

## TINGGI MUKA AIR RENCANA GUNA RENOVASI *BREAKWATER* DI PELABUHAN PERIKANAN SAMUDERA CILACAP (PPSC)

Junika Ahmad Fathonah, Agus Anugroho Dwi S, Dwi Haryo Ismunarti

Program Studi Oseanografi, Jurusan Ilmu Kelautan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698  
Email : [JunikaAhmadFathonah@pacific-ocean.com](mailto:JunikaAhmadFathonah@pacific-ocean.com)

### ABSTRAK

Tinggi muka air rencana merupakan penjumlahan dari berbagai parameter yang sangat penting bagi perencanaan bangunan pantai seperti pasang surut, kenaikan muka air akibat gelombang (*wave set-up*) dan kenaikan muka air laut yang selalu bertambah tiap tahun akibat pemanasan global. Besarnya kemungkinan cuaca ekstrim dengan kejadian air pasang dan gelombang badai di waktu yang bersamaan, merupakan penyebab kerusakan dan miringnya *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC). Tujuan penelitian adalah mengetahui tinggi muka air rencana dan menentukan elevasi puncak *breakwater* untuk perenovasian *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC). Pengambilan data primer (gelombang) menggunakan metode *visual observation* dilaksanakan pada tanggal 5 hingga 7 April 2015 di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC). Pengolahan data sekunder angin menggunakan metode SMB yang hasilnya digunakan untuk verifikasi data pengukuran gelombang, perhitungan *wave set-up* dan *run up* gelombang. Pengolahan data pasang surut menggunakan metode *admiralty* untuk menentukan HHWL sebagai referensi muka air. Metode penelitian adalah kuantitatif. Hasil pengukuran gelombang adalah tinggi gelombang ( $H_{10}$ ) sebesar 0,8 meter dan periode gelombang ( $T_{10}$ ) sebesar 5,24 detik. Perhitungan *wave set-up* diperoleh sebesar 0,28 meter; *run up* gelombang sebesar 1,24-1,27 meter untuk struktur tetrapod dan 1,94-1,98 meter untuk struktur batuan pecah. Nilai HHWL sebesar 2,1 meter. Kenaikan muka air akibat pemanasan global adalah 0,15 meter. Tinggi muka air rencana untuk *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) adalah 2,53 meter. Elevasi puncak *breakwater* yang ideal untuk *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) adalah 4,30 meter untuk struktur bangunan dari tetrapod dan 5,01 meter untuk struktur bangunan dari batuan pecah.

**Kata Kunci :** *Tinggi Muka Air Rencana, Breakwater, Wave set-up, Run up, Cilacap*

Design water level is the addition of the very important parameter for design of coastal structures such as tides, the increase of the still water level caused by wave action such as a wave set-up and sea level rise caused by global warming. Damage and tilt breakwater in Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) caused by the extreme weather possibility with the tide and storm surge at the same time. The purpose of research was to know the design water level and determine the breakwater crest elevation for renovation breakwater in Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC). Wave as the primary data was taken on April 5, 2015 to April 7, 2015 in Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) with visual observation method. Wind as the secondary data was processed using SMB method which results are used for wave measurement data verification, calculation of wave set-up and wave run up, then tidal data using admiralty method for determining the HHWL as a water level reference. The method of research is quantitative. Result of wave measurement in field was the wave height ( $H_{10}$ ) 0,80 m and

wave period ( $T_{10}$ ) 5,24 s. Wave set-up calculated 0,28 m; wave run up 1,24 to 1,27 m of tetrapod structure and 1,94 to 1,98 m of rock structure. HHWL value was 2,1 m. Sea level rise caused by global warming was 0,15 m. Result of design water level for Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) was 2,53 m. Result of breakwater crest elevation for breakwater in Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) was 4,30 m of tetrapod structure and 5,01 m of rock structure.

**Keywords :** Design Water Level, Breakwater, Wave set-up, Run up, Cilacap

**Pendahuluan**

Tinggi muka air rencana merupakan penjumlahan dari berbagai parameter yang sangat penting bagi perencanaan bangunan pantai seperti pasang surut, kenaikan muka air akibat gelombang (*wave set-up*) dan kenaikan muka air laut yang selalu bertambah tiap tahun akibat pemanasan global (Triatmodjo, 1999). Besarnya kemungkinan cuaca ekstrim dengan kejadian air pasang dan gelombang badai di waktu yang bersamaan, merupakan penyebab kerusakan dan miringnya *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC). Kerusakan dan miringnya tersebut, dapat mengakibatkan tidak maksimalnya fungsi *breakwater*. Menurut Palmer dan Christian (1998), prinsip fungsi *breakwater* adalah melindungi area pantai atau pelabuhan dari interaksi gelombang, memperkecil ketinggian gelombang, meminimalisir terjadinya *overtopping* dan mampu menahan laju sedimentasi. Berdasarkan pentingnya keberadaan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) untuk memberikan kontribusi bagi perkembangan pembangunan sektor kelautan dan perikanan di Indonesia, khususnya di Jawa Tengah bagian selatan, maka diperlukan adanya perenovasian *breakwater*.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui tinggi muka air rencana dan menentukan elevasi puncak *breakwater* untuk perenovasian *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC). Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai bahan pertimbangan dalam perbaikan dan penyempurnaan perancangan *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) yang aman dari hempasan gelombang ekstrim akibat pemanasan global di masa depan. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 5 hingga 7 April 2015 di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC). Koordinat lokasi tersebut adalah di  $7^{\circ} 43' 30''$  S –  $7^{\circ} 44' 10''$  S dan  $109^{\circ} 1' 10''$  E –  $109^{\circ} 2' 0''$  E (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian

**Materi dan Metode**

Data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu data primer dan data sekunder. Menurut Sarwono (2006), data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran atau sumber asli, sedangkan data sekunder adalah data yang sudah tersedia dan dapat diperoleh dari instansi terkait. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pengukuran gelombang

laut meliputi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) selama 3 hari di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC). Data primer tersebut akan digunakan sebagai pembandingan hasil peramalan (verifikasi data). Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Data angin selama 11 tahun (2004-2014) oleh dari Stasiun Meteorologi Maritim BMKG Cilacap.
2. Data batimetri pelabuhan oleh Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC).
3. Data batimetri Perairan Cilacap tahun 2011 oleh Dishidros.
4. *Layout breakwater* oleh Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC).
5. Data pasang surut Cilacap bulan April 2015 oleh Dishidros.
6. Peta RBI Cilacap tahun 2004 oleh Bakosutanal.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Menurut Sarwono (2006), metode kuantitatif adalah menguji teori, membangun fakta, menunjukkan hubungan antar variabel, memberikan deskripsi statistik, menaksir dan meramalkan hasil, maka penelitian ini dilakukan berdasarkan teori tentang tinggi muka air rencana yang dikaitkan dengan permasalahan di lapangan yaitu kerusakan *breakwater*. Pemecahan masalah disajikan oleh data hasil perhitungan sehingga hasil akhir penelitian adalah memberikan gambaran tinggi muka air rencana dan solusi penentuan elevasi puncak *breakwater* yang digunakan untuk merenovasi *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC).

Penentuan lokasi pengukuran gelombang dilakukan berdasarkan pertimbangan kondisi lapangan di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) yang memiliki karakteristik gelombang yang tinggi, kemampuan, keterbatasan dan keamanan alat pengukuran gelombang serta mampu mewakili keadaan perairan setempat yang diasumsikan tidak memiliki pengaruh atau hanya memiliki pengaruh kecil oleh difraksi gelombang akibat struktur bangunan pantai. Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka teknik pengambilan sampel menggunakan metode *purposive sampling* yaitu metode pengambilan titik sampling memenuhi kriteria teori yang dikaji sehingga dapat melakukan proses pengambilan data dan analisis data yang secara mutlak berdasarkan atas pertimbangan peneliti (Oppong, 2013).

Pengukuran gelombang di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) dilakukan dengan salah satu metode yang digunakan oleh *World Meteorological Organization* (1998), yaitu pengamatan gelombang langsung (*visual observation*) untuk menentukan karakteristik gelombang berupa tinggi gelombang (H) dalam satuan meter, periode gelombang (T) dalam satuan detik dan besar sudut arah datang gelombang. Pengukuran tinggi gelombang menggunakan palem gelombang yaitu mengamati batas puncak dan batas lembah gelombang yang melewati palem gelombang. Jarak antara batas puncak dengan batas lembah gelombang dicatat sebagai tinggi gelombang. Waktu tempuh antara puncak gelombang pertama melewati palem gelombang sampai puncak berikutnya diukur menggunakan *stopwatch* dan dicatat sebagai periode. Sudut arah datang gelombang diukur menggunakan kompas (WMO, 1998).

Pencatatan data karakteristik gelombang dilakukan selama 3 hari dimana dalam satu hari dilakukan pengamatan selama 4 jam disaat terdapat angin terkuat dan terdapat 720 kali pencatatan. Metode pengumpulan data gelombang ini mengacu pada teori Triatmodjo (1999) bahwa pencatatan karakteristik gelombang dalam satu hari dapat dilakukan sebanyak 3-4 kali dengan interval 15-20 menit. Pencatatan karakteristik gelombang yang lebih banyak akan mewakili karakteristik gelombang yang sebenarnya di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC).

Data gelombang hasil pengukuran lapangan, dianalisis menggunakan penentuan tinggi gelombang representatif ( $H_{10}$ ) dan periode gelombang representatif ( $T_{10}$ ), menggunakan persamaan (Triatmodjo, 1999) berikut :

$$H_{10} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n}$$

$$T_{10} = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_n}{n}$$

$$n = 10\% \times \text{jumlah data}$$

Dimana :

$H_{10}$  : tinggi gelombang (m)

- $T_{10}$  : periode gelombang (s)  
 $H_{1, \dots, n}$  : tinggi gelombang ke 1,2, ... n (m)  
 $T_{1, \dots, n}$  : periode gelombang ke 1,2, ... n (m)  
 $n$  : jumlah data

Pengolahan data angin menggunakan metode SMB yang hasilnya digunakan untuk verifikasi data pengukuran gelombang. Verifikasi data dihitung dengan menggunakan persamaan *Relative Error* sebagai berikut:

$$RE = \frac{|X-C|}{|X|} \times 100\%$$

$$MRE = \sum_0^n \frac{|RE|}{|n|}$$

Dimana:

- RE : kesalahan relatif (*Relative Error*)  
 MRE : rata-rata kesalahan relatif (*Mean Relative Error*)  
 X : data lapangan  
 C : data peramalan  
 n : jumlah data

Analisis keakuratan hasil peramalan dan pengukuran di lapangan dapat dinyatakan dalam analisa statistik berupa nilai akar dari jumlah rata-rata kuadrat error (*Root Mean Square Error*, RMSE), sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum_i (x_i - y_i)^2}{n}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i (x_i - y_i)^2}{n}}$$

Dimana:

- MSE : jumlah dari rata-rata kuadrat error  
 RMSE : akar dari jumlah rata-rata kuadrat error  
 $\bar{x}$  : rata-rata dari hasil pengukuran  
 $\bar{y}$  : rata-rata dari hasil peramalan  
 $x_i$  : hasil pengukuran  
 $y_i$  : hasil peramalan

Hasil pengolahan data peramalan gelombang dari data angin 11 tahun (2004-2014) digunakan untuk inputan perhitungan *wave set-up* dan *run up* gelombang. Pengolahan data pasang surut menggunakan metode *admiralty* untuk menentukan *Highest High Water Level* (HHWL) sebagai referensi muka air. Berdasarkan penjumlahan nilai HHWL, *wave set-up* dan kenaikan muka air global menurut (Triatmodjo, 1999) maka diperoleh nilai tinggi muka air rencana (*Design Water Level*, DWL) untuk perenovasian *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC). Elevasi puncak *breakwater* didapat dari penjumlahan nilai *run up* gelombang, DWL dan tinggi jagaan. Data dimensi dan *layout breakwater* untuk analisis perenovasian *breakwater*.

## Hasil dan Pembahasan

### a. Kondisi Gelombang

Hasil pengukuran gelombang selama 3 hari yaitu pada tanggal 5-7 April 2015 di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC), diperoleh tinggi gelombang (H) berkisar antara 0,1 - 1,05 meter (Tabel 1), sedangkan untuk periode gelombang berkisar antara 1,2 - 7,4 detik (Tabel 2). Tinggi gelombang signifikan ( $H_{10}$ ) yang terjadi sebesar 0,80 meter (Tabel 1) dan periode gelombang signifikan ( $T_{10}$ ) sebesar 5,24 detik (Tabel 2). Menurut teori yang dituangkan oleh Sorensen (2006), gelombang di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) merupakan gelombang yang dibangkitkan oleh angin karena memiliki range periode gelombang berkisar antara 1 sampai 30 detik. Berdasarkan kedalaman relatif (d/L) maka diperoleh klasifikasi gelombang di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) adalah gelombang laut transisi karena nilai (d/L) yang diperoleh sebesar 0,10962 ( $0,05 \leq d/L \leq 0,5$ ) (Triatmodjo, 1999).

Hasil data gelombang hasil peramalan dari data angin (5-7 April 2015) dengan data gelombang hasil pengukuran (5-7 April 2015) menunjukkan keakuratan untuk  $H_{10}$ , yang memiliki nilai sama dengan pengukuran di lapangan. Hasil data gelombang yang diverifikasi menunjukkan bahwa nilai *Mean Relative Error* (MRE) kurang dari 50% dan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang mendekati nol, sehingga dapat digunakan sebagai data *inputan* untuk perhitungan selanjutnya. Nilai MRE untuk tinggi gelombang adalah 15,78%; sedangkan untuk periode gelombang adalah 14,36%. Nilai RMSE untuk tinggi gelombang adalah 0,115 meter; sedangkan untuk periode gelombang adalah 1,43 detik (Tabel 1-2). Berdasarkan verifikasi data gelombang tersebut, menjelaskan bahwa peramalan gelombang dengan menggunakan metode SMB untuk daerah pantai dan pelabuhan masih memiliki kesalahan relatif karena karakteristik gelombang di daerah pantai sangat dipengaruhi oleh efek *shoaling* dan refraksi gelombang, serta transfer energi dari angin yang membentuk suatu gelombang (CERC, 2006 dalam Sugianto, 2010).

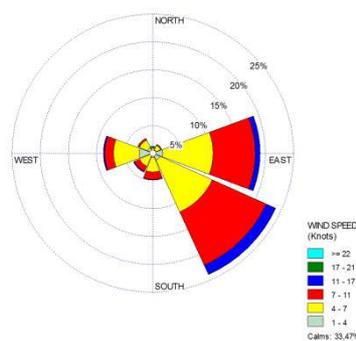
Tabel 1. Verifikasi Tinggi Gelombang dari Data Lapangan dengan Data Peramalan

	Lapangan (m)	Peramalan (m)	RE (%)	MRE (%)	RMSE (m)
Hmax	1,05	0,80	23,82	15,78	0,115
$H_{10}$	0,80	0,80	0		
Hs	0,67	0,66	1,49		
Hrerata	0,49	0,45	8,16		
Hmin	0,1	0,16	45,45		

Tabel 2. Verifikasi Periode Gelombang dari Data Lapangan dengan Data Peramalan

	Lapangan (s)	Peramalan (s)	RE (%)	MRE (%)	RMSE (s)
Tmax	7,4	4,34	41,23	14,36	1,43
$T_{10}$	5,25	4,34	17,06		
Ts	4,38	4,00	8,64		
Trerata	3,39	3,29	2,79		
Tmin	1,2	1,22	1,75		

Hasil peramalan tinggi gelombang dari data angin periode ulang 11 tahun (2004 – 2014) mencakup seluruh musim dan gelombang tertinggi di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) terjadi pada musim timur. Hasil peramalan gelombang dari data angin 11 tahun diperoleh bahwa tinggi gelombang (H) berkisar antara 0,12 sampai dengan 4,33 meter dengan periode gelombang (T) berkisar antara 1,29 sampai dengan 8,55 detik, dimana tinggi gelombang (H) tertinggi terjadi pada musim timur (Juni – Juli – Agustus) yaitu sebesar 4,33 meter dengan periode 8,55 detik (Tabel 3-4). Tinggi gelombang (H) yang terjadi pada musim timur jauh lebih besar dari pada musim peralihan dan musim barat. Hal tersebut diakibatkan oleh lokasi penelitian yang memiliki topografi teluk sehingga durasi dan kecepatan angin kuat dari arah timur – tenggara tidak terganggu oleh topografi daratan. Ketika musim barat terjadi, angin kuat berasal dari arah barat terdapat topografi daratan yang mempengaruhi durasi dan kecepatan angin sehingga tinggi gelombang pada musim barat lebih rendah (Sugianto, 2010). Berdasarkan analisa data angin 11 tahun (2004 – 2014) menggunakan *windrose* diperoleh angin terkuat yang membangkitkan gelombang di Perairan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) berasal dari arah tenggara-timur (Gambar 2).



Gambar 2. Windrose data angin 2004 – 2014.

Tabel 3. Tinggi Gelombang hasil Peramalan Data Angin 11 Tahun

No.	Musim	Hmax (m)	H <sub>10</sub> (m)	Hs (m)	Hrerata (m)	Hmin (m)
1.	Barat	2,58	1,19	0,88	0,54	0,12
2.	Peralihan I	3,70	1,84	1,38	0,76	0,12
3.	Timur	4,33	1,93	1,42	0,86	0,12
4.	Peralihan II	3,13	1,63	1,23	0,75	0,12

Tabel 4. Periode Gelombang hasil Peramalan Data Angin 11 Tahun

No.	Musim	T max (s)	T <sub>10</sub> (s)	Ts (s)	T rerata (s)	T min (s)
1.	Barat	6,95	4,96	4,42	3,50	1,29
2.	Peralihan I	8,02	6,63	5,87	4,18	1,29
3.	Timur	8,55	6,14	5,40	4,27	1,29
4.	Peralihan II	7,50	5,75	5,12	4,05	1,29

Angin musim timur yang mengakibatkan gelombang tinggi berasal dari daerah pembentukan angin, yaitu dari benua Australia yang memiliki tekanan udara tinggi bergerak menuju benua Asia yang memiliki tekanan udara rendah. Berdasarkan topografi perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) yang berupa teluk, diperoleh *fetch* efektif meliputi arah timur dan tenggara. *Fetch* tenggara yaitu 121.739,86 meter, sedangkan *fetch* timur yaitu 86.074,69 meter. Panjangnya jarak perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) dengan daerah pembentukan gelombang (*fetch* efektif) timur – tenggara menyebabkan tinggi gelombang (H) pada musim timur yang lebih besar dibandingkan dengan musim lainnya, hal ini diperkuat oleh pernyataan Kurniawan (2011); Hutabarat dan Evans (2006), yang menyatakan bahwa semakin panjang jarak *fetch*-nya, ketinggian gelombang semakin besar. Dengan demikian, disimpulkan bahwa gelombang di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) merupakan gelombang yang karakteristiknya dipengaruhi oleh kecepatan dan durasi angin, topografi daratan dan *fetch* yang panjang, sehingga tinggi gelombang (H) relatif besar di setiap musim, namun hasil pengukuran tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T) di lapangan memiliki nilai yang relatif kecil karena dilakukan pada musim peralihan dimana kecepatan angin lebih kecil dibandingkan dengan musim timur akibat sirkulasi atmosfer (Wyrcki, 1961, Bayong, 2004 dalam Sugianto, 2010).

Perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah dilakukan menggunakan *inputan* kedalaman perairan di lokasi bangunan (d), tinggi gelombang (H<sub>10</sub>) dan periode gelombang (T<sub>10</sub>) dari hasil peramalan gelombang pada kondisi musim peralihan yang mewakili waktu pengukuran gelombang, serta kondisi musim timur yang mewakili terjadinya gelombang tertinggi di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC). Berdasarkan perhitungan gelombang pecah tersebut, tinggi gelombang pecah di lokasi bangunan berkisar 1,71 – 1,82 meter, Kedalaman gelombang pecah di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) adalah 1,93 – 2,03 meter

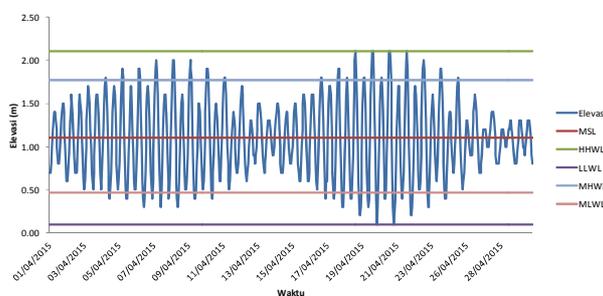
**b. Tinggi Muka Air Rencana**

Peran pasang surut dalam penentuan tinggi muka air rencana adalah sebagai referensi muka air laut saat terjadi gelombang badai. Pasang surut sebagai fenomena fluktuasi muka air

laut oleh efek gaya gravitasi bulan, matahari dan rotasi bumi, mempengaruhi tinggi gelombang yang terjadi di lokasi bangunan. Pada waktu air pasang dimana kedalaman air di lokasi bangunan semakin besar, gelombang yang terjadi semakin tinggi, sedangkan waktu surut gelombang akan kecil. Berdasarkan klasifikasi Poerbandono dan Djunarsjah (2005), hasil pengolahan pasang surut Cilacap menggunakan metode admiralty 29 piantan, diketahui bahwa tipe pasang surut Cilacap adalah pasang surut campuran dominan ganda dengan nilai  $Formzhal$  sebesar 1,31 ( $0,25 < N_f < 1,5$ ). Hasil tipe pasang surut tersebut sesuai dengan peta jenis pasang surut perairan ASEAN oleh Wyrski (1961, dalam Ongkosongo dan Suyarso, 1989), yang menyatakan bahwa perairan selatan Jawa adalah tipe pasang surut campuran dominan ganda. Menurut Triatmodjo (1999), pasang surut campuran dominan ganda adalah dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Berdasarkan besarnya peran pasang surut di Perairan Cilacap dan pentingnya perencanaan bangunan pantai, maka referensi muka air laut yang ditetapkan dalam penelitian tinggi muka air rencana guna renovasi *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) adalah muka air tertinggi pada saat pasang purnama atau bulan mati (HHWL). Nilai HHWL yang diperoleh dari pengolahan data pasang surut metode Admiralty 29 piantan adalah sebesar 2,1 meter. Nilai HHWL, MHWL, MSL, Z0, MLWL dan LLWL berturut-turut dalam satuan meter adalah 2,1; 1,77; 1,1; 0,47; 0,36 dan 0,10 (Tabel 5).

Tabel 5. Pasang Surut Perairan Cilacap

No.	Pasang Surut	Nilai (m)
1.	HHWL ( <i>Highest High Water Level</i> )	2,10
2.	MHWL ( <i>Mean High Water Level</i> )	1,77
3.	MSL ( <i>Mean Sea Level</i> )	1,10
4.	MLWL ( <i>Mean Low Water Level</i> )	0,47
5.	Z0	0,36
6.	LLWL ( <i>Lowest Low Water Level</i> )	0,10



Gambar 3. Pasang Surut Perairan Cilacap

Gelombang berperan penting untuk penentuan tinggi muka air rencana, karena adanya fenomena perubahan konversi energi kinetik dari pergerakan gelombang laut dalam menjadi energi potensial ketika menuju pantai, karena efek pendangkalan dasar laut (*shoaling*). Fenomena tersebut mengakibatkan fluktuasi muka air laut yang disebut sebagai *wave set-up* ( $S_w$ ) (CERC, 1984). Nilai *wave set-up* di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) adalah 0,28 meter. Nilai prediksi kenaikan muka air akibat pemanasan global (SLR) berdasarkan grafik Triatmodjo (2012) adalah 0,15 meter.

Penjumlahan nilai HHWL, *wave set-up* dan kenaikan muka air laut akibat pemanasan global diperoleh muka air rencana yang dapat digunakan sebagai acuan perenovasian *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) adalah 2,53 meter di atas muka air laut surut terendah.

Dimensi *breakwater* digunakan dalam analisa tinggi muka air rencana guna renovasi *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) berjumlah 2 yaitu *breakwater* utara dan *breakwater* selatan. Masing-masing *breakwater* dibagi menjadi beberapa tampang dan ruas yang berbeda-beda (Gambar 4). Pada Gambar 4, tampang dan ruas *breakwater* di

Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) dibagi menjadi 8, yaitu BWU1 untuk ruas *breakwater* utara 1, BWU2 untuk ruas *breakwater* utara 2, BWU3 untuk ruas *breakwater* utara 3, BWU4 untuk ruas *breakwater* utara 4, BWS1 untuk ruas *breakwater* selatan 1, BWS2 untuk ruas *breakwater* selatan 2, BWS3 untuk ruas *breakwater* selatan 3 dan BWS4 untuk ruas *breakwater* selatan 4. Tabel 6 menunjukkan data dari dimensi *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC).



Gambar 4. Pembagian Tampang dan Ruas *Breakwater*.

Tabel 6. Dimensi *Breakwater* Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC)

Breakwater	Tampang	Ruas (m)	Ruas (m)			Elevasi (m)	
			Ruas	Panjang	Lebar	Lebar Puncak	Laut
Utara	1	BWU1	537,96	55,53	3,5	-6,10	3,26
	2	BWU2	74,35	51,77	3,5	-6,10	3,26
	3	BWU3	28,83	52,50	3,5	-5,10	3,31
	4	BWU4	114,71	35,76	3,5	-4,59	3,51
Selatan	1	BWS1	243,64	55,35	3,5	-6,10	3,26
	2	BWS2	41,28	51,77	3,5	-6,10	3,26
	3	BWS3	73,72	52,50	3,5	-5,10	3,31
	4	BWS4	31	35,76	3,5	-4,59	3,51

**c. Elevasi Puncak *Breakwater***

Elevasi puncak *breakwater* ditentukan oleh tinggi muka air rencana (*Design Water Level*), tinggi *run up* gelombang dan tinggi jagaan sebesar 0,5 meter (Triatmodjo, 1999). Tinggi *run up* gelombang dihitung menggunakan metode grafik Iribaren sehingga tinggi *run up* gelombang yang didapat adalah 1,24 - 1,27 meter untuk struktur bangunan tetrapod dan 1,94 - 1,98 meter untuk struktur bangunan batuan pecah (Tabel 7).

Bangunan pantai ideal adalah bangunan pantai yang memiliki elevasi puncak lebih tinggi daripada nilai *run up* gelombang dan tinggi muka air rencana (CERC, 1984). Elevasi puncak *breakwater* tertinggi yang telah dibangun di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) yaitu 3,5 meter di atas muka air laut rata - rata; lebih rendah jika memperhitungkan parameter tinggi muka air rencana (*Design Water Level*), tinggi *run up* dan tinggi jagaan. Berdasarkan hasil penelitian Kurniawan *et al.*, (2012) yang menyatakan bahwa wilayah perairan yang berada di Samudera Hindia meliputi perairan Aceh, perairan Barat Sumatera ke timur hingga selatan perairan Nusatenggara Timur bagian selatan, Laut Banda dan Laut Arafuru merupakan daerah rawan gelombang tinggi terutama pada musim timur; maka *breakwater* Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) yang terletak di Pantai Selatan Jawa dan berbatasan langsung dengan Samudera Hindia, sangat rentan dihantam gelombang tinggi dan badai, sehingga besar

kemungkinan terjadi kerusakan *breakwater* akibat *runup* gelombang yang mengalami *overtopping*. Hasil perhitungan elevasi puncak *breakwater* menunjukkan bahwa tinggi elevasi puncak bangunan yang ideal adalah 4,16 – 4,20 meter untuk struktur bangunan tetrapod, sedangkan untuk struktur bangunan berupa batuan pecah adalah 4,86 – 4,91 meter (Tabel 7). Perhitungan elevasi puncak tersebut dapat digunakan sebagai acuan dasar perenovasian *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) yang aman dari kejadian *overtopping* gelombang saat cuaca ekstrim.

Tabel 7. *Run up* Gelombang dan Elevasi Puncak *Breakwater*

No.	<i>Breakwater</i>	<i>Run up</i> (m)		Elevasi Puncak <i>Breakwater</i> (m)	
		Struktur tetrapod	Struktur batu pecah	Struktur tetrapod	Struktur batu pecah
1.	BWU1	1,24	1,94	4,26	4,96
2.	BWU2	1,24	1,94	4,26	4,96
3.	BWU3	1,26	1,96	4,28	4,99
4.	BWU4	1,27	1,98	4,30	5,01
5.	BWS1	1,24	1,94	4,26	4,96
6.	BWS2	1,24	1,94	4,26	4,96
7.	BWS3	1,26	1,96	4,28	4,99
8.	BWS4	1,27	1,98	4,30	5,01

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan di Perairan Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC), dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tinggi muka air rencana (*Design Water Level*) untuk *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap adalah 2,53 meter.
2. Elevasi puncak *breakwater* yang ideal untuk *breakwater* di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) adalah 4,30 meter untuk struktur bangunan dari tetrapod dan 5,01 meter untuk struktur bangunan dari batuan pecah.

### Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) atas izin penelitian dan pengolahan data yang digunakan dalam penelitian penulis.

### Daftar Pustaka

- CERC. 1984. Shore Protection Manual Vol I. 4<sup>th</sup>ed., U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Washington D.C., 337 p.
- \_\_\_\_\_. 1984. Shore Protection Manual Vol II. 4<sup>th</sup>ed., U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Washington D.C., 222 p.
- Hutabarat, S. Dan S. M. Evans. 2006. Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia-Press, Jakarta, 159 hlm.
- Kurniawan, R., M.N. Habibie dan Suratno. 2011. Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indonesia. Jurnal Meteorologi dan Geofisika., 12(3): 221-232.
- Kurniawan, R., M.N. Habibie dan D.S. Permana. 2012. Kajian Daerah Rawan Gelombang Tinggi di Perairan Indonesia. Jurnal Meteorologi dan Geofisika., 12(3): 201-212.
- Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso. 1989. Pasang Surut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, LIPI, Jakarta, 257 hlm.
- Opping, S.H. 2013. The Problem of Sampling in Qualitative Research. Asian Journal of Management Scientist and Education., 2(2):202-210.
- Palmer, G.N. and C.D. Christian. 1998. Design and Construction of Rubble Mound Breakwater. J. IPENZ Transaction 25(1):19-33.

- Poerbandono dan E. Djunarsjah. 2005. Survey Hidrografi. PT. Refika Aditama, Bandung, 166 hlm.
- Sarwono, J. 2006. Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. Graha Ilmu, Bandung, 286 hlm.
- Sorensen, R.M. 2006. Basic Coastal Engineering. 3<sup>th</sup>ed., Departement of Civil Environmetal Engineering Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania, 324 p.
- Sugianto, D.N. 2010. Model Distribusi Data Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya dalam Peramalan Gelombang di Perairan Laut Paciran, Jawa Timur. Jurnal Ilmu Kelautan., 15(3):143-152.
- Suswanto, B. 2008. Kajian Perpanjangan Struktur Breakwater Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC) Terhadap Morfologi Pantai Teluk Penyu. [Tesis]. Program Magister Profesional Pengembangan Sumber Daya Air, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 29 hlm.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta, 408 hlm.
- \_\_\_\_\_. 2012. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta Offset, Yogyakarta, 327 hlm.
- WMO. 1998. Guide to Wave Analysis and Forecasting. 2<sup>nd</sup>ed., Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 159 p.