

ANALISIS PENENTUAN TATA LETAK BREAK WATER DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE SMS (*SURFACE-WATER MODELING SYSTEM*) DI PULAU TIDUNG KEPULAUAN SERIBU

Nurqolis¹⁾, Vitta Pratiwi²⁾

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Komputer Indonesia
Jl. Dipatiukur No. 112-116, Bandung, 40132, Indonesia
E-mail: nurqolis91@gmail.com

diterima: 15 Agustus 2020
dipublikasi: 05 Oktober 2020

ABSTRAK

Di daerah pulau tidung terdapat area gosong (suatu bentuk daratan yang terkurung atau menjorok pada suatu daerah perairan yang terbentuk dari pasir, membentuk penghalang pantai). Untuk itu perlu dilakukan perlindungan agar tidak terjadi abrasi yang mengakibatkan terkikisnya daerah pantai, untuk mengatasi masalah tersebut dan untuk menciptakan kondisi yang aman di daerah pantai maka diperlukan sebuah fasilitas pendukung pantai. Salah satu fasilitas pendukung tersebut berupa bangunan Break Water, yang digunakan sebagai pemecah gelombang dan juga dimanfaatkan sebagai fasilitas pengaman pantai dari gelombang laut. Penentuan tata letak break water sangat berpengaruh terhadap gelombang laut yang dominan dari arah atau sudut yang berbeda-beda di setiap berbeda lokasi. Dalam membangun Break Water diperlukan suatu layout atau penempatan Break Water yang efektif untuk mengurangi gelombang laut, studi ini dilakukan untuk mengetahui layout yang efektif dalam penempatan Break Water. Data yang digunakan untuk menentukan layout Break Water adalah data sekunder dari Dinas Pekerjaan Umum Povinsi DKI Jakarta tahun 2011, data tersebut berupa data angin, data geomerti lokasi dan datapasang surut lokasi studi. Selain itu menggunakan software SMS (Surface-water Modeling System) untuk membantu dalam penentuan layout Break Water dimana hasil output yang didapatkan langsung menggambarkan kondisi gelombang yang terjadi. Sehingga dapat langsung mengenali jenis gelombang yang terjadi dan menentukan langsung layout Break Water.

Kata kunci: Pulau tidung, Break Water, Surface-water Modeling System, Area gosong

1. Pendahuluan

Indonesia sebagai Negara kepulauan dan Negara maritim memiliki tidak kurang dari 17.000 pulau dengan panjang wilayah pantai lebih dari 80.000 km. Wilayah pantai ini merupakan daerah yang sangat sensitif yang dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, seperti kawasan pusat pemerintahan, pemukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian, perikanan tangkap, pariwisata, dan sebagainya. Kebanyakan daerah atau kota yang berada di daerah pantai berkembang baik dan maju. Sebagai contoh kota – kota besar seperti Jakarta, Surabaya, dan kota Semarang berada di daerah pantai. (Bambang Triatmodjo, 2012)^[1]. Wilayah Pulau Tidung Besar merupakan tempat yang memiliki kekhususan disamping untuk wisata bahari dan menyelam, di Pulau Tidung Besar seringkali banyak dikunjungi oleh para peneliti untuk melakukan berbagai kegiatan penelitian. Berdasarkan kondisi yang ada, Pulau Tidung Besar berpotensi untuk dikembangkan sebagai tujuan

pusat edukasi kelautan maupun tujuan wisata umum berbasis pertanian mengingat aksesnya yang terhubung langsung dengan Pulau Tidung Kecil.

Di daerah pulau tidung terdapat area gosong (suatu bentuk daratan yang terkurung atau menjorok pada suatu daerah perairan yang terbentuk dari pasir, membentuk penghalang pantai). Untuk itu perlu dilakukan perlindungan agar tidak terjadi abrasi yang mengakibatkan terkikisnya daerah pantai, sehingga luas pulau berkurang dan garis pantai menjadi lebih pendek dari sebelumnya, untuk mengatasi masalah tersebut dan untuk menciptakan kondisi yang aman di daerah pantai maka diperlukan sebuah fasilitas pendukung pantai. Salah satu fasilitas pendukung tersebut berupa bangunan Break Water, yang digunakan sebagai pemecah gelombang dan juga dimanfaatkan sebagai fasilitas pengaman pantai dari gelombang laut. Penentuan tata letak break water sangat berpengaruh terhadap gelombang laut yang dominan dari arah atau sudut yang berbeda-beda di setiap berbeda lokasi.

Diperlukan studi terlebih dahulu mengenai tata letak break water agar pembangunan yang dilakukan lebih ekonomis dan efisien terhadap berbagai aspek.

Dalam penulisan tugas akhir ini akan dilakukan sebuah analisis bangunan pengaman pantai (*Break Water*) terhadap gelombang laut dengan menggunakan software SMS (*Surfae-water Modeling System*).



Gambar 1 Peta skala besar lokasi studi (Sumber : Peta satelit google)



Gambar 2 Peta skala kecil lokasi studi (Sumber : Peta satelit google)

2. Metode Penelitian

2.1 Definisi Pantai

Menurut *Priyono* (1996), pantai didefinisikan sebagai wilayah yang terbentang dari tempat terjadinya perubahan fisiografi seperti tebing pantai dune (tempat di mana tumbuh-tumbuhan permanen) sampai ke suatu tempat di perairan (laut) dimana sedimen dasar tidak dipengaruhi oleh gelombang permukaan.

Kenneth (1982) menyatakan bahwa pantai sebagai daerah paling dinamis dari semua lingkungan laut yang terpengaruh oleh proses gelombang yang secara konstan memungkinkan terjadinya perubahan dan ini tergantung pada gelombang individu dan perbedaan pasang, musim maupun tahunan, selain parameter utama dari

gelombang berupa tinggi dan sudut datang gelombang terhadap morfologi dari pantai yang bersangkutan.

2.2 Bangunan Pantai

Salah satu dari masalah yang ada di daerah pantai adalah erosi pantai. Erosi pantai dapat menimbulkan kerugian sangat besar dengan rusaknya kawasan pemukiman dan fasilitas-fasilitas yang ada daerah tersebut. Untuk menanggulangi erosi. Dengan mengetahui penyebabnya, selanjutnya dapat ditentukan cara penanggulangannya, yang biasanya adalah dengan membuat bangunan pelindung pantai.

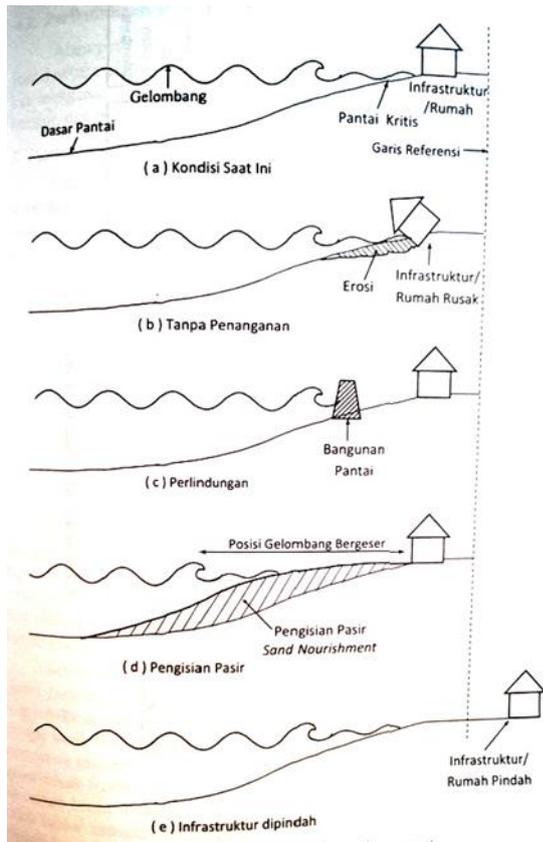
Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai, seperti di berikan berikut ini :

1. Memperkuat/melindungi pantai agar mamapu menahan serangan gelombang.
2. Mengubah laju transport sedimen sepanjang pantai.
3. Mengurangi energy gelombang yang sampai ke pantai.
4. Reklamasi dengan menambah suplai sedimen ke pantai atau dengan cara lain.

Sesuai dengan fungsinya seperti tersebut di atas, bangunan pantai dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok yaitu :

1. Konstruksi yang dibangun di pantai dan sejajar dengan garis pantai, yang berupa revetment dan dinding pantai.
2. Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan sambung ke pantai yang disebut groin.
3. Konstruksi yang dibangun di lepas pantai dan sejajar dengan garis pantai yang disebut pemecah gelombang lepas pantai, dan yang menjorok ke laut disebut pemecah gelombang sambung pantai.

Macam-macam kerusakan pantai yang diakibatkan oleh abrasi dan penanggulangnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



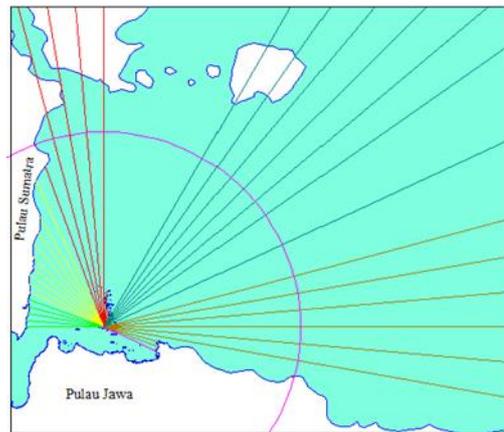
Gambar 3 Penanganan Kerusakan Pantai (Triatmodjo,2012)

2.3 Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang adalah konstruksi yang direncanakan untuk melindungi daerah atau garis pantai yang terletak di belakangnya dari seragan gelombang. Pemecah gelombang umumnya dibangun sejajar dengan garis pantai. Pemecah gelombang dibedakan menjadi dua, yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai, (Triatmodjo, 1999)^[2].

2.4 Fetch Efektif

Penggambaran fetch dilakukan mengambil titik fetch di laut dalam dekat dengan lokasi yang akan dihitung tinggi gelombangnya, lalu diketahui deviasi setiap pertambahan 5 sisi tengah sudut tinjauan kekanan sebesar 20 kekiri -20o seperti tabel berikut ini.



Gambar 4 Fetch Efektif daerah pulau tidung

Setelah itu dilakukan perhitungan fetch efektif dengan rumus berikut ini :

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (\text{pers.1})$$

Dimana :

F_{eff} = fetch rerata efektif

X_i = panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch

α = deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 5° sampai sudut sebesar 40° pada kedua sisi dari arah angin.

2.5 Data Angin

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data angin dipermukaan laut pada lokasi pembangkitan. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui khatulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1,852 km/jam = 0,5 m/d.

Pengukuran gelombang dengan cara menganalisa data angin menggunakan data angin yang ada di laut, tetapi biasanya data angin yang ada adalah data angin hasil pengukuran di darat. Oleh karena itu perlu diadakan koreksi angin yang ada di darat dengan data angin yang ada laut.

1. Koreksi terhadap letak pengukuran kecepatan angin. Rumus yang dipakai untuk menghitung koreksi pengukuran kecepatan angin akibat perbedaan ketinggian tempat pengukuran adalah :

$$R_L = \frac{U_w}{U_L} \quad (\text{pers.2})$$

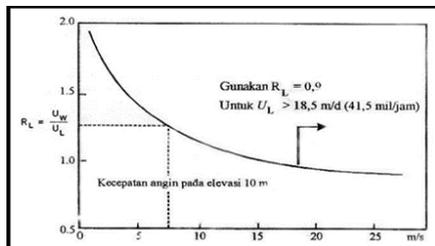
Kecepatan angin dilaut :
 $U_w = R_L \times U_L$

Dimana :

R_L = faktor korelasi akibat perbedaan ketinggian

U_w = kecepatan di atas permukaan laut (m/s)

U_L = kecepatan angin di atas daratan (m/s) Nilai koreksi ini juga bisa diketahui dengan melihat Grafik R_L seperti pada gambar berikut.



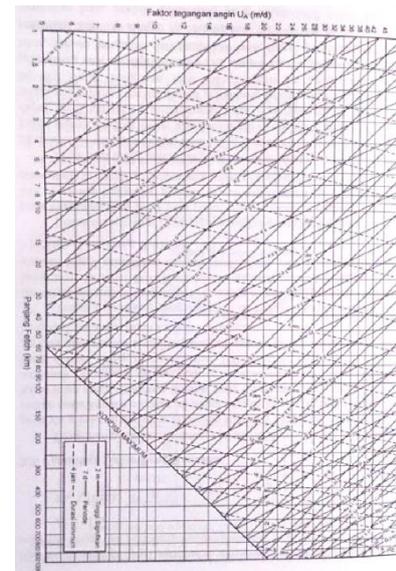
Gambar 5 Grafik korelasi akibat perbedaan ketinggian R_L (Triatmodjo, 1999)

2. Koreksi terhadap temperatur pada lokasi pengukuran.

$$U_A = 0,71U^{1.23} \quad (\text{pers.3})$$

U : kecepatan angin dalam satuan (m/s)

3. Pengukuran gelombang dengan menggunakan grafik berikut.



Gambar 6 Grafik Peramalan Gelombang (Triatmodjo, 1999)

2.6 Pemodelan Gelombang Software SMS

Pada tahap pemodelan gelombang ini, dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting gelombang laut dan kondisi gelombang setelah adanya layout breakwater. Pemodelan gelombang ini di fokuskan pada sepanjang area gosong yang ditunjukkan pada peta sebelumnya. Data yang digunakan pada modul CGWave ini adalah tinggi gelombang laut dan periode gelombang laut.

2.7 Stabilitas Lapis Lindung

Perhitungan berat butir (W) dari batuan untuk konstruksi pemecah gelombang dapat dipakai rumus-rumus empiris berikut ini. Nilai KD dapat dilihat pada Tabel sebelumnya.

$$W = \frac{\gamma_r \times H^3}{KD \times (S_r - 1)^3 \cot \theta} \quad (\text{pers.4})$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \quad (\text{pers.5})$$

Dimana :

γ_r = Berat jenis batuan buatan

γ_a = Berat jenis air laut KD = Koefisien stabilitas

S_r = Perbandingan berat jenis batuan buatan dengan berat jenis air laut

Tabel 1 Koefisien Stabilitas K_D Untuk Berbagai jenis Butir

Lapis lindung	n	Penempatan	Lengan Bangunan		Ujung (kepala) Bangunan		Kemiringan
			K_D		K_D		
			Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	Gelomb. Pecah	Gelomb. Tidak Pecah	
Batu pecah							
Bulat halus	2	Acak	1,2	2,4	1,1	1,9	1,5-3,0
Bulat halus	>3	Acak	1,6	3,2	1,4	2,3	*2
Bersudut kasar	1	Acak	*1	2,9	*1	2,3	*2
Bersudut kasar	2	Acak	2,0	4,0	1,9	3,2	1,5
					1,6	2,8	2,0
					1,3	2,3	3,0
Bersudut kasar	>3	Acak	2,2	4,5	2,1	4,2	*2
Bersudut kasar	2	Khusus	5,8	7,0	5,3	6,4	*2
Paralelepipedum	2	Khusus	7,0-20,0	8,5-24,0	-	-	-
Tetrapod dan Quadripod	2	Acak	7,0	8,0	5,0	6,0	1,5
					4,5	5,5	2,0
					3,5	4,0	3,0
					8,3	9,0	1,5
Tribar	2	Acak	9,0	10,0	7,8	8,5	2,0
					6,0	6,5	3,0
Dolos	2	Acak	15,8	31,8	8,0	16,0	2,0
					7,0	14,0	3,0
Kubus modifikasi	2	Acak	6,5	7,5	-	5,0	*2
Hexapod	2	Acak	8,0	9,5	5,0	7,0	*2
Tribar	1	Seragam	12,0	15,0	7,5	9,5	*2

(sumber : triatmodjo, 1999)

Untuk menghitung lebar puncak pemecah gelombang digunakan rumus sebagai berikut :

$$B = n K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \quad (\text{pers.7})$$

Dimana :
n = jumlah lapis pelindung = 3 (menurut triatmodjo merupakan jumlah minimum)
 K_{Δ} = Koefisien lapis

Untuk menentukan tebal lapisan pelindung dengan n adalah jumlah lapis dalam lapis lindung digunakan rumus dibawah ini.

$$t = n K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \quad (\text{pers.8})$$

Untuk menentukan jumlah batuan lapisan pelindung dalam satuan luasan digunakan rumus dibawah ini.

$$N = A n K_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \times \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3} \quad (\text{pers.9})$$

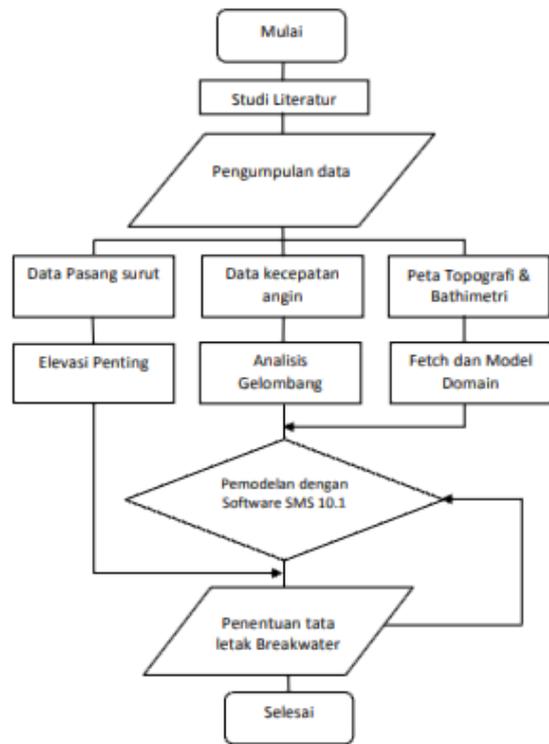
Dimana :

A = luas permukaan batu pelindung tiap satuan luas (asumsi luasan : 10m²)
n = jumlah lapis batu dalam lapis lindung
P = Porositas, lihat Tabel berikut.

3. Metode Penelitian

3.1 Umum

Pada bab berikut ini akan dibahas metode penelitian yang dilakukan untuk menganalisis penentuan tata letak break water. Pada dasarnya analisis tersebut dilakukan mulai dari perhitungan yang menghasilkan parameter dan akan digunakan sebagai input data pada software. Langkah – langkah tersebut di tampilkan pada sebuah diagram alir berikut ini.



Gambar 7 Diagram Alir

3.2 Studi Literatur

Pada tahap ini penulis mengumpulkan teori-teori dari berbagai sumber mengenai perhitungan yang akan dilakukan dalam tahap analisis data. dan teori tentang pemodelan dengan software SMS menggunakan modul CGwave untuk mendapatkan deformasi tentang perilaku gelombang laut.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini berupa parameterparameter yang digunakan untuk

menganalisis kondisi lokasi, dan analisis terjadinya gelombang dominan yang akan mengakibatkan terjadinya refraksi dan defraksi. Pengumpulan data yang dilakukan berupa data angin, dan data peta bathimetri /topografi.

3.4 Pasang Surut

Secara garis besar data pasang surut digunakan untuk menentukan elevasi muka air rencana selain itu untuk mengetahui tipe pasang surut yang terjadi dan meramalkan fluktuasi muka air. Data tersebut diperoleh dari hasil analisis yang sudah dilakukan oleh dinas pekerjaan umum provinsi DKI Jakarta tahun 2011.

3.5 Peta Topografi dan Bathimetri

Peta topografi dan bathimetri digunakan untuk menginformasi kondisi lokasi studi, peta topografi adalah peta yang menginformasikan kondisi darat dan pesisir pantai (onshore) serta daerah dimana terjadinya abrasi dan pengurangan garis pantai akibat abrasi. Peta bathimetri adalah peta yang menginformasikan kondisi daerah laut (offshore), sebagaimana data tersebut berupa garis kontur yang mempunyai elevasi yang sudah dikoreksi dengan pasut dan elevasi dari pengikatan benchmark yang ada dilokasi studi.

Peta bathimetri dan topografi juga digunakan untuk menentukan fetch efektif dilokasi studi. Peta topografi dan bathimetri juga merupakan input data yang akan digunakan sebagai penentuan ketinggian daerah pesisir pantai (onshore) dan kedalaman dasar laut (*offshore*). Data tersebut di inputkan ke dalam software SMS, dan pada hasil akhirnya digunakan sebagai penggambaran layout pada gambar output tata letak break water.

3.6 Perhitungan Fetch Efektif

Fetch adalah daerah pembentukan gelombang yang diasumsikan memiliki kecepatan dan arah angin yang relatif konstan

3.7 Data Angin

Data angin yang diperoleh digunakan sebagai data pembangkit gelombang dengan hasil yang telah diketahui yaitu besar maksimum dominan kecepatan angin, dan akan digunakan untuk menentukan periode gelombang dan tinggi signifikan gelombang dilokasi.

3.8 Pemodelan Gelombang

Pemodelan gelombang dilakukan beberapa kali untuk mengetahui kondisi gelombang eksisting dan gelombang yang terjadi dilokasi tersebut, setelah itu pemodelan kedua dilakukan dengan menambahkan tata letak break water kedalam software untuk mengetahui kembali apakah gelombang akan menjadi lebih kecil (mendekati nol) jika gelombang masih dalam kondisi cukup besar maka dilakukan pemodelan ulang untuk mendapatkan kondisi gelombang yang cukup kecil.

3.9 Pemodelan SMS 10.1

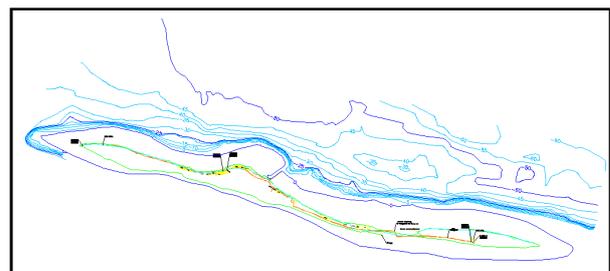
Surface-Water Modeling System (SMS) adalah perangkat lunak yang memiliki kemampuan sebagai pemroses awal dan akhir (pre-processor dan post-processor) untuk pemodelan muka air. Proses awal (pre-process) pemodelan adalah kegiatan melakukan diskritisasi terhadap sebuah fungsi atau persamaan, sedangkan proses akhir (post-process) pemodelan adalah kegiatan menyajikan data hasil pemodelan yang dilakukan.

3.10 Penentuan Tata Letak Break Water

Dalam penentuan letak dari offshore breakwater yang akan direncanakan terlebih dahulu kita harus menentukan posisi gelombang (*breaker line*) dari pantai dan posisi offshore breakwater. Dalam hal ini posisi offshore breakwater harus lebih dekat dari pantai dibandingkan dengan posisi breaker line.

4. Analisis Dan Hasil

Lokasi Studi berada di pulau tidung kepulauan seribu. Lokasi analisis untuk pemodelan ditunjukkan pada peta satelit google sebelumnya. Data yang digunakan adalah peta kontur bathymetri dan garis pantai pada lokasi studi. Peta kontur bathymetri di lokasi menunjukkan daerah perairan yang terdalam adalah -60m ditunjukkan pada gambar berikut ini :

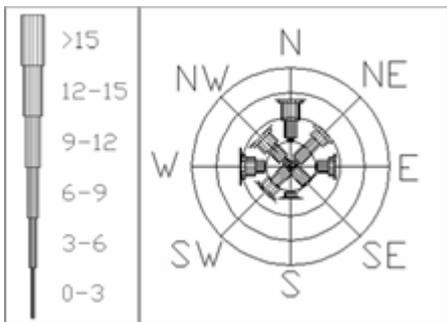


Gambar 8 Peta Kontur Topografi dan bathymetri pulau tidung

lokasi tersebut yang nanti digunakan sebagai acuan untuk menentukan titik penentuan panjang fetch efektif dalam pembentukan gelombang dari data besar kecepatan angin yang ada.

Menurut data sekunder yang diperoleh data kecepatan angin yang diperoleh adalah Kecepatan angin maksimum dominan berasal dari arah timur laut (19,46 %) dengan kecepatan maksimum dominan berkisar antara 3 – 6m/s (50,32%).

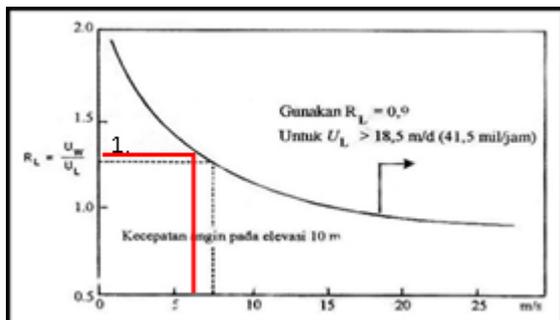
Ditunjukkan pada gambar windrose berikut ini.



Gambar 9 Windrose daerah pulau tidung

4.1 Penentuan Tata Letak Break Water

Data yang diketahui dari analisa sebelumnya adalah kecepatan angin yang akan digunakan sebagai plotting data pada grafik berikut ini.



Gambar 10 Peta Kontur Topografi dan bathymetri pulau tidung

Dari hasil plotting data kecepatan angin di darat maka diketahui nilai $R_L = 1,35$.

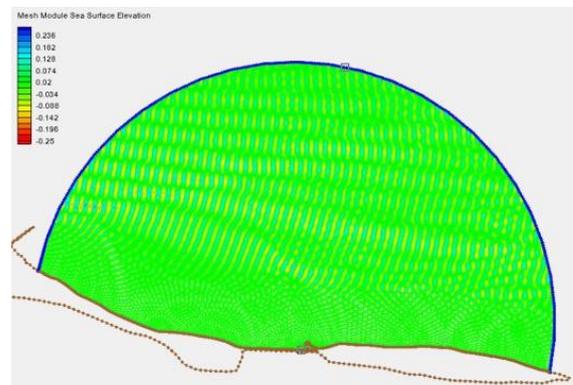
1. Kecepatan angin dilaut :
 $U_w = R_L \times U_L = 1,35 \times 6 = 8,1\text{m/s}$
2. Faktor tegangan angin dihitung dengan rumus berikut :
 $U_A = 0,71 \times U_w^{1,23}$
 $U_A = 0,71 \times (8,1)^{1,23}$
 $U_A = 9,304 \text{ m/s}$
3. Dengan menggunakan grafik pada gambar

berikut ini. Untuk nilai $U_A = 9,304 \text{ m/s}$ dan Fetch efektif = 74,1km diperoleh :
 $H = 1,25 \text{ m}$
 $T = 5,5 \text{ detik}$

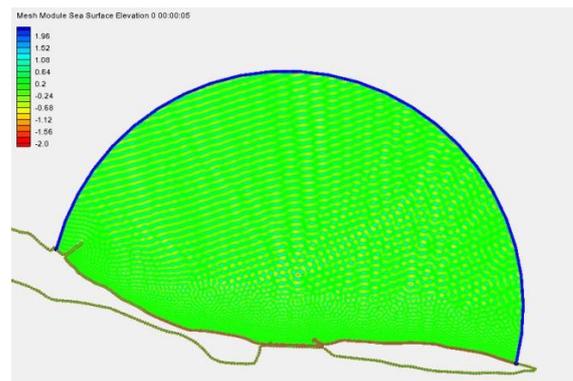
4.2 Pemodelan SMS (Surface-Water Modeling System)

Pada tahap pemodelan gelombang ini untuk mengetahui kondisi eksisting gelombang laut dan kondisi gelombang setelah adanya layout breakwater.

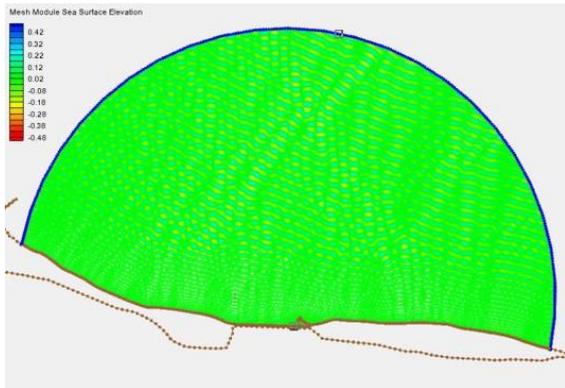
Dari hasil pemodelan dengan menggunakan software SMS diperoleh beberapa hasil pembentukan gelombang menurut orientasi sudut yang diamati. Hasil tersebut ditunjukkan pada gambar berikut ini.



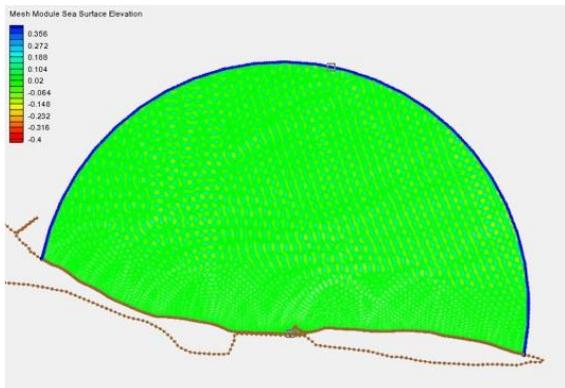
Gambar 11 Hasil pemodelan pengamatan sudut 0° sejajar garis pantai



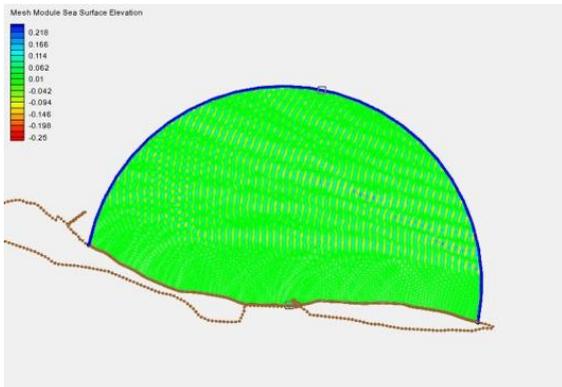
Gambar 12 Hasil pemodelan pengamatan sudut 45°



Gambar 13 Hasil pemodelan pengamatan sudut 90°



Gambar 14 Hasil pemodelan pengamatan sudut 135°

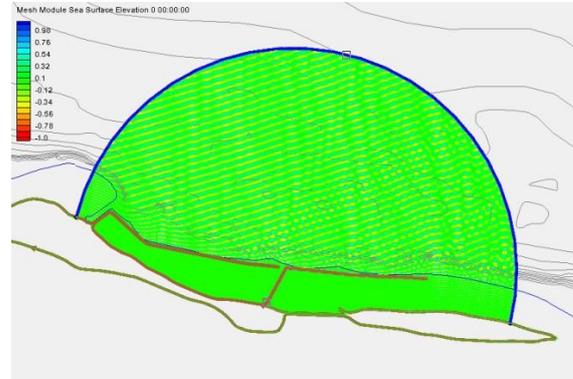


Gambar 15 Hasil pemodelan pengamatan sudut 180°

Hasil pemodelan menunjukkan bahwa tinggi gelombang paling besar berada pada arah 45° dengan tinggi gelombang 3.96m. di laut dalam. Dilihat pada skala warna gelombang. Pada pemodelan diketahui bahwa pada daerah area gosong masih terdapat besaran gelombang berkisar antara 30-60cm. umumnya gelombang yang terjadi di area gosong tersebut berupa gelombang pecah.

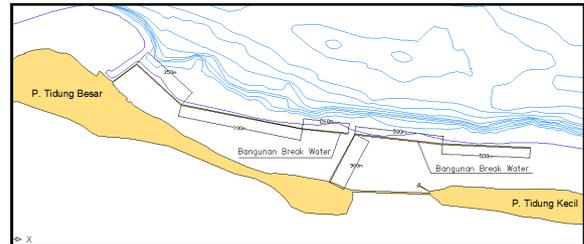
Setelah diketahui dengan adanya gelombang dominan pada lokasi pengamatan dengan pemodelan, maka ditempatkan pada area gosong, pemilihan layout ada area gosong tersebut bertujuan

untuk melindungi area tersebut dari abrasi. Layout tersebut dimodelkan ulang untuk mengetahui perubahan hidrodinamika yang terjadi. Hasil layout sebagai berikut.



Gambar 16 Hasil pemodelan pengamatan layout breakwater dengan sudut 45°

Dari hasil pengamatan diketahui bahwa gelombang yang terjadi pada area dekat breakwater mengalami penurunan sehingga besar gelombang dapat diredam dengan adanya layout tersebut.



Gambar 17 Hasil pemodelan layout breakwater

4.3 Model Desain Break Water

Asumsi material yang digunakan adalah batu pecah dan penerbandingan tetrapod dengan kemiringan tanggul ditetapkan 1:2.

Tinggi gelombang dilaut dalam sesuai hasil pemodelan layout :

$$L_0 = 1,56T^2$$

T = periode gelombang (5,5 detik)

$$L_0 = 1,56T^2 = 1,56 * 5,5^2 = 47,19m$$

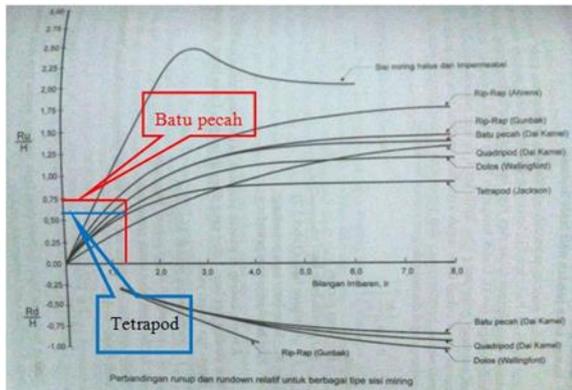
Bilangan Iribaren :

$$I_r = \frac{tg \theta}{(H / L_0)^{0,5}}$$

$$I_r = \frac{0,45}{(1,2 / 47,19)^{0,5}} = 1,35m$$

Dengan menggunakan grafik berikut ini

dengan jenis material batu pecah maka diperoleh nilai perbandingan $Ru/H = 0,70$.



Gambar 18 Runup dan Rundown gelombang (sumber : Triatmodjo 1999)

$$Ru = 1,2 \times 0,7 = 0,84m$$

Elevasi puncak pemecah gelombang dengan memperhitungkan tinggi kebebasan 0,5m, dimana tinggi bebasan merupakan daerah tanggul yang tidak terkena gelombang :

$$\begin{aligned} \text{El Pem gel} &= \text{HWS} + Ru + \text{Tinggi Bebasan} \\ &= 1,39 + 0,84 + 0,5 = 2,73m \end{aligned}$$

Untuk lapis lindung dari tetrapod :
 $Ru/H = 0.65 \rightarrow Ru = 1,2 \times 0.65 = 0.78m$

$$\begin{aligned} \text{El Pem gel tetrapod} &= \text{HWS} + Ru + \text{Tinggi Bebasan} \\ &= 1,39 + 0,78 + 0,5 = 2,67m \end{aligned}$$

Tinggi Pemecah Gelombang
 $H \text{ pem Gel} = \text{El pem gel} - \text{El dasar laut}$
 $H \text{ pem Gel} = 2,73 - 1 = 1,73m \text{ (batu)}$
 $H \text{ pem Gel} = 2,67 - 1 = 1,67m \text{ (tetrapod)}$

4.4 Stabilitas Batu Lapis Pelindung

a. Perhitungan berat butir (W) dari batuan untuk konstruksi pemecah gelombang dapat dipakai rumus-rumus empiris berikut ini.

➤ Berat butir batu pecah

$$W = \frac{\gamma_r \times H^3}{KD \times (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

Dimana :

γ_r = Berat jenis batu pelindung
(batu pecah = $2600 \text{ kg/m}^3 = 2,6 \text{ ton/m}^3$,
Beton = $2,2 \text{ ton/m}^3$)
 γ_a = Berat jenis air laut ($1,03 \text{ ton/m}^3$)
 H = Tinggi gelombang ($1,2 \text{ m}$)
 KD = Koefisien stabilitas
 S_r = Perbandingan berat jenis batuan buatan dengan berat jenis air laut

➤ Maka Berat butir untuk batu pecah:

$$W = \frac{2,6 \times 1,2^3}{2 \times \left(\frac{2,6}{1,03} - 1\right)^3 \times 2} = 0,317 \text{ ton}$$

➤ Maka Berat butir untuk tetrapod:

$$W = \frac{2,2 \times 1,2^3}{4,5 \times \left(\frac{2,2}{1,03} - 1\right)^3 \times 2} = 0,14 \text{ ton}$$

b. Untuk menghitung lebar puncak pemecah gelombang digunakan rumus sebagai berikut.

$$B = n K_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

Dimana :

n = jumlah lapis pelindung = 3 (menurut triatmodjo merupakan jumlah minimum)

K_{Δ} = Koefisien lapis = 1,15

➤ Maka lebar puncak untuk konstruksi batu pecah :

$$B = 3 \times 1,15 \left[\frac{0,317}{2,6} \right]^{1/3} = 1,71m$$

➤ Maka lebar puncak untuk konstruksi tetrapod:

$$B = 3 \times 1,04 \left[\frac{0,14}{2,2} \right]^{1/3} = 1,25m$$

c. Untuk menentukan tebal lapisan pelindung dengan n adalah jumlah lapis dalam lapis lindung digunakan rumus dibawah ini.

$$t = n K \Delta \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

- Maka tebal lapisan pelindung untuk batu pecah :

$$t = 2 \times 1,15 \left[\frac{0,317}{2,6} \right]^{1/3} = 1,14 \text{m}$$

- Maka tebal lapisan pelindung untuk tetrapod:

$$t = 2 \times 1,04 \left[\frac{0,14}{2,2} \right]^{1/3} = 0,83 \text{m}$$

- Untuk menentukan jumlah batuan lapisan pelindung dalam satuan luasan digunakan rumus dibawah ini.
-

$$N = A n K \Delta \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W} \right]^{2/3}$$

Dimana :

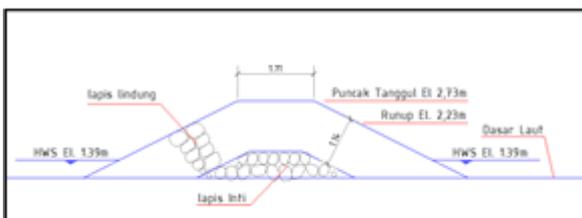
A = luas permukaan batu pelindung tiap satuan luas (asumsi luasan : 10m²)

n = jumlah lapis batu dalam lapis lindung P = Porositas, lihat Tabel berikut.

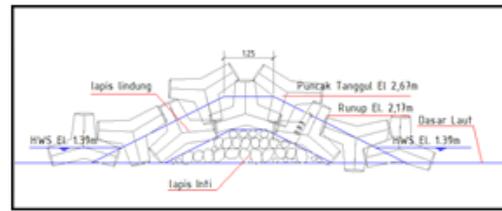
Tabel 2 Koefisien Lapis dan Porositas Batu Pelindung

Batu pelindung	n	Penempatan	K Δ	P
Batu alam (halus)	2	Acak	1,02	38
Batu alam (kasar)	2	Acak	1,15	37
Batu alam (kasar)	>3	Acak	1,1	40
Kubus	2	Acak	1,1	47
Tetrapod	2	Acak	1,04	50
Quadripod	2	Acak	0,95	49
Hexapod	2	Acak	1,15	47
Tribar	2	Acak	1,02	54
Dolos	2	Acak	1	63
Tribar	1	Seragam	1,13	47
Batu alam		Acak		37

Sumber : triatmodjo 1999



Model desain Breakwater batu pecah
(sumber : Hasil pemodelan)



Gambar 19 Model desain Breakwater Tetrapod (sumber : Hasil pemodelan)

Dari hasil penggambaran dapat dilihat bahwa penggunaan material breakwater berpengaruh terhadap dimensi hasil pemodelan, dari hasil perbandingan yang dilakukan bahwa penggunaan material breakwater di pulau tidung lebih baik menggunakan batu pecah, karena dapat disusun dengan rapi, selain itu sebagai kawasan wisata di pulau tidung breakwater yang dimodelkan dapat dimanfaatkan juga sebagai catwalk bagi pengunjung atau wisatawan untuk melihat pemandangan laut di pulau tidung.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil pemodelan yang dilakukan dijelaskan pada poin-poin berikut ini.

1. bahwa kondisi eksisting gelombang di perairan dalam kurang lebih 3.96m, sedangkan pada area gosong tersebut berkisar antara 30-60cm, dan merupakan gelombang pecah.
2. Pemodelan yang dilakukan untuk penepatan layout diketahui dengan menempatkan posisi breakwater disepanjang area gosong guna mengurai besar gelombang dan mencegah adanya abrasi terhadap area gosong tersebut.
3. Hasil akhir layout breakwater dapat dilihat pada gambar IV-9.
4. Hasil perhitungan yang digunakan untuk model desain break water ditunjukkan pada bab 4 sub bab terakhir.

-Lebar puncak gelombang batu pecah : 1,71m, dan untuk tetrapod : 1,25m.

- -Sudut kemiringan tanggul breakwater = 1:2m
- -Tinggi tanggul breakwater untuk batu pecah = 1,73m, dan untuk tetrapod = 1,67m dari dasar laut.
- -Tebal lapis lindung breakwater untuk batu pecah = 1,14m dan untuk tetrapod = 0,83m

5.2 Saran

Penentuan layout Break Water yang dilakukan masih memiliki kendala pada ketersediaan data, penggunaan data yang *up-date* akan mendapatkan hasil yang lebih akurat lagi. Perlu dilakukan analisis terhadap arus untuk mengetahui laju sedimentasi yang terjadi, sehingga maintenance pada breakwater dapat diperhitungkan.

Daftar Pustaka

- [1] Triatmojo, Bambang. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset, 2012.
- [2] Triatmodjo, Bambang. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset, 1999.
- [3] Cempaka, Aisyah. *Perencanaan Pemecah Gelombang Pelabuhan Perikanan Pondok Mimbo Situbondo Jawa Timur*, Jember : Universitas Jember, 2012.
- [4] Prahmadana, Faddillah,. *Pengaruh Perubahan Layout Breakwater Terhadap Kondisi Tinggi Gelombang di Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong* : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, 2011.
- [5] Hernawan, Mahfudz. 2009, *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil* : Bandung