

KONDISI HIDRODINAMIKA DAN OCEANOGRAFI TELUK TOMINI PROPINSI SULAWESI TENGAH

Harly Hamad*

Abstract

This research aims to predict wave length, velocity, energy and fluks energy of wave, longshore current, tidal wave at shoreline beach of gulf tomini. The wave caused by wind can be predicting by wilson formula. Orientation of wave from north (58%) and from NW (47%) caused by the wind that happen in august to december with velocity 9,3 – 10,9 m/s. Another parameters of wave i.e : High wave ranging from 1,59 m to 2,02 m, wave length between 42 m and 51 m, their period is 5,17 S – 5,71 S. Longshore current = 0,074 m/s with 1,7259 m high of wave at breaker zone in 2,213 m deep. This value contribute to ratio (h/H) is 1,282. According velocity wave give fluks energy 3773 to 6038 Joule/m². Influks sediment in beach 3,04 to 6,43 m³/hour.

Keyword: Wave, Sediment, Current

1. Pendahuluan

Rusaknya kawasan pantai, dapat berupa terjadinya abrasi/akresi yang akan berdampak hilangnya daratan serta kawasan budidaya biota laut, terjadinya pendangkalan akibat sedimentasi pantai dari material yang dibawa oleh aliran sungai yang ada, terjadinya intrusi air laut kedaratan, serta terjadinya banjir dikawasan pantai akibat reklamasi daerah rawa dan pesisir.

Penelitian dinamika pantai berupa parameter-parameter gelombang laut./gelombang yakni, tinggi dan periode gelombang, kecepatan gelombang, arus susur pantai, serta energi dan fluks energi gelombang, dilakukan untuk melihat interaksi gelombang dan arus-arus dekat pantai. Parameter gelombang yang diakibatkan oleh pembangkitan gelombang oleh angin yaitu tinggi gelombang, periode gelombang, Kecepatan gelombang, Arus susur pantai, serta energi dan fluks energi gelombang, dapat diprediksi dengan menggunakan metode perumusan Wilson (Kubo, Massafumi dan Takezawa, 1987).

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Klasifikasi gelombang

Menurut Horikawa (1980), bahwa untuk perairan dalam nilai $2\pi h/L >> 1$, maka nilaitanh $2\pi h/L \approx 1$, sehingga kecepatan dan panjang

gelombang untuk laut dalam diprediksi dengan persamaan :

$$C_o = g T/2\pi = 1,56 T \quad (\text{m/dtk}) \dots\dots\dots(1)$$

$$L_o = g T^2/2\pi = 1,56 T^2 \quad (\text{m}) \dots\dots\dots(2)$$

Sedangkan untuk laut dangkal, dimana nilai $2\pi h/L \leq \pi/10$; $h/L \leq 1/20$, maka :

$$C = (gh)^{1/2} \dots\dots\dots(3)$$

$$L = T (gh)^{1/2} \dots\dots\dots(4)$$

Tabel 1 memperlihatkan klasifikasi gelombang menurut ratio kedalaman dan panjang gelombang (h/L) dan nilai batas $\tanh \left(\frac{2\pi h}{L} \right)$.

Tabel 1. Klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman

Klasifikasi	h/L	$2\pi \cdot h/L$	$\tanh 2\pi \cdot h/L$
Laut Dangkal	$> 1/2$	$> \pi$	≈ 1
Transisi	$1/25 - 1/2$	$1/4 - \pi$	$\tanh \frac{2\pi h}{L}$
Laut Dalam	$< 1/25$	$< 1/4$	$\approx \frac{2\pi h}{L}$

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

2.2 Pembangkitan gelombang oleh angin

Menurut Phillips dan Miles, gelombang dibentuk oleh angin karena adanya pengalihan energi dari angin ke badan air, dan membangkitkan gelombang yang merambat menjauhi daerah asal terbentuknya. Sehingga tinggi, periode dan panjang gelombang yang terbentuk tergantung pada kecepatan angin (U), lamanya angin berhembus (D) dan jarak pembangkitan gelombang oleh angin/feet (F).

Untuk prediksi gelombang di laut, data angin biasanya dihitung berdasarkan data arah dan kecepatan angin yang dapat diperoleh pada Badan Meteorologi dan Geofisika. Metoda yang dipakai untuk memprediksi gelombang dari data angin adalah metoda SMB (Sverdrup, Munk, dan Bretschneider) dan metoda PNJ (Pierson, Neumann, dan James).

2.3 Karakteristik gelombang

Selanjutnya karakteristik gelombang yang menuju ke tepi pantai dapat diprediksi berdasarkan perumusan Wilson (*Kubo, Masafumi dan Takezawa, 1987*), dalam bentuk persamaan empirik sebagai berikut :

$$\frac{gH}{U^2} = 0.3 \left[1 - \left\{ 1 + 0.004 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{1/2} \right\}^{-2} \right] \dots (5)$$

$$\frac{gT}{2\pi U} = 1.37 \left[1 - \left\{ 1 + 0.008 \left(\frac{gF}{U^2} \right)^{1/3} \right\}^{-5} \right] \dots (6)$$

Dengan: g adalah percepatan gravitasi; U adalah kecepatan angin; F adalah jarak pembangkitan gelombang efektif; T adalah periode gelombang; dan H adalah tinggi gelombang.

Untuk melihat perubahan tinggi gelombang yang diakibatkan oleh adanya refraksi gelombang terhadap kedalaman, maka perlu ditinjau persamaan kekekalan energi dalam keadaan tunak yang tidak lain adalah kekekalan fluks energi yang diberikan sebagai :

$$P_1 b_1 = P_2 b_2 \\ E_1 n_1 C_1 b_1 = E_2 n_2 C_2 b_2 \dots (7)$$

$$E = 1/8 \rho g H^2 \dots (8)$$

Sehingga dengan memasukkan persamaan (8) ke dalam persamaan (7) maka diperoleh :

$$\frac{H_2}{H_1} = \sqrt{\frac{n_1 C_{g1}}{n_2 C_{g2}}} \sqrt{\frac{b_1}{b_2}} \dots (9)$$

dengan;

$$K_r = \sqrt{\frac{b_1}{b_2}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2}} \dots (10)$$

Dimana K_1 yang merupakan koefisien refraksi dan,

$$K_s = \sqrt{\frac{n_1 C_1}{n_2 C_2}} \dots (11)$$

Dimana, K_2 adalah koefisien pendangkalan.

Gelombang akan mengalami perusakan (pecah) bila bentuk gelombang terlampaui curam atau perbandingan antara tinggi gelombang dan panjang gelombang, $(H/L) > 0,142$. Atau kedalaman laut terlampaui dangkal sehingga $(h/H) \approx 1,28$.

Dalam beberapa hasil eksperimen, ratio antara tinggi gelombang dan kedalaman pada saat gelombang pecah diperoleh dalam selang nilai antara 0,8 - 1,25 (Calvin, 1972 dan Komar, 1976).

Pada perairan dangkal, nilai $kh \ll 1$ dan nilai $L = 2\pi/k$, sehingga kriteria perusakan gelombang oleh McCowan (1894) diberikan :

$$\frac{H_B}{h_B} = \gamma_B = 0,78 \dots (12)$$

Berdasarkan hubungan fluks energi, Komar dan Caughan (1972) menurunkan persamaan semi empiris hubungan H_B/H_o dan H_o/L_o :

$$\frac{H_B}{H_o} = 0,563 \left(\frac{H_o}{L_o} \right)^{-1/5} \dots (13)$$

Pecahnya gelombang juga sangat tergantung pada kemiringan pantai ($\tan \beta$). Berdasarkan hal tersebut oleh Le Mehaute dan Koh (1967), menurunkan hubungan $H_B/H_o, H_o/L_o$, dan $\tan \beta$, sebagai :

$$\frac{H_B}{H_o} = 0,76 (\tan \beta)^{1/5} \left(\frac{H_o}{L_o} \right)^{-1/5} \dots (14)$$

Selanjutnya jika Tinggi gelombang (H_o), panjang gelombang (L_o) dan kemiringan pantai ($\tan \beta$) diketahui, sedangkan H_B dapat diprediksi dengan

menggunakan persamaan (13) dan (14), maka kedalaman pada saat gelombang pecah (h_B) dapat diprediksi dengan rumus :

$$\frac{h_B}{H_B} = \frac{1}{C_1 - \left(\frac{C_2 H_B}{g T^2} \right)} \dots\dots\dots(15)$$

Dengan $C_1 = 1,56/(1 + e^{-19.5 \tan \beta})$ dan $C_2 = 43,75 (1 - e^{-19 \tan \beta})$ adalah hubungan normalisasi (Coastal Engineering Research Centre, 1984).

2.4 Arus susur pantai

Arus susur pantai/litoral adalah arus yang sejajar pantai. Arus susur pantai terbangkit pada saat terjadinya perusakan gelombang yang arah datangnya membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus ini sebagian besar terkurung dalam mintakat hempasan (surf zone) dan sangat berpengaruh dalam proses transportasi sedimen karena berlangsung dalam waktu yang lama.

Kecepatan arus susur pantai ini pada umumnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus Longuet-Higgins,

$$V_B = \frac{5\pi}{16} \frac{\gamma}{C_f} \sqrt{gh_B} (\tan \beta) \sin \alpha_B \dots\dots\dots(16)$$

Dengan V_B adalah kecepatan arus susur pantai pada daerah gelombang pecah, C_f adalah koefisien gesekan ($C_f = \left[1,74 + 2 \log \left(\frac{h_b}{k} \right) \right]^{-2}$), γ adalah rasio antara tinggi gelombang dan kedalaman, h_B adalah kedalaman gelombang pecah, $\tan \beta$ adalah kelandaian pantai, α_B adalah sudut gelombang pada garis perusakan, k adalah bilangan gelombang ($2\pi/L = 10^{-3}m$) untuk pantai berpasir, dan g adalah percepatan gravitasi ($9,8 m/dtk^2$).

3. Metode Penelitian

3.1 Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian Kondisi Hidrodinamika & Oceanografi Sepanjang Pantai Teluk Tomini, Sulawesi Tengah ini, dilaksanakan lebih kurang 6 bulan Meliputi Studi lapangan, pengambilan data, analisa data dan pengolahan data. Lokasi penelitian bertempat disepanjang pantai teluk Tomini Propinsi Sulawesi Tengah.

3.2 Prediksi tinggi dan periode gelombang yang terbangkit

Penelitian untuk memprediksi tinggi (H), panjang (L) dan periode gelombang (T) yang terbangkit, yang dilakukan pada disepanjang perairan teluk Tomini, terlebih dahulu dihitung panjang pembangkitan gelombang (F) dengan menggunakan peta digital dari Microsoft Encarta. Kecepatan angin berhembus (m/dt) dan Arah datang, telah diperoleh dari Badan Meterologi & Geofisika Bandar Udara Mutiara Kota Palu. Untuk melihat variasi tinggi dan periode gelombang yang terbangkit maka data yang diolah mewakili musim barat dan musim timur, sehingga data kecepatan angin bulanan diambil selama 5 (lima) tahun terakhir. Prediksi Tinggi dan Periode Gelombang dilakukan berdasarkan perhitungan menurut persamaan (5) dan Persamaan (6). Hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang memungkinkan kita untuk memprediksi panjang gelombang (L) terbangkit, yang dihitung berdasarkan persamaan (3).

3.3 Penentuan energi dan fluks energi gelombang

Untuk melihat perubahan tinggi gelombang yang diakibatkan oleh adanya refraksi gelombang terhadap kedalaman, maka perlu dilihat besarnya energi dan fluks energi yang terbangkit. Berdasarkan parameter yang diperoleh pada bagian sebelumnya, maka parameter energi dan fluks energi gelombang dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (7) dan persamaan (8).

3.4 Prediksi arus susur pantai yang terbangkit

Arus susur pantai/litoral adalah arus yang sejajar pantai. Arus susur pantai terbangkit pada saat terjadinya perusakan gelombang yang arah datangnya membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus ini sebagian besar terkurung dalam mintakat hempasan (surf zone) dan sangat berpengaruh dalam proses transportasi sedimen karena berlangsung dalam waktu yang lama.

Kecepatan arus susur pantai ini pada umumnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus Longuet-Higgins, persamaan (16). Dimana h_B adalah kedalaman gelombang pecah, diperoleh melalui perumusan Coastal Engineering Research Centre, persamaan (15). $\tan \beta$ adalah kelandaian pantai, α_B adalah sudut gelombang pada garis perusakan, k adalah bilangan gelombang ($2\pi/L = 10^{-3}m$) untuk pantai berpasir, dan g adalah percepatan gravitasi ($9,8 m/dtk^2$).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Kondisi fisik Kawasan Teluk Tomini

Perairan teluk Tomini berada dalam area pemanfaatan 4 kabupaten dalam wilayah propinsi Sulawesi Tengah, yaitu Parimo, Poso, Touna dan Luwuk dan kabupaten Banggai Kepulauan.. Batas wilayah geografisnya : sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Buol, Kabupaten Tolitoli propinsi Gorontalo, dan Sulawesi Utara; sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Poso, Touna, dan Luwuk.; sebelah barat berbatasan dengan Parimo, Kota Palu dan Kabupaten Donggala serta sebelah timur dengan laut Sulawesi dan Samudra Atlantik.

Sebagaimana daerah lain di Indonesia, terdapat dua musim di kawasan perairan teluk Tomini yakni musim panas yang terjadi antara April – September dan musim hujan yang terjadi pada Oktober – Maret. Hasil pencatatan suhu udara pada 2002, suhu maximum tertinggi terjadi pada Oktober (35,9 °C) dan suhu udara maximum terendah terjadi pada Juni (31,1 °C). Sedangkan suhu udara minimum tertinggi terjadi pada Oktober yakni 24,3 °C dan suhu udara minimum terendah terjadi pada April dan Mei yang mencapai 22,6 °C. Kelembaban udara antara 66 – 82%, di mana kelembaban udara rata-rata tertinggi terjadi pada Juni yang mencapai 82%, sedangkan kelembaban udara rata-rata terendah terjadi pada Oktober yakni 66%. Curah hujan tertinggi pada 2002 terjadi pada April yakni 125 mm, dan pada Nopember 115 mm. Sedangkan curah hujan terendah pada Juli dan Oktober yakni 2 mm. Kecepatan angin rata-rata berkisar antara 5 – 7 knots, dimana kecepatan angin maksimum mencapai 15 hingga 21 knots. Arah angin pada 2002 yaitu datang dari posisi 315°.

Berdasarkan analisis peta rupa bumi skala 1 : 50.000, Teluk Tomini terletak pada leher lengan tengah sulawesi dan pesisir timur sulawesi, umumnya dicirikan oleh pedataran dan sedikit perbukitan berbatasan dengan laut. Berdasarkan bentuk morfologi, ketinggian dan sudut lereng, daerah ini dapat dibagi 3 bagian morfologi antara lain sebagai berikut :

- 1) Pedataran, umumnya mengikuti bentuk garis pantai, memiliki kemiringan 0 – 1%, ketinggian dari permukaan laut 0 - 6 meter kearah daratan, tersusun atas endapan aluvial pantai dan aluvial sungai. Sungai umumnya berpola sub-paralel-paralel bermuara pada pantai, bentuk morfologi oleh muara sungai ini berbentuk corong, penampang sungai berbentuk U sedang.

Sedimentasi didominasi oleh material pasir dan kerikil, sedikit mengandung lempung, arus sungai sedang-lemah, stadia sungai dewasa- tua.

- 2) Perbukitan, pada umumnya menempati daerah bagian tengah peta, tetapi pada daerah Uwepolo dan Pelawa berbatasan dengan garis pantai, kemiringan lereng 6 - 20%, ketinggian 0 - 125 m dari muka laut, batuan penyusun satuan ini umumnya batuan metamorf. Sungai berpola aliran subdendritik - sub paralel, bentuk penampang sungai U, dengan material penyusun aluvial dan batuan seperti sekis, batu sabak, kuarsit dan granit, beberapa tempat batuan ini tersingkap dengan baik. Stadia sungai muda – dewasa
- 3) Pegunungan, umumnya menempati sebelah barat dengan kemiringan 20 - 80% ketinggian tertinggi Bulu Takugombunu (1500 M) dan Bulu Taggunung (1420 m) dpl. Sungai berpola dendritik - subparalel, tersusun atas batuan beku granit, metamorf dan sedimen mollase sulawesi. Bentuk penampang sungai v - u, stadia sungai muda, sungai utama antara lain Kuala Tindaka, Kuala Dolago, Kuala Korontua, Kuala Baliara, Kuala Toboli dan Kuala Towera.

4.2 Parameter Oseanografi

4.2.1 Analisa data angin

Dalam penelitian ini data kecepatan dan arah angin selama 5 tahun terakhir (tahun 2001-2005) diperoleh dari Stasion Meteorologi dan Geofisika Palu. Data angin yang diperoleh menunjukkan bahwa pada tahun 2001 angin rata-rata bertiup dari arah utara (357°) dengan kecepatan maksimum rata-rata 9,3 m/s. Pada tahun 2002 angin rata-rata bertiup dari arah timur laut (334°) dengan kecepatan maksimum rata-rata 9,4 m/s, pada tahun 2003 angin rata-rata bertiup dari arah timur laut (319°) dengan kecepatan maksimum rata-rata 9,3 m/s dan pada tahun 2004 angin rata-rata bertiup dari arah timur laut (330°) dengan kecepatan maksimum rata-rata 10,4 m/s, serta pada tahun 2005 angin rata-rata bertiup dari arah utara (360°) dengan kecepatan maksimum rata-rata 10,9 m/s. Pada Tabel 2 terlihat bahwa kecepatan angin yang bertiup tiap tahunnya akan meningkat pada akhir musim timur hingga akhir musim barat (Agustus-Desember) dan cenderung menurun pada musim timur dan pada awal musim peralihan 2 (Maret-Juni). Namun jika dilihat pola arah datangnya angin selama 5 terakhir, maka arah angin dominan berasal dari arah utara (58,3 %) dan diikuti angin dari arah Barat Laut (48,7%). Kecepatan angin maksimum selama 5 tahun rata-rata 9,9 m/s. Sedangkan Kecepatan angin

rata-rata bulanan berkisar antara 9,3 sampai 10,9 m/s.

4.2.2 Tinggi, Panjang dan Periode gelombang

Prediksi tinggi, panjang dan periode gelombang berdasarkan data kecepatan angin maksimum selama 5 tahun terakhir dilakukan dengan menggunakan metode Wilson.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh data, pada perairan teluk Tomini; Tinggi gelombang antara 1,59 hingga 2,02 meter, Panjang gelombang antara 42 hingga 51 meter, dengan periode antara 5,17 hingga 5,71 detik.

4.2.3 Arus susur pantai

Gelombang yang datang miring terhadap garis normal pantai setelah pecah akan membangkitkan arus susur pantai. Berdasarkan arah dan tinggi

gelombang yang pecah serta kedalaman air, maka kecepatan arus susur pantai di sepanjang pantai perairan teluk Tomini, dapat dihitung dengan menggunakan metode Longuet Higgins. Berdasarkan hasil perhitungan kecepatan arus susur pantai selama 5 tahun menunjukkan bahwa kecepatan arus susur pantai yang terbangkit rata-rata sebesar 0,074 m/s,

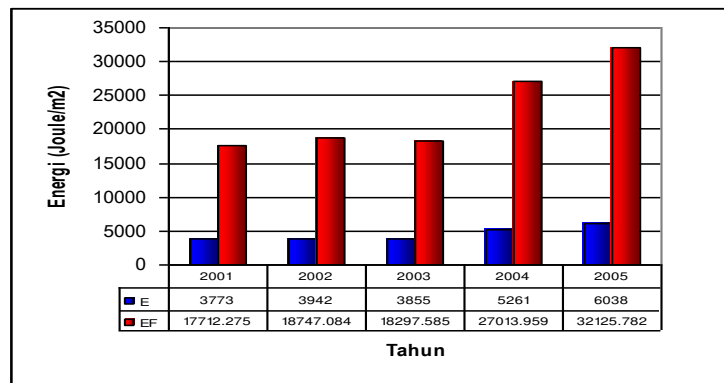
4.2.4 Energi gelombang dan angkutan sedimen

Besarnya energi menuju pantai sangat penting untuk diketahui karena berhubungan dengan mekanisme terjadinya sedimentasi. Berdasarkan hasil perhitungan besarnya energi (E) dan fluks energi (EF) pada perairan teluk Tomini disajikan pada Gambar 1.

Tabel 2.. Data Arah dan Kecepatan Angin Maksimun (2001-2005)

No	Bulan	2001		2002		2003		2004		2005	
		Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec.	Arah	Kec	Arah	Kec
1	Januari	350	8	360	9	360	8.5	315	9.5	360	12
2	Pebruari	350	9	360	9	270	9.5	315	10.5	360	11
3	Maret	350	9.5	360	9.5	315	9	315	9.5	360	10.5
4	April	350	10	360	10	360	8.5	315	10	360	10
5	Mei	360	9.5	360	7.5	315	8.5	315	9	360	11
6	Juni	360	9	315	9	315	9	315	10	360	9
7	Juli	360	10	315	9	315	9	315	9	360	9
8	Agustus	360	8.5	315	10	315	9.5	315	10.5	360	12.5
9	September	350	10	315	10	315	10	360	11.5	360	10.5
10	Oktober	360	10	315	10	315	9	360	12	360	10.5
11	Nopember	360	9	315	9.5	315	11.5	360	11	360	12
12	Desember	360	9	315	10.5	315	10	360	12	360	12.5
Rata-rata		355.8	9.3	333.8	9.4	318.8	9.3	330.0	10.4	360.0	10.9

Sumber : Stasion Meteorolgi Palu



Gambar 1. Besarnya Energi dan Fluks Energi Gelombang

Berdasarkan Gambar 1 yang diperoleh terlihat bahwa besarnya energi dan fluks energi berbanding lurus. Besarnya energi yang terbangkit, antara 3773 hingga 6038 Joule/m². Hal lain yang perlu dilihat bahwa dari tahun ketahun energi gelombang yang terjadi semakin besar.

Angkutan sedimen di pantai sangat dipengaruhi oleh dinamika gelombang dan arus mintakat hempasan serta ukuran sedimen. Perhitungan angkutan sedimen dilakukan dengan menggunakan hasil perhitungan tinggi gelombang pecah. Perhitungan angkutan sedimen pada ruas pantai pesisir perairan Teluk Tomini dilakukan dengan menggunakan Metode Sawaragi. Hasil prediksi angkutan sedimen menunjukkan bahwa besar angkutan sedimen yang terjadi selama 5 tahun terakhir berkisar antara 3,04 sampai 6,43 m³/jam (Gambar 2).

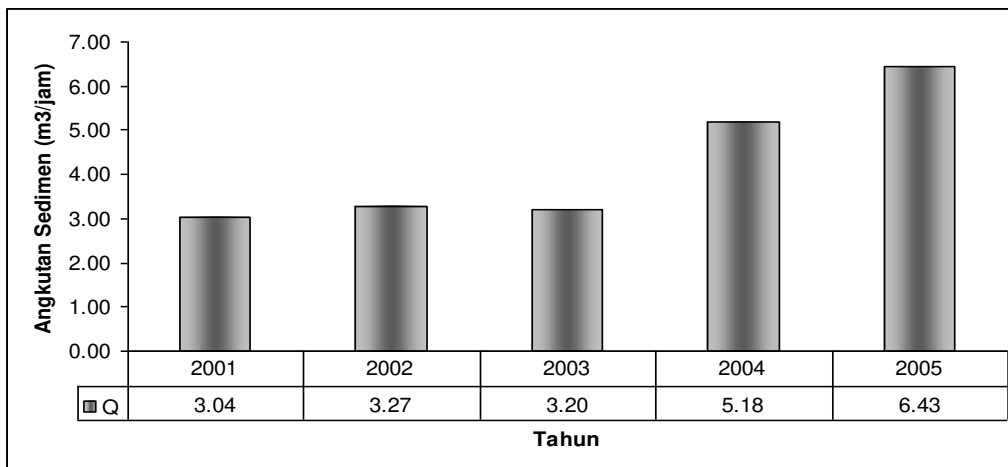
4.2.5 Pasang surut

Berdasarkan data komponen pasang surut yang diperoleh maka berdasarkan perumusan Formzalh dalam bentuk;

$$F = \frac{(AK1 + AO1)}{(AM2 + AS2)}$$

$$F = \frac{(22,00 + 8,00)}{(54,00 + 47,00)} = 0,3$$

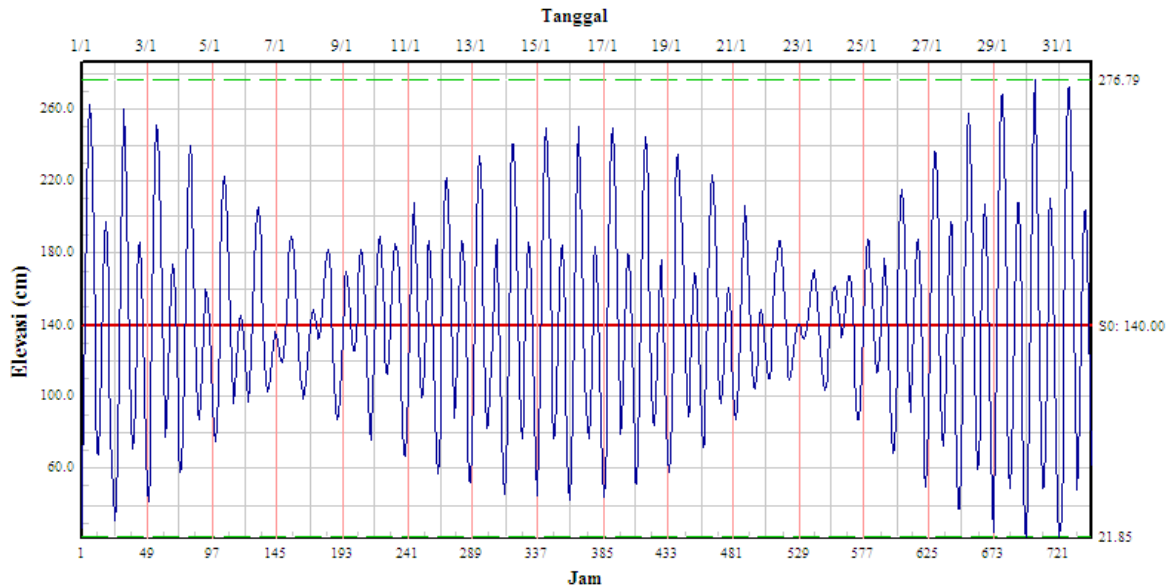
Perhitungan bilangan Formzalh (F) menghasilkan nilai F = 0.3, nilai ini memberikan informasi bahwa jenis pasang surut pada perairan teluk Tomini adalah tipe pasang surut campuran condong keharian ganda (mixed tide prevailing semidiurnal). Artinya dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Tipe Pasut seperti ini dominan terjadi di Indonesia bagian timur (Triatmodjo B, 1994).



Gambar 2. Grafik Angkutan Sedimen

Tabel 2. Data komponen pasang surut

	So	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
Fasa (deg)	----	167,00	162,00	168,00	162,00	135,00	58,00	135,00	203,00	238,00
Amplitudo (cm)	140,00	54,00	47,00	10,00	13,00	22,00	8,00	7,00	1,00	1,00



Gambar 3. Grafik Peramalan Pasang Surut Perairan Teluk Tomini
(Stasiun 120° 03' 12" BT dan 0° 25' 07 LS)

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil prediksi parameter-parameter gelombang yang terbangkit disepanjang pantai teluk Tomini Propinsi Sulawesi Tengah, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Pengaruh parameter gelombang terhadap garis pantai di sepanjang pantai teluk Tomini, didominasi oleh gelombang dari arah utara (58,3 %) dan barat laut (48,7%). yang dibangkitkan oleh tiupan angin yang maksimum terjadi pada bulan Agustus-Desember dengan kecepatan angin rata-rata bulanan berkisar antara 9,3 sampai 10,9 m/s.
- 2) Parameter gelombang hasil prediksi selama lima tahun terakhir, yaitu Tinggi gelombang antara 1,59 hingga 2,02 meter, Panjang gelombang antara 42 hingga 51 meter, dengan periode antara 5,17 hingga 5,71 detik. Tinggi, panjang dan periode gelombang maksimum terjadi pada tahun 2004-2005.
- 3) Kecepatan arus susur pantai yang terbangkit disepanjang pantai teluk Tomini, rata-rata 0,074 m/s, dengan tinggi gelombang pada zona gelombang pecah 1.7259 meter dengan kedalaman gelombang 2.213 meter. Nilai ini memberikan nilai ratio (h/H) adalah 1,282.

- 4) Kecepatan gelombang, energi dan fluks energi yang terbangkit adalah antara 3773 hingga 6038 Joule/m². Hal lain yang perlu dilihat bahwa dari tahun ketahun energi gelombang yang terjadi semakin besar.

- 5) Hasil prediksi angkutan sedimen menunjukkan bahwa besar angkutan sedimen yang terjadi selama 5 tahun terakhir berkisar antara 3,04 sampai 6,43 m³/jam.

6. Daftar Pustaka

- Beer, T, 1983. Environmental Oceanography. Pergamon Press, England.
- Carter, R.W.G. 1988. Coastal Environmental. Academic Press London
- Horikawa, K., 1980. Nearshore Dynamics and Coastal Processes. University of Tokyo Press. Japan
- Ippen, A.T., 1966. Estuary and Coastline Hydrodynamics. McGraw - Hill Book Company, Inc. New York.
- Komar, P.D. , 1976. Beach Processes and Sedimentation. Prentice - Hall, Inc., Englewood Cliffs. New Jersey.

- Kubo, Massafumi, dan Takezawa Mitzuwo, 1987. Dasar-Dasar Teknik Perpantaian (Dalam Bahasa Jepang). Kokumin Kogakusha Jepang.
- Massel, S.R, 1989, The Hydrodynamic of Coastal Zone . Elsevier Science Publisher B. V. ,, Amsterdam.
- Nontji, A., 1987. Laut Nusantara. Penerbit Djambatan. Jakarta
- Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso, 1989. Pasang surut . LIPI - Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi , Jakarta.
- Sunamura , T., Geomorphology of Rocky Geomorphology Rocky Coasts Institute. University . of Tsukuba . Ibaraki
- Suriamihardja, D. A. 1993. Peranan Teknik Pantai dalam rangka Pemanfaatan Pantai Secara optimal. Ceramah Ilmiah Kelautan. Ujung Pandang.
- Triatmodjo B., 1994, “Studi Pengerusan Endapan Pasir di Muara Sungai : Studi Kasus Muara Sungai Serang”, Majalah Media Teknik, Fakultas Teknik UGM, Tahun XVI Edisi Agustus 1994 No. ISSN 0216-3012, Yokyakarta, hl 44 - 54.