Juni 2016. Skenario pemodelan dibagi menjadi dua yaitu skenario tanpa adanya PEGAR dan skenario dengan adanya PEGAR bercelah dengan jarak antarcelah PEGAR sebesar 25 m, dan jarak PEGAR dari garis pantai sebesar 75 m. PEGAR diasumsikan sebagai pemecah gelombang yang selalu muncul di permukaan. Selain itu, oleh karena adanya keterbatasan model maka PEGAR diasumsikan kedalaman PEGAR = 0 (dianggap sebagai pulau dalam model)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Arus

a. Skenario tanpa adanya PEGAR

Hasil simulasi kondisi arus untuk skenario tanpa adanya PEGAR divisualisasikan pada Gambar 3.

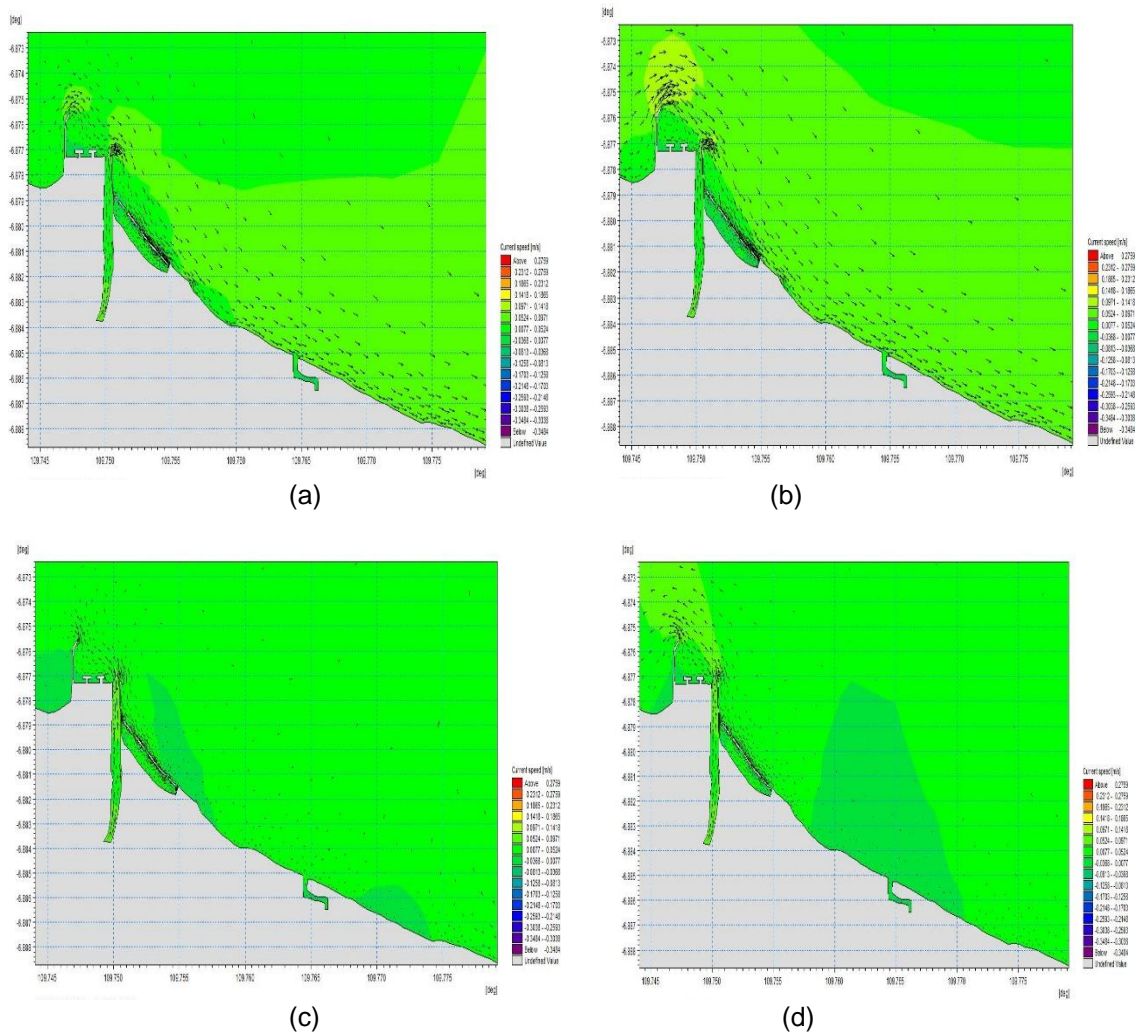


Gambar 3. Kondisi Arus Skenario Eksisting pada Saat (a) Menuju Pasang Tertinggi (b) Pasang Tertinggi (c) Menuju Surut Terendah (d) Surut Terendah

Gambar 3 menunjukkan bahwa kecepatan arus di sekitar lokasi kajian pada saat pasang sebesar 0,035 m/s s/d 0,079 m/s dan pada saat surut sebesar 0,021 m/s s/d 0,023 m/s. Pergerakan arus dari Barat Laut menyusuri pantai Sigandu menuju Tenggara pada saat pasang dan bergerak dari arah Tenggara menyusuri pantai Sigandu menuju arah Barat Laut pada saat surut.

b. Skenario PEGAR bercelah

Hasil simulasi kondisi arus untuk skenario PEGAR bercelah divisualisasikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi Arus Skenario PEGAR Bercelah pada Saat (a) Menuju Pasang Tertinggi (b) Pasang Tertinggi (c) Menuju Surut Terendah (d) Surut Terendah

Gambar 4 menunjukkan bahwa kecepatan arus di sekitar lokasi kajian pada saat pasang sebesar 0,030 m/s s/d 0,078 m/s dari Barat Laut menuju Tenggara dan saat kondisi surut sebesar 0,019 m/s s/d 0,023 m/s dari Tenggara menyusuri pantai Sigandu menuju Barat Laut.

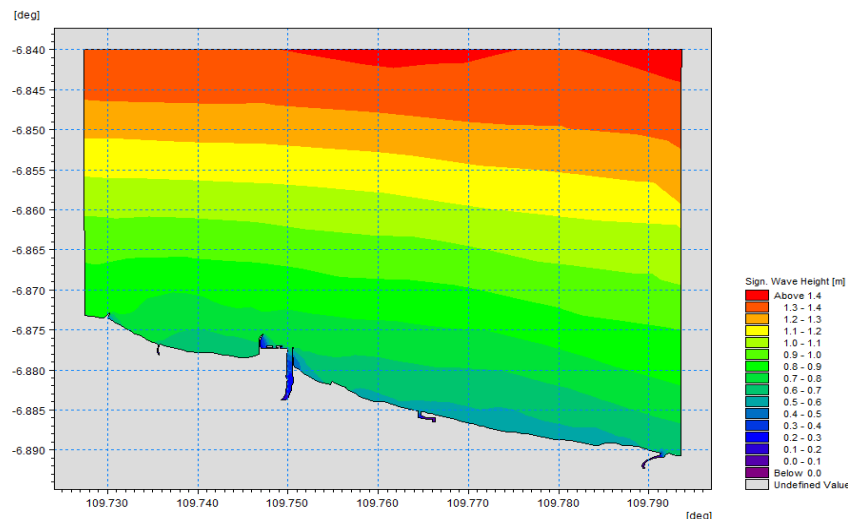
Dari hasil simulasi hidrodinamika untuk kedua skenario (Gambar 3 dan Gambar 4) di atas dapat diketahui bahwa arus yang terjadi di sekitar lokasi kajian dipengaruhi oleh adanya pasang surut. Arus yang disebabkan oleh pasang surut menyebabkan arus bergerak dalam arah yang berlawanan ketika pasang dan surut. Secara umum, kecepatan arus saat pasang lebih tinggi dibandingkan saat surut. Hal ini berkaitan dengan perubahan elevasi muka air laut, di mana saat air menuju pasang, elevasi semakin tinggi sehingga arus bergerak lebih cepat. Sebaliknya, saat air surut, elevasi menurun sehingga arus melambat. Pernyataan ini sejalan dengan Simatupang (2016),

yang menyebutkan bahwa kecepatan maksimum arus pasang surut terjadi ketika muka air tinggi, sedangkan kecepatan minimum terjadi saat muka air rendah.

Analisis Gelombang

a. Skenario tanpa adanya PEGAR

Hasil simulasi gelombang untuk skenario tanpa adanya PEGAR dapat dilihat pada Gambar 5.



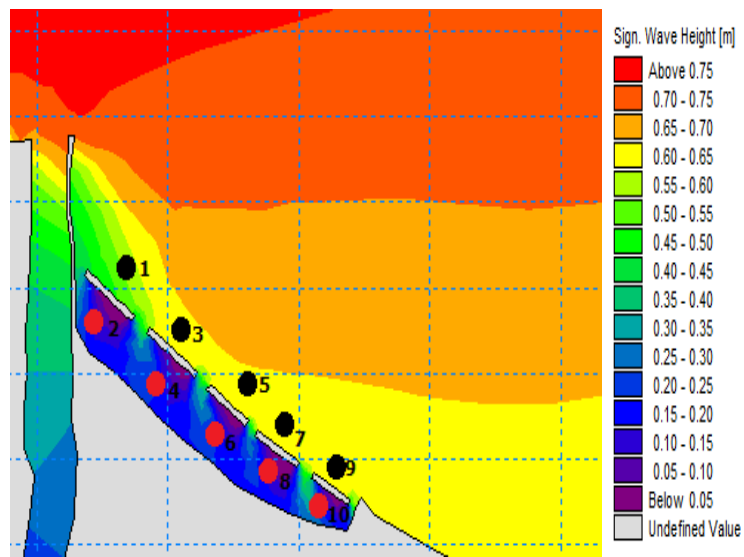
Gambar 5. Tinggi Gelombang Signifikan pada Skenario Tanpa Adanya PEGAR

Gambar 5 menunjukkan bahwa tinggi gelombang yang terjadi pada bulan Mei-Juni di sekitar pantai Sigandu rata-rata sebesar 0,4 m – 0,7 m. Gelombang yang menjalar menuju pantai memiliki tinggi gelombang signifikan yang semakin menurun.

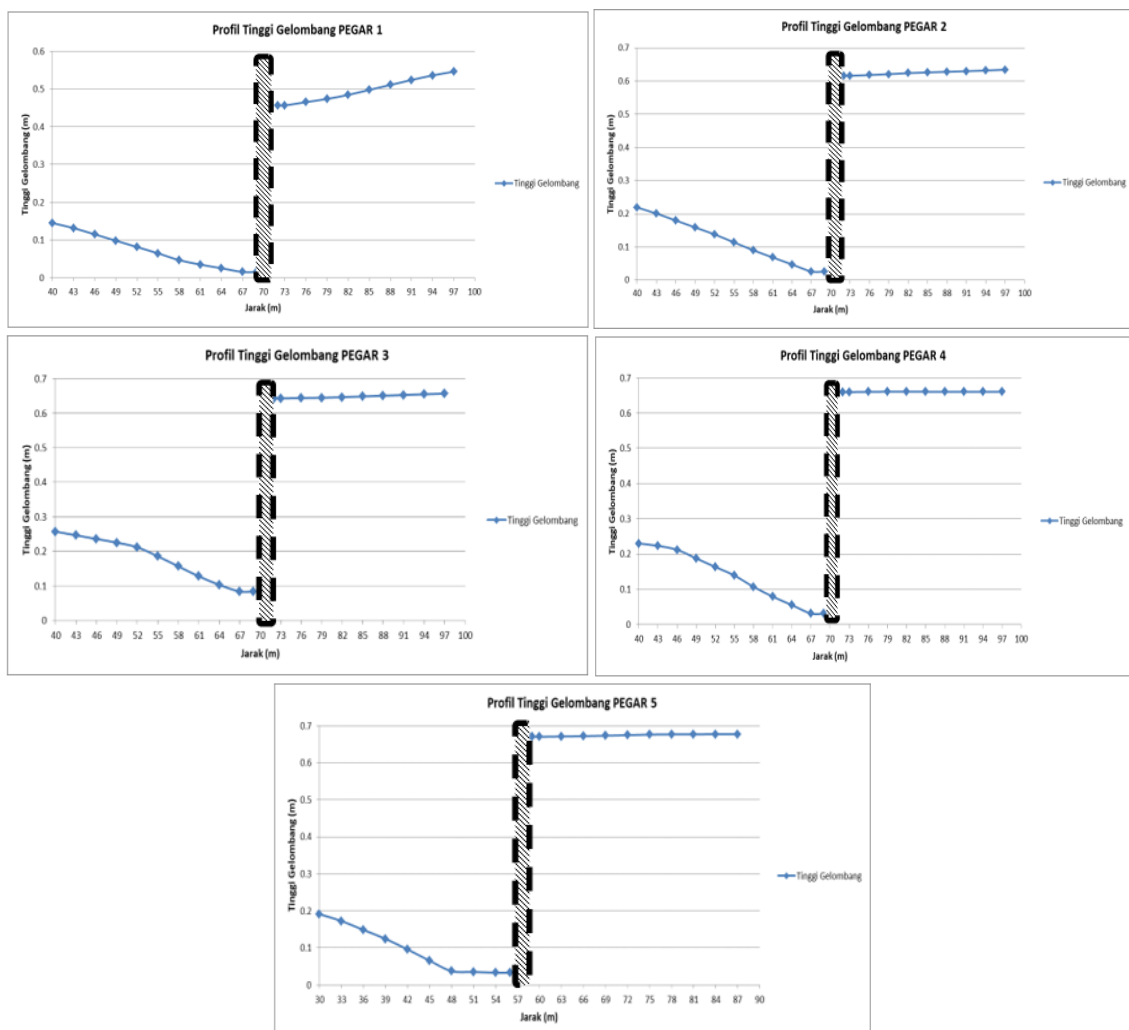
b. Skenario PEGAR bercelah

Hasil simulasi gelombang untuk skenario PEGAR bercelah dapat dilihat pada Gambar 6. Redaman tinggi gelombang yang terjadi di belakang struktur ditunjukkan dengan nilai koefisien transmisi gelombang. Nilai koefisien transmisi gelombang merupakan presentase perbandingan antara tinggi gelombang di belakang struktur dengan tinggi gelombang di depan struktur. Nilai koefisien transmisi gelombang (K_t) dengan arah datang gelombang dominan barat yang terjadi selama bulan Mei-Juni di sekitar Pantai Sigandu sebagai berikut.

- Nilai K_t pada titik 1 dan 2 (BW1) = 26,54%
- Nilai K_t pada titik 3 dan 4 (BW2) = 34,55%
- Nilai K_t pada titik 5 dan 6 (BW3) = 39,20%
- Nilai K_t pada titik 7 dan 8 (BW4) = 34,84%
- Nilai K_t pada titik 9 dan 10 (BW5) = 28,27%



Gambar 6. Tinggi Gelombang Signifikan pada Skenario PEGAR Bercelah



Gambar 7. Profil Tinggi Gelombang pada Skenario PEGAR Bercelah

Tinggi gelombang signifikan pada skenario PEGAR bercelah sebesar 0,13 m – 0,76 m. Grafik profil tinggi gelombang di belakang struktur dan di depan struktur dengan arah datang gelombang dominan arah barat dapat dilihat pada Gambar 7 di bawah ini.

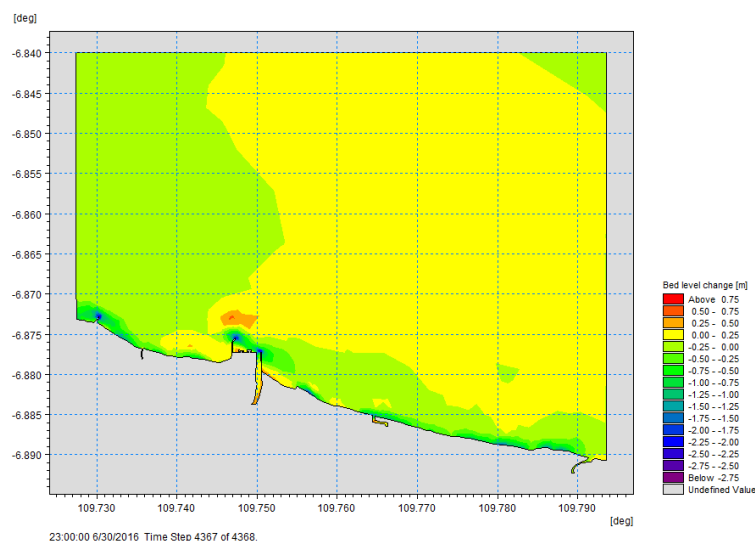
Tinggi gelombang hasil pemodelan skenario tanpa adanya PEGAR lebih besar dibandingkan dengan tinggi gelombang dengan adanya PEGAR. Dari skenario tersebut dapat disimpulkan bahwa adanya PEGAR dapat meredam gelombang. Gelombang yang merambat menuju pantai dan membentur penghalang atau struktur akan tertahan dan terpecah sebelum mencapai garis pantai, sehingga energi gelombangnya berkurang. Jika gelombang melewati struktur dengan celah, sebagian energi akan diteruskan melalui celah tersebut dan menyebabkan energi gelombang yang mencapai area pantai menjadi lebih besar. Menurut Triatmodjo (1999), energi yang sampai di daerah terlindungi dipengaruhi oleh lebar celah antara bangunan dan difraksi gelombang melalui celah tersebut. Energi gelombang yang masuk ke daerah pantai melalui celah dapat mengurangi kemungkinan terbentuknya tombolo.

Analisis Laju Sedimentasi

Besarnya laju sedimentasi dapat dianalisis dari hasil pemodelan terhadap perubahan batimetri di kedua skenario sebagai berikut:

a. Skenario tanpa adanya PEGAR

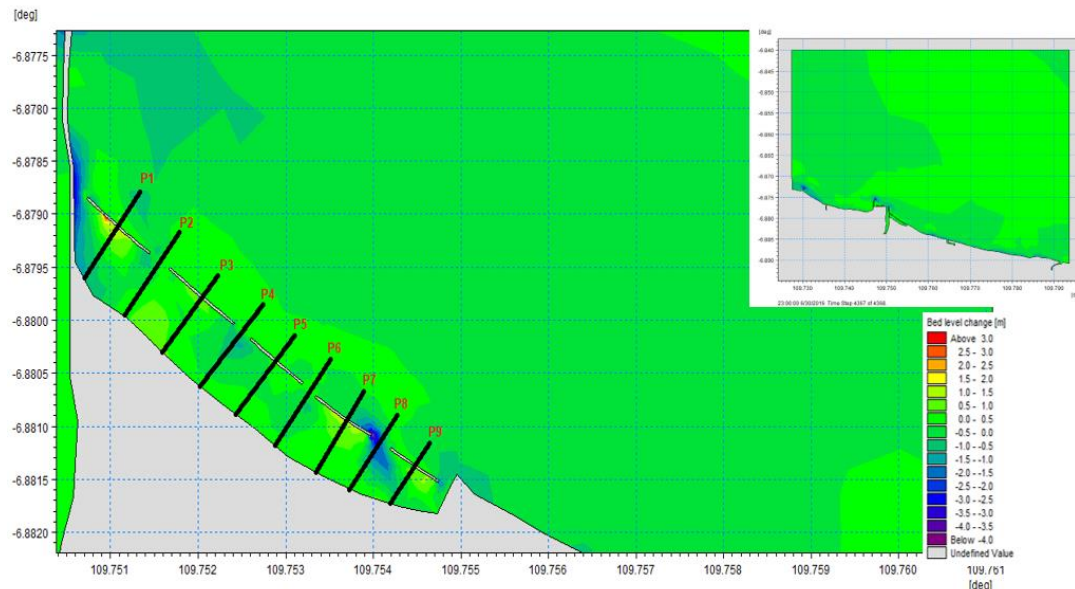
Dari hasil simulasi perubahan batimetri skenario tanpa adanya PEGAR yang ditunjukkan pada Gambar 8 memperlihatkan bahwa sebagian Pantai Sigandu mengalami deposisi dan sebagian lagi mengalami erosi. Hal ini karena adanya pengaruh arus dan gelombang terhadap proses pengangkutan sedimen di pantai.



Gambar 8. Perubahan Batimetri pada Skenario Tanpa Adanya PEGAR

b. Skenario PEGAR bercelah

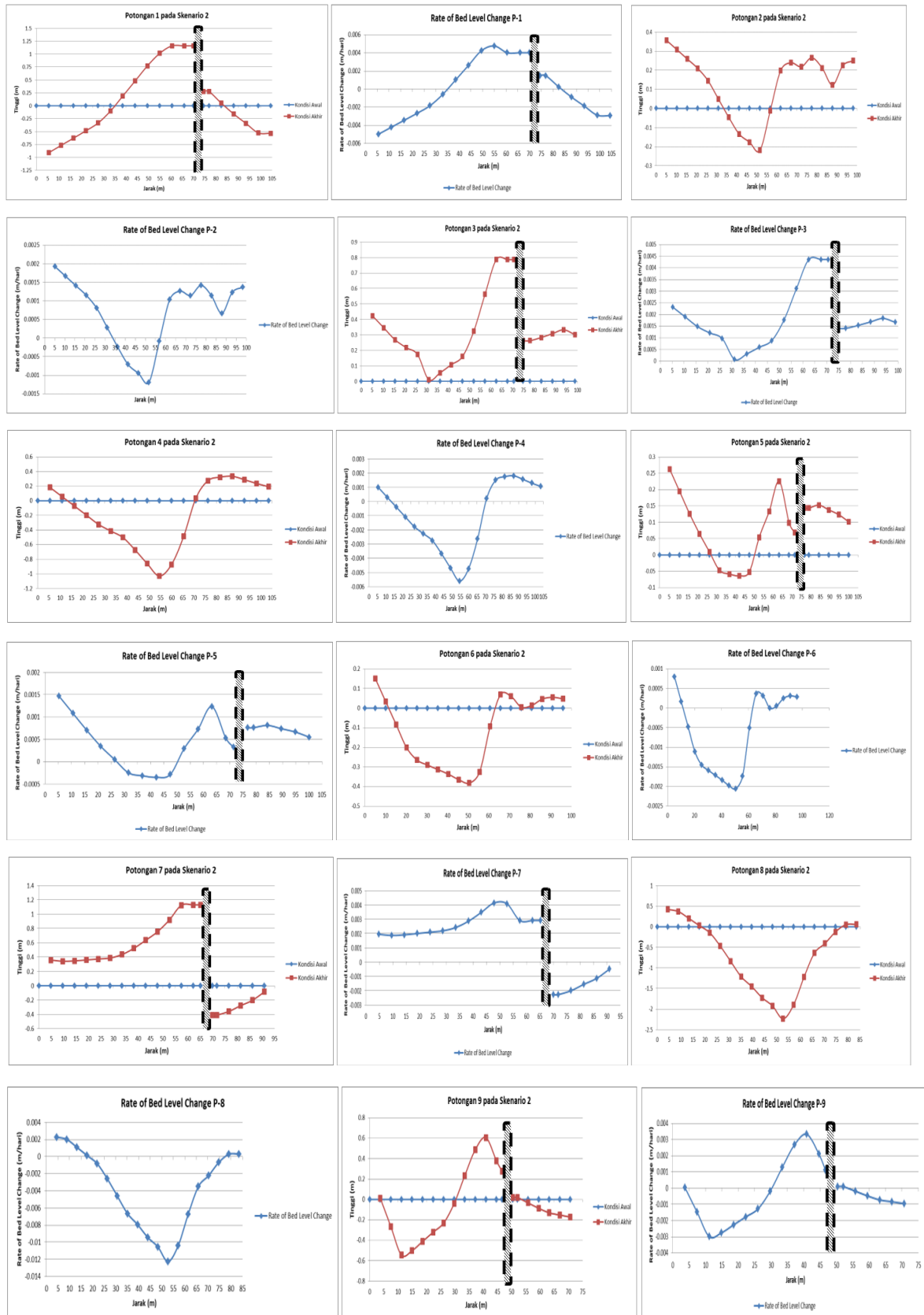
Hasil simulasi perubahan batimetri skenario PEGAR bercelah ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Perubahan Batimetri pada Skenario PEGAR Bercelah

Untuk mengkaji lebih mendalam diperlukan potongan-potongan melintang di lokasi kajian khususnya di sekitar struktur pemecah gelombang ambang rendah yaitu P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7, P-8, dan P-9. Potongan P-2, P-4, P-6, dan P-8 merupakan potongan melintang yang lokasinya berada di celah antarstruktur. Grafik *bed level change* dan *rate of bed level change* P-1 s/d P-9 ditunjukkan pada Gambar 10.

Dari Gambar 10 dapat diketahui bahwa besar rata-rata laju sedimentasi berdasarkan hasil pemodelan terhadap perubahan batimetri sebesar 0,00117 m/hari. Dari potongan P-1, P-3, P-5, P-7, dan P-9 di atas dapat diketahui secara umum terjadi sedimentasi di belakang struktur dan terjadi erosi di belakang struktur. Sedangkan pada potongan P-2, P-4, P-6, dan P-8 secara umum terjadi erosi. Sedimentasi terjadi karena struktur pemecah gelombang meredam energi gelombang yang membawa partikel pasir. Ketika energi gelombang yang ditransmisikan di belakang struktur melemah, partikel pasir mengendap dan membentuk salien. Namun, di sisi kiri dan kanan salien terjadi erosi akibat difraksi gelombang yang mengarah ke garis pantai, sehingga pasir berpindah dan mengendap di area salien.



Gambar 10. Bed Level Change dan Rate of Bed Level Change pada Skenario PEGAR Bercelah

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa dinamika perairan Pantai Sigandu dipengaruhi oleh faktor hidro-oseanografi seperti pasang surut, arus, dan gelombang. Pergerakan arus menyusuri pantai Sigandu dominan dari Barat Laut menuju Tenggara pada kondisi pasang dengan kecepatan 0,036 m/s – 0,079 m/s dan pada kondisi surut arus bergerak dari arah Tenggara menuju Barat Laut dengan kecepatan arus sebesar 0,005 m/s – 0,025 m/s. Pembangunan pemecah gelombang ambang rendah (PEGAR) dapat meredam gelombang. Besar koefisien transmisi gelombang pada PEGAR bercelah sebesar 32,68%, hal ini menunjukkan bahwa pada PEGAR bercelah, energi gelombang sebagian akan diteruskan melalui celah antarstruktur.

Hasil skenario PEGAR bercelah menunjukkan adanya sedimentasi di belakang struktur karena adanya redaman gelombang dan proses difraksi yang terjadi di ujung struktur sehingga gelombang yang masuk melalui celah antarstruktur akan mengangkut partikel pasir dan mengendapkannya di daerah belakang struktur bersamaan dengan adanya pengaruh arus yang berperan dalam proses sedimentasi. Laju sedimentasi pada bangunan PEGAR bercelah sebesar 0,00117 m/hari. Kecepatan arus pada daerah yang mengalami sedimentasi (sekitar 0,07 m/s) lebih kecil daripada kecepatan arus di daerah yang mengalami erosi (sekitar 0,13 m/s).

REFERENSI

- Danish Hydraulic Institute (DHI). (2002). *User Guide and Reference manual of MIKE-21 – Coastal Hydraulics and Oceanography Hydrodynamic Module*, Danish Hydraulic Institute.
- Komen, G. J., Cavaleri, L., Donelan, M., Hasselmann, K., Hasselmann, S., & Janssen, P. A. E. M. (1994). *Dynamics and Modelling of Ocean Waves*. Cambridge University Press.
- Pilarczyk, K.W. (2003). *Design of Low Crested (Submerged) Structures-an Overview*. Proceedings of COPEDEC VI, Colombo, Srilanka.
- Salim, M.A. (2014). Strategi Pengembangan Pantai Sigandu di Kabupaten Batang dengan Analisa SWOT. Jurnal Research Gate.
- Simatupang, C. M. (2016). Analisis Data Arus di Perairan Muara Sungai Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. Maspari Journal. 8(1): 15-24.
- Sulaiman, D.M. (2017). Pagar Bercelah-Bangunan Pelindung dan Penumbuh Pantai. Deepublish, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. (1999). Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta.
- Young, I. R. (1999). *Wind Generated Ocean Waves*. Elsevier.