

Dinamika Pantai Praikalogu Di Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia

Muhammad Zainuddin Lubis¹, Hanah Khoirunnisa²

^{1,2}Program Studi Teknik Geomatika Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Batam

Jalan Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

Email: ¹zainuddinlubis@polibatam.ac.id, ²hanah@polibatam.ac.id

Abstrak

Fenomena lautan terkait dengan bidang kajian oseanografi dimana tiap parameter mempengaruhi satu sama lain, misalnya angin dengan gelombang. Kajian data angin penting diolah untuk meramalkan gelombang yang terbentuk. Pengolahannya pun harus diekstrak menggunakan ODV, selanjutnya ditentukan berdasarkan perhitungan rumus terkait. Angin berperan sebagai pembangkit gelombang. Angin yang bergerak terus-menerus, dalam durasi lama, kecepatan konstan, wilayah yang luas dan bertiup pada arah yang tetap mampu membangkitkan gelombang dengan ketinggian yang besar. Perairan Samudera Hindia tergolong besar dan 50% ukuran fraksi sedimen sebesar 0.13 mm. Perambatan energi gelombang yang besar mampu membawa sedimen yang besar. Laju transport sedimen dapat digunakan untuk menentukan perubahan garis pantai akibat sedimentasi maupun erosi/abrasi.

Kata kunci : Peramalan gelombang, Laju transport sedimen, Perambatan energi

Abstract

Oceanography phenomena related to the field of oceanographic studies in which each parameter influencing one another, for example, wind with waves. Study critical wind data is processed to forecast waves that form. Processing must be extracted using the ODV, further determined based on a formula related. Wind acts as a wave generator. The wind that moves constantly, in a long-duration, constant speed, wide area and blowing in a fixed direction is able to generate waves with a great height. Waters of the Indian Ocean and 50% relatively large fraction of the size of the sediment at 0:13 mm. Big wave energy propagation capable of carrying large sediment. The rate of sediment transport can be used to determine changes in the coastline due to sedimentation and erosion / abrasion.

Keywords: Forecasting wave, sediment transport rate, propagation energy

1. Pendahuluan

Indonesia terletak diantara dua samudera yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik dan dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Atlantik. Posisi ini menyebabkan wilayah Indonesia dipengaruhi oleh pola angin muson dan musim bervariasi. Angin juga berperan sebagai pembangkit energi gelombang di lautan. Tinggi dan periode gelombang dipengaruhi oleh kecepatan angin, fetch (lintasan yang dilalui angin), dan lamanya angin bertiup. Gelombang dari laut akan membawa material – material menyebabkan sedimentasi di daerah pantai, sedangkan gelombang juga dapat membawa material – material dari pantai ke daerah lainnya menyebabkan erosi. Perolehan data angin penting untuk dikaji agar dapat meramalkan gelombang di suatu wilayah dan memberikan

informasi yang penting bagi masyarakat khususnya dalam bidang kelautan. Praktikum ini bertujuan untuk mengetahui proses dinamika pantai yang disebabkan oleh faktor angin sebagai pembangkit gelombang.

Selanjutnya dalam jurnal ini akan dibahas bagaimana proses pembentukan gelombang yang diakibatkan oleh angin dan bagaimana pengaruhnya dalam angkutan sedimen di pantai.

2. Metode Penelitian

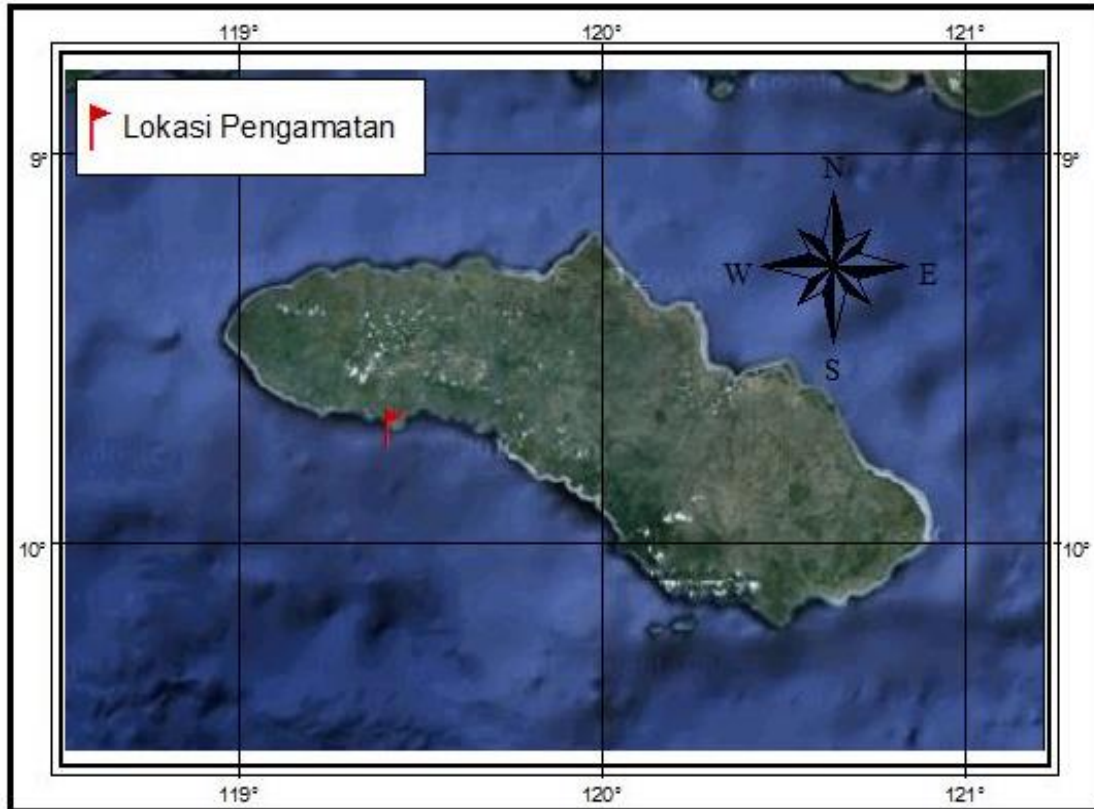
Peta Lokasi dan Kondisi Geografis

Lokasi kajian data terletak di pulau Sumba, Nusa Tenggara Barat. Stasiun yang dipilih terletak pada koordinat 9,71⁰LS – 119,42⁰BT (Gambar 1). Data yang dikaji merupakan data angin dan

gelombang dengan koordinat yang sama dalam kurun waktu 10 tahun (2001-2011).

Berdasarkan kondisi geografis, pulau Sumba memiliki sifat yang unik dan kompleks dibandingkan dengan daerah lain. Bagian Utara pulau Sumba dibatasi oleh selat Sumba dan bagian selatan merupakan perairan terbuka (Samudera Hindia). Kondisi demikian menyebabkan wilayah perairan ini berkembang angin pasat dan angin Monsun Asia– Australia dan Monsun India–Afrika.

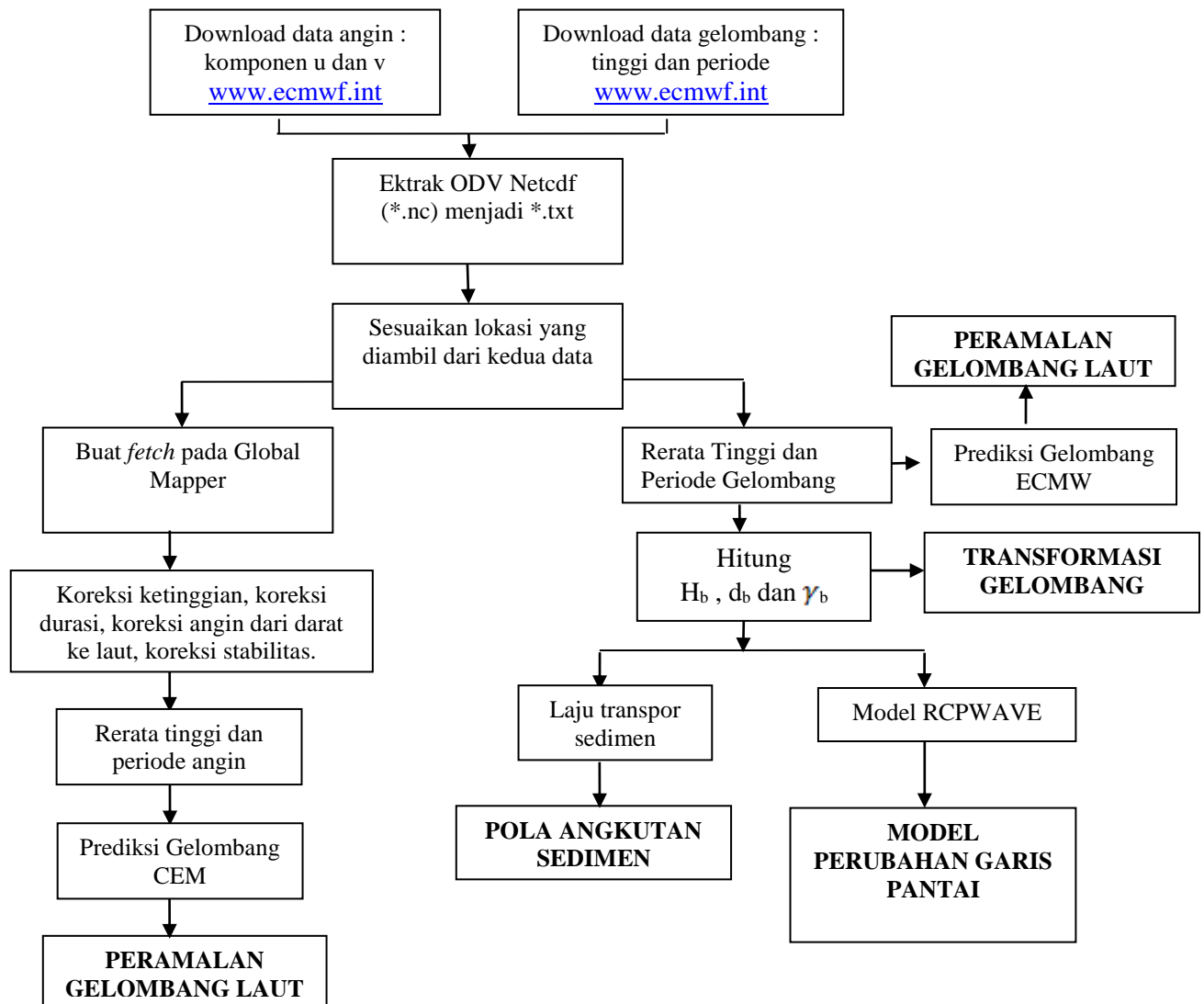
Pada bulan Juni – Agustus benua Australia relatif lebih dingin dibanding benua Asia, sehingga udara bergerak (angin) dari Australia menuju Asia (Muson Tenggara) dan sebaliknya pada bulan Desember – Februari benua Asia relatif lebih dingin dibandingkan benua Australia, sehingga bertiup angin Muson Barat Laut [1-3].



Gambar 1. Lokasi kajian data di Perairan Samudera Hindia

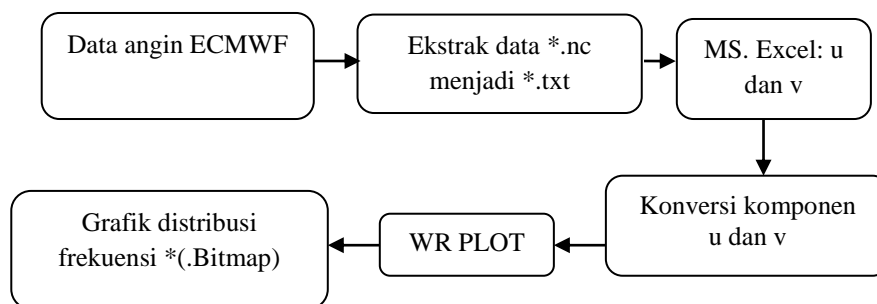
Metode Perolehan Data

Data angin dan gelombang diperoleh dari www.ecmwf.int, ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecast*). Data yang diambil berupa data angin terdiri dari komponen u dan v. Data tersebut merupakan data ramalan selama 10 tahun, yaitu pada periode Januari 2001 hingga Desember 2010 dengan interval waktu 12 jam. Data hasil download diperoleh dalam format Netcdf (.nc) yang diekstrak menjadi *.txt menggunakan program ODV versi 4 agar dapat diolah pada program Ms.Excel. Setelah itu konversi arah dan kecepatan rerata bulanan selama 10 tahun. Selain itu, juga dibuat *windrose* grafik dengan menggunakan program WR PLOT.



Gambar 2. Flowchart perolehan, pengolahan dan visualisasi data

Analisis Distribusi Frekuensi Angin



Gambar 3. Flowchart analisis distribusi frekuensi

Data angin bulanan selama 10 tahun dari ECMWF dalam format *.nc diekstrak dalam format .txt pada program ODV. Selanjutnya, komponen arah u dan komponen kecepatan v diolah pada program MS.Excel untuk dikonversi agar didapat arah dan kecepatan kemudian dirata-rata bulanan

selama 10 tahun. Setelah itu menggunakan program WR PLOT untuk mendapatkan *windrose*. Untuk *waverose* yang diambil adalah data rerata tinggi dan periode gelombang hasil download secara langsung di ECMWF.

Peramalan Gelombang di Laut Dalam

Data angin pada stasiun yang diolah dapat diramalkan sebagai pembangkit gelombang laut dalam. Data angin ECMWF yang telah dikonversi arah dan kecepatan, dirata-ratakan menjadi data bulanan selama 10 tahun. Selanjutnya, hasil tersebut digunakan untuk memprediksi tinggi dan periode gelombang (prediksi gelombang CEM). Untuk data periode dan tinggi gelombang yang diperoleh akan diolah menggunakan program Macros pada MS. Excel. Selanjutnya hasil tersebut juga dirata-ratakan sebagai angin bulanan selama 10 tahun dan digunakan untuk memprediksi tinggi dan periode gelombang (prediksi gelombang ECMWF). Namun, data angin yang diperoleh melalui BMKG biasanya harus dilakukan 4 koreksi diantaranya sebagai berikut:

Koreksi Ketinggian

Koreksi ketinggian dilakukan karena terdapat perbedaan ketinggian. Jika kecepatan angin yang diukur bukan pada ketinggian 8-12 m maka perlu di koreksi ke ketinggian 10 m. Hal ini disebabkan adanya gesekan angin dengan permukaan lautan dimana angin berperan dalam membangkitkan gelombang. Semakin ke bawah, kecepatan angin semakin berkurang dibandingkan kecepatan di atasnya. Koreksi geometris bisa dilakukan dengan menggunakan persamaan (U.S. Army Corps of Engineers, 2002) :

$$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{z} \right)^{\frac{1}{7}}$$

Dimana :

U_{10} = kecepatan angin pada ketinggian 10 meter

U_z = kecepatan angin pada ketinggian z

3. Hasil Dan Pembahasan

Pola Angin Dan Peramalan Gelombang Di Laut Dalam

Tabel menunjukkan arah dan kecepatan angin dari perata-ratan bulanan selama 10 tahun sebagai prediksi pembangkit energi gelombang. Berdasarkan tabel dapat diketahui perbandingan prediksi gelombang dari CEM dan prediksi gelombang ECMWF. Pola angin yang sangat berperan di Indonesia adalah Angin Muson, hal ini disebabkan karena Indonesia terletak diantara Benua Asia dan Australia dserta Samudera Pasifik dan Samudera Hindia. Menurut [1], keadaan musim di Indonesia terbagi menjadi tiga golongan yaitu musim barat, musim timur dan musim peralihan [4, 5].

Pada musim barat yaitu bulan Desember – Februari diperoleh bahwa angin bergerak dari arah Tenggara. Berdasarkan prediksi CEM, angin dari arah ini membangkitkan gelombang dengan tinggi berkisar antara 8 – 25 m selama periode antara 8 – 13 s sedangkan prediksi gelombang ECMWF

Untuk U_f dalam meter per detik $t = \frac{1609}{U_f}$

Untuk $t < 3600$

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1.277 + 0.296 \tanh \left\{ 0.9 \log_{10} \left(\frac{45}{t} \right) \right\}$$

Untuk $3600 < t < 36000$

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = -0.15 \log_{10} t + 1.5334$$

Koreksi Pengukuran Angin dari Darat ke Laut

Koreksi ini dilakukan untuk data angin yang diukur di darat. Untuk fetch yang lebih kecil dari 10 kilometer, maka kecepatan angin yang diamati dikoreksi dengan menggunakan persamaan $UW = 1,2 UL$. Biasanya angin yang dibangkitkan dari laut lebih besar dari angin di darat.

Koreksi Stabilitas

Koreksi stabilitas diperlukan untuk fetch yang lebih besar dari 10 mile. Jika perbedaan temperature air laut dan udara tidak diketahui, maka diasumsikan sebagai kondisi tidak stabil dan menggunakan nilai $RT = 1,1$.

Karakteristik Sedimen (Penentuan D_{50})

D_{50} merupakan 50% ukuran partikel sedimen yang terdapat di wilayah tersebut berapa. Penentuan D_{50} diketahui berdasarkan ukuran sedimen dan persentase dari tiap ukuran. Nilai D_{50} terlihat dari grafik dengan menarik garis ke atas. Pengolahan ini menggunakan rumus pada MS. Excel. Karakteristik sedimen menunjukkan besarnya gelombang yang terbentuk.

dengan ketinggian 10 -23 m dalam periode 10 – 11 s. Pada musim timur, Juni- Agustus diperoleh bahwa pembangkit gelombang di laut berasal dari angin arah Barat Laut. Pada musim ini, angin mampu membangkitkan gelombang prediksi CEM dengan ketinggian 26 – 38 m dalam periode 13 – 15 s sedangkan prediksi gelombang ECMWF dengan ketinggian 20 -27 m dalam periode 10 – 11 s. Pada musim peralihan awal yaitu Maret – Mei, angin bergerak dari arah Tenggara, Barat dan Barat Laut mampu membangkitkan ketinggian gelombang prediksi CEM antara 10 – 20 m dengan periode 9 – 12 s sedangkan prediksi gelombang ECMWF dengan ketinggian 14 -18 m dalam periode 10 – 11 s. Pada musim peralihan kedua yaitu September – November bergerak angin dari arah Barat Daya dan Barat laut dengan ketinggian gelombang prediksi CEM 15 – 39 m dengan periode 10 – 15 s sedangkan prediksi gelombang ECMWF dengan ketinggian 17 -30 m dalam periode 10 – 11 s. Menurut [6], pada musim-musim Peralihan, matahari bergerak melintasi khatulistiwa, sehingga angin menjadi lemah dan

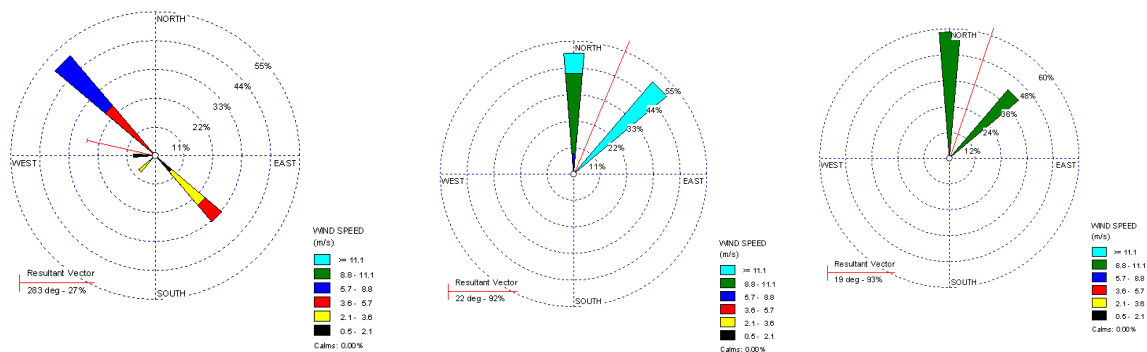
arahnya tidak menentu. Namun, pada musim ini arah angin menjadi kuat terlihat dari ketinggian gelombang yang terbentuk.

Berdasarkan tabel terlihat bahwa angin dari arah Barat Laut sangat mendominasi dan menjadi angin pembentuk gelombang dengan ketinggian yang besar. Secara keseluruhan, angin membentuk gelombang dengan panjang fetch 15 km – 20 km. Fetch yang terbentuk menunjukkan bahwa tidak ada penghalang pada arah tersebut sehingga angin mampu membangkitkan gelombang dengan

ketinggian yang besar. Ini juga menunjukkan bahwa lokasi stasiun yang dipilih tergolong perairan laut dalam dimana perairan Samudera Hindia terhubung dengan laut lepas. Selain itu, pembangkit gelombang oleh angin juga tidak mendapat pengaruh dari daratan. Hal ini dikarenakan perairan samudera Hindia merupakan perairan laut lepas. Ketinggian gelombang dan periode pembentuknya terlihat adanya hubungan yang linear dan saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya.

Tabel 1. Perbandingan Prediksi Gelombang CEM dengan ECMWF

Arah Angin	Fetch (m)	Prediksi Gelombang CEM		Prediksi Gelombang ECMWF	
		Hmo (m)	To (det)	Hmo (m)	To (det)
TG	200000	15.6763	10.7579	16.7654	10.9642
TG	200000	24.7628	12.6545	23.6632	11.0280
TG	200000	15.4442	10.3137	14.7865	10.7604
B	200000	10.9296	9.5126	11.9876	10.6734
BL	150000	20.8398	12.5182	18.6754	10.5646
BL	150000	26.2127	13.4218	20.1364	10.8353
BL	150000	32.4889	14.6324	26.1023	11.1476
BL	150000	38.4836	15.5133	27.4657	10.8291
BL	150000	39.9400	15.7122	30.6578	10.7497
BL	150000	32.2933	14.5246	23.4325	10.5156
BD	200000	15.8444	10.5036	17.5543	10.5948
TG	200000	8.1061	8.3236	10.7865	10.7490



Gambar 4. Windrose, Waverose CEM dan Wavrose ECMWF

Ketiga gambar di atas merupakan gambar dari windrose, waverose CEM dan, waverose ECMWF. Pada windrose arah angin dominan berasal dari Barat daya dengan kecepatan 6.7 -8.8 m/s dan 2.1 – 3.6 m/s. Pada waverose prediksi CEM arah angin dominan berasal dari Timur laut dengan kecepatan

>11.1 m/s. Pada waverose prediksi ECMWF arah angin dominan berasal dari utara dengan kecepatan berkisar 8.0 – 11.1 m/s. Dari ketiga gambar, arah angin inilah yang mampu membangkitkan gelombang dengan ketinggian yang besar.

Karakteristik Sedimen

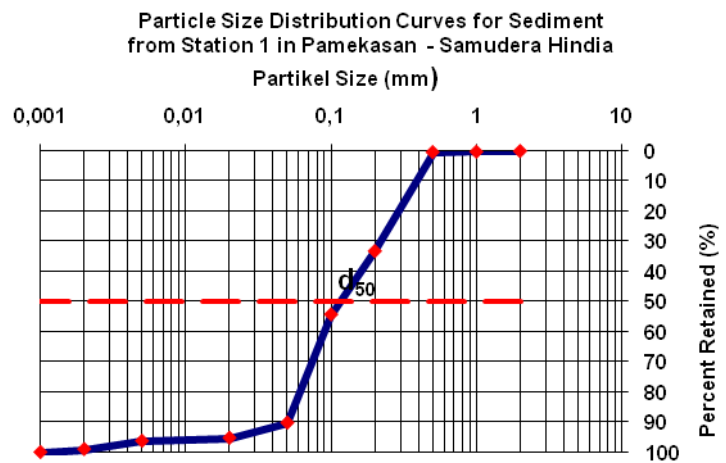
persentase dan persen kumulatif. Dari hasil tabel tersebut dapat diperoleh D₅₀ merupakan 50%

ukuran partikel sedimen yang terdapat di wilayah tersebut berapa. Ukuran fraksi sedimen bervariasi yaitu berkisar antara 0.001 – 2 mm dimana setiap ukuran memiliki persentase dan persen kumulatif berbeda. Persentase terbesar terletak pada ukuran sedimen 0.05 sebesar 35.89 %. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa perairan Samudera Hindia memiliki ukuran fraksi sedimen dominan 0.05. menurut penentuan D_{50} , 50 % ukuran fraksi sedimen di perairan samudera Hindia memiliki

ukuran 0.13 mm. Ukuran fraksi sedimen juga menunjukkan besarnya gelombang yang terjadi pada wilayah tersebut. Semakin besar ukuran fraksi sedimen, maka gelombang perairan dari semakin besar. Fraksi sedimen yang sampai ke pantai bergerak akibat perambatan gelombang yang bergerak dari laut menuju pantai. Apabila energi gelombang besar maka fraksi sedimen yang terbawa ke pantai pun akan semakin besar.

Tabel 2. Ukuran D_{50} Fraksi Sedimen

Stasiun		
Size	Persentase	% Cumulative
2	0.15	0.15
1	0.21	0.36
0.5	0.13	0.49
0.2	32.85	33.34
0.1	20.99	54.33
0.05	35.89	90.22
0.02	5.04	95.26
0.005	1.00	96.26
0.002	2.74	99
0.001	1.00	100



Transformasi Gelombang Ke Pantai Dan Arus Menyusur Pantai Serta Angkutan Sedimen

Berdasarkan perhitungan dengan rumus CEM [7] diperoleh laju transport sedimen dari perhitungan tinggi gelombang pecah (H_b) dan kedalaman laut gelombang pecah (d_b) rata-rata

bulanan selama 10 tahun di Perairan Samudera Hindia (sebelah timur Pulau Sumatera) adalah sebagai berikut :

Tabel 3. Transformasi gelombang, arus menyusur pantai dan angkutan sedimen

Bulan	H_b (m)	γ_b (m)	d_b (m)	V_{amp} (m/s)	H_b msb(m)	Q (m ³ /bln)
Januari	14.2933	0.7790	18.7451	6.9231	1.14	133.2398
Februari	22.0227	0.7604	29.7054	8.5835	1.14	153.1838
Maret	13.9215	0.7779	18.5038	6.8322	1.14	107.1465
April	10.2245	0.8021	13.0730	5.8526	1.14	-156.2783
Mei	18.9696	0.7678	24.8819	7.9713	1.14	-151.7127
Juni	23.4538	0.7532	31.3486	8.8507	1.14	-164.1752
Juli	28.7744	0.7413	38.9127	9.7854	1.14	-160.5781
Agustus	33.7201	0.7304	46.2101	10.5702	1.14	-151.5222
September	34.9133	0.7280	47.9912	10.7497	1.14	-149.3394
Oktober	28.5748	0.7427	38.7039	9.7538	1.14	-128.7271
Nopember	14.4514	0.7795	18.9399	6.9614	1.14	-130.1867
Desember	8.3830	0.7804	10.7525	5.3021	1.14	124.2769

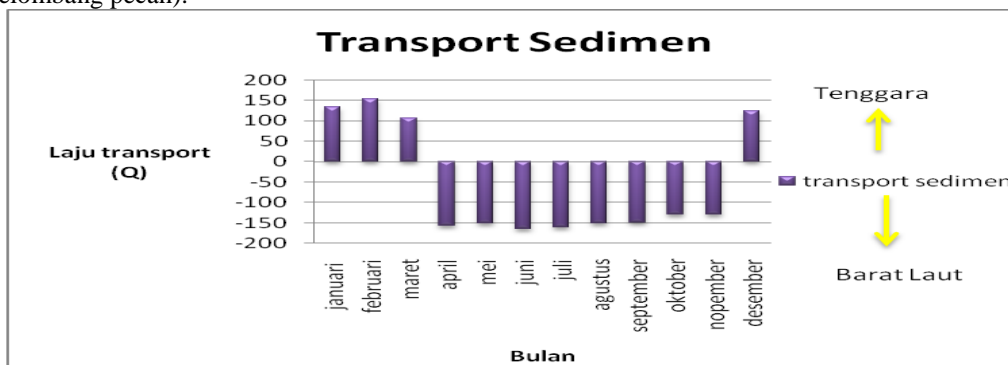
Pada Tabel 3 dapat dilihat pada bulan Juni hingga September diperoleh nilai tinggi gelombang pecah semakin meningkat yaitu berkisar antara 23 – 34 m. Semakin tinggi gelombang pecah, kedalaman gelombang pecah juga semakin meningkat yaitu berkisar antara 31 – 47 m. Pada bulan tersebut, pembangkit gelombang berasal dari angin yang bergerak dari arah Barat Laut dimana panjang *fetch* 15 km. Angin dari arah tersebut berasal dari laut lepas dan berpengaruh besar terhadap pembangkit gelombang. Menurut Angin merupakan alat transportasi penting untuk memindahkan materi langsung ke laut. Tinggi gelombang pecah paling rendah terjadi pada bulan Desember dengan nilai 8.33 m dengan kedalaman gelombang pecah 10.75 m.

Besarnya ketinggian gelombang pecah berpengaruh pada arus menyusur pantai dan laju transport sedimen. Arus menyusur pantai terbentuk karena adanya perambatan gelombang dari laut dalam menuju pantai dengan sudut yang beriringan secara horizontal menuju pantai. Arus tersebut akan mempengaruhi transport sedimen yang masuk dan keluar pantai. Kecepatan arus menyusur pantai tertinggi (V_{amp}) sebesar 10.7497m/s terjadi pada bulan September. Kecepatan arus memiliki hubungan linear dengan H_b (ketinggian gelombang pecah), d_b (kedalaman gelombang pecah) dan γ_b (sudut gelombang pecah).

Disribusi energi gelombang ditepi pantai akan merubah bentuk pantai melalui peristiwa erosi ataupun sedimentasi. Transpor sedimen dipengaruhi oleh 3 hal yaitu H_b (ketinggian gelombang pecah), d_b (kedalaman gelombang pecah) dan γ_b (sudut gelombang pecah). Perubahan gelombang pantai sangat dipengaruhi oleh arus sejajar pantai (*longshore current*) yang disebabkan oleh gelombang yang menuju pantai. Laju transpor sedimen terjadi karena adanya gelombang ke arah tenggara dan barat laut. Transport sedimen tertinggi pada bulan Juni yaitu -5.4725 m³/hari dan -164.1752 m³/bulan. Pada bulan Juni, nilai H_b , d_b dan γ_b tergolong tinggi.

Perubahan morfologi akan merujuk kepada aktivitas pengendapan sedimen (sedimentasi) yang terjadi di pantai, hal ini merupakan fungsi ekstrim dari hasil evaluasi yang relative penting dari variasi sedimen yang masuk dan keluar pada zona perairan tersebut [8].

Nilai minus menunjukkan bahwa transport sedimen terjadi karena adanya gelombang ke arah Barat laut dan menyebabkan sedimentasi. Sedangkan nilai positif menunjukkan gelombang ke arah Tenggara dan terjadinya erosi Berdasarkan perhitungan analitik dari hasil tabel diperoleh gambar pola transport sedimen sebagai berikut :

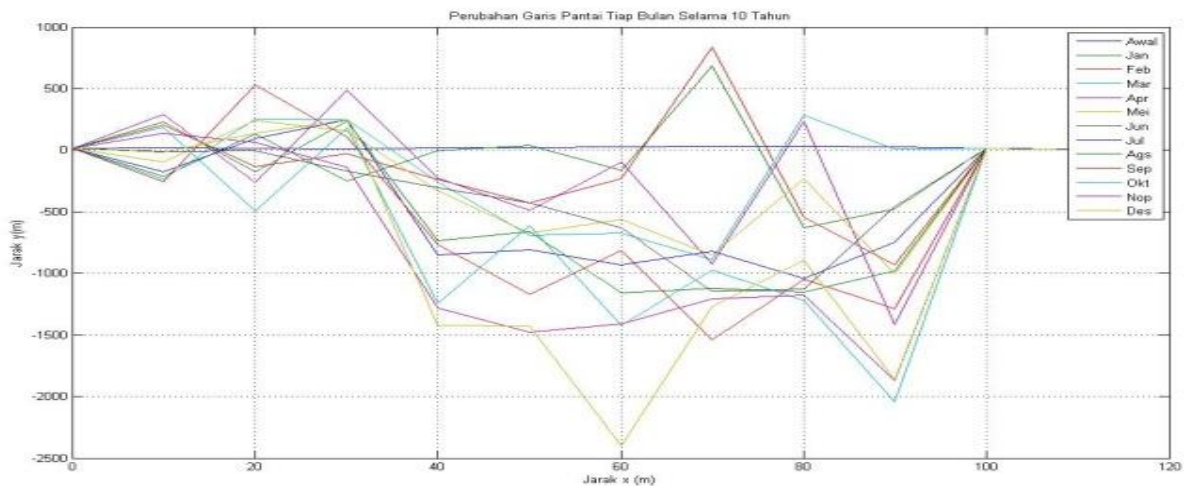


Gambar 5. Pola angkutan sedimen bulanan selama 10 tahun di Perairan Samudera Hindia

Perubahan Garis Pantai

Berdasarkan permodelan menggunakan Matlab 8.0 dapat dibuat permodelan garis pantai selama 10 tahun terlihat pada gambar di bawah ini. Gelombang laut yang menerpa pantai akan memberikan dampak perubahan terhadap garis pantai. Perubahan bentuk pantai baik akibat pengaruh dari laut ke darat ataupun dari darat ke laut berupa sedimentasi dan erosi [9-11] Pada gambar menunjukkan adanya pertambahan dan pengurangan garis pantai setiap 10 meter pada setiap bulannya selama 10 tahun. Garis pantai awal ditunjukkan dengan garis biru mendarat.

Penambahan garis pantai tertinggi yaitu sekitar 800 m dari garis awal pada sel 7 (jarak 70 m) sedangkan pengurangan garis pantai tertinggi yaitu 2400 m dari garis awal pada sel 6 (80 m). Penambahan garis pantai disebabkan oleh laju transport sedimen yang memasuki pantai. Penambahan transport sedimen akan menyebabkan sedimentasi sedangkan pengurangan transport sedimen menyebabkan erosi di sekitar pantai. Selain itu, disebabkan juga adanya pengaruh bangunan pantai.

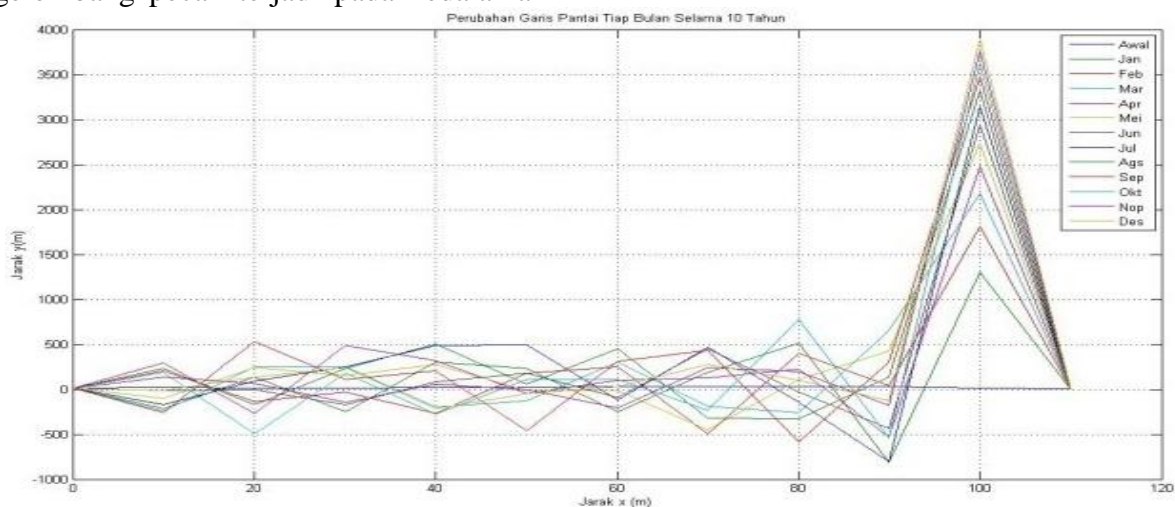


Gambar 6. Model perubahan garis pantai selama 10 tahun di Perairan Samudera Hindia

Skenario Perubahan Garis Pantai

Gambar 7 merupakan permodelan garis pantai dengan perlakuan tambahan berupa *groin*. Berdasarkan gambar terlihat bahwa penambahan garis pantai yang signifikan terjadi pada sel 10 yaitu pada jarak 100 m. Pada jarak tersebut, garis pantai cenderung bertambah setiap bulannya. Hal ini menunjukkan bahwa adanya *groin* pada sel tersebut menyebabkan penambahan garis pantai. Penambahan garis pantai juga dipengaruhi oleh H_b (ketinggian gelombang pecah), d_b (kedalaman gelombang pecah) dan γ_b (sudut gelombang pecah). Apabila gelombang pecah terjadi pada kedalaman

yang meningkat dengan ketinggian gelombang yang besar dan sudut semakin besar maka transport sedimen yang memasuki pantai akan semakin banyak. Laju transport sedimen semakin besar maka garis pantai juga akan semakin bertambah luas ke arah pantai dan sebaliknya. Permodelan hasil gambar di bawah ini mendapat perlakuan tambahan 2 *groin* yaitu sel 4 pada jarak 40 m dan sel 10 pada jarak 10 m. Namun, penambahan garis pantai hanya terlihat pada jarak 10 m dimana memiliki α_b , d_b , H_b yang bernilai besar.



Gambar 7. Skenario perubahan garis pantai selama 10 tahun di Perairan Samudera Hindia.

4. Kesimpulan

Peramalan data angin di perairan Samudera Hindia mampu membangkitkan gelombang yang dominan dari arah Barat laut dengan arah yang sama, angin tersebut mampu membangkitkan gelombang dengan ketinggian yang besar dan dalam durasi yang lama. Angin dari arah barat laut berlangsung selama bulan Mei – Oktober. Besarnya gelombang juga dapat mencerminkan ukuran fraksi sedimen yang terbentuk di perairan. Peramalan gelombang laut dalam di perairan Samudera Hindia memiliki ketinggian yang besar sehingga mampu membawa sedimen yang berukuran besar ke pantai dimana D_{50} bernilai 0.13 mm. Faktor yang mempengaruhi laju transport sedimen di pantai adalah H_b (ketinggian gelombang pecah), d_b (kedalaman gelombang pecah) dan γ_b (sudut gelombang pecah). Arus menyusur pantai memiliki hubungan linear dengan ketiga faktor tersebut dimana dapat menyebabkan perubahan bentuk garis pantai secara fisik. Garis pantai cenderung bertambah akibat adanya sedimentasi dan garis pantai akan berkurang akibat adanya erosi. Namun, jika ada *groin/breakwater* juga mempengaruhi bentuk garis pantai dimana dengan adanya *groin* mampu menahan sedimen yang ada di pantai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wyrski, K. 1961. Physical oceanography of the Southeast Asian waters. Scripps Institution of Oceanography.
- [2] Wu, Q., Colin, C., Liu, Z., Thil, F., Dubois-Dauphin, Q., Frank, N., ... & Douville, E. 2015. Neodymium isotopic composition in foraminifera and authigenic phases of the South China Sea sediments: Implications for the hydrology of the North Pacific Ocean over the past 25 kyr. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 16(11), 3883-3904.
- [3] Sari, L. K., Adrianto, L., Soewardi, K., Atmadipoera, A. S., & Hilmi, E. 2016, (May). Sedimentation in lagoon waters (Case study on Segara Anakan Lagoon). In THE 5TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EARTHHAZARD AND DISASTER MITIGATION: The Annual Symposium on Earthquake and Related Geohazard Research for Disaster Risk Reduction (Vol. 1730, No. 1, p. 080002). AIP Publishing.
- [4] Affandi, A. K., & Surbakti, H. 2012. Distribusi Sedimen Dasar di Perairan Pesisir Banyuasin, Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 33-39.
- [5] Setiyarso, B., Muryani, C., & Sarwono, S. 2016. Analisis Perubahan Garis Pantai Dan Perubahan Penggunaan Lahan Kabupaten Rembang Tahun 2003-2014. *GeoEco*, 2(1).
- [6] Koropitan, A. F., & Ikeda, M. 2016. Influences of Physical Processes and Anthropogenic Influx on Biogeochemical Cycle in the Java Sea: Numerical Model Experiment. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 532-552.
- [7] Arnout, N., Vanlommel, L., Vanlommel, J., Luyckx, J. P., Labey, L., Innocenti, B., ... & Bellemans, J. 2015. Post-cam mechanics and tibiofemoral kinematics: a dynamic in vitro analysis of eight posterior-stabilized total knee designs. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(11), 3343-3353.
- [8] Komar, P. D., & Sunamura, T. 2015. Morphology of erosional and accretionary coasts. *International Compendium of Coastal Engineering* (eds. Sato, S. and Isobe, M.). World Scientific, Singapore, 153-195.
- [9] Sulaiman, A dan I Soehardi. 2008. Pendahuluan Geomorfologi Pantai Kuantitatif. BUKU-e LIPI. BPPT.
- [10] Ishak, J., & Amin, B. 2016. Analisis Logam Berat pada Air dan Sedimen di Perairan Pantai Pulau Singkep Kepulauan Riau. *Jurnal Terubuk*, 42(2).
- [11] Murtiaji, C., Wibowo, M., Ifrani, M., Al Hakim, B., & Gumbira, G. 2015. Konsep Pola Spasial Pengembangan Konektivitas Dan Infrastruktur Pantai Serta Kajian Aspek Dinamika Pantai Untuk Penanganan Permasalahan Di Teluk Semarang. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, 9(1).