

ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG DAERAH PANTAI TOBOLOLO KELURAHAN TOBOLOLO KOTA TERNATE PROVINSI MALUKU UTARA

Kurniawan M. Hi. Sabatun

Tommy Jansen, M. Ihsan Jasin

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: kurniawansabatun02@yahoo.com

ABSTRAK

Pengelolaan wilayah pantai sangatlah penting dalam mempertahankan bentuknya dimana wilayah pantai berperan khusus dalam bidang rekreasi, pelabuhan, navigasi, dan lain sebagainya. Pantai Tobololo yang merupakan salah satu wilayah pantai daerah wisata. Oleh sebab itu dalam pengembangan dan pengamanan daerah pesisir maka perlu mengetahui karakteristik gelombang yang terjadi di pantai tersebut.

Dalam penelitian ini perlu dilakukan pendekatan teori dan analisis transformasi gelombang yang terjadi di kawasan pantai Tobololo. Peramalan gelombang dihitung dengan metode hindcasting gelombang berdasarkan data angin selama 10 tahun dari stasiun BMG Ternate untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang signifikan.

Dari hasil perhitungan gelombang di perairan Pantai Tobololo didominasi oleh gelombang arah Timur Laut dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan November 2014 dengan $H = 0.449$ m dan $T = 2.908$ det. Koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 0.996 sampai 1.500 dan koefisien shoaling yang terjadi berkisar pada 0.832 sampai 1.189. Tinggi gelombang yang didapat dari hasil perhitungan berkisar pada 0.444 sampai 0.782 m pada kedalaman 1 m sampai 10 m.

Kata kunci: *Pantai Tobololo, karakteristik gelombang, refraksi, shoaling, gelombang pecah.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pantai merupakan daerah tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan surut terendah. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tepat dan dapat berubah atau berpindah. Pantai di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar sebagai daerah yang dimanfaatkan untuk kegiatan manusia. Peningkatan pemanfaatan daerah pantai diiringi oleh meningkatnya masalah terhadap pantai, seperti mundurnya garis pantai akibat erosi yang disebabkan oleh gelombang dan berdampak bagi pemukiman dipesisir pantai.

Daerah pantai Tobololo terletak di Kelurahan Tobololo, Kota Ternate Provinsi Maluku Utara. Daerah pantai ini merupakan salah satu pusat pariwisata yang ada di daerah Kota Ternate. Daerah pantai sepanjang ± 1000 meter ini memiliki permukaan pantai yang cukup curam sebagai tempat wisata. Curamnya permukaan pantai Tobololo di sebabkan karena erosi secara terus menerus

oleh gelombang laut. Selain itu curamnya permukaan pantai Tobololo akan mengganggu aktifitas pariwisata yang ada di pantai Tobololo. Sehubungan dengan kondisi tersebut, maka dalam pengembangan maupun pengamanan daerah pesisir di kawasan pantai Tobololo, diperlukan data dan informasi mengenai karakteristik gelombang berupa tinggi gelombang, periode gelombang, dan proses transformasi gelombang. Dalam penelitian ini untuk pemodelan gelombang akan digunakan software *Surface Water Modeling System*.

Rumusan Masalah

Erosi pantai dapat di sebabkan oleh gelombang yang sampai dan merusak pantai. Erosi pantai Tobololo mengakibatkan terganggunya aktifitas pariwisata di daerah pantai Tobololo. Oleh karena itu, perlu adanya analisis karakteristik gelombang agar dapat digunakan dalam perencanaan pembangunan di daerah pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara.

Batasan Masalah

Agar studi dapat terarah dan sesuai dengan tujuan maka diambil batasan masalah sebagai berikut :

1. Masalah ini dibatasi hanya pada erosi pantai yang diakibatkan oleh gelombang
2. Analisis hal-hal yang berpengaruh pada gelombang menggunakan manual dan software Surface Water Modeling System.

Tujuan Penelitian.

Memperoleh karakteristik gelombang berupa tinggi gelombang, periode gelombang, proses transformasi gelombang serta tekanan dan kecepatan gelombang di Pantai Tobololo Kota Ternate.

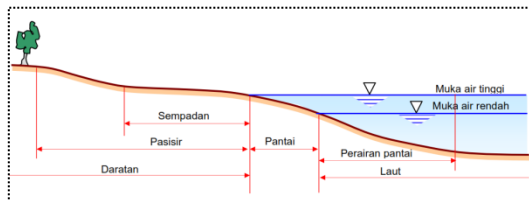
Manfaat Penelitian

Sebagai sumber literatur bagi khasanah ilmu pengetahuan dalam mengkaji atau meneliti lebih lanjut tentang gelombang di pantai Tobololo.

LANDASAN TEORI

Gambaran Umum Pantai

Istilah pantai sering rancu dalam pemakaiannya yaitu antara *coast* (pesisir) dan *shore* (pantai).



Gambar 1. Definisi Pantai dan Batasan Pantai

Sumber : <http://eprints.undip.ac.id/>

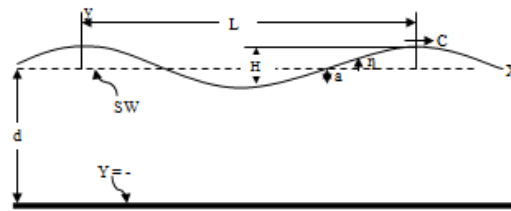
Gelombang

Gelombang laut adalah satu fenomena alam yang sering terjadi di laut. Gelombang laut merupakan peristiwa naik turunnya permukaan laut secara vertikal yang membentuk kurva/grafik sinusoidal.

Teori Gelombang Amplitudo Kecil (Airy)

Teori paling sederhana adalah teori gelombang Airy, yang juga disebut teori gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil, yang pertama kali dikemukakan oleh Sir. George Biddell Airy

pada tahun 1845. Selain mudah dipahami, teori tersebut sudah dapat digunakan sebagai dasar dalam merencanakan bangunan pantai.



Gambar 2. Sketsa Definisi Gelombang
Sumber: Triatmodjo, 1999

Hindcasting Gelombang

Hindcasting gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang dengan menggunakan data angin dimasa lampau. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang di laut. Terjadinya gelombang di laut paling dipengaruhi oleh tiupan angin.

Fetch

Fetch adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut tersebut. Daerah *fetch* adalah daerah dengan kecepatan angin konstan. Sedangkan jarak *fetch* merupakan jarak tanpa rintangan dimana angin sedang bertiup³.

Arah *fetch* bisa datang dari segala arah, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum F \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

F_{eff} : *Fetch* efektif

F : Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*.

α : Deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

Estimasi Angin Permukaan Untuk Peramalan Gelombang

Sebagai langkah awal dalam menganalisis data angin, hal yang harus diperhatikan adalah mendapatkan nilai *Wind Stress Factor* (U_A), sebagai nilai yang akan digunakan dalam melakukan peramalan gelombang. Prosedur untuk mendapatkan *Wind Stress Factor* (U_A) adalah dengan melakukan koreksi – koreksi

terhadap data angin yang kita miliki sebagai berikut :

❖ Koreksi Elevasi

Kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin yang diukur pada elevasi 10 meter. Jika data angin didapat dari pengukuran pada elevasi yang lain (misalnya y meter), maka dapat dikonversi dengan persamaan :

$$U_{(10)} = U(y) \left(\frac{10}{y} \right)^{\frac{1}{7}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana : $U_{(10)}$ = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m.

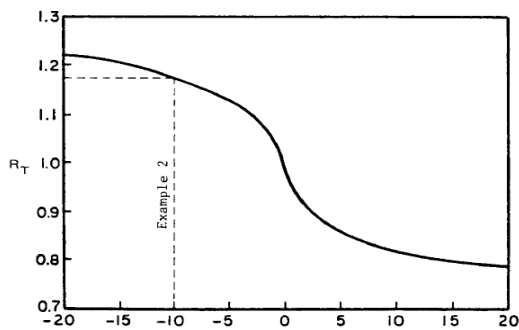
y = Ketinggian pengukuran angin (y < 20 m)

❖ Koreksi Stabilitas

Koreksi ini diperlukan, jika terdapat perbedaan temperatur antara udara dan air laut. Besarnya koreksi dilambangkan dengan R_T , dimana:

$$U = R_T \times U_{10} \dots\dots\dots(3)$$

Jika tidak terdapat perbedaan data temperature, maka $R_T = 1.1$ (SPM'88, hal 3-30)



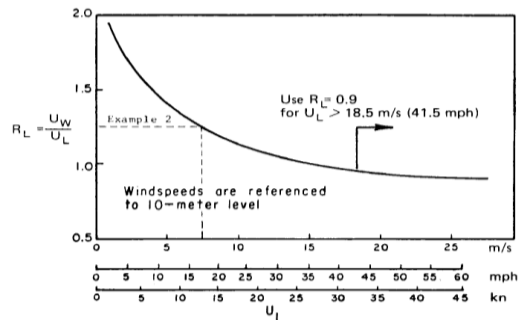
Gambar 3. Faktor koreksi beda suhu di laut dan di darat. Sumber: SPM' 84

❖ Koreksi Lokasi Pengamatan

Jika data angin yang dimiliki adalah data angin pengukuran di darat, perlu dilakukan koreksi untuk mendapatkan nilai kecepatan di laut. Faktor koreksi dilambangkan dengan R_L , yang nilainya disajikan Gambar 2. Di dalam gambar tersebut, U_w adalah kecepatan angin di atas laut, sedangkan U_L adalah kecepatan angin di darat. Apabila data kecepatan angin

disuatu perairan memerlukan penyesuaian atau koreksi terhadap elevasi, koreksi stabilitas dan efek lokasi maka dapat digunakan persamaan:

$$U = R_T \times R_L \times U_{10} \dots\dots\dots(4)$$



Gambar 4. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat Sumber : SPM'84

Pembentukan Gelombang di Laut Dalam

Peramalan gelombang di laut dalam dilakukan dengan metode SMB (Sverdrup Munk Bretschneider).

Transformasi Gelombang

Proses Refraksi

Pengaruh perubahan kedalaman laut akan menyebabkan refraksi. Di laut dalam, daerah dimana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut.

Pendangkalan Gelombang (Wave Shoaling)

Koefisien pendangkalan K_s merupakan fungsi panjang gelombang dan kedalaman air. SMS (Surface Water Modeling System)

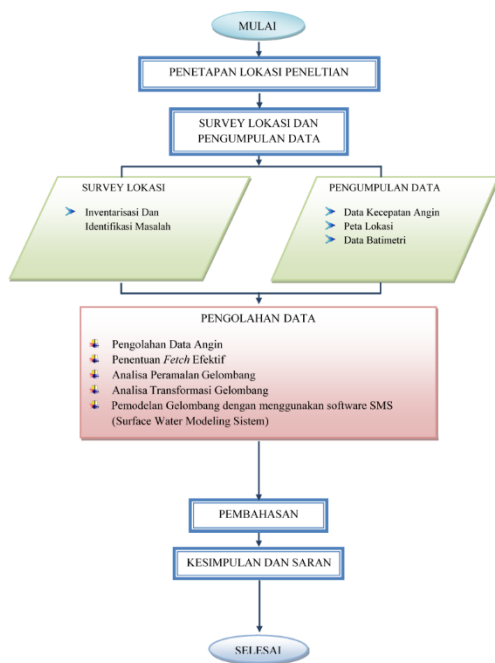
Surface Modeling System (SMS) adalah salah satu software untuk pemodelan lingkungan dengan model satu, dua atau tiga dimensi yang dikembangkan oleh Environmental Modeling Research Laboratory (EMRL) di Brigham Young University (lebih dikenal dengan Engineering Computer Graphics Laboratory) bekerjasama dengan the U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station (USACE-WES), dan the U.S. Federal Highway Administration (FHWA).

Surface water Modeling System adalah perangkat lunak yang memiliki kemampuan sebagai pemrosesan awal dan akhir (pre-processor and post-processor) untuk pemodelan muka air. Pemrosesan awal (pre-

process) pemodelan adalah kegiatan melakukan diskritisasi terhadap sebuah fungsi atau persamaan. Diskritisasi tersebut dilakukan dengan membangun meshing pada daerah yang akan dimodelkan. Pemrosesan akhir (post-process) pemodelan adalah kegiatan menyajikan data hasil pemodelan yang dilakukan.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan studi:

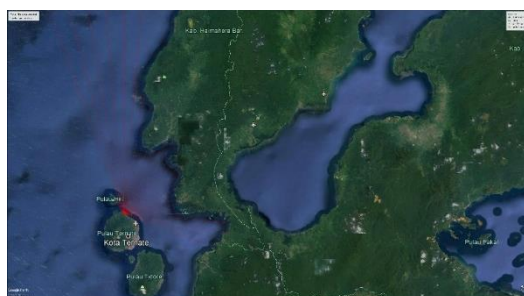


Gambar 5. Tahapan Pelaksanaan Studi

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Perhitungan *Fetch* Efektif



Gambar 6. Fetch Arah Utara, Timur Laut, dan Timur
Sumber: Autocad

Perhitungan *Fetch*:

Tabel 1. Perhitungan Panjang *Fetch* Untuk Delapan Arah Mata Angin

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(α)	cos(α)	Feff (km)
UTARA (N)	-20	0	0	0	0.940	9.205675
	-15	0	0	0	0.966	
	-10	0	0	0	0.985	
	-5	0	0	0	0.996	
	0	0	0	0	1	
	5	0	0	0	0.996	
	10	38548	38.548	37.96237	0.985	
	15	22930	22.93	22.14868	0.966	
TIMUR LAUT (NE)	20	21978	21.978	20.65256	0.940	23.35993
	-20	23241	23.241	21.839	0.940	
	-15	25848	25.848	24.967	0.966	
	-10	28062	28.062	27.636	0.985	
	-5	26285	26.285	26.185	0.996	
	0	22121	22.121	22.121	1	
	5	22886	22.886	22.799	0.996	
	10	22598	22.598	22.255	0.985	
TIMUR (E)	15	20957	20.957	20.243	0.966	23.25579
	20	17982	17.982	16.898	0.940	
	-20	18995	18.995	17.849	0.940	
	-15	15936	15.936	15.393	0.966	
	-10	14016	14.016	13.803	0.985	
	-5	12778	12.778	12.729	0.996	
	0	18465	18.465	18.465	1	
	5	33298	33.298	33.171	0.996	
TENGGARA (SE)	10	33308	33.308	32.802	0.985	0
	15	31855	31.855	31	0.966	
	20	30910	30.910	29	0.940	
	-20	0	0	0	0.940	
	-15	0	0	0	0.966	
	-10	0	0	0	0.985	
	-5	0	0	0	0.996	
	0	0	0	0	1	

Analisa Angin

Data angin yang dianalisa adalah data kecepatan dan arah angin maksimum bulanan dalam selang waktu 10 tahun terakhir, yakni tahun 2008 – 2017. Data angin diperoleh dari BMKG Ternate. Arah angin diklasifikasikan dalam delapan arah mata angin. Data angin dinyatakan dalam satuan knot, 1 knot = 1,852 km/jam = 0,5144 m/d.

Perhitungan faktor tegangan angin

Perhitungan untuk mendapatkan nilai U_A (Perhitungan pada data angin bulan November 2014):

Tabel 2. Perhitungan *Hindcasting* Gelombang Maksimum Tahun 2014

Bulan	Arah	U_z m/d	U_{10} m/d	R_L	U_A m/d	F_{EFF} km	t_i d
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]
November	NE	6.180	5.234	1.32	7.60	23.36	86400
Desember	NE	5.150	4.362	1.40	6.72	23.36	86400

Tabel 2. Lanjutan

Open Water/ Restricted Fetch	t_{FETCH} d	Kondisi Gelombang	H_0 (1) m	T_0 (1) d
[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
Open Water	13358.3	Fetch Limited	0.4487	2.908
Open Water	13919.6	Fetch Limited	0.4048	2.830

Tabel 2. Lanjutan

$\frac{gH}{U^2_A}$	$\frac{gT}{U_A}$	$\frac{gt_i}{U_A}$	Fully/Non fully Developed	H ₀ m	T ₀ d
[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]
0.076	3.754	111530.06	Non Fully Developed	0.449	2.908
0.088	4.133	126188.30	Non Fully Developed	0.405	2.830

Hindcasting gelombang dilakukan untuk setiap data angin maksimum bulanan selama 10 tahun. Dari hasil hindcasting ini disusun rekapitulasi tinggi, periode dan arah gelombang terbesar dan dominan bulanan dari tahun 2008 s/d 2017.

Tabel 3. Tabel rekapitulasi arah, tinggi dan periode gelombang dari masing – masing fetch berdasarkan Hindcasting Gelombang tahun 2008 – 2017.

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		NE	ENE	E	ESE	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	0.405	0	0	0	NE	0.405
	T (det)	2.830	0	0	0		2.830
FEBRUARI	H (m)	0.354	0	0	0	NE	0.354
	T (det)	2.730	0	0	0		2.730
MARET	H (m)	0	0	0	0	-	0.000
	T (det)	0	0	0	0		0.000
APRIL	H (m)	0	0	0	0	-	0.000
	T (det)	0	0	0	0		0.000
MEI	H (m)	0	0	0	0	-	0.000
	T (det)	0	0	0	0		0.000
JUNI	H (m)	0	0	0	0	-	0.000
	T (det)	0	0	0	0		0.000
JULI	H (m)	0	0	0	0	-	0.000
	T (det)	0	0	0	0		0.000
AGUSTUS	H (m)	0	0	0	0.042	ESE	0.042
	T (det)	0	0	0	1.085		1.085
SEPTEMBER	H (m)	0.384	0.384	0.430	0	ENE	0.430
	T (det)	2.790	2.790	2.873	0		2.873
OKTOBER	H (m)	0.449	0.405	0.430	0	NE	0.449
	T (det)	2.908	2.830	2.873	0		2.908
NOVEMBER	H (m)	0.449	0.384	0.325	0	NE	0.449
	T (det)	2.908	2.790	2.667	0		2.908
DESEMBER	H (m)	0.405	0	0	0	NE	0.405
	T (det)	2.830	0	0	0		2.830
MAX TIAP ARAH	H (m)	0.449	0.405	0.430	0.042	NE	0.449
	T (det)	2.908	2.830	2.873	1.085		2.908

Dari tabel rekapitulasi di atas dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum berasal dari arah tenggara. Hal ini disebabkan gelombang dari arah tenggara mempunyai daerah pembangkitan gelombang yang lebih besar.

Berdasarkan grafik hubungan H dan T didapat persamaan:

$$y = -14.974x^2 + 13.022x + 0.002$$

(persamaan didapat menggunakan trendline di program MS. Excel)

Untuk arah Timur Laut :

$$H_0 = 0.449$$

$$T = -14.974.H_0^2 + 13.022.H_0 + 0.002 = 2.8222$$

Analisis berikutnya dibuat pada tabel 4.

Perhitungan Koefisien Refraksi

Tabel 4. Perhitungan Refraksi Untuk Potongan 1 Arah Timur Laut

Ho	T	Lo	d/Lo	d/L
0.4487	2.8222	12.4247	0.805	0.80010
0.4440	3.0219	14.2453	0.562	0.56300
0.4406	3.0067	14.1029	0.355	0.36250
0.4169	2.9007	13.1261	0.152	0.18500
0.3895	2.7727	11.9929	0.083	0.12590
0.4385	2.9975	14.0170	0.036	0.07867

Tabel 4. Lanjutan

L	Co	C	sin a	a	cos ao/cos a	Kr
12.4984	4.4026	4.4287	0.7113	45.3408	0.9925	0.9962
14.2096	4.7141	4.7023	0.7095	45.1958	1.0032	1.0016
13.7931	4.6905	4.5874	0.6939	43.9422	1.0285	1.0142
10.8108	4.5251	3.7269	0.5715	34.8570	1.2606	1.1228
7.9428	4.3254	2.8647	0.3785	22.2421	1.5672	1.2519
6.3557	4.6762	2.1203	0.1716	9.8827	2.2506	1.5002

Ket : untuk tabel berwarna biru, nilai tersebut didapat secara manual menggunakan tabel pembacaan d/L dari Triatmodjo, 1999

Perhitungan Koefisien Shoaling

Tabel 5. Perhitungan Shoaling Untuk Potongan 3 arah Timur Laut

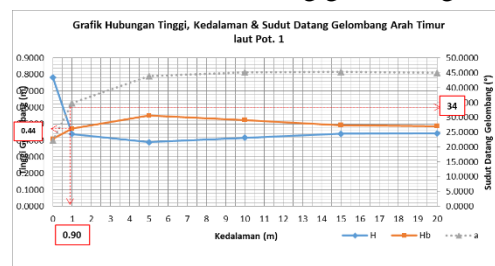
Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
12.425	0.805	0.800	12.498	0.500	0.500	0.996	0.993	0.444
14.245	0.562	0.563	14.210	0.500	0.506	1.002	0.991	0.441
14.103	0.355	0.363	13.793	0.500	0.548	1.014	0.933	0.417
13.126	0.152	0.185	10.811	0.500	0.730	1.123	0.832	0.389
11.993	0.083	0.126	7.943	0.500	0.840	1.252	0.899	0.438
14.017	0.036	0.079	6.356	0.500	0.927	1.500	1.190	0.782

Perhitungan Gelombang Pecah

Tabel 6. Perhitungan gelombang pecah Untuk Potongan 1 arah Timur Laut

H'o	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb
0.4517	0.0058	0.0150	1.08	0.4879
0.4482	0.0050	0.0145	1.10	0.4930
0.4722	0.0053	0.0147	1.11	0.5241
0.5010	0.0061	0.0153	1.10	0.5511
0.4331	0.0057	0.0133	1.09	0.4721
0.3686	0.0042	0.0105	1.11	0.4091

Selanjutnya dibuat grafik hubungan tinggi, kedalaman dan sudut datang gelombang.

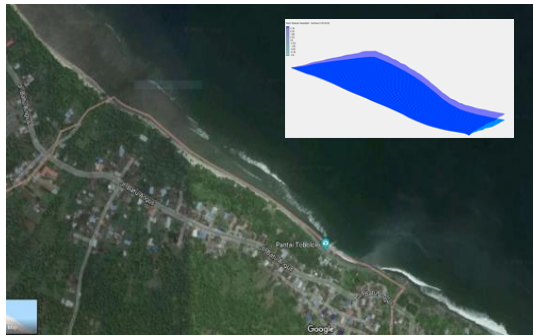


Gambar 9. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman & Sudut Datang Gelombang Arah Tenggara Pot. 1

Berdasarkan grafik hubungan tinggi, kedalaman, dan sudut datang gelombang di potongan 1 maka diperoleh:
Gelombang pecah pada kedalaman = 0.90 m

Hasil Output Aplikasi Surface Water Modeling System

Hasil Pemodelan Gelombang

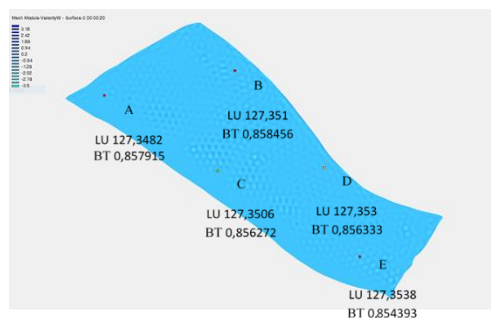


Gambar 10. Pemodelan Gelombang Tampak Atas



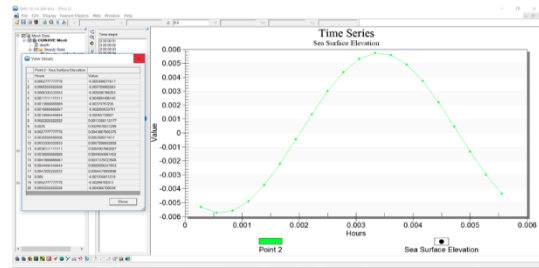
Gambar 11. Pemodelan Gelombang Tampak Samping

Hasil Data Pemodelan Gelombang Dengan Tinjauan Lima Titik

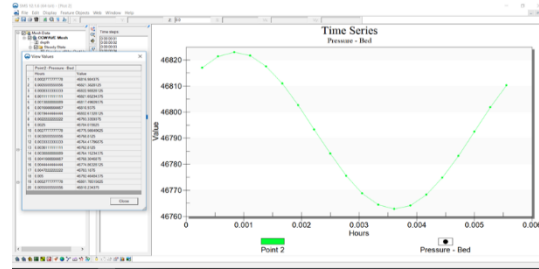


Gambar 12. Pemodelan Gelombang dengan Tinjauan Lima Titik

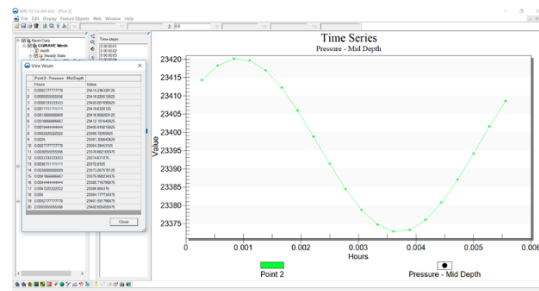
Hasil Data Tinjauan Titik A



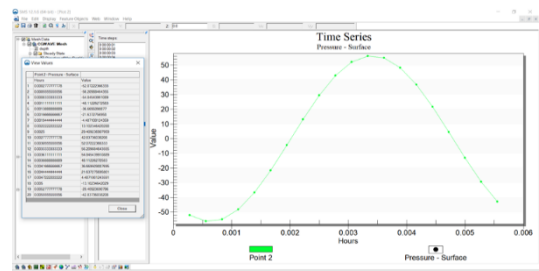
Gambar 13. Hasil Data Elevasi Permukaan Air Titik A



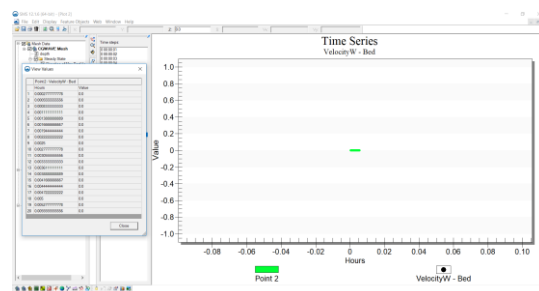
Gambar 14. Hasil Tekanan Kedalaman Dasar Air Titik A



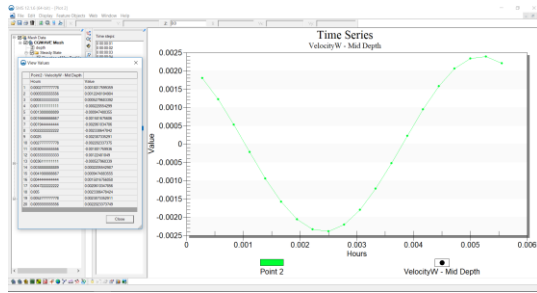
Gambar 15. Hasil Tekanan Kedalaman Tengah Air Titik A



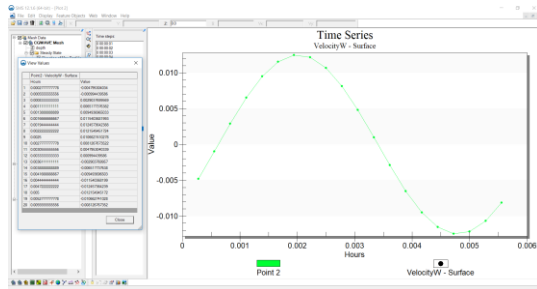
Gambar 16. Hasil Tekanan Permukaan Air Titik A



Gambar 17. Hasil Kecepatan Kedalaman Dasar Air Titik A



Gambar 18. Hasil Kecepatan Kedalaman Tengah Air Titik A



Gambar 19. Hasil Kecepatan Permukaan Air Titik A

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap Pantai Tobololo, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil penggambaran, diperoleh empat arah pembentukan gelombang yaitu, Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara. Dimana gelombang di perairan Pantai Tobololo didominasi oleh gelombang arah Timur Laut dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan November 2014 dengan tinggi 0.449 m dan periode 2.908 det.
2. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode analitis maka diperoleh nilai koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 0.996 sampai 1.500 dan koefisien shoaling yang terjadi berkisar pada 0.832 sampai 1.189.
3. Tinggi gelombang yang didapatkan dari hasil perhitungan berkisar pada 0.444 sampai 0.782 m pada kedalaman 1 m sampai 10 m. Berdasarkan analisa transformasi gelombang terhadap Pantai Tobololo dengan menggunakan data angin 10 tahun (masa lalu) diperoleh:

Tinggi gelombang maksimum

$$(H_b) = 0.44 \text{ m}$$

Gelombang pecah pada kedalaman

$$(d_b) = 0.90 \text{ m}$$

Pada jarak 10 m dari garis pantai.

4. Hasil data Tekanan dan kecepatan gelombang menggunakan Software Surface Water Modeling System di peroleh:

Pada titik A di peroleh tekanan kedalaman dasar tertinggi 46822.98 Pa terendah 46762.81 Pa, tekanan kedalaman tengah air tertinggi 23420.08 Pa terendah 23372.81 Pa, tekanan permukaan air tertinggi 56.21 Pa terendah -56.21 Pa. Kecepatan kedalaman dasar tertinggi dan terendah 0 m/dtk, kecepatan kedalaman tengah air tertinggi 0.00239 m/dtk terendah -0.00238 m/dtk, kecepatan permukaan air tertinggi 0.01245 m/dtk terendah -0.0124 m/dtk.

Pada titik B di peroleh tekanan kedalaman dasar tertinggi 202548.72 Pa terendah 202548.45 Pa, tekanan kedalaman tengah air tertinggi 101283.40 Pa terendah 101266.18 Pa, tekanan permukaan air tertinggi 1246.63 Pa terendah -1246.63 Pa. Kecepatan kedalaman dasar tertinggi dan terendah 0 m/dtk, kecepatan kedalaman tengah air tertinggi 0.00202 m/dtk terendah -0.00202 m/dtk, kecepatan permukaan air tertinggi 0.27606 m/dtk terendah -0.27606 m/dtk.

Pada titik C di peroleh tekanan kedalaman dasar tertinggi 44342.30 Pa terendah 43198.24 Pa, tekanan kedalaman tengah air tertinggi 22876.10 Pa terendah 20894.17 Pa, tekanan permukaan air tertinggi 2861.12 Pa terendah -2861.12 Pa. Kecepatan kedalaman dasar tertinggi dan terendah 0 m/dtk, kecepatan kedalaman tengah air tertinggi 0.18303 m/dtk terendah -0.18303 m/dtk, kecepatan permukaan air tertinggi 0.63409 m/dtk terendah -0.63409 m/dtk.

Pada titik D di peroleh tekanan kedalaman dasar tertinggi 199861.23 Pa terendah 199661.03 Pa, tekanan kedalaman tengah air tertinggi 99936.45 Pa terendah 99924.67 Pa, tekanan permukaan air tertinggi 694.36 Pa terendah -694.36 Pa. Kecepatan kedalaman dasar tertinggi dan terendah 0 m/dtk, kecepatan kedalaman tengah air tertinggi 0.00130 m/dtk terendah -0.00130 m/dtk, kecepatan

permukaan air tertinggi 0.15389 m/dtk terendah -0.15389 m/dtk.

Pada titik E di peroleh tekanan kedalaman dasar tertinggi 111462.96 Pa terendah 111440.50 Pa, tekanan kedalaman tengah air tertinggi 55806.61 Pa terendah 56645.12 Pa, tekanan permukaan air tertinggi 1199.78 Pa terendah -1199.78 Pa. Kecepatan kedalaman dasar tertinggi dan terendah 0 m/dtk, kecepatan kedalaman tengah air tertinggi 0.01772

m/dtk terendah -0.01772 m/dtk, kecepatan permukaan air tertinggi 0.26569 m/dtk terendah -0.26569 m/dtk.

Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan pergerakan dari sedimen, bangkitan arus dan juga pelepasan energi yang terjadi di Pantai Tobololo, agar diketahui apakah perlu ada bangunan pengaman pantai atau tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- CERC. 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington.
- Dauhan, Stefani Kristie., H. Tawas, H. Tangkudung, J. D. Mamoto., 2013. *Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai Di Atep Oki*. Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.12 November 2013 (784-796) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Hadikusumah. *Karakteristik Gelombang dan Arus Di Eretan, Indramayu*. Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI, Jakarta.
- Kramadibrata, S., 2002. *Perencanaan Pelabuhan*. ITB. Bandung.
- Mamanua, Injilia Christy, T. Jansen, A. K. T. Dundu. *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Pada Daerah Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.6 Agustus 2017 (335-344) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Mulyabakti, Chandrika., M. Ihsan Jasin, J. D. Mamoto. *Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.9 September 2016 (585-594) ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Musrifin. *Analisis Pasang Surut Perairan Muara Sungai Mesjid Dumai*. Jurnal Perikanan dan Kelautan. Universitas Riau.
- Samulano, I. 2012. *Refraksi Dan Difraksi Gelombang Laut Di Daerah Dekat Pantai Pariaman*. Program Pascasarjana Universitas Andalas. Padang.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.