

Perubahan Pola Hidrodinamika dan Sedimentasi Akibat Adanya *Breakwater* Di Pantai Glayem

ABDURRAHMAN ALFARISI, FITRI SUCIATY

Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional
Email : frisi17@gmail.com

ABSTRAK

Breakwater seri dengan panjang 220 m dan celah sebesar 25 m selesai dibangun oleh BBWS Cimanuk-Cisanggarung di wilayah Pantai Glayem untuk melindungi area perkebunan, lahan warga, dan pipa gas milik PERTAMINA dari bahaya abrasi pada Desember 2019. Pada penelitian ini pemodelan hidrodinamika dilakukan dengan menggunakan software Delft3D untuk mengetahui perubahan pola arus beserta kecepatannya, tinggi gelombang, dan kumulatif sedimen sebelum dan sesudah dibangunnya breakwater. Pemodelan dilakukan pada dua buah nested grid, dengan resolusi grid besar sebesar 113 m dan grid kecil sebesar 34 m, selama 1 tahun. Hasil simulasi hidrodinamika sebelum dan setelah adanya breakwater menunjukkan tidak adanya perubahan yang signifikan pada pola arus, namun kecepatan arus berkurang sebagai dampak adanya breakwater. Breakwater kanan dan kiri diketahui dapat mereduksi tinggi gelombang masing-masing sebesar 50,37% dan 50,06% saat musim timur, sedangkan saat musim barat masing-masing sebesar 51,53% dan 43,59%. Breakwater juga mampu menghentikan laju abrasi di pesisir pantai terlihat dengan naiknya elevasi dasar laut setinggi 0,75 m di belakang breakwater kanan dan 0,67 m di belakang breakwater kiri.

Kata kunci: *breakwater, hidrodinamika, pemodelan delft3D, sedimentasi*

ABSTRACT

A series of breakwater with 220 m length and 25 m gap between them was built on December 2019 at Glayem beach by BBWS Cimanuk-Cisanggarung to protect local's plantation, land, and PERTAMINA's gas pipe from abrasion. The hydrodynamic modelling using Delft3D is performed to determine changes in current patterns along with their speed, wave height, and cumulative sediment before and after the breakwater. The modeling was carried out on two nested grids, with a coarse grid resolution of 113 m and a finer grid of 34 m for 1 year simulation. The results of the hydrodynamic simulation before and after the breakwater show that there is no significant change in the current pattern, but the velocity is reduced as a result of the breakwater. The right and left breakwaters reduce wave height by 50,37% dan 50,06%, respectively, during the east monsoon, while during the west monsoon by 51,53% dan 43,59%, respectively. The breakwater is also able to stop the abrasion on the coast as seen by the increase in sea floor elevation as high as 0.75 m behind the right breakwater and 0.67 m behind the left breakwater.

Keywords: *breakwater, hydrodynamic, delft3D modeling, sedimentation*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pantai Glayem terletak di Kecamatan Juntinyuat, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat dan termasuk kawasan Pesisir Utara Jawa Barat. Mayoritas masyarakatnya bekerja sebagai nelayan dan petani dimana sebagian besar lahan pesisir pantai di kawasan tersebut digunakan sebagai lahan pertanian dan pemukiman warga. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Maryanto, dkk. (2017), kecamatan Juntinyuat telah terabrasi sebesar 296,54 Ha sepanjang tahun 1994-2009. Untuk menanggulangi masalah ini maka BBWS Cimanuk-Cisanggarung membangun bangunan pengaman pantai berupa *breakwater* di sekitar 400m Barat Laut (-6.4200 LS dan 08.438141 BT) dari wilayah wisata pantai Glayem. Lokasi tersebut dinilai paling terancam karena pada lokasi tersebut terdapat lahan pekerbunan warga yang berjarak hanya ± 10 meter dari bibir pantai dan pipa gas milik PT. Pertamina berjarak ± 50 meter dari bibir pantai. Pembangunan *breakwater* di lokasi tersebut diharapkan mampu memajukan garis pantai sekaligus menghentikan laju erosi guna melindungi lahan perkebunan dan pipa gas milik Pertamina. Namun, pada perencanaannya studi awal mengenai kondisi hidrodinamika di sekitar *breakwater* belum pernah dilakukan. Untuk mengetahui kondisi hidrodinamika di sekitar *breakwater* dan juga untuk mengetahui perubahan pola hidrodinamika yang terjadi karena adanya bangunan tersebut, pada penelitian ini dilakukan pemodelan hidrodinamika dengan menggunakan *software* Delft3D-*flow* dan Delft3D-*wave* (Deltares, 2014).

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Gelombang

Gelombang laut adalah gerakan naik turunnya air laut dengan arah tegak lurus air laut yang membentuk grafik sinusoidal yang disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu angin, pergerakan lempeng dasar laut (gempa bumi), dan tarik menarik antara; bulan, matahari, dan bumi (Williams, 2009). Gelombang sering diakibatkan oleh tiupan angin maka gelombang ini biasa disebut gelombang angin, kuat dan lemahnya gelombang ini dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu kecepatan angin, durasi angin berhembus, dan daerah pembentukan gelombang dimana kecepatan angin dianggap konstan (Evans, 2008).

2.2 Arus

Arus adalah pergerakan massa air dari suatu posisi ke posisi yang lain, angin menjadi salah satu faktor terjadinya fenomena arus laut, selain faktor angin, faktor pasang surut dan gelombang juga memberi pengaruh pembangkit arus (Pond dan Pickard, 1983). Arus menjadi salah satu penyebab angkutan pasokan sedimen (*sediment supply*) hal ini terjadi apabila arus bergerak menyusuri pantai atau sepanjang pantai.

Penjalaran gelombang menuju pantai membawa massa air yang menjadi faktor fenomena arus di dekat pantai, perilaku gelombang dan arus berbeda tergantung daerah yang dilewatinya seperti daerah gelombang pecah (*swash zone*), daerah gelombang pecah menuju laut (*offshore zone*), dan daerah antara gelombang pecah dan bibir pantai (*surf zone*). Gelombang pada *swash zone* yang sampai ke bibir pantai menimbulkan arus bergerak ke atas dan turun pada permukaan pantai, arus tersebut diiringi terangkutnya sedimen. Gelombang di daerah *offshore zone* menimbulkan partikel air bergerak secara orbital yang menimbulkan arus, arus tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen dasar menuju dan meninggalkan pantai. Gelombang pecah pada *surf zone* menimbulkan arus dan turbulensi yang besar sehingga sedimen dasar dapat terangkat, di daerah ini arus bergerak mengikuti arah penjalaran gelombang.

2.5 Sedimentasi dan Erosi

Sedimentasi dan erosi merupakan faktor penyebab berubahnya garis pantai dan pendangkalan. Sedimentasi adalah pengendapan material di suatu daerah disebabkan karena *bed shear stress* lebih kecil dari *critical stress*, sedangkan erosi terjadi apabila *bed shear stress* lebih besar dari *critical stress*. *Transport* sedimen lebih sering disebabkan oleh *longshore current* namun arus tegak lurus pantai juga bisa menjadi *transport* sedimen. *Bed shear stress* adalah gaya yang mampu mengangkat sedimen dari dasar, *critical stress* adalah gaya ambang batas yang dibutuhkan untuk menggerakkan suatu partikel sedimen (McGraw, 1994).

2.6 Breakwater

Breakwater atau pemecah gelombang adalah suatu bangunan impermeabel yang difungsikan untuk meredam energi gelombang yang merambat ke laut yang lebih dangkal sehingga terjadi endapan sedimen dibelakang bangunan, *breakwater* dipasang sejajar pantai dengan jarak tertentu dari garis pantai dan dapat terdiri dari satu atau seri bangunan *breakwater* dengan celah antar bangunan. Terdapat 3 jenis *breakwater* yaitu *breakwater* sisi miring, *breakwater* sisi tegak, dan *breakwater* gabungan. Bahan material pembangun untuk *breakwater* umumnya ada 2 yaitu batu alam dan batu buatan (tetrapods, quadripods, hexapods, *modified cubs* dan dolos).

2.7 Delft3D

Aplikasi Delft3D tergolong aplikasi *open source* yang dikembangkan di Delft University of Technology di Belanda, aplikasi ini digunakan untuk pemodelan 3D hidrodinamika lepas pantai. Pada penelitian ini digunakan modul Delft3D-FLOW dan Delft3D-wave. Pada dasarnya Delft3D-FLOW memperhitungkan aliran yang berubah-ubah (*unsteady flow*) dan fenomena *transport* yang dihasilkan dari pasang surut dan gaya-gaya luar (*meteorological forcing*). Tujuannya adalah simulasi pasang surut dan arah hembusan angin dalam 2D dan 3D dengan menyelesaikan persamaan aliran di perairan dangkal. Dalam pendekatan ini persamaan momentum *vertical* diubah menjadi hubungan tekanan hidrostatis. Kecepatan arah *vertical* dianggap sangat kecil dibandingkan dengan percepatan gravitasi dan tidak dimasukkan dalam persamaan ini. Persamaan momentum dalam arah-*x* dan -*y* adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} - fv + \frac{\tau_{bx}}{\rho w(d+\eta)} - \frac{F_x}{\rho w(d+\eta)} - v \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \eta}{\partial x} + fu + \frac{\tau_{by}}{\rho w(d+\eta)} - \frac{F_y}{\rho w(d+\eta)} - v \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) = 0 \quad (2.2)$$

Bottom stress dalam 2D dapat dicari menggunakan rumus lain, tegangan dasar dalam arah-*x* dan -*y* yang disebabkan turbulensi aliran dicari melalui rumus gesekan kuadratik:

$$\tau_{bx} = \rho w g \left(\frac{|U|u}{c^2} \right) \quad (2.3)$$

$$\tau_{by} = \rho w g \left(\frac{|U|v}{c^2} \right) \quad (2.4)$$

Dengan :

- d* = kedalaman air di bawah garis *reference* (m),
- f* = parameter *coriolis* (1/s),

- $F_{x,y}$ = gaya arah- x dan $-y$ (N/m^2),
- u,v = kecepatan rata-rata (m/s),
- U = total kecepatan, $U=(u^2+v^2)^{1/2}$; (m/s),
- ρ_w = massa jenis air (kg/m^3),
- ν = viskositas (m^2/s),
- η = ketinggian air di atas garis *reference* (m),
- g = percepatan gravitasi (m/s^2),
- $\tau_{bx,y}$ = komponen arah $-x$ dan $-y$ *bed shear stress* (N/m^2).

3. METODOLOGI PENELITIAN DAN PENGOLAHAN DATA

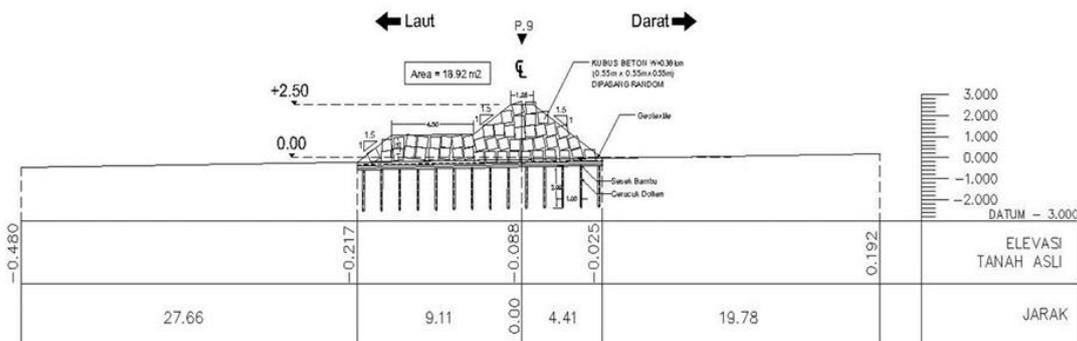
3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak sekitar 400 m Barat Laut (-6.4200 LS 08.438141 BT) dari pusat wilayah wisata pantai Glayem Kab. Indramayu Jawa Barat.



Gambar 1. Lokasi Studi (sumber: google earth)

Lokasi yang dilindungi oleh *breakwater* ditandai oleh lingkaran merah pada **Gambar 1**, memiliki panjang sekitar 412m yang mencakup perkebunan milik warga dan pipa gas milik PT. Pertamina. Kondisi sedimen di lokasi pembangunan didominasi oleh pasir dengan komposisi 94.27%, data tersebut merujuk pada data hasil laporan analisis PERTAMINA pada tahun 2002. Dengan kondisi sedimen yang didominasi oleh pasir maka bangunan *breakwater* yang dibangun merupakan bangunan tipe sisi miring tujuannya karena strukturnya menyerupai pondasi dangkal dan biasanya bangunan ini dipasang pada tempat yang memiliki daya dukung tanah kecil selain itu cerucuk dolken dipancang di bawah *breakwater* sedalam sekitar 2m untuk meningkatkan daya dukung tanah agar lebih stabil. Gambar penampang melintang *breakwater* seperti terlihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Detil desain breakwater (sumber : Data Proyek Pembangunan Pengaman Pantai Kec.Juntinyuat Kab. Indramayu)

3.2 Model Setup

Pemodelan dilakukan dengan metode bersarang/*nested*, dimana simulasi dilakukan 2 tahap yaitu pemodelan pada grid yang lebih besar terlebih dahulu selama 12 bulan (01 Januari- 31 Desember). Output pada model besar kemudian digunakan sebagai syarat batas (boundary conditions) pada model dengan grid yang lebih detil/kecil. Area model dengan grid besar (*coarser grid*) yaitu sebesar 1,26 km x 3,1 km dengan resolusi tiap sel grid nya 113 m x 113 m. Sedangkan area model dengan grid kecil (*finer grid*) sebesar 333 m x 777 m dengan resolusi 34 m x 34 m, seperti terlihat pada **Gambar 3**. *Breakwater* dan *jetty* didefinisikan sebagai *thin dams* pada pemodelan yang ditunjukkan oleh garis kuning. Jarak antar *breakwater* pada model dengan grid kecil diasumsikan sebesar 1 grid (34 m).



Gambar 3. Domain model besar (kiri) dan domain model kecil (kanan)

3.3 Data Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan pada input model delft3d-flow yaitu berupa komponen pasang surut (K1, O1, N2, P1, K2, Q1, M2, S2) yang didapatkan melalui Delft-dash-board pada area model. Simulasi dilakukan dengan data sepanjang satu bulan yaitu bulan Januari 2008 dilakukan untuk memvalidasi elevasi muka air laut hasil model dengan data pasang surut dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Selanjutnya data komponen pasang surut selama 12 bulan (Januari-Desember 2018) digunakan untuk memodelkan kondisi hidrodinamika di area studi.

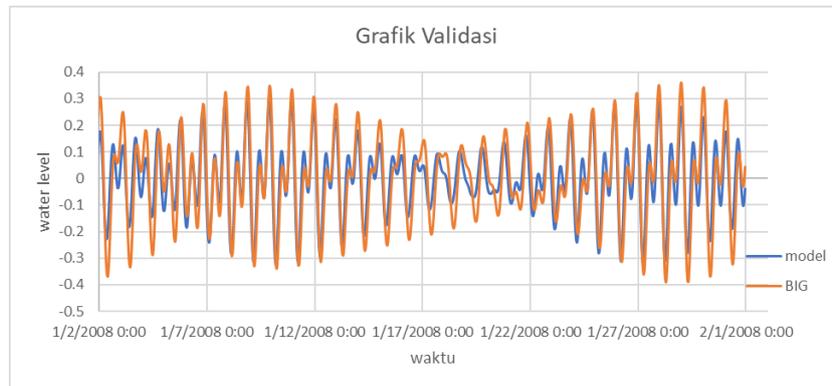
3.4 Data Angin dan Gelombang

Data angin harian diperoleh dari ECMWF selama 10 tahun (2008-2018). Data angin harian selama 1 tahun (2018) digunakan sebagai input kecepatan dan arah angin pada pemodelan. Data angin selama 10 tahun juga digunakan dalam perhitungan hindcasting gelombang dengan metode SPM. Data gelombang tersebut kemudian digunakan pada pemodelan sebagai nilai awal. Arah datang gelombang dominan, tinggi gelombang signifikan, dan periode gelombang digunakan sebagai input nilai awal gelombang untuk pemodelan transformasi gelombang dengan menggunakan Delft3D-*Wave*. Hasil dari perhitungan hindcasting didapatkan bahwa tinggi gelombang signifikan adalah 0.48 m dengan periode gelombang 2.91 detik dan arah datang dominan dari arah Barat Laut (315°).

4. HASIL SIMULASI

4.1. Validasi Hasil Model

Elevasi hasil pemodelan perlu untuk divalidasi terlebih dahulu dengan menggunakan data pembandingan yaitu data hasil peramalan pasang surut dari *BIG*. Data pasang surut untuk keperluan validasi dilakukan pada 01-31 Januari 2008.

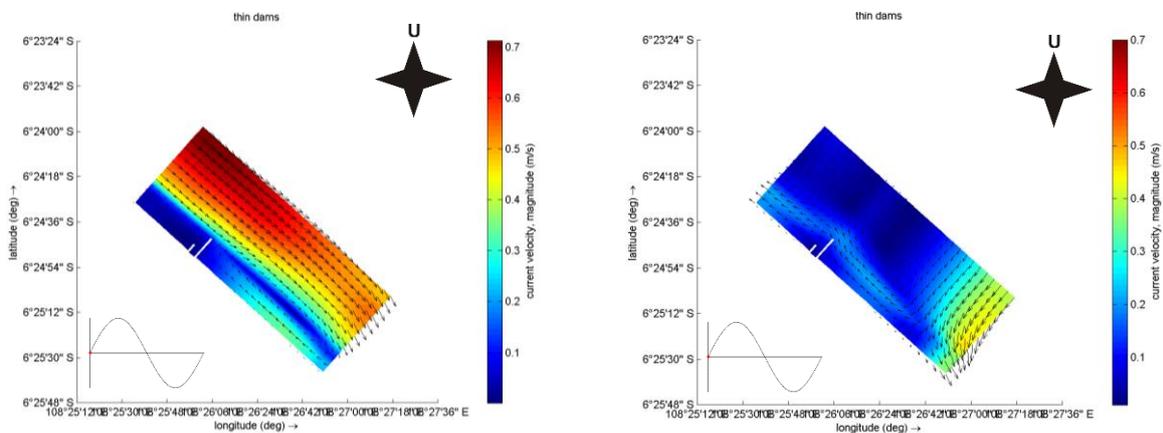


Gambar 5. Grafik validasi pasang surut

Pada grafik perbandingan di atas menunjukkan selisih yang sangat kecil dengan nilai *RMS error* sebesar 0.071434 m. Berdasarkan hasil tersebut, pemodelan dapat dikatakan baik karena dapat menunjukkan hasil yang mendekati dengan kondisi sebenarnya.

4.2 Hasil Simulasi Pemodelan Hidrodinamika

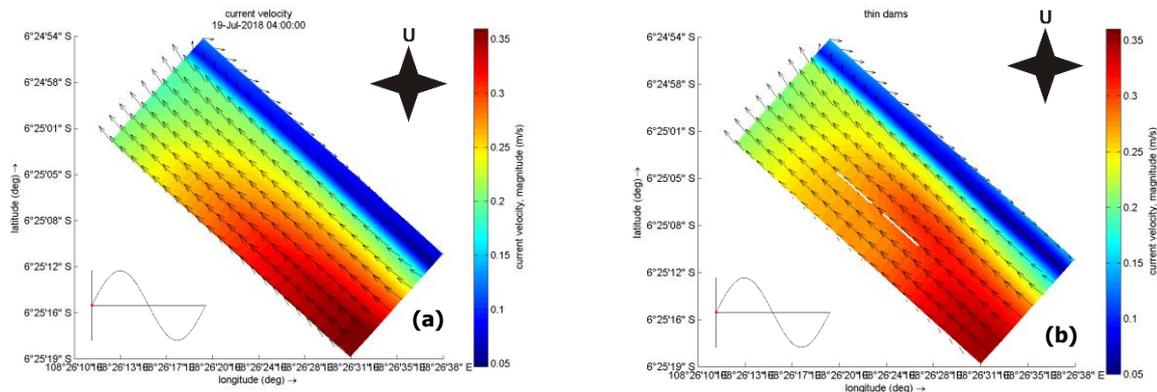
Model besar pada Gambar 7 menunjukkan gambaran kondisi arus pada kondisi sebelum ada *breakwater*. Gambar 7(a) adalah arah dan kecepatan arus saat menuju pasang saat musim timur yaitu pada bulan Juli 2018, terlihat arah arus dominan berasal dari Barat Laut menuju Tenggara, namun pada lokasi tinjauan arah arus datang dari arah sebaliknya. Kecepatan dan arah arus pada musim barat yaitu pada bulan Januari 2018 ditunjukkan pada gambar 7(b). Pada musim barat arus yang datang berasal dari arah Timur Laut, lalu mendekati pesisir pantai arus terbagi menjadi dua arah ada yang menuju Tenggara dan Barat Laut, arus yang terjadi pada lokasi tinjauan merupakan arus yang menuju arah Barat Laut. Kecepatan dan arah arus pada lokasi tinjauan dapat dilihat pada hasil simulasi model kecil seperti pada Gambar 8 dan Gambar 9.



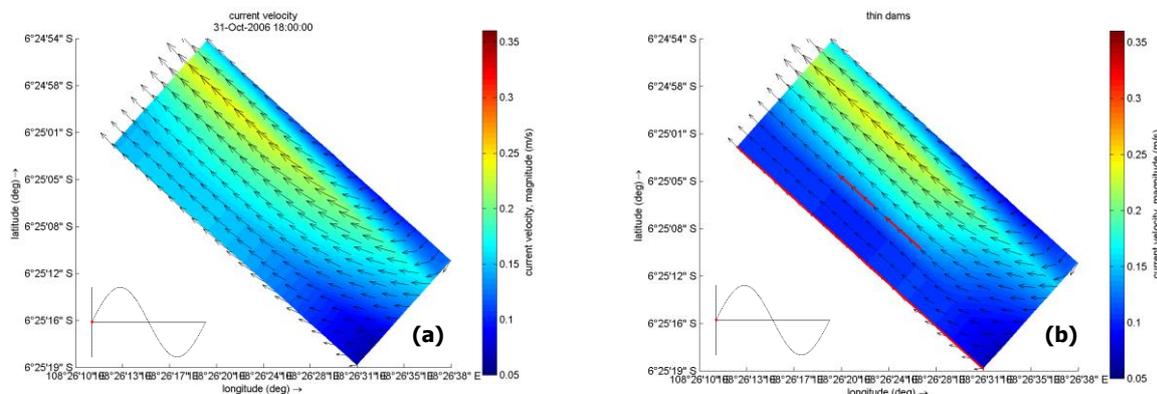
Gambar 7. Kecepatan dan arah arus pada musim timur (a) dan musim barat (b) pada model besar

Hasil simulasi model kecil pada saat musim timur sebelum dan setelah ada *breakwater* ditunjukkan oleh Gambar 8 sedangkan saat musim barat ditunjukkan oleh Gambar 9. Arah arus bergerak dari tenggara menuju barat laut baik pada saat musim timur maupun musim barat di area sekitar *breakwater*. Namun kecepatan arus saat musim barat di sekitar lokasi sebelum dipasangnya *breakwater* lebih rendah dibandingkan kecepatan arus saat musim timur. Setelah adanya *breakwater*, kecepatan arus di sekitar *breakwater* menjadi lebih kecil dibandingkan sebelum adanya *breakwater*. Pada musim timur, kecepatan arus pada jarak 30 m di belakang *breakwater* kanan yang akan dibangun mencapai 0,36 m/s, namun setelah adanya *breakwater* kecepatan di lokasi tersebut menjadi 0,28 m/s. Sedangkan pada jarak 30 m di belakang *breakwater* kiri, kecepatan arus berkurang menjadi 0,26 m/s.

Pada musim barat, kecepatan arus pada jarak 30 m di belakang *breakwater* kanan yang akan dibangun mencapai 0,13 m/s, namun setelah adanya *breakwater* kecepatan di lokasi tersebut menjadi 0,10 m/s. Sedangkan pada jarak 30 m di belakang *breakwater* kiri, kecepatan arus mencapai 0,15 m/s, setelah adanya *breakwater* kecepatan arus menjadi 0,10 m/s. Pola arah arus pada hasil simulasi tidak terlihat adanya perubahan pada saat sebelum dan setelah dibangunnya *breakwater*. Pada saat sebelum dibangunnya *breakwater*, arah arus dengan kecepatan mencapai 0,4 m/s di dekat pantai dan bergerak sejajar pantai baik pada saat musim barat maupun musim timur dapat menyebabkan terjadinya erosi di pantai tersebut. Namun setelah dibangunnya *breakwater*, kecepatan arus tersebut menjadi berkurang.



Gambar 8. Kecepatan dan arah arus saat musim timur sebelum adanya *breakwater* (a) dan setelah ada *breakwater* (b)



Gambar 9. Kecepatan dan arah arus saat musim barat sebelum adanya *breakwater* (a) dan setelah ada *breakwater* (b)

Kecepatan arus juga ditinjau pada beberapa lokasi di sekitar lokasi *breakwater*, yaitu di celah *breakwater*, 30 m di depan dan belakang celah *breakwater*, 30 m dan 60 m di depan dan belakang *breakwater* kanan dan kiri. Hasil ekstraksi kecepatan arus pada lokasi-lokasi tersebut dari pemodelan yang telah dilakukan ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Terlihat pada tabel kecepatan arus umumnya berkurang setelah *breakwater* dibangun.

Tabel 1. Kecepatan arus di lokasi sekitar *breakwater* pada musim timur

Juli angin Timur		kecepatan arus (m/s) (eksisting)		
lokasi ditinjau/kondisi	menuju pasang	pasang tertinggi	menuju surut	surut terendah
tepat celah <i>breakwater</i>	0.332211	0.423463	0.270698	0.0484725
30 m depan celah <i>breakwater</i>	0.315475	0.412857	0.280004	0.0316644
30 m belakang celah <i>breakwater</i>	0.348984	0.434263	0.261514	0.0770619
30 m depan <i>breakwater</i> kanan	0.325508	0.445247	0.300646	0.0389177
30 m belakang <i>breakwater</i> kanan	0.36303	0.461059	0.281856	0.0937352
60 m belakang <i>breakwater</i> kanan	0.359436	0.469986	0.276755	0.0896391
30 m depan <i>breakwater</i> kiri	0.296355	0.364121	0.248716	0.027526
30 m belakang <i>breakwater</i> kiri	0.324141	0.381016	0.230928	0.0553743
60 m belakang <i>breakwater</i> kiri	0.328441	0.389866	0.236038	0.0588941
Juli angin Timur		kecepatan arus (m/s) (<i>breakwater</i>)		
lokasi ditinjau/kondisi	menuju pasang	pasang tertinggi	menuju surut	surut terendah
tepat celah <i>breakwater</i>	0.284683	0.372933	0.235523	0.0560184
30 m depan celah <i>breakwater</i>	0.293763	0.386774	0.260101	0.0232039
30 m belakang celah <i>breakwater</i>	0.276012	0.360758	0.21221	0.0888269
30 m depan <i>breakwater</i> kanan	0.306969	0.42254	0.288087	0.0244322
30 m belakang <i>breakwater</i> kanan	0.283560	0.375612	0.224274	0.0862533
60 m belakang <i>breakwater</i> kanan	0.285601	0.379452	0.22725	0.0868691
30 m depan <i>breakwater</i> kiri	0.268344	0.333002	0.218502	0.0266452
30 m belakang <i>breakwater</i> kiri	0.267093	0.342696	0.201438	0.0858569
60 m belakang <i>breakwater</i> kiri	0.271593	0.346271	0.203511	0.0858569

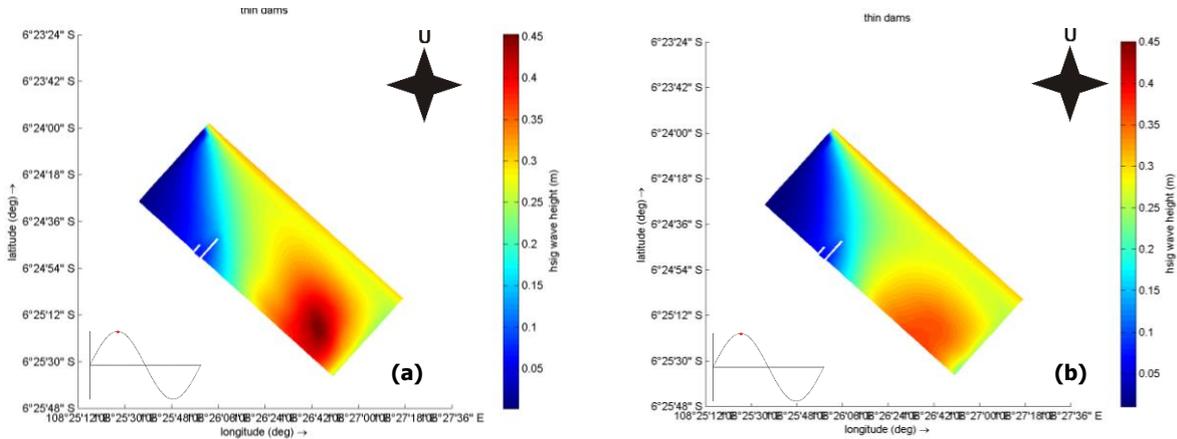
Tabel 2. Selisih kecepatan arus periode angin Barat dampak dari *breakwater*

Januari angin Barat		kecepatan arus (m/s) (eksisting)		
lokasi ditinjau/kondisi	menuju pasang	pasang tertinggi	menuju surut	surut terendah
tepat celah <i>breakwater</i>	0.160353	0.362665	0.478075	0.417644
30 m depan celah <i>breakwater</i>	0.174744	0.343432	0.457903	0.412409
30 m belakang celah <i>breakwater</i>	0.14605	0.381893	0.498449	0.423025
30 m depan <i>breakwater</i> kanan	0.168391	0.358446	0.489475	0.444905
30 m belakang <i>breakwater</i> kanan	0.137806	0.401458	0.535226	0.458129
60 m belakang <i>breakwater</i> kanan	0.139766	0.396500	0.526020	0.449357
30 m depan <i>breakwater</i> kiri	0.179622	0.318068	0.409933	0.364251
30 m belakang <i>breakwater</i> kiri	0.153475	0.350059	0.442923	0.371243
60 m belakang <i>breakwater</i> kiri	0.152402	0.355460	0.452221	0.379792
	0.156956583			
Januari angin Barat		kecepatan arus (m/s) (<i>breakwater</i>)		
lokasi ditinjau/kondisi	menuju pasang	pasang tertinggi	menuju surut	surut terendah
tepat celah <i>breakwater</i>	0.132413	0.320893	0.426627	0.378375
30 m depan celah <i>breakwater</i>	0.162363	0.328096	0.437934	0.397714
30 m belakang celah <i>breakwater</i>	0.10251	0.314139	0.416955	0.360889
30 m depan <i>breakwater</i> kanan	0.158832	0.344147	0.471538	0.435074
30 m belakang <i>breakwater</i> kanan	0.105109	0.325835	0.43624	0.382749
60 m belakang <i>breakwater</i> kanan	0.1045295	0.323364	0.432242	0.378229
30 m depan <i>breakwater</i> kiri	0.15875	0.298101	0.383924	0.339756
30 m belakang <i>breakwater</i> kiri	0.102579	0.30258	0.398044	0.341508
60 m belakang <i>breakwater</i> kiri	0.1024138	0.304873	0.401869	0.1836

4.3. Hasil Simulasi Pemodelan Gelombang

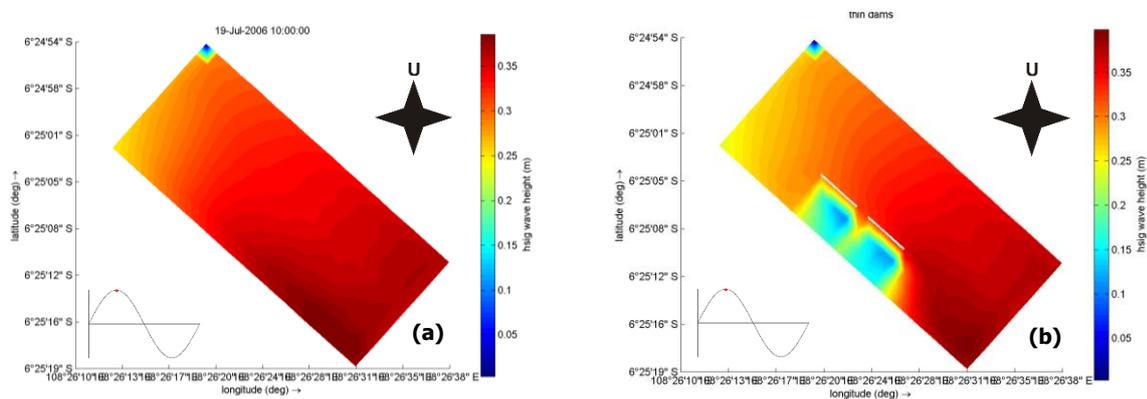
Hasil simulasi pemodelan gelombang pada model besar ditunjukkan oleh Gambar 10. Terlihat pada gambar 10, tinggi gelombang di lokasi studi saat kondisi pasang tertinggi di musim barat sedikit lebih rendah dibandingkan saat musim timur. Tinggi gelombang signifikan di area sekitar akan dibangunnya *breakwater* saat musim barat berkisar antara 0,3-0,35m,

sedangkan pada saat musim timur berkisar antara 0,35-0,4m dengan arah datang gelombang dari barat laut.



Gambar 10. Tinggi gelombang signifikan pada musim timur (a) dan musim barat (b) pada model besar.

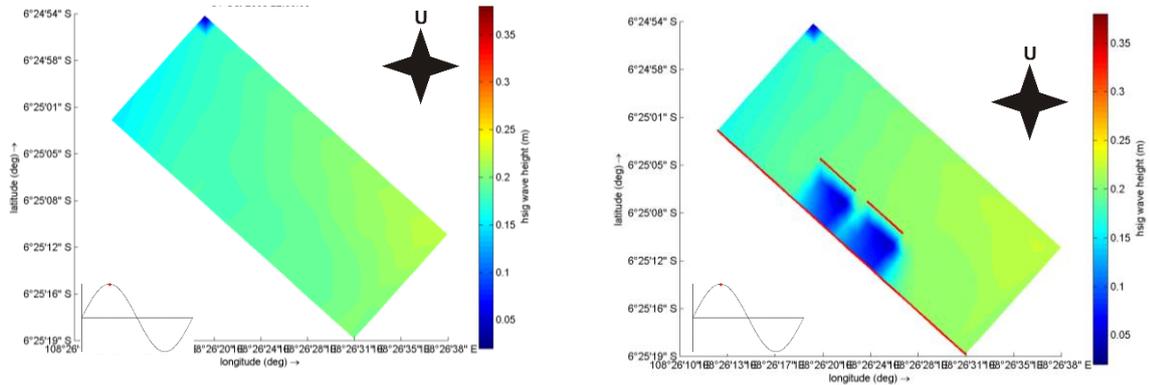
Hasil simulasi tinggi gelombang pada model kecil saat sebelum dan setelah dibangunnya *breakwater* pada musim timur ditunjukkan pada gambar 11, sedangkan kondisi tinggi gelombang pada musim barat ditunjukkan oleh gambar 12. Pada Gambar 11(b) terlihat tinggi gelombang yang datang dari arah barat laut telah tereduksi oleh *breakwater*. Tinggi gelombang signifikan pada jarak 30 m di belakang *breakwater* kanan yang akan dibangun mencapai 0,36 m pada saat pasang tertinggi dan 0,33 m pada jarak 30 m di belakang *breakwater* kiri, namun setelah adanya *breakwater* tinggi gelombang di lokasi tersebut menjadi 0,11 m. Sedangkan pada jarak 30 m di belakang *breakwater* kiri, tinggi gelombang signifikan berkurang menjadi 0,18 m.



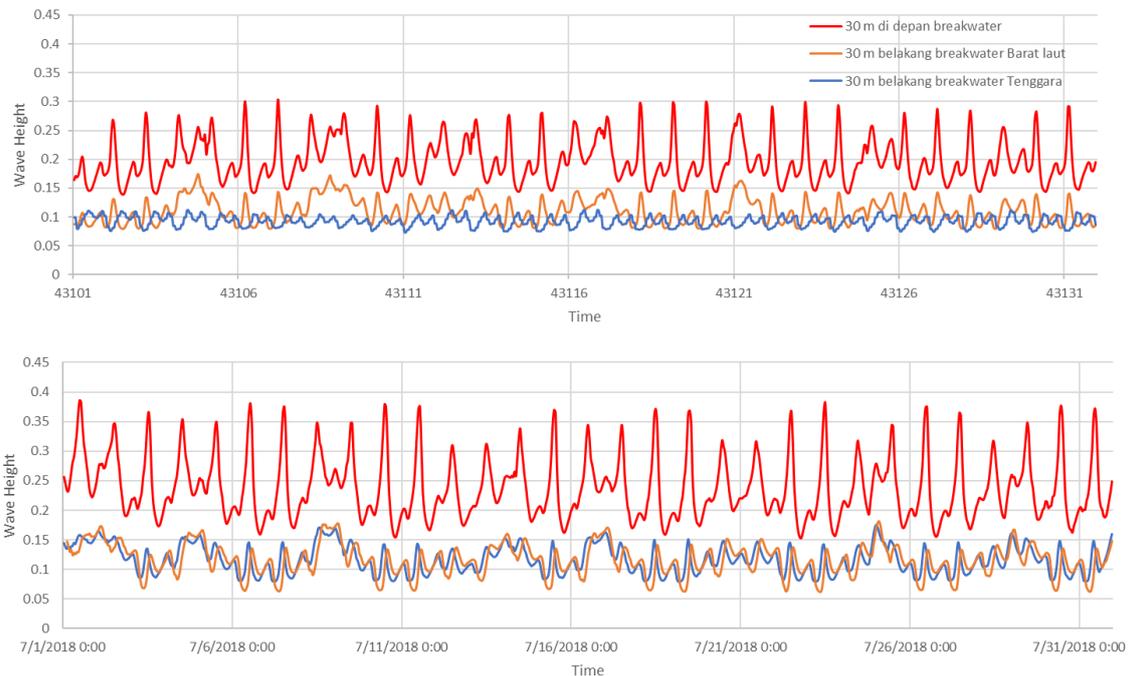
Gambar 11. Tinggi gelombang periode angin Timur kondisi sebelum ada *breakwater* (kiri) dan saat ada *breakwater* (kanan)

Pada musim barat, tinggi gelombang signifikan pada model kecil dapat dilihat pada gambar 12. Terlihat pada gambar 12 (a), tinggi gelombang signifikan pada jarak 30 m di belakang *breakwater* kanan yang akan dibangun hanya mencapai 0,19 m saat kondisi pasang maksimum, namun setelah adanya *breakwater* tinggi gelombang di lokasi tersebut pada saat yang sama tereduksi hingga menjadi 0,05 m. Sedangkan pada jarak 30 m di belakang *breakwater* kiri, tinggi gelombang signifikan hanya sebesar 0,18 m, setelah adanya *breakwater* tinggi gelombang signifikan menjadi 0,01 m. Perbandingan tinggi gelombang signifikan saat sebelum dan setelah adanya *breakwater* pada lokasi 30 m di belakang *breakwater* kanan dan kiri dapat dilihat pada gambar 13 (a) untuk kondisi musim timur dan

gambar 13 (b) untuk kondisi musim barat. Terlihat pada grafik tersebut tinggi gelombang menjadi lebih rendah dengan adanya *breakwater* baik pada musim barat maupun musim timur. Saat sebelum dibangunnya *breakwater*, tinggi gelombang di lokasi pengamatan yaitu pada jarak 30 m di belakang *breakwater* baik pada *breakwater* sisi kanan maupun sisi kiri memiliki tinggi gelombang yang hampir sama, namun setelah adanya *breakwater* terlihat tinggi gelombang sisi kanan berkurang sedikit lebih banyak dibandingkan dengan tinggi gelombang di sisi kiri.



Gambar 12. Tinggi gelombang periode angin Barat kondisi sebelum ada *breakwater* (kiri) dan saat ada *breakwater* (kanan)



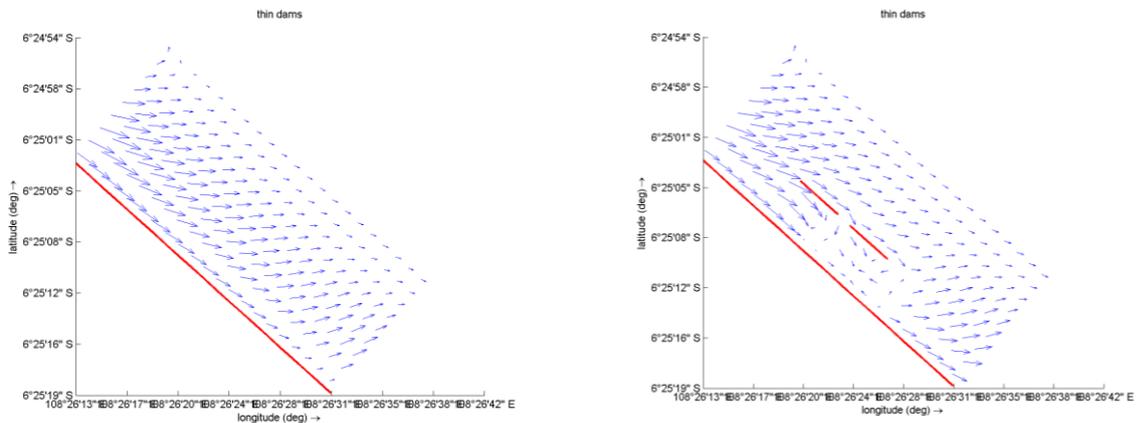
Gambar 13. Grafik perbandingan tinggi gelombang signifikan di 30 m di depan *breakwater* akan dibangun, 30 m di belakang *breakwater* kanan, dan 30 m di belakang *breakwater* kiri saat musim timur (a) dan musim barat (b)

Untuk menghitung persentase reduksi tinggi gelombang oleh *breakwater* digunakan besarnya tinggi gelombang di lokasi pada jarak 30 m di depan *breakwater* sisi tenggara dan sisi barat laut pada musim timur dan juga pada musim barat. Tinggi gelombang signifikan di

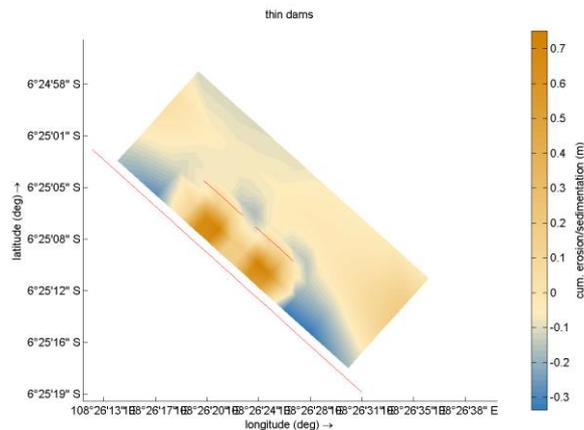
lokasi tersebut sesuai dengan grafik pada Gambar 13. Hasil dari perhitungan reduksi menunjukkan merupakan hasil % reduksi tinggi gelombang rata-rata yang mampu direduksi oleh breakwater sisi tenggara dan sisi barat laut selama 1 bulan baik pada periode angin timur dan angin barat. Breakwater pada sisi kanan dan kiri diketahui dapat mereduksi tinggi gelombang masing-masing sebesar 50,37% dan 50,06% saat musim timur, sedangkan saat musim barat masing-masing sebesar 51,53% dan 43,59%.

4.4. Hasil Simulasi Pemodelan Transpor Sedimen

Hasil simulasi pemodelan transpor sedimen selama 12 bulan (365 hari) menunjukkan rata-rata transpor sedimen menuju laut di sepanjang pantai terhambat karena adanya bangunan *breakwater* seperti terlihat pada gambar 14, karena transpor sedimen menuju laut terhambat maka terjadi penumpukan sedimen di belakang bangunan *breakwater*. Penumpukan sedimen menyebabkan naiknya elevasi dasar di belakang *breakwater* kanan setinggi 0,75 m dan di belakang *breakwater* kiri setinggi 0,67 m seperti yang terlihat pada gambar 15, sedangkan jika *breakwater* tidak dipasang maka terjadi penurunan elevasi sedalam -0,18 m di belakang *breakwater* kanan, dan penurunan di belakang *breakwater* kiri sedalam 0,17 m.



Gambar 14. Rerata pola transpor sedimen selama 12 bulan sebelum ada *breakwater* (kiri) setelah ada *breakwater* (kanan)



Gambar 15. Kumulatif erosi/sedimentasi selama 12 bulan

5. KESIMPULAN

Hasil simulasi hidrodinamika sebelum dan setelah adanya *breakwater* menunjukkan tidak adanya perubahan yang signifikan pada pola arus di sekitar lokasi studi yaitu bergerak ke arah barat laut (sejajar pantai) baik pada musim timur maupun musim barat. Namun, besarnya kecepatan arus berkurang sebagai dampak adanya *breakwater*. *Breakwater* juga diketahui mampu mereduksi tinggi gelombang sebesar 0,35 m saat musim timur dan 0,21 m saat musim barat yang datang dari arah barat laut. *Breakwater* pada sisi kanan dan kiri diketahui dapat mereduksi tinggi gelombang masing-masing sebesar 50,37% dan 50,06% saat musim timur, sedangkan saat musim barat masing-masing sebesar 51,53% dan 43,59%. Hasil pemodelan transpor sedimen selama 12 bulan menunjukkan *breakwater* mampu menghentikan laju abrasi di pesisir pantai terlihat dengan naiknya elevasi dasar laut pada lokasi pengamatan, yaitu setinggi 0,75 m di belakang *breakwater* kanan dan 0,67 m di belakang *breakwater* kiri dalam jangka waktu 12 bulan.

DAFTAR RUJUKAN

- BBWS Cimanuk – Cisanggarung. (2017). Data Proyek Pembangunan Pengaman Pantai Kec. Juntinyuat Kab. Indramayu
- Deltares. (2014). Delft3D-Flow, Simulation of multi-dimensional hydrodynamic flows and transport phenomena, including sediments, *User Manual*, Version 3.15.34158, May 2014, 684 pp.
- Hutabarat, S dan Evans S. M. (2008). Pengantar Oceanografi. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Maryanto, Indra, T. Wiwin W., & Samsul Bachri (2017). "Studi Perubahan Garis Pantai Berdasarkan Interpretasi Citra Satelit Landsat dan Perhitungan Rasio Lahan di Wilayah Pesisir Indramayu Jawa Barat" dalam *Jurnal Jurnal Rekayasa Hijau Volume 1 No.1 Maret 2017*.
- McGraw-Hill. (1994) Dictionary of Scientific and Technical Terms 6th Edition
- Nichols, C. R., & Williams, R. G. (2009). Encyclopedia of Marine Science. New York: Fact on File Inc.
- Pond, S dan G.L Pickard. (1983). Introductory dynamical Oceanography. Second edition. Pergamon Press. New York.