

STUDI RUN-UP GELOMBANG PADA OFFSHORE BREAKWATER DI PANTAI SLAMARAN PEKALONGAN

Finna Widya Ariani, Muhammad Zainuri, Gentur Handoyo*)

Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang. 50275 Telp/Fax (024) 7474698
Email : muhammad.zainuri@yahoo.co.id; gentur.handoyo@yahoo.com

Abstrak

Permeable-rubble mound offshore breakwater dibangun di Pantai Slamaran Pekalongan sebagai upaya melindungi pantai dari pengaruh gelombang dan erosi. Gelombang yang menjalar ke arah pantai akan menghantam bangunan kemudian naik (*run-up*) ke permukaan bangunan. Penelitian ini bertujuan mengetahui tinggi *run-up* dalam kaitan dengan efektivitas pemecah gelombang lepas pantai. Penelitian dilaksanakan tanggal 28 Mei – 11 Juni 2012 di Pantai Slamaran Pekalongan. Data yang digunakan terbagi atas data primer (data gelombang dan pasang surut) dan data sekunder (data angin, batimetri, *layout* pemecah gelombang). Metode penelitian menggunakan metode deskriptif dan metode penentuan titik pengukuran menggunakan metode *purposive sampling method*. Analisis data angin menggunakan metode *SMB*; pasang surut menggunakan metode Admiralty; *run-up* dan *overtopping* menggunakan pendekatan Saville (1955, 1956); *wave transmission* menggunakan pendekatan Van de Meer (1996). Tinggi *run-up* gelombang pada *cross section 2-7* secara berurutan 1,099 meter, 1,099 meter, 1,099 meter, 1,106 meter, 1,106 meter, dan 1,106 meter. Pemecah gelombang lepas pantai di Pantai Slamaran di kategorikan *low-crested/overtopped breakwater* dengan kemungkinan *overtopping* sebesar 5,88% dan kecepatan rata-rata *overtopping* $0,051 \text{ m}^3/\text{ms}^{-1}$. Tinggi gelombang rata-rata akibat *wave transmission* sebesar 0,30 meter. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *offshore breakwater* di Pantai Slamaran kurang efektif karena menyebabkan *overtopping*. Namun, *overtopping* yang terjadi masih dalam batas yang diijinkan.

Kata kunci : gelombang, *run-up*, *overtopping*, *wave transmission*, Pantai Slamaran

Abstract

Permeable-rubble mound offshore breakwater has been built at the Slamaran Coast Pekalongan as effort to protect the coast from erosion and wave effect. The wave propagates in the direction of the coast will hit the building then up (*run-up*) to the surface of the building. This research aims to discover high run-up in relationship with the effectiveness of the offshore breakwater. Research conducted at May 28, 2012 until June 11, 2012 on Slamaran Coast Pekalongan. The data used is divided into primary data (wave and tidal data) and secondary data (wind, bathymetry, layout of the breakwater). Research using descriptive method and method of determination of measurement points using purposive sampling method. Analysis of wind data using *SMB* methods; analysis of tidal using Admiralty methods; analysis of run-up and *overtopping* using Saville's approach (1955, 1956); analysis of *wave transmission* using Van de Meer's approach (1996). Wave run-up's height in cross section 2-7 in sequence 1,099 meters, 1,099 meters, 1,099 meters, 1,106 meters, 1,106 meters, and 1,106 meters. Offshore breakwater in the Slamaran Beach categorized low-crested/overtopped breakwater with possibility of *overtopping* is 5,88% and the average speed of *overtopping* $0,051 \text{ m}^3/\text{ms}^{-1}$. The average wave height caused by *wave transmission* is 0,30 meters. That results show that offshore breakwater on Slamaran Coast is less effective because it is caused *overtopping*. However, *overtopping* that occurs still in a permitted limits.

Keywords : waves; run-up; *overtopping*; wave transmission; Slamaran Coast

I. Pendahuluan

Wilayah pantai merupakan daerah yang masih mendapat pengaruh laut seperti gelombang, arus dan pasang surut (Triatmodjo, 1999). Sebagian besar pantai utara Pulau Jawa umumnya berkembang menjadi kawasan yang memiliki daya tarik wisata sehingga kemudian beberapa fasilitas pendukung dibangun di kawasan pantai. Pantai Slamaran Pekalongan merupakan salah satu pantai yang digunakan sebagai objek wisata, kawasan pemukiman, dan aktivitas pesisir lainnya. Permasalahan yang kerap muncul adalah terjadinya erosi pantai yang menyebabkan kerusakan daerah pantai di wilayah Pekalongan. Erosi pantai ini yang kemudian menjadi ancaman terhadap kawasan pesisir Pantai Slamaran.

Pada tahun 2005 Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah Dirjen SDA Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana melaksanakan pekerjaan, salah satunya adalah membangun bangunan pengaman pantai berupa pemecah gelombang lepas pantai di Pantai Slamaran. Pembangunan *offshore breakwater* di Pantai Slamaran terdiri dari 2 buah *breakwater* yang dibangun seri dengan jarak beberapa meter dari garis pantai. Keberadaan *offshore breakwater* ini bertujuan untuk melindungi daerah di belakang bangunan dari serangan gelombang sehingga mengurangi laju transpor sedimen. Transpor sedimen sepanjang pantai akan diendapkan di belakang bangunan (Triatmodjo, 1999). Faktor hidroosenografi seperti gelombang yang kemudian menjadi faktor penting dalam perencanaan bangunan pantai.

Gelombang yang menjalar menuju pantai ketika mengenai bangunan pemecah gelombang akan mengalami *run-up* pada permukaan bangunan. Ketinggian *run-up* gelombang merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi desain bangunan karena hal tersebut menentukan desain elevasi puncak bangunan terhadap limpasan (*overtopping*) yang diijinkan (Van de Meer *et. al.*, 1992). *Overtopping* terjadi ketika ketinggian elevasi puncak bangunan lebih kecil dibandingkan dengan tinggi *run-up* gelombang. *Run-up* gelombang berkaitan dengan efektivitas bangunan karena fluktuasi muka air laut berubah-ubah sehingga mempengaruhi perubahan nilai *run-up*. Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui ketinggian *run-up* dengan kaitannya terhadap keberadaan *offshore breakwater* di Pantai Slamaran.

II. Materi dan Metode Penelitian

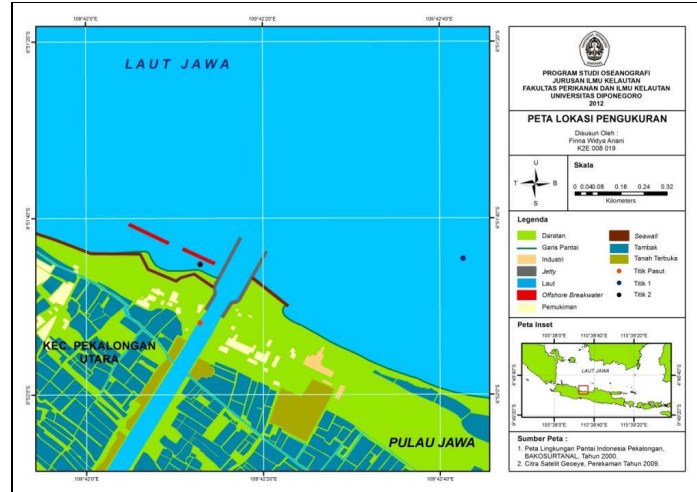
Penelitian dilaksanakan tanggal 28 Mei – 11 Juni 2012 di perairan Pantai Slamaran, Pekalongan,. Materi penelitian adalah data primer yang meliputi data pengukuran gelombang dan pasang surut; data sekunder yang meliputi data angin (2003-2012), Peta LPI Pekalongan Skala 1:50.000, dan *layout offshore breakwater*.

Penentuan lokasi sampling dilakukan dengan melihat kondisi daerah penelitian, sehingga lokasi pengamatan dapat mewakili kondisi secara keseluruhan. Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling method* dimana pengambilan titik sampling berdasarkan pertimbangan dari peneliti (Sudjana, 1992).

Metode yang digunakan untuk pengukuran data gelombang di titik 1 dalam penelitian ini adalah metode *mooring* pada koordinat 06°51'44.6" LS - 109°42'42.8" BT dengan menggunakan *ADCP Sontek Argonaut-XR*. Teknik pengukuran gelombang dengan menggunakan *ADCP* yaitu dengan menempatkan alat pada kedalaman 5 meter dimana sensor tekanan akan merekam yaitu tinggi dan periode gelombang, selama 3 hari dengan interval perekaman 10 menit. Sedangkan pengukuran gelombang di titik 2 yaitu menggunakan palem gelombang yang ditempatkan pada koordinat 06°51'45.188" LS - 109°42'13.054" BT. Pengukuran gelombang di titik 2 dilakukan selama 3 hari dimana dalam sehari dilakukan 4 kali pencatatan. Pengukuran pasang surut menggunakan palem pasut yang ditempatkan pada koordinat 06°51'51.8" LS - 109°42'13.135" BT.

Pengamatan pasang surut dilakukan selama 15 hari dengan interval pengamatan 30 menit. Titik pengukuran gelombang dan pasang surut disajikan dalam Gambar 1.

Metode analisa data angin menggunakan metode *SMB*; pasang surut menggunakan metode Admiralty; *run-up* gelombang dan *overtopping* menggunakan pendekatan Saville; *wave transmission* menggunakan pendekatan Van de Meer.

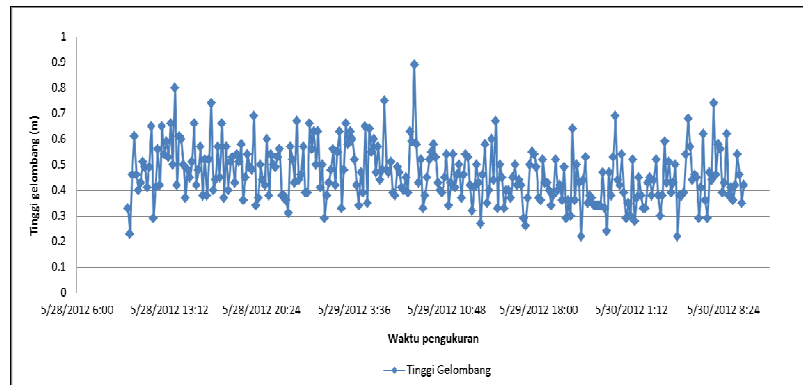


Gambar 1. Peta Lokasi Pengukuran.

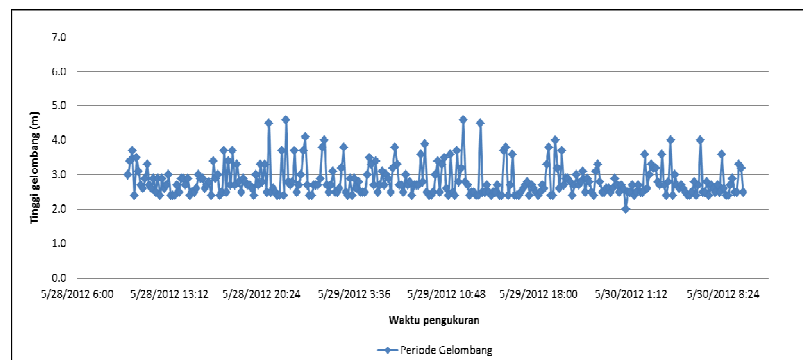
III. Hasil dan Pembahasan

Gelombang

Hasil pengukuran gelombang lapangan di titik 1 menghasilkan tinggi gelombang seperti yang tersaji pada Gambar 2 dan periode gelombang seperti yang tersaji pada Gambar 3. Hasil pengukuran total gelombang selama 3 hari menunjukkan tinggi gelombang berkisar antara 0,22 – 0,89 meter dengan periode gelombang berkisar antara 2,00 – 4,60 detik pada titik 1; 0,06 – 0,61 meter dengan periode gelombang berkisar antara 0,45 detik – 3,02 detik pada titik 2. Gelombang representatif pengukuran lapangan secara lengkap tersaji pada Tabel 1 dan Tabel 2. Gelombang di perairan Pantai Slamaran merupakan gelombang laut transisi (perairan menengah) yang dibangkitkan oleh angin. Penelitian berlangsung pada saat musim Peralihan I (Mei – Juni – Juli) sehingga gelombang yang terbentuk relatif kecil dibandingkan gelombang pada saat musim barat.



Gambar 2. Tinggi Gelombang Pengukuran Lapangan di Titik 1.



Gambar 3. Periode Gelombang Pengukuran Lapangan di Titik 1.

Tabel 1. Hasil pengolahan gelombang representatif total pengukuran lapangan di titik 1.

No.	Gelombang	H (m)	T (s)
1.	Signifikan	0,59	2,69
2.	Rata-rata	0,46	2,82
3.	Maksimum	0,89	4,60
4.	Minimum	0,22	2,00

Tabel 2. Hasil pengolahan gelombang representatif total pengukuran lapangan di titik 2.

No.	Gelombang	H (m)	T (s)
1.	Signifikan	0,35	1,53
2.	Rata-rata	0,22	1,23
3.	Maksimum	0,61	3,02
4.	Minimum	0,06	0,45

Hasil peramalan gelombang dari konversi data angin (2003 – 2012) menghasilkan gelombang representatif per musim (Tabel 3) dan gelombang representatif selama 10 tahun (Tabel 4). Gelombang yang terbentuk pada saat musim barat (November – Desember – Januari) mencapai 0,97 meter dengan periode sebesar 3,29 detik. Sedangkan hasil peramalan gelombang selama 10 tahun (2003-2012) menunjukkan bahwa tinggi gelombang berada pada kisaran 0,3 – 1,0 meter dengan periode gelombang berada pada kisaran 2,2 – 3,3 detik dan arah dominan gelombang berasal dari Timur. Hasil pengamatan terhadap tinggi dan periode gelombang per musim menunjukkan bahwa tinggi gelombang yang terjadi pada musim barat lebih besar dibandingkan musim peralihan dan musim timur. Hal ini dikarenakan kecepatan angin yang berhembus pada musim barat juga relatif lebih besar dibandingkan musim lainnya. Distribusi tinggi gelombang (*H*) dan periode gelombang (*T*) terhadap arah disajikan dalam diagram mawar gelombang (Gambar 4 dan Gambar 5).

Hasil verifikasi antara gelombang representatif data pengukuran lapangan dan gelombang representatif data peramalan gelombang, menghasilkan nilai H_{MRE} sebesar 22,05% dan T_{MRE} sebesar 16,15%. Tingkat validitas data peramalan gelombang tersebut menunjukkan bahwa gelombang yang diramalkan belum mendekati kondisi gelombang di lapangan. Hal ini dikarenakan peramalan gelombang menggunakan metode *SMB* dimana mengabaikan faktor topografi, meskipun topografi daerah pantai tersebut mempengaruhi penjalaran gelombang menuju pantai (Sugianto, 2010).

Pasang Surut

Data pengamatan pasang surut diperoleh grafik elevasi pasang surut di Pantai Slamaran Pekalongan (Gambar 6). Berdasarkan analisa Admiralty, diperoleh nilai elevasi muka air laut seperti yang sajian dalam Tabel 5. Nilai muka air laut rerata (*MSL*) adalah 0,64 meter, nilai *LLWL* atau muka air laut rendah terendah adalah 0,09 meter, dan nilai *HHWL* atau muka air laut tinggi tertinggi adalah 1,19 meter.

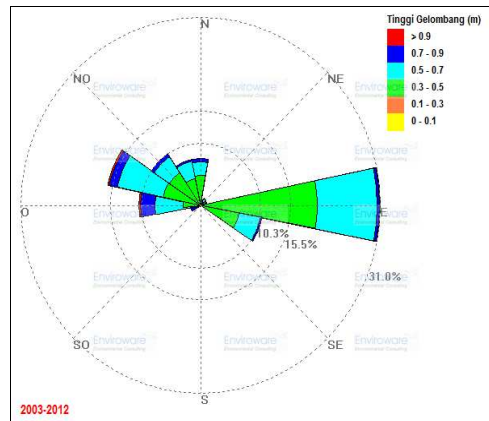
Berdasarkan hasil bilangan Formzahl ($N_f = 1,705$) maka dapat disimpulkan bahwa tipe pasut di perairan Pantai Slamaran Pekalongan adalah tipe pasut campuran condong ke harian tunggal, dimana dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan periode yang sangat berbeda (Poerbandono *et. al.*, 2005). Hal ini sesuai dengan studi dari Wyrтки (1961).

Tabel 3. Hasil pengolahan gelombang representatif data peramalan gelombang per musim.

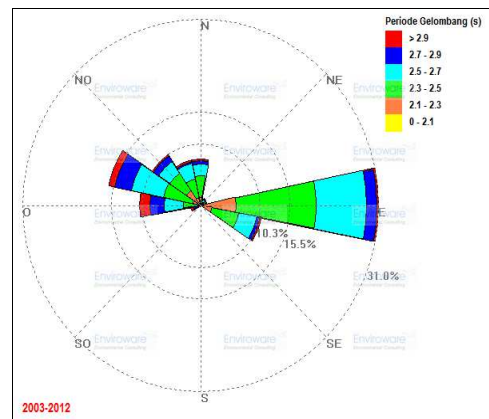
No.	Musim	H_s (m)	T_s (s)	$H_{rata-rata}$ (m)	$T_{rata-rata}$ (s)	H_{max} (m)	T_{max} (s)	H_{min} (m)	T_{min} (s)
1.	Barat	0,71	2,89	0,55	2,59	0,97	3,29	0,35	2,19
2.	Peralihan I	0,61	2,72	0,49	2,49	0,95	3,23	0,39	2,28
3.	Timur	0,52	2,55	0,45	2,40	0,71	2,40	0,35	2,19
4.	Peralihan II	0,58	2,66	0,48	2,48	0,93	3,23	0,39	2,27

Tabel 4. Hasil pengolahan gelombang representatif data peramalan gelombang selama 10 tahun.

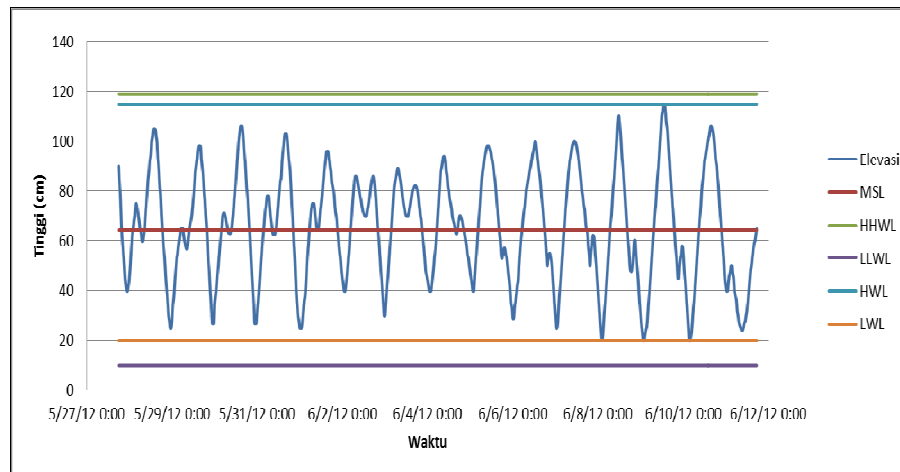
No.	Gelombang	H (m)	T (s)
1.	Signifikan	0,62	2,74
2.	10	0,76	2,97
3.	Rata-rata	0,49	2,50
4.	Maksimum	0,97	3,29
5.	Minimum	0,35	2,19



Gambar 4. Mawar Tinggi Gelombang Terhadap Arah Selama 10 Tahun.



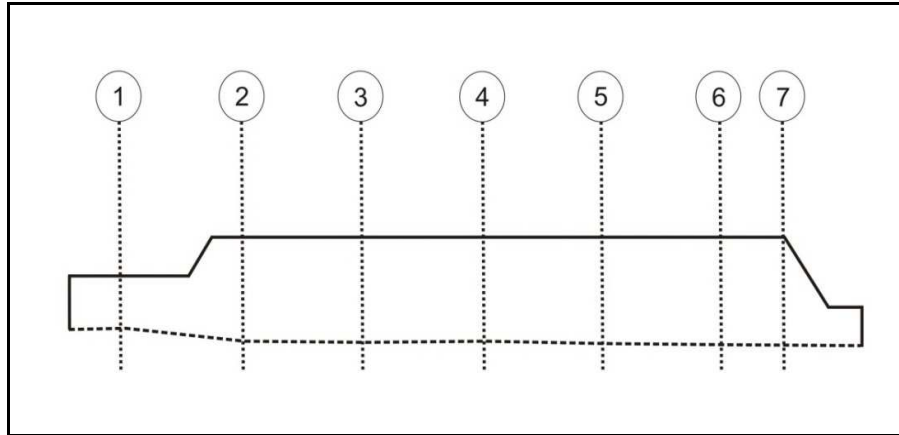
Gambar 5. Mawar Periode Gelombang Terhadap Arah Selama 10 Tahun.



Gambar 6. Elevasi Pasang Surut (28 Mei – 11 Juni 2012).

Tabel 5. Hasil pengolahan pasang surut metode Admiralty.

No.	Pasang Surut	Nilai (m)
1.	HHWL (<i>Highest High Water Level</i>)	1,19
2.	HWL (<i>High Water Level</i>)	1,15
3.	MSL (<i>Mean Sea Level</i>)	0,64
4.	LWL (<i>Low Water Level</i>)	0,20
5.	LLWL (<i>Lowest Low Water Level</i>)	0,09



Gambar 7. Offshore Breakwater dalam Tiap Cross Section dari Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana (2002) yang Telah Mengalami Modifikasi.

Run-up Gelombang

Hasil perhitungan *run-up* gelombang dengan menggunakan analisis Saville untuk tiap-tiap *cross section* (Gambar 7) tersaji dalam Tabel 6. Tinggi *run-up* gelombang rata-rata sebesar 1,103 meter dihitung dari *MSL*. Hal ini dikarenakan faktor kedalaman kaki bangunan (*toe*) yang digunakan dalam perhitungan *run-up* diukur dari *MSL* sampai kedalaman kaki struktur (SPM Vol. II, 1984). Hasil tinggi *run-up* yang demikian menunjukkan bahwa tinggi gelombang *run-up* yang menjangkau permukaan *offshore breakwater* di Pantai Slamaran relatif rendah karena permukaan struktur cukup landai yaitu $18,4^\circ$.

Run-up gelombang berkaitan dengan efektivitas bangunan karena struktur bangunan harus mampu menahan gesekan air pada permukaan bangunan (Christina dan Putuhena, 2009). Ketahanan struktur bangunan perlu dikaji terutama saat terjadi gelombang tinggi. Terdapat hubungan antara *run-up*, *overtopping*, dan *wave transmission* (d'Angremond, et. al., 1996).

Efektivitas dari sebuah *breakwater* dinilai oleh kemampuannya untuk membatasi ketinggian gelombang (Palmer et. al., 1998). Nilai *run-up* tergantung pada variasi tipe untuk struktur *slope* kasar dan halus, dimana nilai *run-up* dihasilkan dari plot beberapa fungsi parameter gelombang (Hughes, 2004). Bangunan yang memiliki permukaan struktur kasar, menghasilkan tinggi *run-up* yang lebih kecil dibandingkan pada struktur halus. Hal ini dikarenakan gesekan pada permukaan struktur kasar lebih besar dibandingkan pada permukaan struktur halus.

Overtopping

Hasil analisis *overtopping* menunjukkan bahwa pada *cross section* 2-7 memenuhi syarat Saville terjadinya *overtopping* (Tabel 7). Hal ini dikarenakan tinggi *run-up* lebih besar dibandingkan tinggi elevasi puncak bangunan sehingga menyebabkan *overtopping*. Nilai prosentase rata-rata kemungkinan terjadinya *overtopping* sebesar 5,88% dan rata-rata kecepatan *overtopping* sebesar $0,051 \text{ m}^3/\text{ms}^{-1}$. Nilai kecepatan *overtopping* yang demikian menunjukkan bahwa *offshore breakwater* di Pantai Slamaran rentan mengalami kerusakan, akan tetapi masih dalam batas *overtopping* yang diijikan menurut Van de Meer (1992).

Offshore breakwater di Pantai Slamaran Pekalongan dapat dikategorikan dalam *low-crested/overtopped breakwater*, yaitu dicirikan dengan puncak bangunan berada di atas permukaan air dimana jarak puncak bangunan tidak jauh dari muka air rata-rata (*MSL*). Hal ini sesuai dengan klasifikasi *breakwater* menurut Mohammad (2005).

Tipe *low-crested/ overtopped breakwater* umumnya digunakan untuk pertahanan pesisir dari serangan gelombang (Briganti et. al., 2003). Namun, Azhar et. al. (2011) menyatakan bahwa pemecah gelombang tipe *low-crested breakwater* tidak efektif pada saat pasang. Hal ini dikarenakan pada saat pasang kemungkinan terjadinya *overtopping* semakin besar.

Wave Transmission

Hasil analisis *wave transmission* menunjukkan bahwa tinggi gelombang perairan belakang *offshore breakwater* pada *cross section* 2-7 adalah 0,30 meter (Tabel 8) dengan tingkat validitas sebesar 14,76%. Tinggi gelombang akibat *wave transmission* yang demikian menunjukkan bahwa tinggi gelombang di belakang *offshore breakwater* mengalami pengurangan. Hal ini dikarenakan energi gelombang yang menghantam *breakwater* kemudian melewati puncak bangunan (*overtopping*) mengalami disipasi melalui gesekan permukaan. Pengurangan energi gelombang akibat disipasi tersebut akan mengurangi tinggi gelombang di belakang bangunan.

Pemecah gelombang tipe *low-crested/ overtopped breakwater* yang dibangun sejajar pantai dapat digunakan sebagai pelindung pantai dari serangan gelombang. Fungsi utama dari bangunan ini adalah melindungi pantai dari gelombang dengan cara mereduksi energi gelombang datang (Siladharna, 2011).

Offshore breakwater di Pantai Slamaran Pekalongan efektif dalam meredam energi gelombang. Hal ini dikarenakan bangunan tersebut memiliki *slope* landai, dimana energi gelombang akan terdisipasi lebih besar sehingga transmisi gelombang menjadi lebih kecil (Azhar *et. al.*, 2011).

Elevasi Puncak

Elevasi puncak yang dihitung berdasarkan tinggi *run-up* dan *HWL*. Hasil perhitungan elevasi puncak *offshore breakwater* menunjukkan bahwa tinggi elevasi puncak bangunan yang ideal pada *cross section 2-7* adalah setinggi 2,79 meter (Tabel 9). Perhitungan tinggi elevasi puncak yang demikian merupakan tinggi elevasi puncak untuk *offshore breakwater* di Pantai Slamaran sehingga dapat dikategorikan *non overtopped/ high-crested breakwater*.

Tipe bangunan *non overtopped/ high-crested* dicirikan dengan puncak bangunan lebih tinggi dari tinggi *run-up* dan rasio tinggi kebebasan terhadap tinggi gelombang lebih besar dari 1 ($R_c/H_s \gg 1$) (Mohammad, 2005). Perubahan elevasi muka air merupakan faktor yang menyebabkan bangunan menjadi tidak efektif kembali.

IV. Kesimpulan

Secara umum gelombang di perairan Pantai Slamaran Pekalongan merupakan gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Hasil pengukuran dan peramalan, tinggi gelombang relatif rendah pada saat musim peralihan. Tinggi *run-up* gelombang rata-rata yang mencapai permukaan bangunan sebesar 1,103 meter. Tipe *offshore breakwater* di Pantai Slamaran yaitu *low-crested/overtopped breakwater*, dengan prosentase kemungkinan *overtopping* sebesar 5,88% dan kecepatan rata-rata *overtopping* sebesar 0,051 m^3/ms^{-1} . *Offshore breakwater* tersebut efektif meredam energi gelombang sehingga tinggi gelombang di belakang bangunan berkurang yaitu setinggi 0,30 meter.

Tabel 6. Hasil pengolahan *run-up* gelombang pada tiap *cross section*.

No.	Cross Section	Run-up (m)	Kriteria
1.	Cross Section 1	-	-
2.	Cross Section 2	1,099	Overtopping
3.	Cross Section 3	1,099	Overtopping
4.	Cross Section 4	1,099	Overtopping
5.	Cross Section 5	1,106	Overtopping
6.	Cross Section 6	1,106	Overtopping
7.	Cross Section 7	1,106	Overtopping

Tabel 7. Hasil pengolahan kecepatan *overtopping* pada tiap *cross section*.

No.	Cross Section	Prosentase kemungkinan (%)	$Q_c (m^3/ms^{-1})$
1.	Cross Section 1	-	-
2.	Cross Section 2	5,95	0,050
3.	Cross Section 3	5,95	0,050
4.	Cross Section 4	5,95	0,050
5.	Cross Section 5	5,80	0,052
6.	Cross Section 6	5,80	0,052
7.	Cross Section 7	5,80	0,052

Tabel 8. Hasil pengolahan tinggi gelombang akibat *wave transmission* pada tiap *cross section*.

No.	Cross Section	Tinggi gelombang (m) (H_T)
1.	Cross Section 1	-
2.	Cross Section 2	0,30
3.	Cross Section 3	0,30
4.	Cross Section 4	0,30
5.	Cross Section 5	0,30
6.	Cross Section 6	0,30
7.	Cross Section 7	0,30

Tabel 9. Hasil pengolahan tinggi gelombang akibat *wave transmission* pada tiap *cross section*.

No.	Cross Section	Elevasi puncak (m)
1.	Cross Section 1	-
2.	Cross Section 2	2,79
3.	Cross Section 3	2,79
4.	Cross Section 4	2,79
5.	Cross Section 5	2,79
6.	Cross Section 6	2,79
7.	Cross Section 7	2,79

Daftar Pustaka

- Azhar, R. M., A. Wurjanto dan N. Yuanita. 2011. Studi Pengamanan Pantai Tipe Pemecah Gelombang Tenggelam di Pantai Tanjung Kait. *Jurnal Program Magister Manajemen Pengelolaan Sumber Daya Air, ITB, Bandung*, 22 hlm.
- Briganti, R., J.W. Van der Meer, M. Buccino dan M. Calabrese. 2003. Wave Transmission Behind Low Crested Structures. *ASCE, Proc. Coastal Structures, Portland, Oregon*, pp. 580-592.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual Volume II*. US Army Corps of Engineer Washington D.C., Chapter 7, hal. 1-61.
- Christina, J. dan M. V. Putuhena. 2009. Stability Evaluation of Sea Wall Construction at Erie Vilage Location Nusaniwe District Amboina City. *Jurnal Teknologi*, 6 (2) 640-649.
- d'Angremond, K., J.W. van der Meer and R.J. de Jong, 1996. Wave Transmission at Low Crested Structures. *ASCE, Proc. ICCE, Orlando, Florida*, pp. 3305-3318.
- Hughes, S. A. 2004. Estimation of Wave Run-up on Smooth, Impermeable Slopes Using the Wave Momentum Flux Parameter. *Jou. Coastal Engineering*, (51) 1085-1104.
- Mohammad, L. A. 2005. Low-crested, Low-overtopped Breakwaters—An Overview of Selected Nakheel Projects. *Jou. Arabian Coast*, 13 pp.
- Palmer, G. dan C. D. Christian. 1998. Design and Construction of Rubble Mound Breakwaters. *Jou. of IPENZ Transactions* 25 (1) 19-33.
- Siladharna, I. G. B. 2011. Design Formulae of Wave Transmission due to Oblique Waves at Low Crested Structures. *Jurnal Teoretis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 18 (1) 81-90.
- Sudjana. 1992. *Statistical Methods*. The Fifth Edition. Bandung: Tarsito, hal. 22.
- 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.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta, hal. 99-269.
- Van de Meer, J. W. dan C. J. M Stam. 1992. Wave Runup on Smooth and Rock Slope of Coastal Structures. *ASCE, Jou. of WPC and OE, New York* 188 (5) 534-550.
- Wyrтки, K. 1961. *Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand*. Naga Report, Vol. 2. The University of California, hal. 159-163.