

PERENCANAAN BANGUNAN *BREAKWATER* DI PELABUHAN PERIKANAN PT. MITRA JAYA SAMUDRA KOTA BITUNG

Mega Septia Sarda Dewi^{1*}, Umboro Lasminto², Bambang Sarwono²

¹Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Jln Semarang No 5 Malang, Indonesia

²Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jln Raya ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

Email : mega.septia.ft@um.ac.id

Abstract

Bitung City has many fishing ports, one of which is the fishing port of PT. Mitra Jaya Samudera. A fishing port must have a coastal safety building in order to protect the area. Therefore, a breakwater building is needed to protect the port. In planning the breakwater structure, it is necessary to collect wind data, tides, bathymetric maps and soil data to be analyzed. Wind data is used for analysis of wave forecasting calculations, tidal data for calculations of the depth of location of structures, bathymetric maps for layout planning and soil data for soil stability. Data related to seawater waves were analyzed using Delft3D software to obtain the wave height used as the design of building structures. The results of the analysis using Delft3D software obtained the wave height of the plan around the structure by 1.5 m and the location of the structure at a depth of 3 m. The structure of the building consists of a head section and arm section. The head section has a slope of 1:2 and an arm section that has a slope of 1:1.5. The breakwater structure consists of 3 layers, namely the primary layer has a stone diameter of 0.6 m, a peak width of 4 m, a layer thickness of 1.6 m, a secondary layer has a stone diameter of 0.3 m, a layer thickness of 0.7 m, and the core layer has a stone diameter of 0.1 m

Keywords: *Breakwater, Delft3D, fishing port*

Abstrak

Kota Bitung banyak terdapat pelabuhan perikanan salah satunya adalah pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera. Sebuah pelabuhan perikanan harus memiliki bangunan pengaman pantai agar dapat melindungi wilayah tersebut. Oleh karena itu diperlukan bangunan *breakwater* untuk melindungi pelabuhan. Dalam merencanakan struktur *breakwater* diperlukan data angin, pasang surut air laut, data batimetri dan data tanah yang akan dianalisis. Data angin untuk analisis perhitungan peramalan gelombang, data pasang surut untuk perhitungan kedalaman letak struktur, peta batimetri untuk perencanaan *layout* dan data tanah untuk kestabilan tanah. Data yang berkaitan dengan gelombang air laut dianalisis menggunakan *software Delft3D* untuk mendapatkan tinggi gelombang yang digunakan sebagai desain struktur bangunan. Hasil dari analisis menggunakan *software Delft3D* diperoleh tinggi gelombang rencana di sekitar struktur sebesar 1,5 m dan lokasi struktur pada kedalaman 3 m. Struktur bangunan terdiri dari bagian kepala dan lengan. Bagian kepala dengan kemiringan 1:2 dan bagian lengan dengan kemiringan 1:1,5. Struktur *breakwater* terdiri dari 3 *layer* yaitu lapisan utama berdiameter batu 0,6 m, lebar puncak 4 m, tebal lapisan 1,6 m, lapisan kedua berdiameter batu 0,3 m, tebal lapisan 0,7 m, dan lapisan inti berdiameter batu 0,1 m

Kata Kunci : *Breakwater, Delft3D, Pelabuhan Perikanan*

PENDAHULUAN

Kota Bitung memiliki pasir pantai yang indah sebagai potensi yang dapat dikembangkan sebagai daerah wisata dan industri perikanan. Salah satu industri perikanan di Kota Bitung adalah pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera. Lokasi pelabuhan dapat dilihat pada Gambar 1. Pelabuhan perikanan tersebut merupakan pelabuhan perikanan yang akan melakukan pengembangan agar dapat meningkatkan perekonomian masyarakat di sekitarnya. Fungsi pelabuhan perikanan tersebut sebagai tempat kontak nelayan dengan pemilik kapal, mempersiapkan distribusi produksi perikanan melalui transaksi pelelangan ikan, jasa pendaratan ikan, jasa kapal penangkap ikan dan jasa penanganan mutu ikan (Zulham 2011). Untuk melindungi pelabuhan dari gelombang air laut ketika pasang, maka diperlukan bangunan pengaman pantai yaitu *breakwaters*. Oleh karena itu, diperlukan pemodelan gelombang menggunakan *software Delft3D* pada pelabuhan perikanan untuk perencanaan bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) untuk melindungi pelabuhan dari gelombang pasang dan ketika kegiatan bongkar muat hasil tangkapan ikan dapat dilakukan dengan aman. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mempelajari struktur bangunan pemecah gelombang (Dai dkk., 2018; Van der Meer dan Sigurdarson, 2014; Vicinanza dkk, 2012; Vicinanza dkk., 2014).

Terdapat beberapa aspek yang harus diperhatikan dalam perencanaan bangunan pemecah gelombang. Aspek-aspek tersebut adalah data angin yang akan mempengaruhi letak bangunan pemecah gelombang, data pasang surut air

laut yang akan mempengaruhi penetapan elevasi bangunan pemecah gelombang, peta batimetri dan topografi yang mempengaruhi elevasi kedalaman bangunan pemecah gelombang serta gaya-gaya yang ditimbulkan oleh gelombang yang akan mempengaruhi struktur bangunan (Bambang Triatmodjo 2012b).



Gambar 1. Lokasi pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera

METODE

Analisis gelombang dilakukan dengan program bantu *Delft-3D*. Program bantu ini dapat melakukan simulasi tinggi gelombang dan telah banyak digunakan dalam penelitian tentang bangunan pemecah gelombang (Bricker dkk., 2013; Salauddin dkk., 2015). Dalam simulasi tinggi gelombang diperlukan data angin yang diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi, data pasang surut dari perairan Pelabuhan Perikanan PT. Mitra Jaya Samudera Bitung, peta topografi dan batimetri daerah perairan Bitung dan data tanah.

Kemudian dilakukan perhitungan kecepatan angin terkoreksi dengan pengolahan data angin lalu pembuatan *windrose* untuk memperoleh arah angin dominan. Selanjutnya, perhitungan *fetch* efektif untuk memperoleh tinggi (H) dan periode (T) gelombang.

Data angin yang diperoleh merupakan data kecepatan angin rata-rata bulanan selama 12 tahun yaitu tahun 2005 sampai tahun 2017. Data angin ini digunakan untuk menentukan arah angin dominan serta tinggi gelombang rencana di lokasi perencanaan struktur bangunan. Dimensi angin dikonversi dalam knots (1 knot = 1.852 km/j).

Seluruh data angin akan ditransformasi menjadi gelombang dengan tahapan persamaan-persamaan berikut (Bambang Triatmodjo 2012b):

1. Efek elevasi

$$U_{10} = U_y \left(\frac{10}{y} \right)^{\frac{1}{7}} \dots \dots \dots [1]$$

Dimana:

$U_{(10)}$ = laju angin saat 10 m di atas permukaan laut.

$U_{(y)}$ = laju angin saat y di atas permukaan laut

2. Koreksi Stabilitas

Jika terdapat perbedaan antara *temperature* air laut dan udara, maka kecepatan angin dikoreksi dengan factor koreksi R_T

$$U = R_T \cdot U_{(10)} \dots \dots \dots [2]$$

3. Koefisien Drag

Dalam peramalan gelombang yang diperlukan kecepatan angin yang telah disesuaikan (*Adjusted windspeed, U_A*):

$$U_A = 0.71 \times U^{1.23} \dots\dots\dots [3]$$

Selanjutnya dihitung peramalan gelombang dengan formula seperti Tabel 1

Tabel 1 Formula peramalan tinggi gelombang laut dalam. (Coastal Engineering Research Center 1984)

<i>Dimensionless</i>	Satuan Metrik	
	H(m), T(s), U_A (m/s), F(m), t(s)	H(m), T(s), U_A(m/s), F(km), t(hr)
	<i>FETCH LIMITED, (F, U)</i>	
$\frac{gH_{m_o}}{U_A^2} = 1.6 \times 10^{-3} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}}$	$H_{m_o} = 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{\frac{1}{2}}$	$H_{m_o} = 51.616 \times 10^{-2} U_A F^{\frac{1}{2}}$
$\frac{gT_m}{U_A} = 2.857 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}}$	$T_m = 6.238 \times 10^{-2} (U_A F)^{\frac{1}{3}}$	$T_m = 6.238 \times 10^{-1} (U_A F)^{\frac{1}{3}}$
$\frac{gt}{U_A} = 6.88 \times 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{\frac{2}{3}}$	$t = 3.215 \times 10^1 \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{\frac{1}{3}}$	$t = 8.93 \times 10^{-1} \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{\frac{1}{3}}$
	<i>FULLY DEVELOPED</i>	
$\frac{gH_{m_o}}{U_A^2} = 2.433 \times 10^{-1}$	$H_{m_o} = 2.482 \times 10^{-2} U_A^2$	$H_{m_o} = 2.4821 \times 10^{-2} U_A^2$
$\frac{gT_m}{U_A} = 8.134$	$T_m = 8.30 \times 10^{-1} U_A$	$T_m = 8.30 \times 10^{-1} U_A$
$\frac{gt}{U_A} = 7.15 \times 10^4$	$t = 7.296 \times 10^3 U_A$	$t = 2.027 U_A$

Syarat :

Fully Developed bila nilai $t/U_A \geq 2.027$

Bila $t < t_c$ maka perumusan *fetch limited* untuk *variable* F diganti F_{min}

$$F_{min} = 0.893 \left(\frac{gt}{68.8 \times U_A} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \frac{U_A^2}{g} \dots\dots\dots [4]$$

dan

$$t_c = 0.893 \left(\frac{F}{U_A} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots [5]$$

Dalam perencanaan ini perkiraan gelombang periode ulang 50 tahun menggunakan metode *Weibull*.

$$P(H_s \leq H_s) = 1 - e^{-\left(\frac{H_s - B}{A}\right)^K} \dots\dots\dots [6]$$

Dimana :

$P(H_s \leq \hat{H}_s)$ = probabilitas bahwa \hat{H}_s tidak dilampaui

- H = tinggi gel. representatif
- \hat{H} = tinggi gel. dengan nilai tertentu
- A = parameter skala
- B = parameter lokasi
- K = parameter bentuk

Dalam perhitungan peramalan gelombang membutuhkan panjang *fetch* efektif. Penggambaran *fetch* dilakukan pada arah timur laut, timur, tenggara, selatan, dan barat daya. Fetch rata-rata efektif diberikan oleh persamaan berikut (Bambang Triatmodjo 2012b).

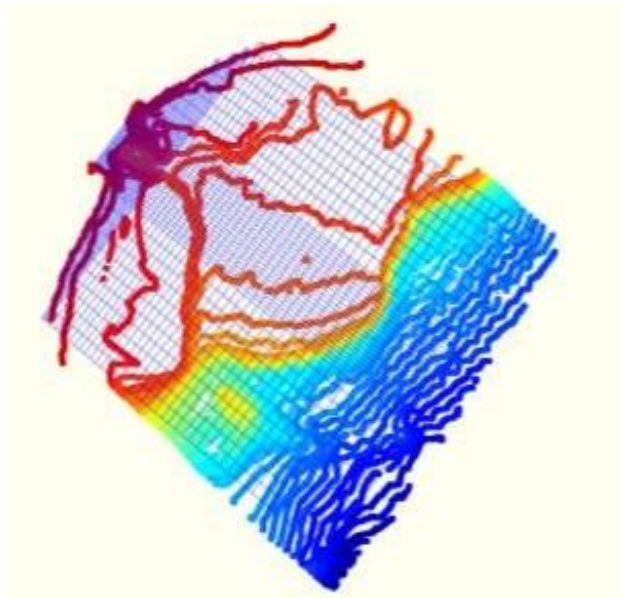
$$F_{eff} = \frac{\sum (X_i \cdot \cos \alpha_i)}{\sum \cos \alpha_i} \dots\dots\dots [7]$$

Dimana :

- F_{eff} = *fetch* efektif
- X_i = panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*.

α_i = deviasi pada kedua sisi arah angin dengan menggunakan penambahan $6^\circ - 42^\circ$ pada kedua sisi dari arah mata angin.

Pemodelan gelombang menggunakan program bantu *software Delft3D*. Langkah awal yang dilakukan adalah dengan membuat grid sebagai batas wilayah batimetri. Hasil grid dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan Grid pada Peta Batimetri

Setelah membuat grid, selanjutnya dengan memasukkan data gelombang yaitu tinggi gelombang dari hasil perhitungan periode ulang gelombang, periode gelombang, tinggi pasang surut air laut dan arah angin dominan yang menuju pelabuhan. Hasil dari pemodelan *Delft-3D* adalah tinggi gelombang rencana untuk perhitungan dimensi *breakwater* (Manual 2022).

Tahapan perhitungan dimensi *breakwater* sebagai berikut (Bambang Triatmodjo 2012a):

1. Penentuan elevasi
 Elv. muka air rencana = HWL + Sw + SLR [8]

Dimana:

- HWL : Muka air tertinggi pada saat air pasang dalam siklus pasang surut (m)
- Sw : *Wave set-up* (m)
- SLR : Kenaikan elevasi muka air laut akibat pemanasan global (m)

2. Stabilitas batu lapis pelindung

- a. Rumus Hudson

 - Material batu pecah
 - *Primary Layer*

$$K_D = 1.6 \text{ (Kepala } breakwater)$$

$$K_D = 2 \text{ (Lengan } breakwater)$$

$$\gamma_a = 1.025 \text{ t/m}^3$$

$$\gamma_r = 2.65 \text{ t/m}^3$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \dots\dots\dots [9]$$

$$W_1 = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \dots\dots\dots [10]$$

- *Secondary Layer*
- $$W_2 = \frac{W_1}{10} \dots\dots\dots [11]$$

- Core Layer

$$W_3 = \frac{W_1}{200} \quad [12]$$

Dimana:

W = berat butir batu

γ_r = berat jenis batu

γ_a = berat jenis air laut

H = tinggi gelombang rencana

θ = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

K_D = koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk batu pelindung (batu alam atau buatan), kekasaran permukaan batu, ketajaman sisi-sisinya, ikatan antara butir, dan keadaan pecahnya gelombang. (Bambang Triatmodjo 2012a)

3. Perhitungan dimensi

- Lebar puncak

$$B = n \cdot K_A \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}} \quad [13]$$

- Tebal lapis pelindung

$$T = n \cdot K_A \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}} \quad [14]$$

- Jumlah butir batu tiap satu luasan

$$N = A \cdot n \cdot K_A \left(-\frac{P}{1000} \right) \left(-\frac{\gamma_r}{W} \right)^{\frac{2}{3}} \quad [15]$$

Dimana:

B = lebar atas

t = tebal lapisan pelindung

N = banyaknya batu untuk satu-satuan luas permukaan

n = banyaknya batu (min. = 3)

4. Stabilitas terhadap *settlement*

Perhitungan *settlement* digunakan rumus *immediate settlement* karena jenis tanah di bawah *breakwater* berjenis pasir (*cohesionless soil*). Rumus yang digunakan sebagai berikut: (Wahyudi 2012)

$$S_i = \frac{2\alpha\beta}{E} P_H \quad [17]$$

Dimana:

$\beta = q = \gamma \cdot b$

E = Modulus Young

ν = koefisien poisson

$\beta = \frac{H}{2a}$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam merencanakan sebuah bangunan pengaman pantai harus dilakukan analisis terhadap data agar mendapatkan hasil perencanaan yang diharapkan. Sebelum melakukan perencanaan bangunan pemecah gelombang, dilakukan beberapa analisis terhadap data-data yang tersedia baik data primer maupun data sekunder agar dapat menentukan perencanaan bangunan pemecah gelombang.

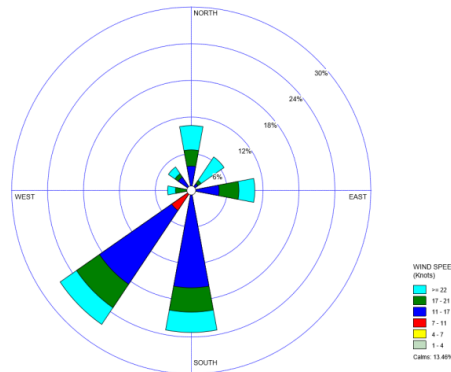
a. Data angin

Data angin diperoleh dari Stasiun Badan Meteorologi

Klimatologi dan Geofisika Maritim Bitung. Data kecepatan angin rata-rata diambil dari data angin bulanan selama 12 tahun yaitu tahun 2005 sampai tahun 2017. Penggambaran angin dominan menggunakan *windrose* seperti pada Gambar 3.

b. *Fetch*

Dalam perhitungan peramalan gelombang membutuhkan panjang *fetch* efektif. Penggambaran *fetch* dilakukan pada arah timur laut, timur, tenggara, selatan, dan barat daya.



Gambar 3. *Windrose* Kejadian Angin pada Pelabuhan Perikanan PT. Mitra Jaya Samudera

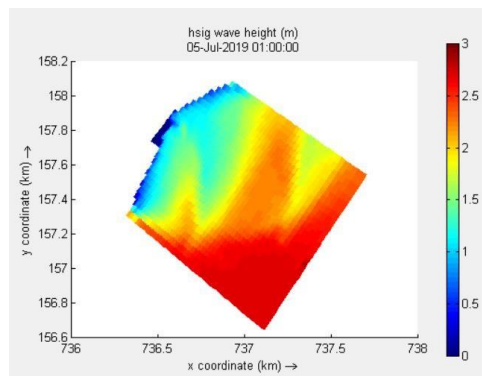
c. Data Batimetri

Peta Batimetri yang digunakan untuk perencanaan bangunan pelindung pantai adalah peta batimetri secara lokal pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera Kota Bitung.

d. Peramalan Gelombang menggunakan *software Delft3D*

Perhitungan data kecepatan angin dan arah angin bulanan yang dihitung sesuai persamaan [1] s/d [6] menghasilkan tinggi dan periode gelombang yang digunakan sebagai input untuk pemodelan *Delft3D*.

Hasil output dari program *running Wave Delft3D* adalah tinggi gelombang signifikan dari pasang air laut tertinggi seperti pada Gambar 4.



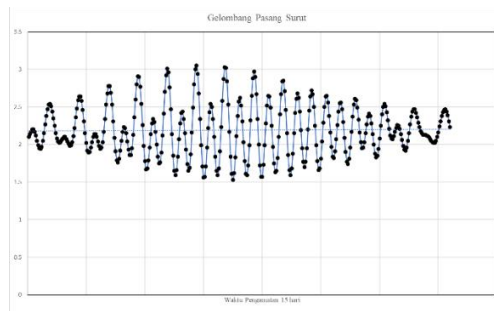
Gambar 4. Hsig ketika HWS

Dari gambar tersebut diperoleh nilai Hsignifikan di sekitar struktur adalah 1,5 m. Dalam perencanaan menggunakan Hsig ketika air laut pasang supaya struktur *breakwater* mampu mencegah terjadinya *overtopping*.

Dari analisis gelombang menggunakan program *Delft3D* diperoleh parameter untuk perencanaan lokasi struktur *breakwater* yaitu kedalaman struktur 3m, tinggi gelombang refraksi 1.5m, dengan data kemiringan kontur 0.03m serta kemiringan bangunan 1:2 (kepala) dan 1:1.5 (lengan).

e. Analisis Pasang Surut

Pengamatan pasang surut dilakukan pada tanggal 6 Agustus 2018 sampai 20 Agustus 2018 (selama 15 hari) seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengamatan pasang surut selama 15 Hari

Dari analisis tersebut diperoleh tipe pasang surut campuran, dominan pasut semidiurnal artinya dalam satu hari terjadi dua kali air pasang berurutan secara teratur dan diperoleh nilai elevasi pasang tertinggi 3.03m dan elevasi surut 1.52 m.

a. Perhitungan Struktur

Dari hasil analisis-analisis gelombang diperoleh nilai:

Kedalaman struktur (d) = 3 m

Hrefraksi (H^0) = 1.5 m

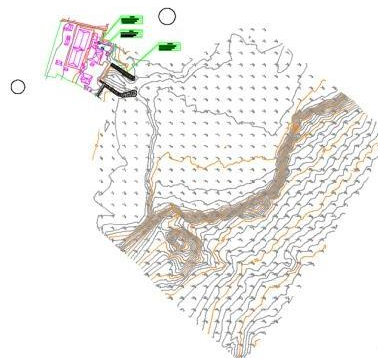
H_b = 2.93 m

D_b = 3.516 m

Kemiringan kontur = 0.03

Kemiringan bangunan = 1:2 (kepala) dan 1:1.5 (lengan)

Perencanaan layout/posisi bangunan pemecah gelombang pelabuhan perikanan PT. Mitra Jaya Samudera berdasarkan perhitungan analisis gelombang rencana 50 tahunan dapat dilihat pada Gambar 6.

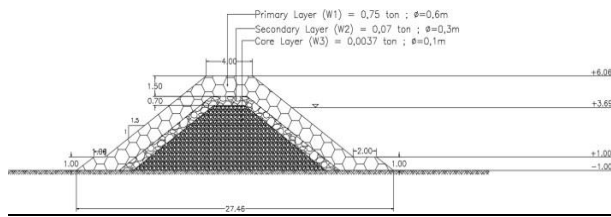


Gambar 6 Layout Bangunan Pemecah Gelombang

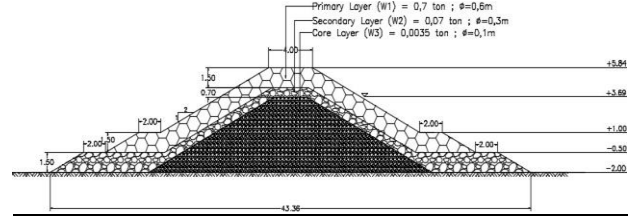
Rekapitulasi perhitungan dimensi *breakwater* sesuai dengan persamaan [8] s/d [16] dapat dilihat pada Tabel 2 dan Potongan melintang lengan *breakwater* dapat dilihat pada Gambar 7 dan potongan melintang kepala *breakwater* dapat dilihat pada Gambar 8

Tabel 2 Rekapitulasi dimensi struktur *breakwater* batu pecah

	Dimensi		Primary layer	Secondary layer	Core layer
Kepala Cot θ = 1:2	Berat	ton	0.7	0.07	0.0035
	Diameter	m	0.6	0.3	0.1
	Lebar	m	4	menyesuaikan	menyesuaikan
	Tebal	m	1.5	0.7	menyesuaikan
	Jumlah		35	163	1202
Lengan Cot θ = 1:1.5	Berat	ton	0.75	0.07	0.0037
	Diameter	m	0.6	0.3	0.1
	Lebar	m	4	menyesuaikan	menyesuaikan
	Tebal	m	1.6	0.7	menyesuaikan
	Jumlah		34	156	1151



Gambar 7 Cross-section Kepala *Breakwater*



Gambar 8 Cross-section Lengan *Breakwater*

f. Stabilitas *Breakwater*

Rekapitulasi perhitungan *immediate settlement* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi perhitungan *immediate settlement*

Jenis Kondisi	Parameter	Kepala	Lengan
Kondisi Tanah	Tebal Lapisan	2m	2m
	γ_s	12 kN/m ³	12 kN/m ³
	E	34500 kN/m ²	34500 kN/m ²
	ρ	0.3	0.3
	a	21.03m	13.73 m
Kondisi <i>Breakwater</i>	b	43.36 m	27.46 m
	h	7.84 m	7.06 m
	γ_{timb}	2.65 t/m ³	2.65 t/m ³
	Nilai <i>immediate settlement</i>	2.6 cm	0.074 cm.

Berdasarkan perhitungan tabel di atas, penurunan yang terjadi sangat kecil sehingga *breakwater* sudah cukup stabil untuk mengantisipasi terjadinya penurunan.

SIMPULAN

- Berdasarkan analisis data angin diperoleh arah angin dominan dari arah Barat Daya.
- Besar tinggi pasang surut diperoleh nilai pasang (HWL) = 3.03 m, dan surut (LWS) = 1.52 m
- Berdasarkan hasil dari periode ulang 50 tahun mendapatkan tinggi gelombang rencana pada bangunan perencanaan sebesar 1.5 m.
- Dimensi struktur *breakwater* diperlukan material batu dengan diameter batu 0.6m untuk *primary layer*, 0.3m untuk *secondary layer* dan 0.1m untuk *core layer*.
- Penurunan yang terjadi sangat kecil sehingga *breakwater* sudah cukup stabil untuk mengantisipasi terjadinya penurunan

REFERENSI

Bambang Triatmodjo, 2012a, “Perencanaan Bangunan Pantai”, Yogyakarta: Beta Offset.
 Bambang Triatmodjo, 2012b, “Teknik Pantai”, edited by Beta Offset. Yogyakarta.
 Bricker, J.D., Takagi, H. and Mitsui, J., 2013, “Turbulence Model Effects On VOF Analysis Of Breakwater Overtopping During The 2011 Great East Japan Tsunami”, In *Proceedings of the 2013 LAHR World Congress*, Vol. 10153.
 Coastal Engineering Research Center, 1984, “Shore Protection Manual: Volume I and II.” Spm1984 1 & 2. doi: 10.5962/bhl.title.47830.
 Dai, J., Wang, C.M., Utsunomiya, T. and Duan, W., 2018, “Review of Recent Research and Developments on Floating Breakwaters”, *Ocean Engineering*, Vol. 158, pp.132-151.
 Manual, User Delft3D, 2022, “Delft3D 3D/2D Modelling Suite for Integral Water Solutions Hydro-Morphodynamics”.
 Salauddin, M., Jayathilaka, R.M.R.M. and VELASCO, C., 2015, “Wave Penetration Modelling Inside A Marina”, *International Journal of Advanced Structures and Geotechnical Engineering*, Vol. 4 No. 4, pp.226-231.
 Van der Meer, J.W. and Sigurdarson, S., 2014, “Geometrical Design of Berm Breakwaters”, In *Proceedings of 34th International Conference on Coastal Engineering*.
 Vicinanza, D., Stagonas, D., Müller, G., Nørgaard, J.H. and Andersen, T.L., 2012, “Innovative Breakwaters Design for Wave Energy Conversion”, *Coast. Eng. Proc*, Vol. 1 No. 1.

- Vicinanza, D., Contestabile, P., Nørgaard, J.Q.H. and Andersen, T.L., 2014, "Innovative Rubble Mound Breakwaters for Overtopping Wave Energy Conversion", *Coastal Engineering*, Vol. 88, pp.154-170.
- Wahyudi, Herman. 2012. "Pondasi Dangkal."
- Zulham, Armen. 2011. "Industri Perikanan Di Bitung." *Buletin Ilmiah Marina Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan* 6(2):53. doi: 10.15578/marina.v6i2.5814.