

Karakteristik Gelombang Laut Pantai Timur Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau Tahun 2005-2014

Mario Putra Suhana ^{1*}, I Wayan Nurjaya ², Nyoman Metta N. Natih ²

¹ Department of Marine Science, Raja Ali Haji Maritime University, Tanjungpinang, Indonesia

² Department of Technology and Marine Science, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia

* Corresponding author: marioputrasuhana@umrah.ac.id

Received: November, 2017

Accepted: January, 2018

Published: February, 2018

Copyright © by authors and
Scientific Research Publishing Inc.

Abstrak

Salah satu faktor penting yang sangat mempengaruhi proses dinamika pantai adalah gelombang laut. Arus menyusur pantai (*long-shore current*) merupakan salah satu proses oseanografi fisik yang timbul akibat hempasan gelombang laut ketika menghantam pantai. Selain itu, proses sedimentasi juga merupakan salah satu proses oseanografi fisik yang disebabkan oleh gelombang laut. Melihat begitu besarnya peranan dan pengaruh gelombang laut terhadap segala dinamika yang terjadi di pantai, dirasa perlu untuk dilakukan sebuah kajian mengenai karakteristik gelombang laut di suatu perairan. Untuk menjawab tujuan penelitian ini, metode yang digunakan adalah menggunakan metode peramalan menggunakan data arah dan kecepatan angin. Data arah dan kecepatan angin yang digunakan merupakan data hasil publikasi BMKG Kota Tanjungpinang tahun 2005-2014. Selama tahun 2005-2014 perairan pantai timur Pulau Bintan dipengaruhi oleh angin yang bertiup dari arah utara dan selatan dengan frekuensi kejadian 22.48 % dan 20.97 %. Kecepatan angin yang bertiup dari arah utara berkisar antara 5.70-8.80 m/s sedangkan kecepatan angin yang bertiup dari arah selatan berkisar antara 3.60-5.70 m/s. Selain dari arah utara dan selatan, angin yang bertiup dari arah tenggara juga memiliki frekuensi kejadian yang cukup tinggi yaitu 18.85 % dengan kecepatan angin dominan berkisar antara 3.60-5.70 m/s. Tinggi gelombang laut harian yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan yang disebabkan oleh angin selama tahun 2005-2014 berkisar antara 0.10-4.55 m dengan tinggi gelombang laut dominan berkisar antara 0.10-0.50 m, sedangkan periode gelombang laut berkisar antara 1.10-11.23 s. Tinggi gelombang laut maksimum yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan umumnya terjadi pada puncak musim utara (Desember-Februari) dan musim selatan (Juni-Agustus) hal ini disebabkan oleh kecepatan angin yang bertiup di perairan pantai timur Pulau Bintan selama musim barat dan musim timur lebih tinggi dibandingkan dengan musim lainnya.

Kata kunci: Arah dan kecepatan angin, tinggi dan periode, gelombang laut, pantai timur Pulau Bintan

Pendahuluan

Salah satu wilayah di muka bumi yang memiliki kemampuan interaksi dengan segala komponen di sekitarnya adalah pantai. Pantai merupakan zona interaksi antara daratan, lautan dan udara yang selalu mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh kemampuan penyesuaian pantai menuju keseimbangan alami dalam merespon dampak dari proses-proses oseanografi maupun aktivitas manusia di sekitar kawasan pantai (Triatmodjo, 1999; Hidayat, 2005; Suriamihardja, 2005).

Kemampuan imbang daya topografi pantai, sedimentasi, proses hidro-oseanografi seperti arus menyusur pantai (*long-shore current*) dan hempasan gelombang laut maupun dampak aktivitas manusia di sekitar kawasan pantai merupakan faktor penting yang mempengaruhi cepat atau lambatnya proses dinamika yang terjadi di sekitar kawasan pantai (Suhana *et al.*, 2016).

Salah satu faktor penting yang sangat mempengaruhi proses dinamika pantai adalah gelombang laut. Arus menyusur pantai (*long-shore current*) merupakan salah satu proses oseanografi fisik yang timbul akibat hempasan

gelombang laut ketika menghantam pantai, energi gelombang laut yang dikembalikan ke arah laut setelah menghantam pantai menimbulkan gerakan massa air yang mengikuti kontur pantai ke arah laut sehingga menimbulkan arus susur pantai (*long-shore current*).

Selain itu, proses sedimentasi juga merupakan salah satu proses oseanografi fisik yang disebabkan oleh gelombang laut. Energi hembas balik gelombang laut saat menghantam pantai yang menimbulkan arus menyusur pantai (*long-shore current*) akan mengangkut partikel-partikel sedimen yang merupakan komponen utama penyusun pantai sehingga menyebabkan proses sedimentasi di salah satu bagian pantai dan bagian lain mengalami abrasi.

Melihat begitu besarnya peranan dan pengaruh gelombang laut terhadap segala dinamika yang terjadi di pantai, dirasa perlu untuk dilakukan sebuah kajian mengenai karakteristik gelombang laut di suatu perairan. Salah satu manfaat dilakukannya kajian ini informasi mengenai karakteristik gelombang laut di suatu perairan dapat diketahui, sehingga dapat dilakukan suatu kajian

lanjutan untuk melihat bagaimana pengaruh gelombang laut terhadap dinamika suatu kawasan pantai.

Terdapat beberapa metode untuk menganalisis karakteristik gelombang laut di suatu perairan yaitu pemodelan hidro-oseanografi dan peramalan menggunakan data arah dan kecepatan angin. Data arah dan kecepatan angin dapat digunakan sebagai komponen utama untuk meramalkan karakteristik gelombang laut di suatu perairan disebabkan angin merupakan salah satu faktor penting pembangkit gelombang laut (Yuwono dan Kodoatie, 2004; Sorensen, 2006). Energi angin yang bekerja di permukaan laut akan mengalami *sheltering effect* yang disebabkan oleh pergesekan angin dengan permukaan laut sehingga menyebabkan terjadinya variasi besaran gelombang laut yang acak (*random waves*) di permukaan laut (Davis dan Dolan, 1993).

Oleh sebab itu, untuk menjawab tujuan penelitian ini, metode yang digunakan adalah menggunakan metode peramalan menggunakan data arah dan kecepatan angin. Data arah dan kecepatan angin yang digunakan merupakan data hasil publikasi BMKG Kota Tanjungpinang tahun 2005-2014 yang telah dianalisis. Periode data arah dan kecepatan angin yang dipilih berdasarkan fenomena yang terjadi di lokasi penelitian. Selama periode tersebut proses perubahan garis pantai di pantai timur Pulau Bintan merupakan periode dimana proses perubahan yang terjadi paling signifikan.

Berdasarkan fenomena tersebut maka penelitian ini menjadi salah satu rangkaian penelitian untuk mengetahui tingkat kerentanan pantai timur Pulau Bintan yang diketahui sangat padat aktivitas seperti pemukiman penduduk, perikanan tangkap, pariwisata dan kawasan konservasi.

Metode

Lokasi kajian yang dipilih adalah pantai timur Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau (Gambar 1). Pantai timur Pulau Bintan merupakan pantai yang dimanfaatkan sebagai kawasan wisata pantai dan kawasan konservasi padang lamun (Suhana et al., 2016).

Data utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah data arah dan kecepatan angin yang digunakan merupakan data hasil publikasi BMKG Kota Tanjungpinang tahun 2005-2014 yang telah dianalisis.

Data arah dan kecepatan angin hasil publikasi BMKG Kota Tanjungpinang tahun 2005-2014 merupakan data yang diukur di darat sehingga perlu dilakukan koreksi stabilitas data dan konversi data arah dan kecepatan angin yang bertiup di darat (di lokasi pengukuran BMKG) menjadi data arah dan kecepatan angin yang bertiup di laut.

Koreksi dan konversi data arah dan kecepatan angin yang dilakukan menggunakan persamaan yang mengacu pada USACE (2003a). Koreksi stabilitas berkaitan dengan perbedaan suhu antara daratan dan permukaan laut. Koreksi stabilitas dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$U = R_T U_{10}$$

Dimana:

- U = Kecepatan angin setelah koreksi stabilitas (m/s)
- R_T = Koefisien stabilitas, dimana dalam hal ini R_T = 1.10 disebabkan perbedaan suhu antara daratan dan permukaan laut tidak diketahui
- U₁₀ = Kecepatan angin yang diukur pada ketinggian 10 m (m/s)

Tahap selanjutnya adalah konversi data arah dan kecepatan angin (*wind stress factor conversion*). Konversi wind stress factor untuk mengkonversi data arah dan kecepatan angin yang bertiup di darat menjadi data arah dan kecepatan angin yang bertiup di laut menggunakan persamaan berikut mengacu pada USACE (2003a):

$$U_A = 0.71 * (U)^{1.23}$$

Dimana:

- U_A = Wind stress factor (m/s)
- U = Kecepatan angin setelah koreksi stabilitas (m/s)

Tahap selanjutnya adalah peramalan gelombang laut. Peramalan gelombang laut menggunakan metode SMB (Sverdrup Munk Bretschneider) mengacu pada CHL (2002). Tahap peramalan gelombang laut terdiri dari filterisasi data angin, penentuan panjang *fetch* efektif (jarak wilayah pembangkitan gelombang laut), perhitungan tinggi, periode dan durasi pertumbuhan gelombang laut serta analisis parameter gelombang pecah.

Penentuan panjang *fetch* efektif menggunakan bantuan peta RBI dengan tahapan yaitu menentukan titik awal pembangkitan gelombang di laut dalam, menarik garis lurus dari titik awal penentuan *fetch* ke delapan arah mata angin utama dengan membentuk sudut sebesar 5° pada setiap garis hingga membentur daratan dan mengukur panjang *fetch* yang telah ditentukan. Jika panjang *fetch* efektif >200 km maka panjang *fetch* efektif yang digunakan adalah 200 km disebabkan kecepatan angin konsisten hanya sejauh ≤200 km (Kartikasari 2008). Penentuan *fetch* dalam peramalan gelombang laut menggunakan data arah dan kecepatan angin bertujuan untuk mereduksi hasil peramalan gelombang laut yang terlalu besar, maka dilakukan analisis jarak dan arah pembangkitan gelombang laut (*fetch*). Panjang *fetch* efektif dihitung menggunakan persamaan berikut mengacu pada USACE (2003):

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

Dimana:

- F_{eff} = Panjang *fetch* efektif (km)
- x_i = Panjang *fetch* untuk setiap arah mata angin selang 5° (m)
- α = Sudut antara arah yang diukur dengan garis *fetch* (°)

Penentuan lokasi *fetch* pada penelitian ini berada pada kedalaman 20 m dengan asumsi gesekan dasar perairan belum mempengaruhi pola transformasi gelombang dari laut dalam. Berdasarkan posisi geografis pantai timur Pulau Bintan arah *fetch* efektif untuk pembangkitan gelombang laut adalah dari arah utara, selatan, timur laut, timur dan tenggara. Panjang *fetch* yang digunakan untuk peramalan gelombang laut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tb 1. Arah dan panjang *fetch* efektif yang digunakan untuk peramalan gelombang laut

Arah	Panjang Fetch (km)
Utara	176.59
Timur Laut	200.00
Timur	155.83
Tenggara	200.00
Selatan	31.73

Selanjutnya analisis karakteristik gelombang laut yang terdiri dari tinggi, periode dan durasi pertumbuhan

gelombang laut menggunakan metode SMB mengacu pada CERC (1984).

Untuk perhitungan tinggi gelombang laut signifikan (Hs):

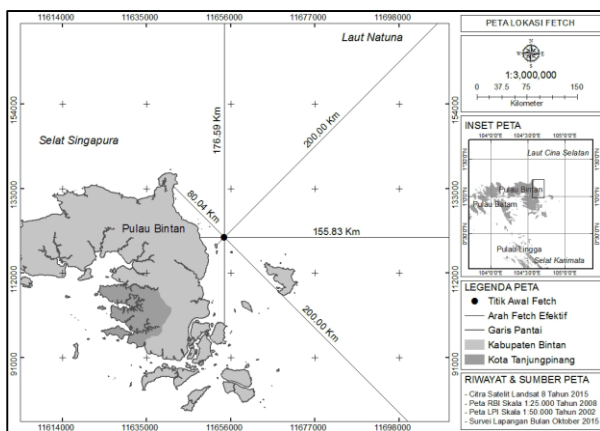
$$H_s = 1.6 * 10^{-3} \left(F_*^{1/3} \frac{U_A^2}{g} \right)$$

Untuk perhitungan periode gelombang laut signifikan (Ts):

$$T_s = 0.2857 * \left(F_*^{1/3} \frac{U_A^2}{g} \right)$$

Dimana:

- Hs = Tinggi gelombang laut signifikan (m)
- Ts = Periode gelombang laut signifikan (s)
- U_A = Kecepatan angin (m/s)
- g = Percepatan gravitasi (m/s²)
- F* = Panjang fetch minimum (m)



Gb 1. Lokasi penelitian dan titik lokasi penarikan garis fetch

Hasil dan Pembahasan

Peramalan tinggi dan periode gelombang laut dapat dilakukan dengan menggunakan data arah dan kecepatan angin sebagai faktor utama pembangkit gelombang laut (Yuwono dan Kodoatie, 2004; Sorensen, 2006). Energi angin yang bekerja di permukaan laut akan mengalami sheltering effect yang disebabkan oleh gesekan angin dengan permukaan laut sehingga menyebabkan terjadinya variasi besaran gelombang laut yang acak (random waves) di permukaan laut (Davis dan Dolan 1993).

Pantai timur Pulau Bintan terletak di belahan bumi utara (BBU). Pola arah dan kecepatan angin di belahan bumi utara sangat dipengaruhi oleh sistem muson yang dominan di perairan Asia Tenggara (Wyrтки, 1961). Prawirowardoyo (1996) menjelaskan bahwa musim barat di belahan bumi utara berlangsung selama Bulan Oktober-April dan puncaknya berlangsung pada Bulan Desember-Januari sedangkan musim timur berlangsung selama Bulan April-Oktober dan puncaknya berlangsung pada Bulan Juni-Agustus.

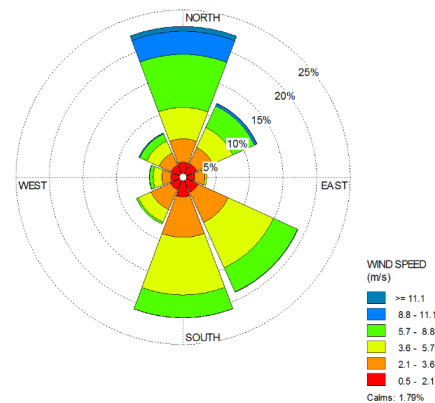
Selama tahun 2005-2014 perairan pantai timur Pulau Bintan dipengaruhi oleh angin yang bertiup dari arah utara dan selatan (Gambar 2) dengan frekuensi kejadian 22.48 % dan 20.97 % (Tabel 2). Kecepatan angin yang bertiup dari arah utara berkisar antara 5.70-8.80 m/s sedangkan kecepatan angin yang bertiup dari arah selatan berkisar antara 3.60-5.70 m/s. Selain dari arah utara dan selatan, angin yang bertiup dari arah tenggara juga memiliki

frekuensi kejadian yang cukup tinggi yaitu 18.85 % dengan kecepatan angin dominan berkisar antara 3.60-5.70 m/s.

Angin yang bertiup di perairan pantai timur Pulau Bintan menunjukkan perbedaan kondisi yang signifikan antara musim utara dengan musim selatan. Hal ini disebabkan oleh angin yang menuju perairan pantai timur Pulau Bintan saat musim utara bertiup dari arah utara dan mengandung banyak uap air karena pada saat musim barat angin melewati Laut Natuna Utara yang luas sedangkan saat musim selatan angin yang bertiup cenderung kering disebabkan angin bertiup dari arah selatan melewati daerah gurun yang luas di bagian utara Benua Australia (Tjasyono dan Mustofa, 2004).

Tb 2. Persentase arah dan kecepatan angin selama tahun 2005-2014

Arah	Kecepatan (m/s)						Arah (%)
	0.5-2.1	2.1-3.6	3.6-5.7	5.7-8.8	8.8-11.1	≥11.1	
U	2.29	3.48	4.67	7.89	3.43	0.72	22.48
TL	2.32	2.61	3.27	3.52	0.38	0.05	12.15
T	1.80	1.50	0.31	0.01	0.00	0.00	3.63
TG	2.52	4.93	7.38	3.95	0.07	0.00	18.85
S	2.98	6.01	8.58	3.38	0.03	0.00	20.97
BD	2.12	3.21	2.09	0.30	0.00	0.00	7.72
B	1.90	1.33	1.31	0.53	0.04	0.00	5.11
BL	2.05	1.94	2.00	1.16	0.12	0.03	7.30
Kecepatan (%)	17.99	25.02	29.60	20.73	4.07	0.80	-



Gb 2. Mawar angin (wind rose) selama tahun 2005-2014

Gelombang laut memiliki peranan penting dalam proses perubahan garis pantai. Gelombang laut dengan energi yang besar akan memberikan dampak yang besar pula terhadap perubahan garis pantai (Trenggono, 2009; Angkotasan et al., 2012).

Penjalaran gelombang dari laut dalam menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan shoaling karena pengaruh perubahan kedalaman laut, proses difraksi dan refraksi gelombang laut akibat pengaruh bangunan pantai maupun pulau.

Berkurangnya kedalaman laut menyebabkan panjang serta kecepatan gelombang laut juga semakin berkurang sedangkan tinggi gelombang laut bertambah tinggi. Saat gelombang laut mencapai sudut kelancipan (steepness) maksimum, gelombang laut akan pecah dengan membentuk sudut tertentu terhadap garis pantai (Davis dan Dolan, 1993).

Tinggi gelombang laut harian yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan yang disebabkan oleh angin selama tahun 2005-2014 berkisar antara 0.10-4.55 m (Gambar 3) dengan tinggi gelombang laut dominan berkisar antara 0.10-0.50 m, sedangkan periode gelombang laut berkisar antara 1.10-11.23 s (Gambar 4).

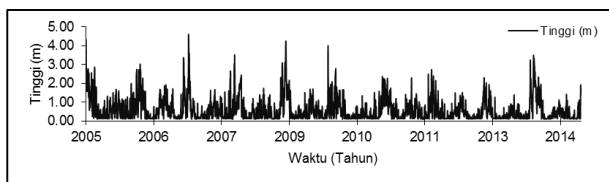
Tinggi gelombang laut maksimum yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan umumnya terjadi pada puncak musim utara (Desember-Februari) dan musim selatan (Juni-Agustus) hal ini disebabkan oleh kecepatan angin yang bertiup di perairan pantai timur Pulau Bintan selama musim barat dan musim timur lebih tinggi dibandingkan dengan musim lainnya.

Arah datang angin juga mempengaruhi pola gelombang laut yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan. Selama tahun 2005-2014 angin yang bertiup di perairan pantai timur Pulau Bintan lebih dominan dari arah utara dan selatan dengan persentase kecepatan rata-rata tertinggi, sehingga gelombang laut yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan lebih dominan berasal dari arah utara dan selatan pantai dimana gelombang laut yang berasal dari arah utara merupakan gelombang laut dengan ketinggian rata-rata tertinggi dibandingkan dengan gelombang laut yang terbentuk dan berasal dari beberapa arah pembangkitan gelombang lain.

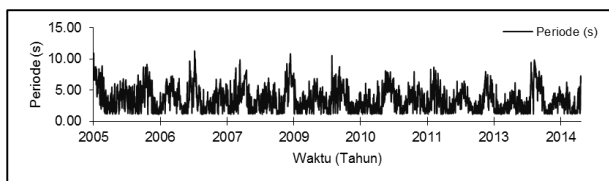
Hal ini tidak lepas dari pengaruh kecepatan angin, posisi geografis, jarak, arah dan lokasi awal pembangkitan gelombang di laut dalam. Gelombang laut yang berasal dari arah utara pantai memiliki jarak pembangkitan yang lebih jauh dibandingkan dengan jarak pembangkitan dari arah selatan, dengan kecepatan angin yang bertiup dari arah utara memiliki kecepatan rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan angin yang bertiup dari arah selatan dan lokasi pembangkitan gelombang laut yang berasal dari Selat Singapura di arah utara pantai memiliki tingkat kedalaman perairan yang lebih dalam dibandingkan dengan perairan di bagian selatan pantai maka gelombang laut yang terbentuk dari arah utara juga akan lebih tinggi dibandingkan dari beberapa arah pembangkitan gelombang lainnya (Tabel 3).

Tb 3. Persentase tinggi gelombang laut harian berdasarkan arah fetch efektif

Arah	Tinggi Gelombang (m)						Total (%)
	0.1-0.5	0.5-1.0	1.01.5	1.5-2.0	2.0-2.5	≥2.5	
U	12.99	6.81	5.22	4.27	2.82	2.23	34.33
TL	12.49	1.18	0.14	0.05	0.00	0.00	13.85
T	6.54	1.09	0.41	0.14	0.00	0.05	8.22
TG	8.72	1.63	0.86	0.45	0.14	0.05	11.85
S	21.30	8.13	1.95	0.36	0.00	0.00	31.74
Total (%)	62.03	18.85	8.58	5.27	2.95	2.32	100.00



Gb 3. Tinggi gelombang laut harian perairan pantai timur Pulau Bintan



Gb 4. Periode gelombang laut harian perairan pantai timur Pulau Bintan

Kesimpulan

Tinggi gelombang laut maksimum yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan umumnya terjadi pada

puncak musim utara (Desember-Februari) dan musim selatan (Juni-Agustus) hal ini disebabkan oleh kecepatan angin yang bertiup di perairan pantai timur Pulau Bintan selama musim barat dan musim timur lebih tinggi dibandingkan dengan musim lainnya.

Arah datang angin juga mempengaruhi pola gelombang laut yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan. Selama tahun 2005-2014 angin yang bertiup di perairan pantai timur Pulau Bintan lebih dominan dari arah utara dan selatan dengan persentase kecepatan rata-rata tertinggi, sehingga gelombang laut yang terbentuk di perairan pantai timur Pulau Bintan lebih dominan berasal dari arah utara dan selatan pantai dimana gelombang laut yang berasal dari arah utara merupakan gelombang laut dengan ketinggian rata-rata tertinggi dibandingkan dengan gelombang laut yang terbentuk dan berasal dari beberapa arah pembangkitan gelombang lain.

Daftar Pustaka

Angkotasan AM, Nurjaya IW, Natih NMN. 2012. Analisis perubahan garis pantai di pantai barat daya Pulau Ternate, Provinsi Maluku Utara. *JTPK*. 3 (1): 11-22.

[CERC] Coastal Engineering Research Center. 1984. *Shore Protection Manual, Volume I. 4th Edition*. US Army Coastal Engineering Research Center. Washington DC.

[CHL] Coastal Hydraulic Laboratory. 2002. *Coastal Engineering Manual, Part I-VI*. Department of the Army. US Army Corps of Engineers. Washington DC.

Davis ER, Dolan R. 1993. These cyclonic storms batter the east coast from October through April, yet their destructive potential remains among the most difficult to predict. *J. American Science*. 81: 428-439.

Hidayat N. 2005. Kajian hidro-oseanografi untuk deteksi proses-proses fisik di pantai. *J. Smartek*. 3 (2): 73-85.

Kartikasari Y. 2008. *Desain Dermaga General Cargo dan Trestle Tipe Deck on Pile di Pulau Kalukalukuang Provinsi Sulawesi Selatan*. Tesis. Institut Teknologi Bandung.

Prawiwardoyo S. 1996. *Meteorologi*. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Sorensen RM. 2006. *Basic Coastal Engineering. 3rd Edition*. Department of Civil and Environmental Engineering Lehigh University, Bethlehem, Pennsylvania.

Suhana MP, Nurjaya IW, Natih NMN. 2016. Analisis kerentanan pantai timur Pulau Bintan, Provinsi Kepulauan Riau menggunakan digital shoreline analysis system dan coastal vulnerability index. *JTPK*. 7 (1): 21-38. DOI: <http://dx.doi.org/10.24319/jtpk.7.21-38>.

Suriamihardja DA. 2005. *Compromise Management in the Jeneberang Delta and Losari Bay*. Department of Geography. Publication Series-University of Waterloo. 61: 483.

Tjasyono BHK, Mustofa AM. 2004. Seasonal rainfall variation over monsoonal areas. *Teknologi Mineral*. VII. 4. Institut Teknologi Bandung. ISSN: 0854-8528.

Trenggono M. 2009. *Transformasi Gelombang Laut dan Pengaruhnya Terhadap Dinamika Pantai Muara Ajkwa Tahun 1993-2007*. Tesis. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

Triatmodjo B. 1999. *Teknik Pantai. Beta Offset*. Yogyakarta.

[USACE] United States Army Corps of Engineers. 2003. *Coastal Hydrodynamics Part II, Coastal Sediment Processes Part III*. Department of the Army. US Army Corps of Engineers. Washington DC.

[USACE] United States Army Corps of Engineers. 2003a. *Meteorology and Wave Climate Part II*. Department of the Army. US Army Corps of Engineers. Washington DC.

Wyrtki K. 1961. *Physical Oceanography of Southeast Asean Waters*. Naga Report. I. 2. The University of California, La Jolla.

Yuwono N, Kodoatie. 2004. *Pengembangan Reklamasi Pantai dan Perencanaan Bangunan Pengamanannya*. Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jenderal Sumberdaya Air. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.