

PEMODELAN GELOMBANG DAN ARUS PADA DESAIN GROIN DI PPI CISOLOK, SUKABUMI

WAVE AND CURRENT MODELING FOR GROUYNE DESIGN AT CISOLOK FISHING PORT, SUKABUMI

Yessi Nirwana Kurniadi^{1*}, M. Rifki Permadi², Nineu Y. Geurhaneu¹, Deny Setiady¹

¹ Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Bandung, Jl. PHH Mustofa No 23 Bandung 40124

¹ Balai Besar Survei dan Pemetaan Geologi Kelautan, Jl. Dr. Djunjunan No. 236 Bandung 40174

*yessi@itenas.ac.id

Diterima : 04-11-2022 , Disetujui : 17-05-2023

ABSTRAK

Fasilitas pokok dermaga pendaratan ikan dan kolam pelabuhan di Pangkalan Pendaratan Ikan Cisolok tidak dapat menampung seluruh jumlah kapal ikan nelayan karena kondisi fasilitas yang ada sudah rusak dan terjadi sedimentasi di kolam pelabuhan. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh gelombang dan arus sejajar pantai di sekitar PPI Cisolok lalu merencanakan desain groin yang efektif agar dapat melindungi kolam pelabuhan dari arus sejajar pantai yang membawa sedimen. Simulasi hidrodinamika dan transformasi gelombang dilakukan dengan MIKE 21 Modul Flow Model Flexible Mesh dan Modul Spectral Wave. Pada alternatif 1 groin diperpanjang 85 m tegak lurus pantai dan alternatif 2 diperpanjang 90 m dengan posisi ke arah tenggara. Hasil analisis pada pemodelan transformasi gelombang menunjukkan bahwa desain groin alternatif 2 lebih efektif untuk melindungi kolam pelabuhan dari gelombang dan arus sejajar pantai dengan persentase reduksi di musim barat sebesar 46% dan di musim timur sebesar 43.5%.

Kata kunci: gelombang, groin, sedimentasi dan hidrodinamika

ABSTRACT

The basic facilities for fish landing berth and port basin at Fish Landing Port Cisolok cannot accommodate the entire number of fishing boats because the existing facilities are damaged and sedimentation occurs. The purpose of this study is to investigate the influence of waves and longshore currents on the coast around Cisolok Port and then to plan an effective groyne design in order to protect the pond basin from longshore sediment. Hydrodynamic wave transformation simulation were carried out using MIKE 21 Flow Model Flexible Mesh and Spectral Wave Module. In the first alternative design, the groyne is extended by 85 m perpendicular to the beach. The second alternative design is extended 90 m to the southeast. The results of the analysis on wave transformation modeling show that the second alternative design is more effective in protecting the port basin from wave and longshore sediment percentage wave heights reduction of 46% on west monsoon and 43.5% at east monsoon.

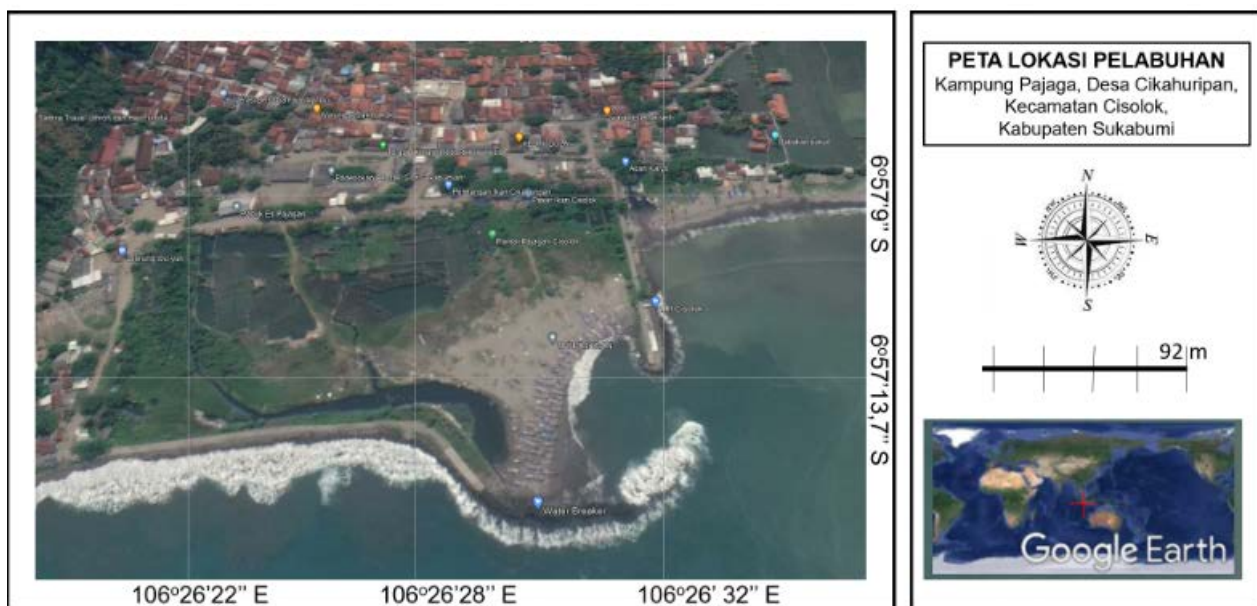
Keyword: wave, groyne, sedimentation, hydrodynamic model

PENDAHULUAN

PPI (Pangkalan Pendaratan Ikan) Cisolok berada di Desa Cikahuripan, Kec. Cisolok, Kab.Sukabumi, dipersiapkan untuk mengganti fungsi PPN (Pelabuhan Perikanan Nusantara) Pelabuhan Ratu sebagai tempat berlabuh bagi kapal-kapal berukuran kecil yaitu 30 GT ke bawah. PPI Cisolok ini berfungsi sebagai penunjang operasional PPN Pelabuhan Ratu dimana pada musim gelombang besar kapal-kapal nelayan yang tidak dapat tertampung di Pelabuhan Ratu akan ditampung di PPI Cisolok untuk menghindari gelombang besar. Berdasarkan studi pengembangan yang telah dilakukan di tahun 2002 pembangunan *breakwater* belum selesai dan masih perlu diperpanjang sampai kedalaman gelombang pecah. Disamping itu perlu dibuat groin untuk mencegah sedimentasi di kolam pelabuhan akibat arus sejajar pantai (Purwono, 2006). Struktur groin merupakan struktur

- Data klimatologi yang digunakan merupakan data tiap 3 jam yang diperoleh dari BMKG dan dianggap mewakili angin di teluk Pelabuhan Ratu.
- Data gelombang merupakan gelombang yang dibangkitkan oleh angin (*wind wave*)
- Arah datang gelombang merupakan hasil analisis dari *waverose* dan *windrose*.
- Arus sejajar pantai diketahui dari hasil analisis model gelombang *spectral wave*
- Pergerakan sedimen diketahui dari pergerakan arus sejajar pantai dan sumber sedimen yang diperhitungkan hanya dari laut.

Pergerakan arus sejajar pantai yang membawa sedimen dimodelkan dengan model gelombang. Pemodelan hidrodinamika dan gelombang pernah dilakukan di teluk Pelabuhan Ratu dengan beberapa studi



Gambar 1. Peta Lokasi PPI Cisolok, Sukabumi. (Sumber : Google Earth, 2022)

pelindung pantai yang ditujukan menahan arus sejajar pantai dan transport sedimen sejajar pantai. Groin yang telah ada di PPI Cisolok saat ini masih belum mampu untuk menahan transpor sedimen tersebut, sehingga laju sedimentasi di kolam pelabuhan masih tinggi. Kondisi fasilitas pokok dermaga pendaratan ikan dan kolam pelabuhan di PPI Cisolok tidak dapat menampung seluruh jumlah kapal ikan nelayan Cisolok, karena kondisi fasilitas yang ada sudah rusak dan tertimbun sedimen (Rosalia, et al., 2019). Tingginya laju sedimentasi di kolam Pelabuhan Cisolok menyebabkan area tersebut menjadi daratan (Gambar 1), hal ini memaksa kapal nelayan berlabuh di dekat mulut pelabuhan.

Pada penelitian ini akan mengkaji mengenai analisis gelombang guna mendapatkan desain groin yang tepat agar fasilitas PPI Cisolok dapat berfungsi dengan baik kembali. Batasan masalah yang diterapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

yang berbeda seperti memodelkan transformasi gelombang dengan batimetri curam menggunakan model SWASH (Kurniadi & Windupranata, 2017) dan pemodelan arus akibat pasang surut (Nugraha & Surbakti, 2009). Proses akresi dan sedimentasi telah dipetakan untuk mengetahui karakteristik pantai di teluk Pelabuhan Ratu tersebut (Setiady & Sarmili, 2015). Alternatif desain groin akan ditentukan berdasarkan hasil analisis gelombang. Beberapa alternatif desain dan bentuk groin akan dibandingkan untuk mengetahui desain mana yang lebih efektif dalam mereduksi pengaruh arus sejajar pantai dari pengaruh gelombang.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode numerik pada model hidrodinamika *MIKE 21 Flow Model Flexible Mesh* dan model gelombang menggunakan *Spectral Wave Model*. Hidrodinamika

dibangkitkan oleh pasang surut yang masuk ke dalam teluk Pelabuhan Ratu, perbedaan tinggi muka air menghasilkan arus yang bergerak dari muka air tinggi menuju rendah. Angin pun berperan penting dalam transfer energi sehingga gelombang yang datang dengan suatu sudut di pantai menghasilkan arus sejajar pantai yang mampu menggerakkan sedimen sepanjang pantai. *MIKE 21 Flow Model Flexible Mesh (Flow Model FM)* yaitu suatu sistem model berbasis pada suatu pendekatan *mesh* fleksibel yang dikembangkan untuk aplikasi di dalam oseanografi, rekayasa pantai dan lingkungan muara sungai. *Flow Model FM* terdiri atas beberapa modul salah satunya *hydrodynamic module (HD)*. Model hidrodinamik dalam HD module adalah model numerik umum untuk muka air dan aliran di teluk dan pantai (Wirawan *et al* 2019). *Mike 21 Spectral Wave (SW)* mencakup model gelombang angin *spectral* dimana model ini mensimulasikan transformasi gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Prediksi gelombang dan analisis dalam skala regional dan skala lokal serta perhitungan transportasi sedimen yang sebagian besar ditentukan oleh kondisi gelombang dan *wave-induced currents*. *Wave-induced currents* disebabkan oleh *gradient radiation stressed* yang terjadi pada *surf zone* (Darmawan dan Kurniadi, 2019). *MIKE 21 SW* digunakan untuk penilaian iklim gelombang di wilayah lepas pantai dan pesisir. Data yang digunakan dalam pemodelan ini yaitu berupa data batimetri, pasang surut, dan angin dan diperoleh dari hasil penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL), BMKG dan instansi lainnya. Hidrodinamika 2DH mensimulasikan perbedaan muka air dan arus dalam menghadapi berbagai fungsi gaya di danau, teluk, pantai dan laut (Agern, 2006). Persamaan hidrodinamika yang digunakan yaitu sebagai berikut:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t}$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fVV_x$$

$$+ \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (P_a) = 0$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fVV_x$$

$$+ \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (P_a) = 0$$

Dimana $h(x,y,t)$ adalah kedalaman air [m], $d(x,y,t)$ adalah kedalaman air pada berbagai waktu [m], $\zeta(x,y,t)$ adalah elevasi permukaan [m], $p,q(x,y,t)$ adalah *flux density* dalam arah x dan y [$m^3/s/m$], $C(x,y)$ adalah tahanan *chezy* [$m^{1/2}/s$], $f(V)$ faktor gesekan angin, $V, V_x, V_y(x,y,t)$ kecepatan angin dalam arah x dan y [m/s], $\Omega(x,y)$ parameter

coriolis [s^{-1}], $Pa(x,y,t)$ tekanan atmosfer [$kg/m/s^2$] ρ_w berat jenis air [kg/m^3], τ_{xx} *Effective shear stress arah sumbu xx* [N/m^2], τ_{yy} adalah *Effective shear stress arah sumbu yy* [N/m^2] dan τ_{xy} adalah *Effective shear stress arah sumbu xy* [N/m^2]. Model transformasi gelombang menggunakan *MIKE 21 Spectral Waves* modul dimana gelombang angin didefinisikan sebagai spektrum densitas gelombang. Persamaan dispersi linear gelombang diberikan oleh persamaan

$$\sigma = \sqrt{gk \tanh(kd)} = \omega - \bar{k} \cdot \bar{U}$$

Dimana \bar{U} adalah vektor kecepatan arus, \bar{k} adalah vektor bilangan gelombang. Persamaan pengatur pada modul ini diturunkan dari persamaan konservasi untuk gelombang dan karakteristik propagasi kecepatan diberikan oleh persamaan *kinematic linear* dibawah ini

$$(C_x, C_y) = \frac{dx}{dt} = \bar{c}_g + \bar{U} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right) \frac{\sigma}{k} + \bar{U}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi Pemodelan

Validasi pemodelan dilakukan dengan cara membandingkan data pasang surut pengamatan di teluk Pelabuhan Ratu dengan tinggi muka air hasil pemodelan hidrodinamika di titik koordinat pengamatan pasang surut. Parameter dan hasil validasi pemodelan hidrodinamika ini digunakan sebagai input pemodelan pada model gelombang

MIKE 21 Spectral Wave Module (MIKE 21 SW). Parameter validasi yang dilakukan di model hidrodinamika digunakan sebagai acuan bagi model gelombang sehingga validasi data gelombang tidak dilakukan. Ada beberapa parameter yang dapat mempengaruhi validasi yaitu data batimetri, nilai kekasaran dasar Manning, dan nilai *eddy viscosity*. Batimetri di Teluk Pelabuhan Ratu sangat kompleks terdiri dari teluk, tanjung, pantai curam dan sebagian

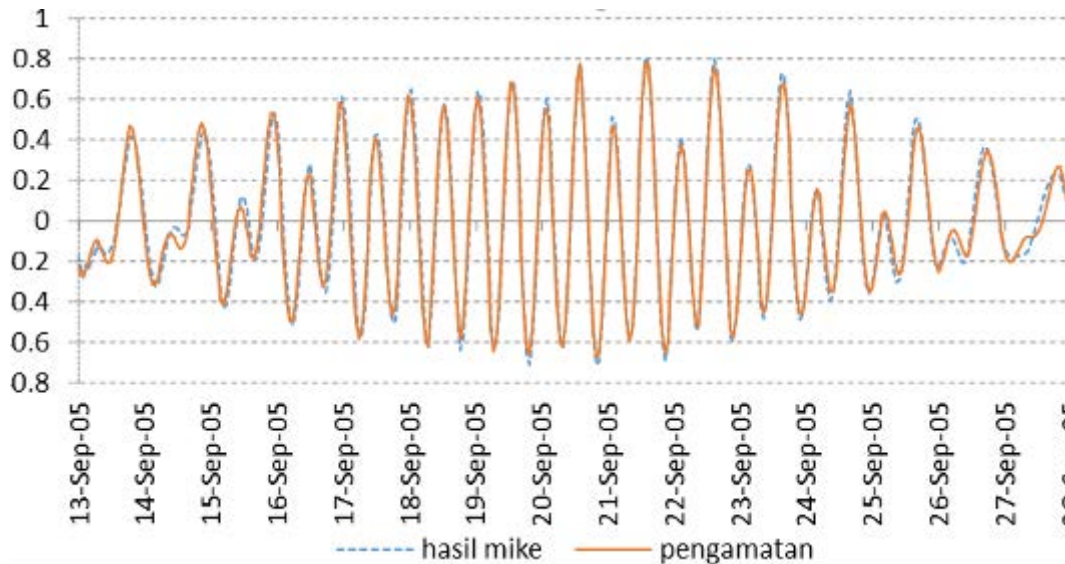
pantai landai. Morfologi pantai berupa singkapan-singkapan batuan dasar dari Formasi Jampang berupa batuan lava andesit tipe ini dicirikan oleh relief tinggi dan bertebing dengan ketinggian mencapai lebih dan 20 meter dari permukaan laut (Setiady D. , 2010). Relief curam juga ditemukan pada kontur batimetri Teluk Pelabuhan Ratu yang curam. Pada pemodelan dengan batimetri ekstrim ini

Analisis Gelombang

A. Tinggi Gelombang

Analisis gelombang di laut dalam berdasarkan data angin sebagai pembangkit gelombang. Berdasarkan hasil perhitungan *fetch* dapat digunakan untuk menghitung tinggi dan periode gelombang.

Hasil analisis tinggi gelombang menggunakan *fetch* dan *hindcasting* didapat nilai tinggi gelombang tertinggi pada musim timur yaitu dengan tinggi gelombang H_{m0}



Gambar 2. Validasi elevasi muka air

perlu banyak pendekatan agar hasil pemodelan mendekati keadaan sebenarnya (Kurniadi & Windupranata, 2017). Pada tahap pemodelan untuk validasi digunakan data batimetri skala besar yang mencakup batimetri teluk Pelabuhan Ratu. Proses validasi pemodelan ini dilakukan di bulan September sesuai dengan bulan pengamatan yang dilakukan selama 15 hari. Gambar 2 merupakan hasil validasi pasang surut pengukuran dan pengamatan dari hasil pemodelan hidrodinamika.

Pada Gambar 2 terlihat 2 grafik elevasi muka air. Grafik berwarna biru menunjukkan hasil simulasi dan grafik berwarna merah menunjukkan data pengamatan pasang surut di lapangan. Kedua grafik menunjukkan fase dan elevasi yang hampir sama walaupun pada beberapa *time-step* masih terdapat perbedaan. Namun nilai error pada kedua data sudah berhasil menunjukkan nilai *Root Mean Square Error* dibawah 10% yaitu 5,5%.

Pemodelan Gelombang

Pada pemodelan *MIKE 21 SW* data yang digunakan adalah data angin dari arah barat dan arah timur dengan waktu satu bulan. Untuk pemodelan gelombang ini menggunakan input batimetri skala kecil yang meliputi area PPI Cisolak yang lebih detil. Hasil pemodelan hidrodinamika dimasukan sebagai parameter input *MIKE 21 SW*, selanjutnya parameter yang dihasilkan adalah tinggi gelombang dan periode gelombang.

Tabel 1. Urutan Kejadian Gelombang Yang Terbesar Pada Musim Timur (Bulan Juli)

Bulan	Tahun	$H_{m0} MAX$ m	$T_p MAX$ s	H_s m	T_s s
1	2	3	4	5	6
july	1997	2,536	4,820	2,109	4,364
	1999	1,874	4,270	1,512	3,893
	2002	1,397	3,797	1,292	3,664
	2003	1,344	3,673	1,158	3,469
	1994	1,344	3,623	1,144	3,467
	1998	1,286	3,623	1,129	3,443
	2001	1,100	3,416	0,973	3,276
	2000	1,073	3,416	0,970	3,267
	1996	1,073	3,389	0,944	3,225
	1995	1,021	3,306	0,940	3,213

Tabel 2. Urutan Kejadian Gelombang Yang Terbesar Pada Musim Barat (Bulan Januari)

Bulan	Tahun	$H_{m0} MAX$ m	$T_p MAX$ s	H_s m	T_s s
1	2	3	4	5	6
januari	1997	3,974	5,768	2,672	4,921
	1995	2,196	4,550	1,541	3,948
	2000	1,812	4,213	1,392	3,669
	1999	1,812	4,213	1,392	3,669
	1998	1,344	3,673	1,105	3,413
	2002	1,286	3,623	1,013	3,339
	2003	1,125	3,481	1,013	3,231
	1994	1,125	3,481	1,013	3,231
	1996	0,901	3,186	0,901	3,186
	2001	0,705	2,889	0,705	2,889

2,536 m, dan $H_{signifikan}$ 2,108 m. Untuk musim barat tinggi gelombang tertinggi di tahun 1997 dengan tinggi gelombang H_{mo} 3,974 m dan $H_{signifikan}$ 2,671 m.

B. Periode Ulang Gelombang

Bangunan Pantai harus direncanakan untuk mampu menahan gaya-gaya yang bekerja sehingga diperlukan tinggi dan periode gelombang rencana yang dapat mempresentasikan *spectrum* gelombang selama kejadian ekstrem. Pada periode ulang gelombang ini menggunakan metode *fisher type* 1. Bangunan pengaman pantai pada PPI Cisolok ini direncanakan dengan umur 25 tahun.

1. Desain Groin Alternatif 1

Alternatif 1 groin diperpanjang 85 m tegak lurus dengan struktur groin sebelumnya selain itu merehabilitasi *breakwater* sampai 80 m.

2. Desain Groin Alternatif 2

Alternatif 2 groin diperpanjang 90 m, dengan posisi 70 m ke arah tenggara dan 20 m tegak lurus dengan garis pantai.

Pemodelan Gelombang MIKE 21 SW

Pemodelan gelombang dilakukan pada kondisi *existing* dan hasil tinggi gelombang diamati pada 3 titik

Tabel 3. Tinggi gelombang dengan periode tertentu di musim timur

Periode Ulang Tahun	Yr Tahun	Hsr m	σ_{nr}	σ_r	Hs - 1,28 σ_r m	Hs + 1,28 σ_r m
1	2	3	4	5	6	7
2	0,367	1,167	0,337	0,122	1,011	1,323
5	1,5	1,492	0,571	0,206	1,228	1,756
10	2,25	1,707	0,78	0,282	1,346	2,068
25	3,199	1,979	1,062	0,384	1,487	2,471
50	3,902	2,181	1,277	0,462	1,59	2,772
100	4,6	2,381	1,492	0,539	1,69	3,071

Tabel 4. Tinggi gelombang dengan periode tertentu di musim barat

Periode Ulang Tahun	Yr Tahun	Hsr m	σ_{nr}	σ_r	Hs - 1,28 σ_r m	Hs + 1,28 σ_r m
1	2	3	4	5	6	7
2	0,367	1,199	0,337	0,186	0,96	1,437
5	1,5	1,639	0,571	0,315	1,289	2,096
10	2,25	2,02	0,78	0,431	1,468	2,572
25	3,199	2,433	1,062	0,587	1,682	3,84
50	3,902	2,74	1,277	0,705	1,837	3,643
100	4,6	3,044	1,492	0,824	1,989	4,099

Tabel 5. Parameter pemodelan MIKE 21 *Flow Model Flexible Mesh* dan Modul *Spectral Waves*

Paramater yang diterapkan dalam simulasi		SW Module
FM Module		<i>Mesh and Bathimetry</i>
<i>Mesh and Bathimetry</i>	Hasil interpolasi <i>mesh</i>	Hasil interpolasi <i>mesh</i>
<i>Simulation period</i>	<i>no of time step</i> = 359	<i>Water level conditions</i>
	<i>Time step interval</i> = 3600 s	Hasil FM Module
	<i>simulation start date</i> = 13/9/2005	<i>Boundary Condition</i>
	<i>simulation end date</i> = 27/9/2005	Musim Barat
<i>Flood and dry</i>	<i>drying depth</i> = 0,005 m	<i>Significant Wave height</i> = 2,433 m
	<i>flooding depth</i> = 0,05 m	<i>Peak Wave Periode</i> = 4,92 s
	<i>wetting depth</i> = 0,1 m	<i>Mean Wave direction</i> = 270 deg
<i>Bed Resistance</i>	<i>manning</i> = 32 m ^{1/3}	<i>Directional Spreading index</i> = 5
<i>Boundary Condition</i>	Hasil Prediksi tiap <i>boundary</i>	Musim Timur
		<i>Significant Wave height</i> = 1,979 m
		<i>Peak Wave Periode</i> = 4,363 s
		<i>Mean Wave direction</i> = 90 deg
		<i>Directional Spreading index</i> = 5

Parameter Pemodelan Gelombang

Parameter pemodelan yang digunakan meliputi perioda simulasi, parameter *flood and dry*, *bed resistance*, kondisi tinggi muka air hasil pemodelan hidrodinamika dan syarat batas dapat dilihat pada Tabel 5.

Parameter di atas nantinya akan digunakan pada pemodelan desain dengan beberapa alternatif, yaitu desain alternatif 1 dan desain alternatif 2 pada gambar 3.

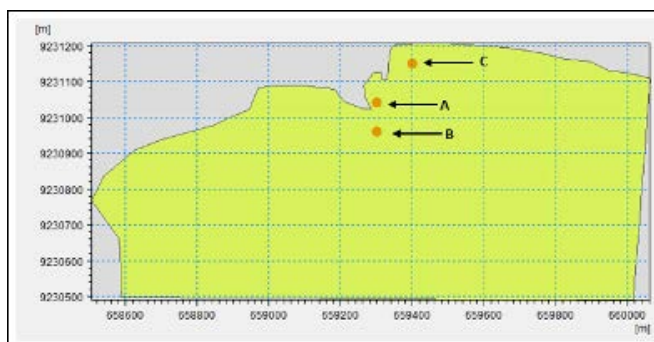
yang berbeda yaitu di titik mulut pelabuhan (A), di luar Pelabuhan tepatnya di alur pelayaran (B), dan sebelah timur pelabuhan (C). Pemodelan transformasi gelombang *existing* musim timur dan musim barat, dilihat pada saat kondisi pasang (a), kondisi menjelang surut (b), pada saat surut (c), dan pada saat kondisi menjelang pasang (d) seperti Gambar 5 dan Gambar 6. Pemodelan MIKE 21 SW dilakukan pada 3 titik yaitu A dengan koordinat (659300, 9231040), B (659300, 9230960), dan C (659400, 9231150) dapat dilihat pada Gambar 4, yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan tinggi gelombang

pada masing masing titik, hal tersebut dapat digunakan untuk memilih desain groin yang efektif.

tinggi gelombang sebesar 1,026 m sedangkan pada titik C (di pantai sebelah timur pelabuhan) memiliki tinggi



Gambar 3. Desain Alternatif Groin (Alternatif 1 -kiri dan Alternatif 2- kanan)

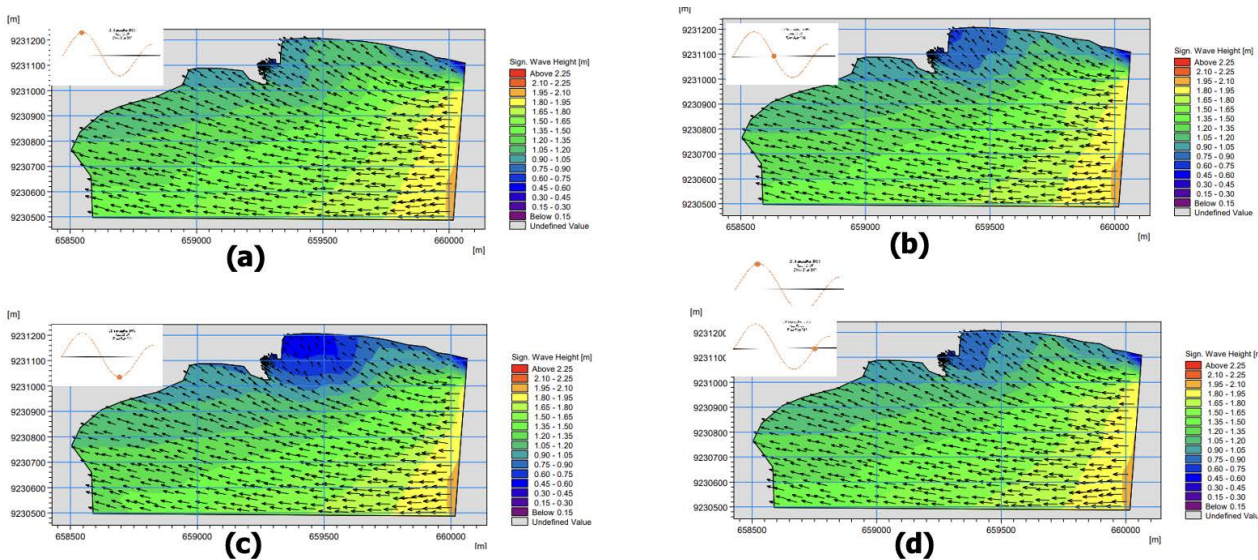


Gambar 4. Titik Lokasi Kondisi Existing (sumber: MIKE 21 SW)

gelombang sebesar 0,543 m. Berikut hasil pemodelan perencanaan dengan menggunakan alternatif 1 dan 2:

Pemodelan Gelombang Alternatif 1

Pemodelan transformasi gelombang alternatif 1 musim timur dan musim barat, dilihat pada saat kondisi pasang (a), kondisi menjelang surut (b), pada saat surut (c), dan pada saat kondisi menjelang pasang (d) seperti Gambar 8 dan Gambar 9. Pemodelan MIKE 21 SW dilakukan pada 3 titik yaitu A (659300, 9231040), B (659300, 9230960), dan C (659400, 9231150) dapat

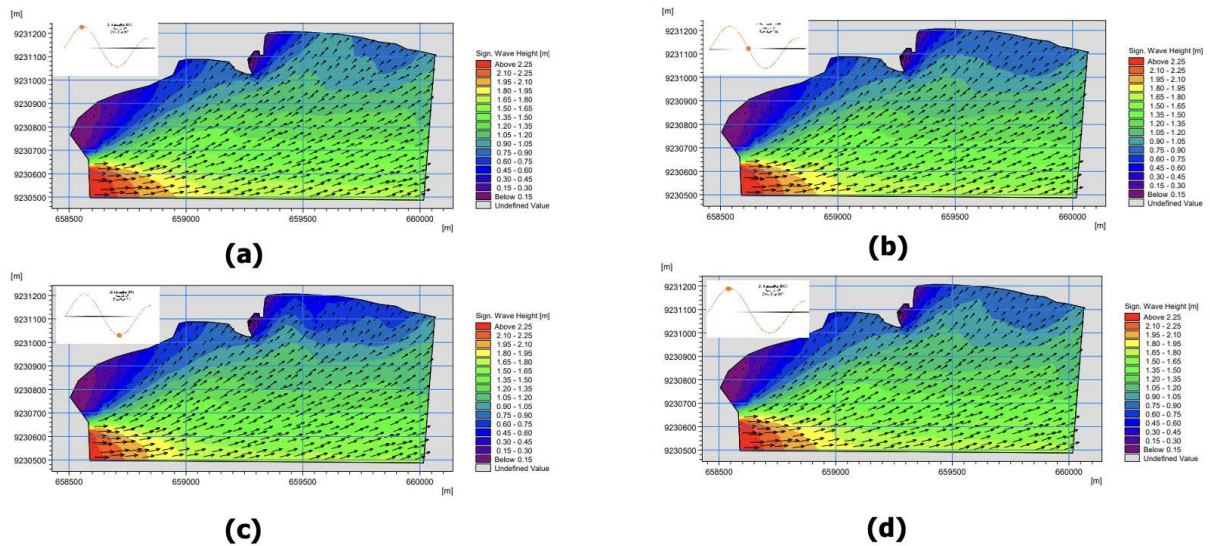


Gambar 5. Hasil Pemodelan Existing Musim Timur

Hasil transformasi gelombang pemodelan kondisi existing musim timur pada titik A (mulut pelabuhan) diperoleh nilai tinggi gelombang sebesar 0,962 m pada titik B (di luar pelabuhan) memiliki tinggi gelombang sebesar 1,112 m sedangkan pada titik C (di pantai sebelah timur pelabuhan) memiliki tinggi gelombang sebesar 0,772 m. Sedangkan hasil output transformasi gelombang pemodelan kondisi existing musim barat pada titik A (mulut pelabuhan) diperoleh nilai tinggi gelombang sebesar 0,510 m pada titik B (di luar pelabuhan) memiliki

dilihat pada Gambar 7.

Hasil output transformasi gelombang pemodelan kondisi alternatif 1 musim timur pada titik A diperoleh nilai tinggi gelombang sebesar 0,481 m pada titik B memiliki tinggi gelombang sebesar 1,076 m sedangkan pada titik C memiliki tinggi gelombang sebesar 0,773 m. Sedangkan hasil output transformasi gelombang pemodelan kondisi alternatif 1 musim barat pada titik A diperoleh nilai tinggi gelombang sebesar 0,218 m pada titik B memiliki tinggi gelombang sebesar 0,988 m

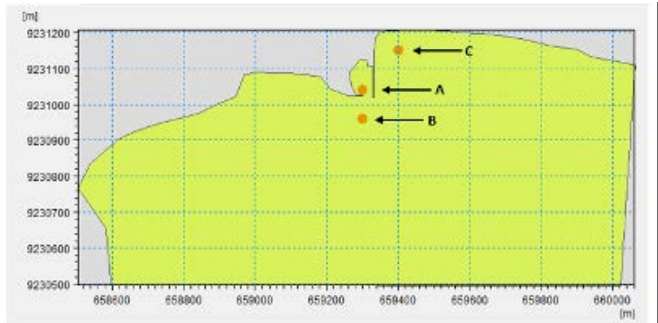


Gambar 6. Hasil Pemodelan *Existing* Musim Barat

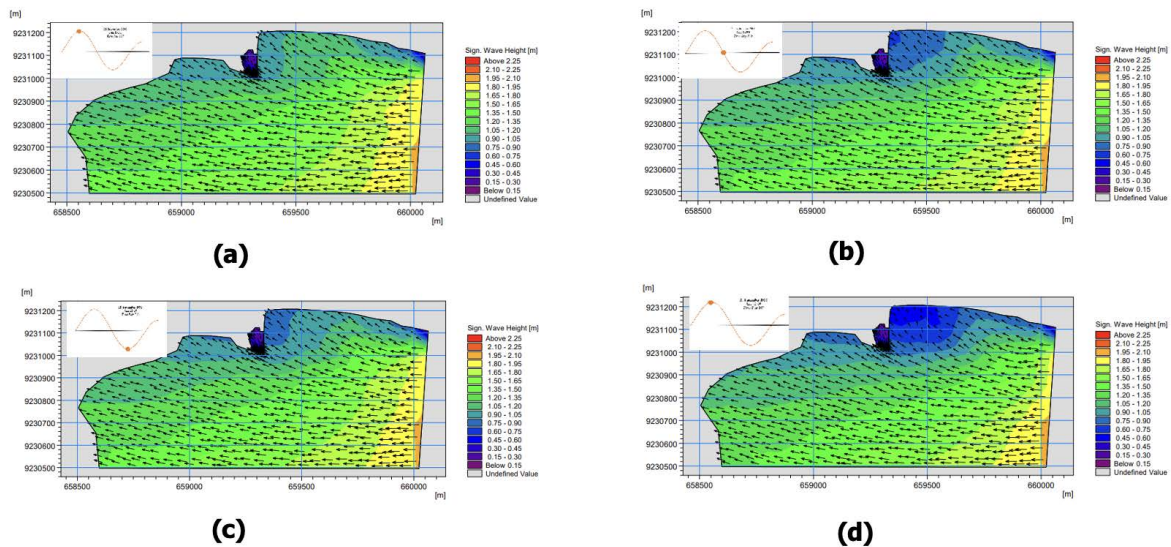
sedangkan pada titik C memiliki tinggi gelombang sebesar 0,412 m.

Pemodelan Gelombang Alternatif 2

Pemodelan transformasi gelombang alternatif 2 musim timur dan musim barat, dilihat pada saat kondisi pasang (a), kondisi menjelang surut (b), pada saat surut (c), dan pada saat kondisi menjelang pasang (d) seperti Gambar 11 dan Gambar 12. Pemodelan *MIKE 21 SW* dilakukan pada 3 titik koordinat yang sama yaitu A



Gambar 7. Titik Lokasi Kondisi Alternatif 1



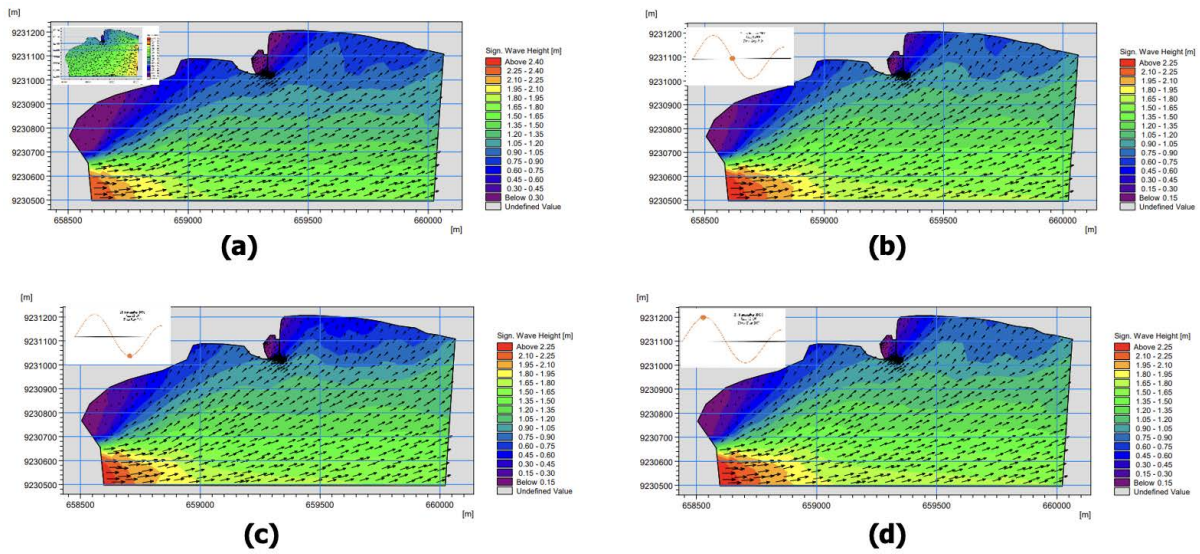
Gambar 8. Hasil Pemodelan Alternatif 1 Musim Timur

(659300, 9231040), B (659300, 9230960), dan C (659400, 9231150) dapat dilihat pada Gambar 10. Pada Gambar 11 dan 12 tersebut dapat terlihat perbedaan pola gelombang pada kondisi-kondisi yang ditinjau.

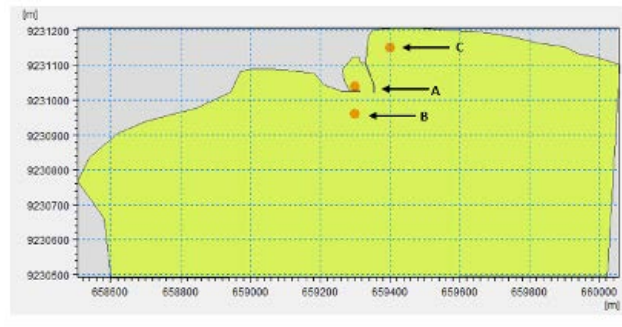
Hasil pemodelan gelombang menunjukkan terjadi reduksi tinggi gelombang yang diakibatkan oleh struktur groin di kedua alternatif desain. Pada Gambar 12 terdapat perbedaan tinggi gelombang per musim dan persentase reduksinya.

Tinggi gelombang eksisting di musim barat adalah 0.51 m dan di musim timur sebesar 0.962 m. Setelah dilakukan pemodelan gelombang maka terlihat bahwa desain alternatif 2 mempunyai persentase reduksi gelombang yang lebih tinggi dibanding desain alternatif 1. Hal ini menunjukkan bahwa dengan memperpanjang groin ke arah tenggara sepanjang 90 m dan merehabilitasi breakwater dapat mengurangi tinggi gelombang yang terjadi di kolam Pelabuhan. Berdasarkan arah arus sejajar

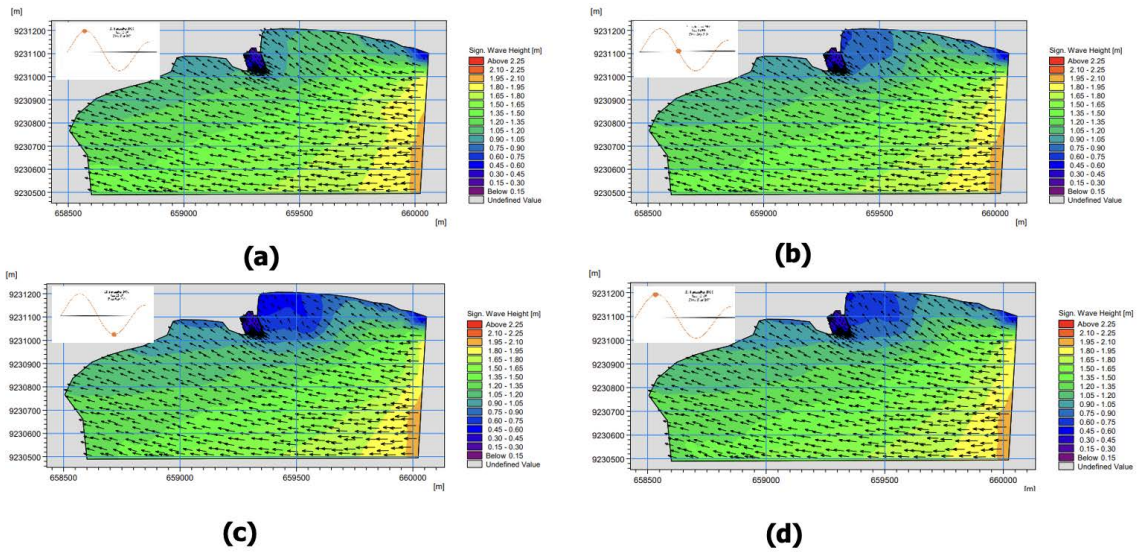
pantai yang dibentuk oleh gelombang terlihat bahwa groin yang diperpanjang ini dapat menahan sedimen dari arah timur.



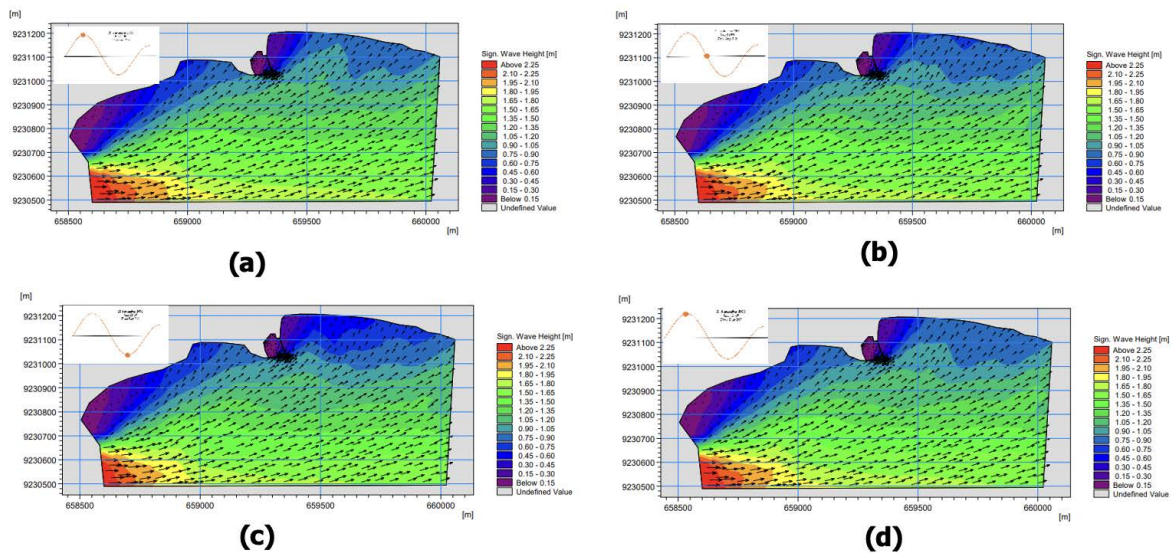
Gambar 9. Hasil Pemodelan Alternatif 1 Musim Barat



Gambar 10. Titik Lokasi Kondisi Alternatif 2



Gambar 11. Hasil Pemodelan Alternatif 2 Musim Timur



Gambar 12. Hasil Pemodelan Alternatif 2 Musim Barat (sumber: MIKE 21 SW)

Tabel 6. Perbedaan tinggi gelombang dan persentase reduksi tinggi gelombang pada kedua alternatif

Tinggi Gelombang pada Desain Alternatif 1 (m)			Persentase Reduksi Gelombang (%)	
Musim	Lokasi Tinjauan			
	A	B	C	
Musim Barat	0.218	0.988	0.412	29.2
Musim Timur	0.481	1.076	0.773	48.1

Tinggi Gelombang pada Desain Alternatif 2 (m)			Persentase Reduksi Gelombang (%)	
Musim	Lokasi Tinjauan			
	A	B	C	
Musim Barat	0.05	1.025	0.317	46
Musim Timur	0.527	1.123	0.783	43.5

KESIMPULAN

- Validasi pemodelan dapat digunakan karena hasil simulasi yang menunjukkan bahwa pasang surut pengamatan dan simulasi hampir sama, namun pada beberapa *time-step* masih terdapat perbedaan. Kalibrasi pada pemodelan ini menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*). Nilai manning yang digunakan $32 \text{ m}^{1/3}$ yang memiliki nilai RMSE perbedaan elevasi muka air sebesar 5,5%.
- Kondisi groin eksisting tidak dapat menahan tinggi gelombang terutama pada musim timur dimana tinggi gelombang yang terjadi di mulut Pelabuhan sebesar 0.962 m. Arus sejajar pantai yang terjadi akibat gelombang yang datang dengan sudut datang tertentu membawa sedimen sejajar pantai masuk ke dalam Pelabuhan.
- Pada dua alternatif yang telah dilakukan pemodelan pada *MIKE 21 SW*, alternatif 2 disarankan untuk digunakan, Setelah groin diperpanjang seperti dialternatif 2 tinggi gelombang di area kolam pelabuhan menurun, sehingga groin alternatif 2 dapat menahan laju sedimen yang terjadi ke dalam kolam pelabuhan.

SARAN

Penelitian ini belum mengkaji transport sedimen secara keseluruhan, perlu dilakukan kajian mengenai pengaruh Sungai Cisolak terhadap laju sedimentasi di kolam Pelabuhan PPI Cisolak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian Geologi dan Pengembangan Geologi Kelautan (PPPGL) yang telah memberikan kerjasama yang baik dan memberikan bantuan dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

- Kurniadi, Y. N., & Windupranata, W. (2017). Transformasi Gelombang Pada Batimetri Ekstrim dengan Model Numerik Swash. Studi Kasus Teluk Pelabuhan Ratu, Sukabumi. *Jurnal Reka Racana*.
- Nugraha, R. B., & Surbakti, H. (2009). Simulasi Pola Arus Dua Dimensi di Perairan Teluk Pelabuhan Ratu pada Bulan September 2004. *Jurnal Kelautan Nasional*, 48-55.
- Purwono, N. A. (2006). Kajian Transformasi Gelombang Studi Kasus PPI Cisolak dengan Model CG wave. *Media Komunikasi Ilmiah di Bidang Teknik*.
- Rosalia, A. A., Pane, A. B., Solihin, L., Hutapea, Y. R., Putri, A. S., & Tirtana, D. (2019). Strategi Pengembangan Pangkalan Pendaratan Ikan Cisolak, Kabupaten Sukabumi: Pendekatan Analisis SWOT. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*.
- Setiady, D. (2010). Hubungan Kumpulan Mineral Berat pada Sedimen Pantai dan Lepas Pantai dengan Batuan Asal Darat di Perairan Teluk Pelabuhan Ratu, Jawa Barat. *Jurnal Geologi Indonesia*.

Setiady, D., & Sarmili, L. (2015). Proses Akresi dan Abrasi Berdasarkan Pemetaan Karakteristik Pantai dan Data Gelombang di Teluk Pelabuhan Ratu

Ciletuh, Kabupaten Sukabumi Jawa Barat. *Jurnal Geologi Kelautan*.