
**KAJIAN KARAKTERISTIK GELOMBANG DI PANTAI KEJAWANAN,
CIREBON****Anang Kurnianto, Denny Nugroho Sugianto^[1], dan Purwanto^[2]**Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro,
Semarang

Jalan Prof. Soedarto, S.H., Tembalang, Telp/Fax (024)7474698 Semarang 50275

Email : anang.hv@gmail.com; dennysugianto@yahoo.com; purwantoirh@yahoo.co.id

Abstrak

Pantai Kejawanen merupakan salah satu daerah wisata bahari di Cirebon yang memiliki substrat pasir bercampur lumpur, landai dan kondisi perairan yang keruh. Untuk pengelolaan dan pengembangan wilayah Pantai Kejawanen sebagai daerah wisata yang lebih baik, diperlukan kajian karakteristik gelombang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik gelombang di Pantai Kejawanen setiap musimnya. Dalam menganalisa karakteristik gelombang digunakan data angin ECMWF 2006 - 2015 untuk peramalan gelombang dengan metode (Sugianto, 2014) dan pendekatan model matematik hidrodinamika 2D untuk mempermudah dalam menginterpretasi gelombang pada setiap musimnya. Hasil pengolahan data gelombang menunjukkan Musim Barat memiliki H_s maks 2,22 m dan T_s maks 6,89 detik dengan d/L 0,091. Musim Peralihan 1 memiliki H_s maks 1,81 m dan T_s maks 6,38 detik dengan d/L 0,099. Musim Timur memiliki H_s maks 1,38 m dan T_s maks 5,77 detik dengan d/L 0,111. Musim Peralihan 2 memiliki H_s maks 1,2 m dan T_s maks 5,52 detik dengan d/L 0,091. Gelombang merambat dari Laut Jawa menuju Pantai Kejawanen mengalami refraksi gelombang dengan nilai K_r 0,97 dan K_s 1,03 pada Musim Barat, nilai K_r 0,99 dan K_s 1,006 pada Musim Peralihan 1, nilai K_r 0,98 dan K_s 0,976 pada Musim Timur dan nilai K_r 0,95 dan K_s 0,96 pada Musim Peralihan 2. Berdasarkan hasil yang diperoleh, disimpulkan bahwa Pantai Kejawanen memiliki karakteristik gelombang laut transisi dan termasuk dalam klasifikasi gelombang gravitasi yang dibangkitkan oleh angin. Musim Barat memiliki H_s maks dan T_s maks paling tinggi dari empat musim. Gelombang yang merambat menuju Pantai Kejawanen memiliki tinggi gelombang tertinggi pada Musim Timur.

Kata kunci : *Karakteristik Gelombang, Refraksi, Pantai Kejawanen, Cirebon***Abstract**

Kejawanen beach is a marine tourism area located in Cirebon what has a substrate of sand mixed with mud, ramps and turbid water condition. For better management and development of Kejawanen Beach as a tourism area, is necessary to study the wave characteristic. This study aims to investigate the characteristic of wave in Kejawanen Beach each season. In analyzing the wave characteristic used ECMWF wind data 2006 - 2015 for (Sugianto, 2014) wave forecasting method and used 2D hydrodynamic mathematical model approach to simplify interpretation of the wave at each season. Based on the results of wave forecasting, it is known that the West Season has max H_s of 2,22 m and max T_s of 6,89 seconds with d/L of 0,091. 1st Transition Season has max H_s of 1,81 m and max T_s of 6,38 seconds with d/L of 0,099. East Season has max H_s of 1,38 m and max T_s of 5,77 seconds with d/L 0,111. 2nd Transition Season has max H_s of 1,2 m and max T_s of 5,52 seconds with d/L of 0,091. The

waves propagate from the Java Sea to the Kejawanan Beach undergo refraction waves with K_r value of 0,97 and K_s value of 1,03 in West Season, K_r value of 0,99 and K_s value of 1,006 in 1st Transition Season, K_r value of 0,98 and K_s value of 0,976 in East Season and K_r value of 0,95 and value of 0,96 in 2nd Transition Season. Based on the results obtained, it was concluded that Kejawanan Beach has the characteristic of ocean wave transition and included in the classification of gravitational wave generated by the wind. West Season has max H_s and max T_s the highest of the four seasons. Wave that propagate toward the Kejawanan Beach has the highest wave height at East Season.

Keyword : Wave Characteristic, Refraction, Kejawanan Beach, Cirebon

PENDAHULUAN

Cirebon merupakan salah satu kota di Provinsi Jawa Barat yang memiliki panjang garis pantai 9,94 km (Bappeda, 2007). Pantai Kejawanan merupakan salah satu daerah wisata bahari yang letaknya bersebelahan dengan Pelabuhan Perikanan Nasional (PPN) Kejawanan di Kecamatan Lemahwungkuk, Kota Cirebon. Pantai ini memiliki substrat pasir bercampur lumpur, landai dan kondisi perairan yang keruh. Pembangunan dan pengembangan Pantai Kejawanan dan PPN Kejawanan memiliki tujuan untuk meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat Cirebon khususnya nelayan (LPSDKP, 2013).

Gelombang merupakan faktor penentu tata letak (*layout*) pelabuhan, alur pelayaran, pembangunan bangunan pantai dan sebagainya (Sutirto dan Trisnoyuwono, 2014). Hempasan gelombang dan distribusi energi gelombang akan memberikan pengaruh terhadap pesisir dan infrastruktur yang akan dibangun (Triatmodjo, 1999). Sehingga untuk pengelolaan dan pengembangan Pantai Kejawanan sebagai daerah wisata diperlukan kajian kondisi perairan yang meliputi parameter hidro-oseanografi, salah satunya adalah gelombang laut. Karakteristik gelombang laut di suatu perairan umumnya dapat dilihat dengan pengamatan tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan (CERC, 1984).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik gelombang di Pantai Kejawanan, Cirebon pada Musim Barat, Musim Peralihan 1, Musim Timur dan Musim Peralihan 2. Batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah penelitian ini tidak meninjau deformasi gelombang seperti difraksi dan refleksi gelombang melainkan hanya meninjau karakteristik gelombang meliputi data parameter gelombang, klasifikasi gelombang, menjelaskan refraksi gelombang dan efek *shoaling* saat gelombang merambat menuju Pantai Kejawanan.

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan ini menggunakan 2 sumber data, yaitu data primer dan sekunder. Data primer yang digunakan adalah data tinggi dan periode gelombang pengukuran lapangan. Sementara data sekunder yang digunakan adalah Peta Batimetri Jawa-Pantai Utara Tanjungpriok Hingga Cirebon Lembar II Skala 1:200.000 terbitan Dishidros (Dinas Hidro-Oseanografi Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut) Tahun 2013 dan Data Angin Perairan Cirebon 10 tahun (2006- 2015) diperoleh dari ECMWF.

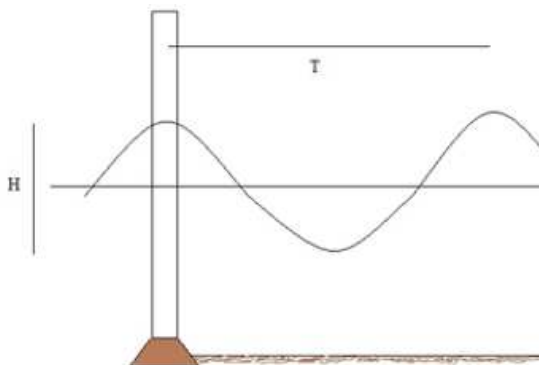
Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian kuantitatif. Menurut Sugiyono (2009), metode kuantitatif merupakan metode yang telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah. Metode penelitian yang digunakan berdasarkan tingkat kealamiah tempat

penelitian adalah penelitian *survey*. Berdasarkan teknik *sampling* yang digunakan, penelitian ini menggunakan metode *area sampling*.

Metode Pengambilan Data

Pengambilan data lapangan pada penelitian ini berupa data tinggi dan periode gelombang menggunakan palem gelombang dan *stopwatch*. Pengukuran data gelombang lapangan dapat dilakukan dengan cara sederhana berupa pengamatan naik-turunnya pada suatu papan yang memiliki skala dan *stopwatch* (Triatmodjo, 1999).



Gambar 1. Ilustrasi Pengukuran Gelombang Menggunakan Palm Gelombang

Metode Pengolahan Data

Data parameter gelombang pengukuran lapangan yang meliputi data tinggi (H) dan periode gelombang (T) dianalisa dengan metode gelombang representatif, yaitu metode yang dapat mewakili karakteristik keseluruhan data gelombang. Metode tersebut meliputi:

1. Data tinggi gelombang dan periode gelombang diurutkan dari data yang tertinggi sampai data yang terendah.
2. Kemudian mencari nilai tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s):

$$n = 33,3\% \times \text{jumlah data}$$

$$H_s = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_n}{n} \dots\dots\dots(1)$$

$$T_s = \frac{T_1 + T_2 + \dots + T_n}{n} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

H_s : tinggi gelombang signifikan (m)

T_s : periode gelombang signifikan (detik)

H_1, H_n : tinggi gelombang ke 1, 2, ..., n (m)

Data angin ECMWF 2006 - 2015 digunakan untuk peramalan gelombang. Perhitungan peramalan gelombang dilakukan dengan metode (Sugianto, 2014) yaitu melakukan distribusi kecepatan angin dimana kecepatan angin di atas 10 knot dapat digunakan sebagai perhitungan peramalan gelombang. Dalam menghitung tinggi signifikan (H_s) dan periode signifikan (T_s) digunakan rumus:

$$H_s = 0,0016 U^2 + 0,0406 U \dots\dots\dots (3)$$

$$T_s = 0,15 U + 2,892 \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

U : kecepatan angin (dalam knot)

Teori gelombang Airy digunakan sebagai acuan dalam menggambarkan bentuk gelombang dalam penelitian ini. Klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman relatif perlu dilakukan terlebih dahulu untuk menentukan perhitungan parameter gelombang (Triatmodjo, 1999). Tinggi dan periode gelombang signifikan hasil simulasi membutuhkan validasi terhadap tinggi dan periode gelombang signifikan lapangan. Validasi model menggunakan metode Persentase Bias (PB) untuk menjelaskan nilai *error* yang diperoleh dengan rumus:

$$PB = \frac{(\sum D - \sum M)}{\sum D} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

dimana,

D : data lapangan

M : data model

Nilai validasi dikatakan sempurna bila $PB < 10\%$, sangat baik bila $10\% \leq PB < 20\%$, baik bila $20\% \leq PB < 40\%$ dan tidak baik bila $PB > 40\%$ (Jing, *et al.*, 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Berdasarkan pengukuran gelombang lapangan yang dilakukan tanggal 28 – 30 Juli 2016 diperoleh hasil data representatif gelombang pengukuran (Tabel 1) dan parameter gelombang pengukuran lapangan (Tabel 2).

Tabel 1. Data Representatif Gelombang Pengukuran Lapangan

Tinggi Gelombang (H) dalam meter				Periode Gelombang (T) dalam detik			
H maks	H _s	H min	H rerata	T maks	T _s	T min	T rerata
0,73	0,58	0,29	0,49	7,87	4,47	1,32	3,19

Tabel 2. Hasil Perhitungan Parameter Gelombang Pengukuran Lapangan

Parameter Gelombang	Nilai
Tinggi Gelombang Signifikan (H _s)	0,58 m
Periode Gelombang Signifikan (T _s)	4,47 det
Kedalaman Perairan (d)	1,1 m
Panjang Gelombang di Laut Dalam (L ₀)	31,17 m
Panjang Gelombang di Lokasi Pengukuran (L)	14,13 m
Kedalaman Relatif (d/L)	0,078
Koefisien Refraksi (K _r)	0,92
Koefisien <i>Shoaling</i> (K _s)	1,09
Tinggi Gelombang Pecah (H _b)	0,68 m

Kedalaman Gelombang Pecah (d_b)	0,77 m
Tipe Gelombang Pecah	Transisi <i>Spilling</i> dan <i>Plunging</i>

Berdasarkan hasil peramalan gelombang dengan metode (Sugianto, 2014) menggunakan data angin ECMWF 2006 - 2015 menunjukkan nilai tinggi gelombang signifikan (H_s) dan periode gelombang signifikan (T_s) yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Tinggi Signifikan dan Periode Signifikan

Musim	Tinggi Gelombang (m)			Periode Gelombang (detik)		
	H_s maks	H_s rerata	H_s min	T_s maks	T_s rerata	T_s min
Barat	2,22	0,92	0,57	6,89	5,03	4,39
Peralihan 1	1,81	0,76	0,57	6,38	4,75	4,39
Timur	1,37	0,74	0,57	5,77	4,72	4,39
Peralihan 2	1,20	0,71	0,57	5,52	4,67	4,39

Hasil peramalan gelombang tiap musim digunakan dalam perhitungan parameter gelombang untuk menentukan karakteristik gelombang. Berdasarkan perhitungan parameter gelombang diperoleh hasil seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4, 5, 6 dan 7.

Tabel 4. Parameter Gelombang Musim Barat

Parameter Gelombang	Nilai
Tinggi Gelombang Signifikan (H_s)	2,22 m
Periode Gelombang Signifikan (T_s)	6,89 det
Kedalaman Perairan (d)	3,5 m
Panjang Gelombang di Laut Dalam (L_0)	74,06 m
Panjang Gelombang (L)	38,35 m
Kedalaman Relatif (d/L)	0,091
Koefisien Refraksi (K_r)	0,97
Koefisien <i>Shoaling</i> (K_s)	1,03
Tinggi Gelombang Pecah (H_b)	2,36 m
Kedalaman Gelombang Pecah (d_b)	2,77 m
Tipe Gelombang Pecah	Transisi <i>Spilling</i> dan <i>Plunging</i>

Berdasarkan hasil perhitungan parameter gelombang di perairan Pantai Kejawanan, Cirebon pada Musim Barat yang ditampilkan pada Tabel 4, diketahui nilai koefisien refraksi (K_r) 0,97 dan nilai koefisien *shoaling* (K_s) 1,03. Tinggi gelombang pecah (H_b) adalah 2,36 m dengan kedalaman gelombang pecah (d_b) berada di kedalaman 2,77 m. Pada Musim Peralihan 1 yang ditampilkan pada Tabel 5, diketahui nilai koefisien refraksi (K_r) 0,99 dan nilai koefisien *shoaling* (K_s) 1,006. Tinggi gelombang pecah (H_b) adalah 2,06 m dengan kedalaman gelombang pecah (d_b) berada di kedalaman 2,4 m. Pada Musim Timur yang ditampilkan pada Tabel 6, diketahui nilai koefisien refraksi (K_r) 0,98 dan nilai koefisien *shoaling* (K_s) 0,976. Tinggi

gelombang pecah (H_b) adalah 1,58 m dengan kedalaman gelombang pecah (d_b) berada di kedalaman 1,84 m. Pada Musim Peralihan 2 yang ditampilkan pada Tabel 7, diketahui nilai koefisien refraksi (K_r) 0,95 dan nilai koefisien *shoaling* (K_s) 0,965. Tinggi gelombang pecah (H_b) adalah 1,34 m dengan kedalaman gelombang pecah (d_b) berada di kedalaman 1,56 m.

Tabel 5. Parameter Gelombang Musim Peralihan 1

Parameter Gelombang	Nilai
Tinggi Gelombang Signifikan (H_s)	1,81 m
Periode Gelombang Signifikan (T_s)	6,38 det
Kedalaman Perairan (d)	3,5 m
Panjang Gelombang di Laut Dalam (L_0)	63,5 m
Panjang Gelombang (L)	35,2 m
Kedalaman Relatif (d/L)	0,099
Koefisien Refraksi (K_r)	0,99
Koefisien <i>Shoaling</i> (K_s)	1,006
Tinggi Gelombang Pecah (H_b)	2,06 m
Kedalaman Gelombang Pecah (d_b)	2,4 m
Tipe Gelombang Pecah	Transisi <i>Spilling</i> dan <i>Plunging</i>

Tabel 6. Parameter Gelombang Musim Timur

Parameter Gelombang	Nilai
Tinggi Gelombang Signifikan (H_s)	1,37 m
Periode Gelombang Signifikan (T_s)	5,77 det
Kedalaman Perairan (d)	3,5 m
Panjang Gelombang di Laut Dalam (L_0)	51,94 m
Panjang Gelombang (L)	31,4 m
Kedalaman Relatif (d/L)	0,111
Koefisien Refraksi (K_r)	0,98
Koefisien <i>Shoaling</i> (K_s)	0,976
Tinggi Gelombang Pecah (H_b)	1,58 m
Kedalaman Gelombang Pecah (d_b)	1,84 m
Tipe Gelombang	Transisi <i>Spilling</i> dan <i>Plunging</i>

Data yang digunakan dalam validasi adalah jumlah data tinggi gelombang signifikan hasil lapangan dan jumlah data tinggi gelombang signifikan hasil model dengan menggunakan metode validasi Persentase Bias (PB). Berdasarkan Tabel 8 dapat diketahui bahwa validasi antara data lapangan dengan data hasil model dapat dikategorikan baik. Hal ini karena nilai PB yang diperoleh adalah $20\% \leq PB < 40\%$. Kemudian dilakukan pemodelan tiap musim dengan

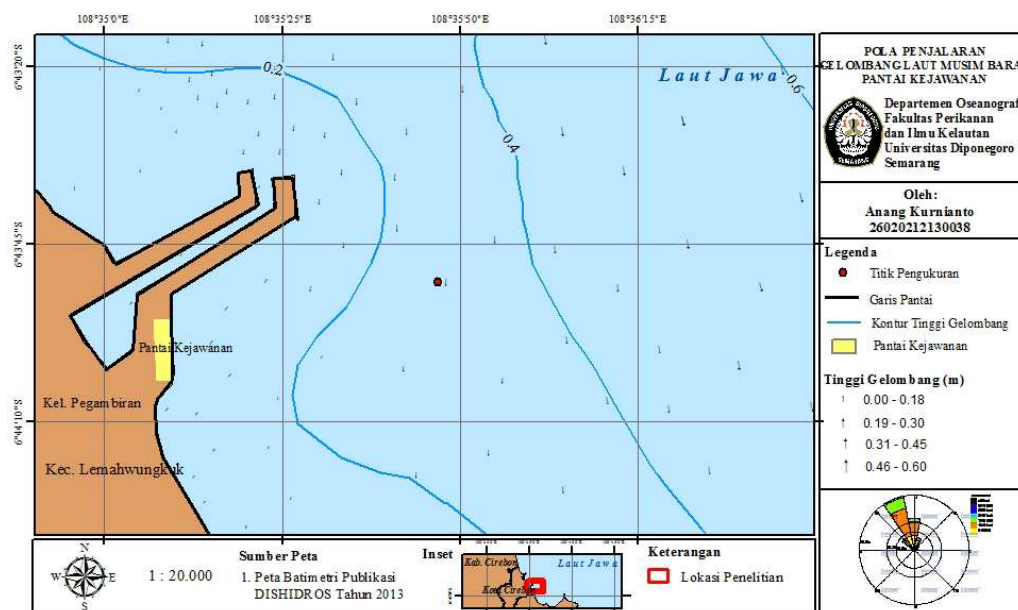
pendekatan model matematik hidrodinamika 2D seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, 3, 4 dan 5.

Tabel 7. Parameter Gelombang Musim Peralihan 2

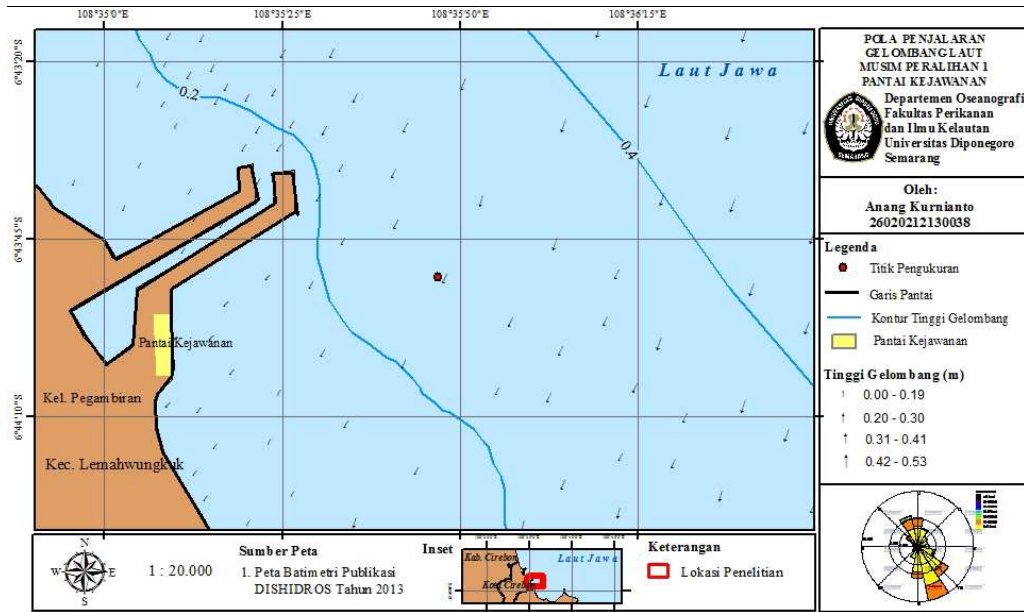
Parameter Gelombang	Nilai
Tinggi Gelombang Signifikan (H_s)	1,2 m
Periode Gelombang Signifikan (T_s)	5,52 det
Kedalaman Perairan (d)	3,5 m
Panjang Gelombang di Laut Dalam (L_0)	47,53 m
Panjang Gelombang (L)	29,83 m
Kedalaman Relatif (d/L)	0,091
Koefisien Refraksi (K_r)	0,95
Koefisien <i>Shoaling</i> (K_s)	0,965
Tinggi Gelombang Pecah (H_b)	1,34 m
Kedalaman Gelombang Pecah (d_b)	1,56 m
Tipe Gelombang	Transisi <i>Spilling</i> dan <i>Plunging</i>

Tabel 8. Validasi Data Pengukuran Lapangan dengan Data Hasil Model

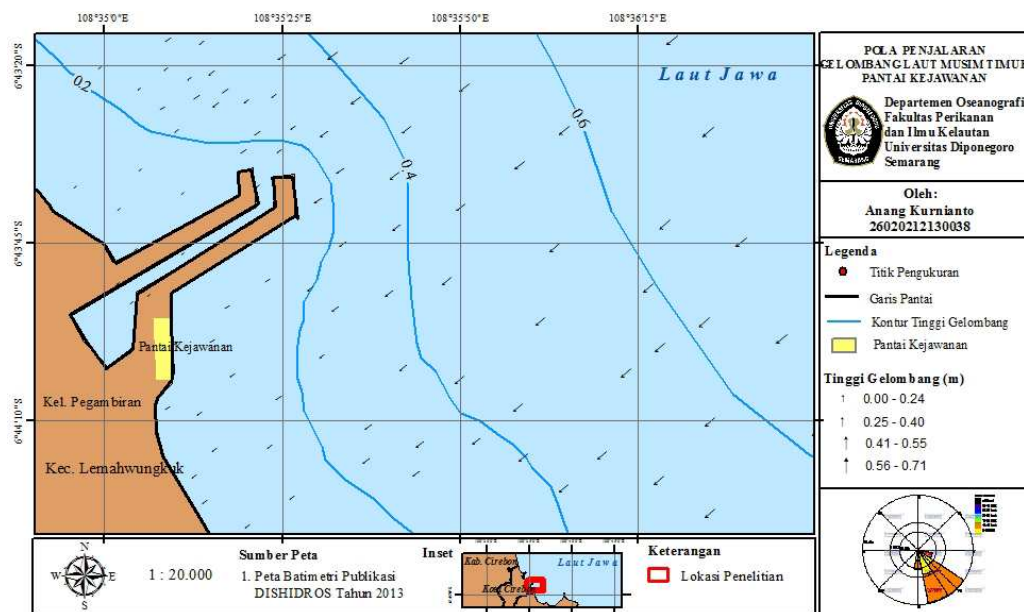
Gelombang	ΣH_s (m)	ΣT_s (detik)
Data Lapangan	27,58	186,49
Hasil Model	20,76	132,72
PB	24,71%	28,83%



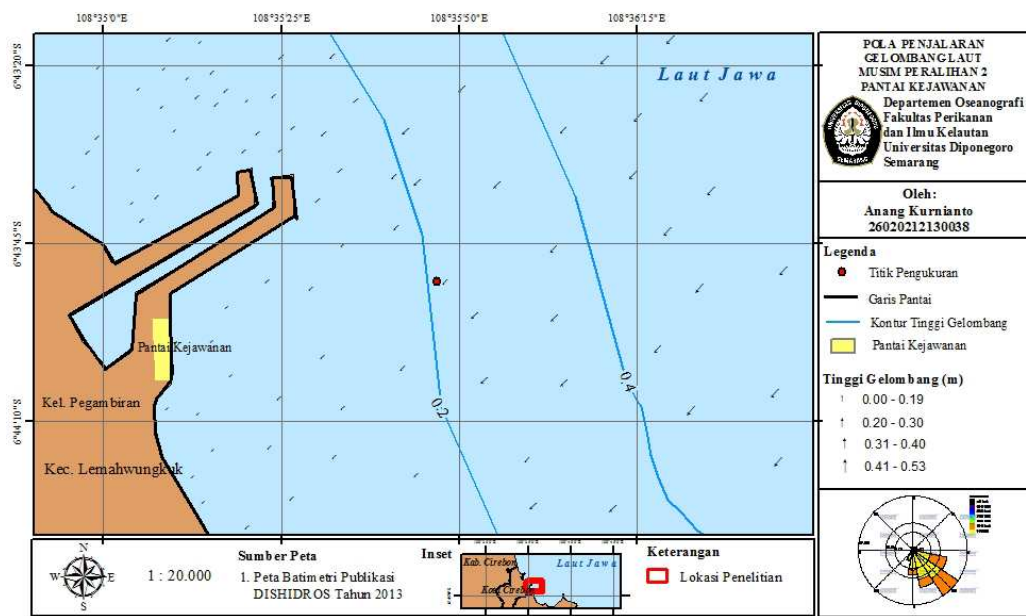
Gambar 2. Pola Penjalaran Gelombang Laut Musim Barat Pantai Kejawanan



Gambar 3. Pola Penjalaran Gelombang Laut Musim Peralihan 1 Pantai Kejawanan



Gambar 4. Pola Penjalaran Gelombang Laut Musim Timur Pantai Kejawanan



Gambar 5. Pola Penjalaran Gelombang Laut Musim Peralihan 2 Pantai Kejawan

Pembahasan

Parameter gelombang di musim Barat memiliki tinggi gelombang signifikan maksimum (H_s maks) 2,22 m yang merupakan H_s maks paling tinggi diantara musim lainnya dengan periode gelombang signifikan maksimum (T_s maks) 6,89 detik yang juga merupakan T_s maks paling tinggi diantara musim lainnya. Data H_s maks dan T_s maks yang merupakan nilai paling tinggi diantara empat musim sangat dibutuhkan untuk keperluan perencanaan pembangunan pantai. Hal ini sesuai dengan pernyataan Triatmodjo (1999) dimana dalam perencanaan pembangunan pantai diperlukan data tinggi gelombang yang mencakup empat musim, terutama musim dimana gelombang-gelombang besar terjadi.

Periode signifikan (T_s) di perairan Pantai Kejawan yang ditinjau dari empat musim menjelaskan bahwa nilai periode signifikannya memiliki nilai diantara 4,39 - 6,38 detik. Hal ini menjelaskan bahwa gelombang perairan Pantai Kejawan merupakan gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Menurut Ningsih (2002) dalam Sugianto (2014) gelombang yang dibangkitkan oleh angin memiliki periode gelombang 0 - 15 detik. Berdasarkan periodenya juga, gelombang di perairan Pantai Kejawan termasuk klasifikasi gelombang gravitasi. Hal ini dijelaskan oleh Ningsih (2002) dalam Sugianto (2014) bahwa gelombang gravitasi adalah gelombang yang memiliki periode antara 1 - 25 detik.

Klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman relatifnya menunjukkan bahwa gelombang di perairan Pantai Kejawan merupakan gelombang perairan transisi. Hal ini dibuktikan dengan hasil peramalan gelombang selama empat musim dimana musim Barat memiliki perbandingan antara nilai kedalaman perairan dan panjang gelombang (d/L) 0,091 yang berarti klasifikasi gelombang perairan transisi. Musim Peralihan 1 memiliki nilai d/L 0,099 yang berarti klasifikasi gelombang perairan transisi. Musim Timur memiliki nilai d/L 0,111 yang berarti klasifikasi gelombang perairan transisi. Dan Musim Peralihan 2 memiliki nilai d/L 0,117 yang juga berarti klasifikasi gelombang perairan transisi. Hal ini dijelaskan oleh CERC (1984) bahwa nilai d/L yang menunjukkan nilai dimana lebih besar dari 0,05 dan kurang dari 0,5 termasuk gelombang perairan transisi.

Refraksi gelombang dan efek *shoaling* serta kondisi pantai sangat mempengaruhi kondisi gelombang di suatu perairan. Kondisi Pantai Kejawan yang menghadap ke Timur (daerah terbuka dari arah Timur) menyebabkan gelombang pada Musim Timur memiliki *fetch* yang cukup panjang dan tidak ada bangunan atau pulau yang menghalangi sehingga gelombang akan langsung menghantam Pantai Kejawan. Menurut Setyawan (2007), pada Musim Timur

pantai yang menghadap ke Timur atau daerah terbuka dari arah Timur akan mengalami hantaman gelombang yang kuat dan memiliki *fetch* yang cukup panjang dari arah Timur. Hal ini juga dapat dilihat pada Gambar 4 dimana kondisi gelombang pada Musim Timur merupakan kondisi gelombang tertinggi di Pantai Kejawanank ber kisar 0,2 – 0,7 m.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Musim Barat memiliki tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan paling tinggi dari empat musim yaitu H_s maksimal 2,22 m dan T_s maksimal 6,89 detik.
2. Gelombang di Pantai Kejawanank merupakan gelombang yang dibangkitkan oleh angin dan termasuk ke dalam gelombang laut transisi. Gelombang di Pantai Kejawanank diklasifikasikan sebagai gelombang gravitasi.
3. Gelombang merambat dari Laut Jawa menuju Pantai Kejawanank mengalami refraksi gelombang. Pantai Kejawanank yang menghadap ke Timur menyebabkan gelombang tinggi terjadi pada Musim Timur karena memiliki *fetch* yang cukup panjang dan gelombang akan langsung menghantam Pantai Kejawanank.

DAFTAR PUSTAKA

- [CERC] Coastal Engineering Research Center. 1984. Shore Protection Manual Volume 1. 4thed., US Army Corps of Engineers, Washington D.C., 597 p.
- Bappeda. 2007. Laporan Akhir Atlas Pesisir Utara Jawa Barat. Bandung.
- Jing, H., P. Cun-hong, K. Cui-ping and Z. Jian. 2013. Experimental Hydrodynamic Study of The Qiantang River Tidal Bore. *J. Hydrodynamics*, 25(3): 481-490.
- LPSDKP. 2013. Laporan Akhir Kegiatan Penelitian: Kajian Kerentanan Pesisir di Pesisir Cirebon Berdasarkan Karakteristik & Geodinamika Pantai. Kementerian Kelautan Perikanan, Padang, 165 hlm.
- Setyawan, W. B. 2007. Bencana Geologi di Daerah Pesisir Indonesia. *J. Alami*, 12(2):1-17.
- Sugiyono. 2009. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D. CV Alfabeta, Bandung, 334 hlm.
- Sugianto, D. N. 2014. Model Distribusi Kecepatan Angin dan Pemanfaatannya dalam Peramalan Gelombang di Laut Jawa. [Disertasi]. Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Sutirto dan D. Trisnoyuwono. 2014. Gelombang dan Arus Laut Lepas. *Graha Ilmu*, Yogyakarta, 134 hlm.
- Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta, 397 hlm.