

ANALISIS KARAKTERISTIK GELOMBANG DAN PASANG SURUT PADA DAERAH PANTAI PAAL KECAMATAN LIKUPANG TIMUR KABUPATEN MINAHASA UTARA

Chandrika Mulyabakti

M. Ihsan Jasin, J. D. Mamoto

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: chan_drika49@yahoo.co.id

ABSTRAK

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

Dalam penelitian ini perlu dilakukan pendekatan teori dan analisis transformasi gelombang yang terjadi di kawasan pantai Paal. Peramalan gelombang dihitung dengan metode hindcasting gelombang berdasarkan data angin selama 10 tahun dari stasiun BMG Bitung untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang signifikan. Serta menentukan komponen, tipe pasang surut, elevasi muka air laut yang terjadi Pantai Paal dengan Metode Admiralty dimana data pasang surut yang digunakan ialah data pengukuran yang dilakukan selama 15 hari.

Dari hasil perhitungan gelombang di perairan Bulo Rerer didominasi oleh gelombang arah Tenggara dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Juli 2006 dengan $H = 1.230 \text{ m}$ dan $T = 4.698 \text{ det}$. Koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 0.997 sampai 1.446 dan koefisien shoaling yang terjadi berkisar pada 0.857 sampai 1.148. Tinggi gelombang yang didapat dari hasil perhitungan berkisar pada 1.051 sampai 1.220 m pada kedalaman 1 m sampai 25 m. memiliki pasang surut tipe Harian Ganda (semidiurnal) dengan elevasi muka air laut tinggi tertinggi (HHWL) terjadi sebesar 360 cm dan elevasi muka air laut rendah terendah (LLWL) terjadi sebesar 20 cm.

Kata kunci: Pantai Paal, karakteristik gelombang, refraksi, shoaling, gelombang pecah, Pasang surut, Metode Admiralty.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pantai merupakan daerah ditepi 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.

Gelombang laut merupakan salah satu parameter laut yang dominan terhadap laju mundurnya garis pantai. Gelombang laut terjadi karena hembusan angin dipermukaan laut, perbedaan suhu air laut, perbedaan kadar garam

dan letusan gunung berapi yang berada dibawah atau permukaan laut. Proses mundurnya garis pantai dari kedudukan semula antara lain disebabkan oleh gelombang dan arus, serta tidak adanya keseimbangan sedimen yang masuk dan keluar.

Daerah pantai Paal yang terletak di Desa Marinsow, Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. Daerah ini merupakan salah satu pusat pariwisata yang ada di daerah Minahasa Utara. Daerah pantai sepanjang ± 1000 meter ini memiliki gelombang yang tinggi. Pada bulan-bulan tertentu tinggi gelombang cukup besar dan mengganggu aktifitas pariwisata sehingga mengganggu proses mata pencaharian warga desa marinsow. Sehubung dengan kondisi tersebut, maka diperlukan informasi tentang karakteristik gelombang dan pasang surut.

Rumusan Masalah

Mengetahui fenomena gelombang dan fenomena pasang surut yang perlu dianalisa agar dapat digunakan dalam perencanaan pembangunan di daerah pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara.

Batasan Masalah

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

1. Karakteristik gelombang yang ditinjau ialah Tinggi gelombang, periode gelombang, dan proses transformasi gelombang.
2. Anggapan gelombang yang digunakan adalah jenis gelombang linear.
3. Analisa yang dilakukan yaitu analisa besaran serta jenis pasang surut yang terjadi di pantai paal
4. Analisis pasang surut menggunakan metode Admiralty
5. Penentuan elevasi muka air laut terhadap fenomena pasang surut

Tujuan Penelitian.

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah mengetahui karakteristik gelombang dan mendapatkan besaran jenis pasang surut menggunakan metode admiralty serta menentukan elevasi muka air laut di pantai paal.

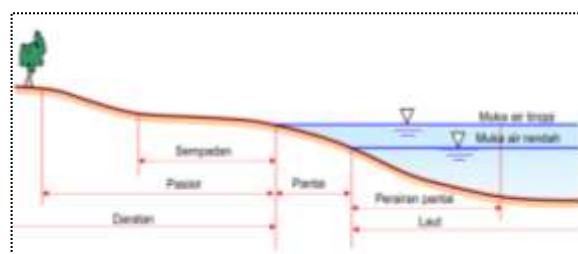
Manfaat Penelitian

Sebagai sumber literature bagi khasanah ilmu pengetahuan dalam mengkaji atau meneliti lebih lanjut tentang gelombang dan pasang surut di pantai paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara.

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

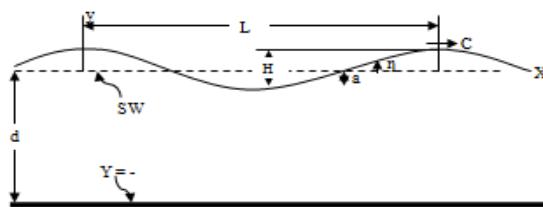
Sumber : <http://eprints.undip.ac.id/>

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 B. "Perencanaan Bangunan Pantai"

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 :

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

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

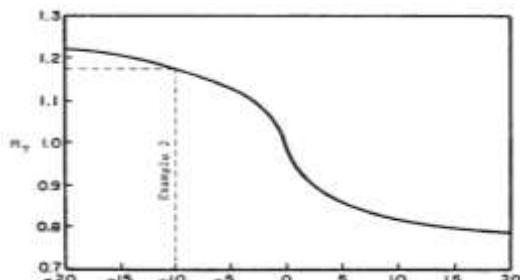
y = Ketinggian pengukuran angin ($y < 20$ m)

❖ Koreksi Stabilitas

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

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

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



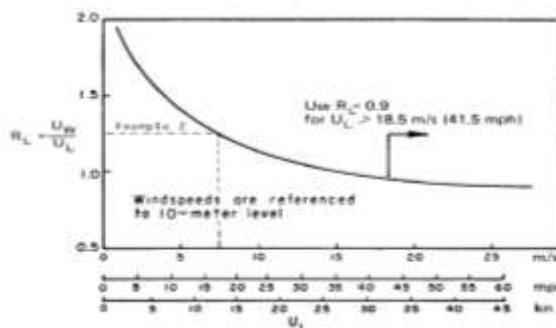
Gambar 3. Faktor koreksi beda suhu di laut dan di darat.

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:

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



Gambar 4. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat

Sumber : SPM'84

Pembentukan Gelombang di Laut Dala

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

Transformasi Gelombang

Proses Refraksi

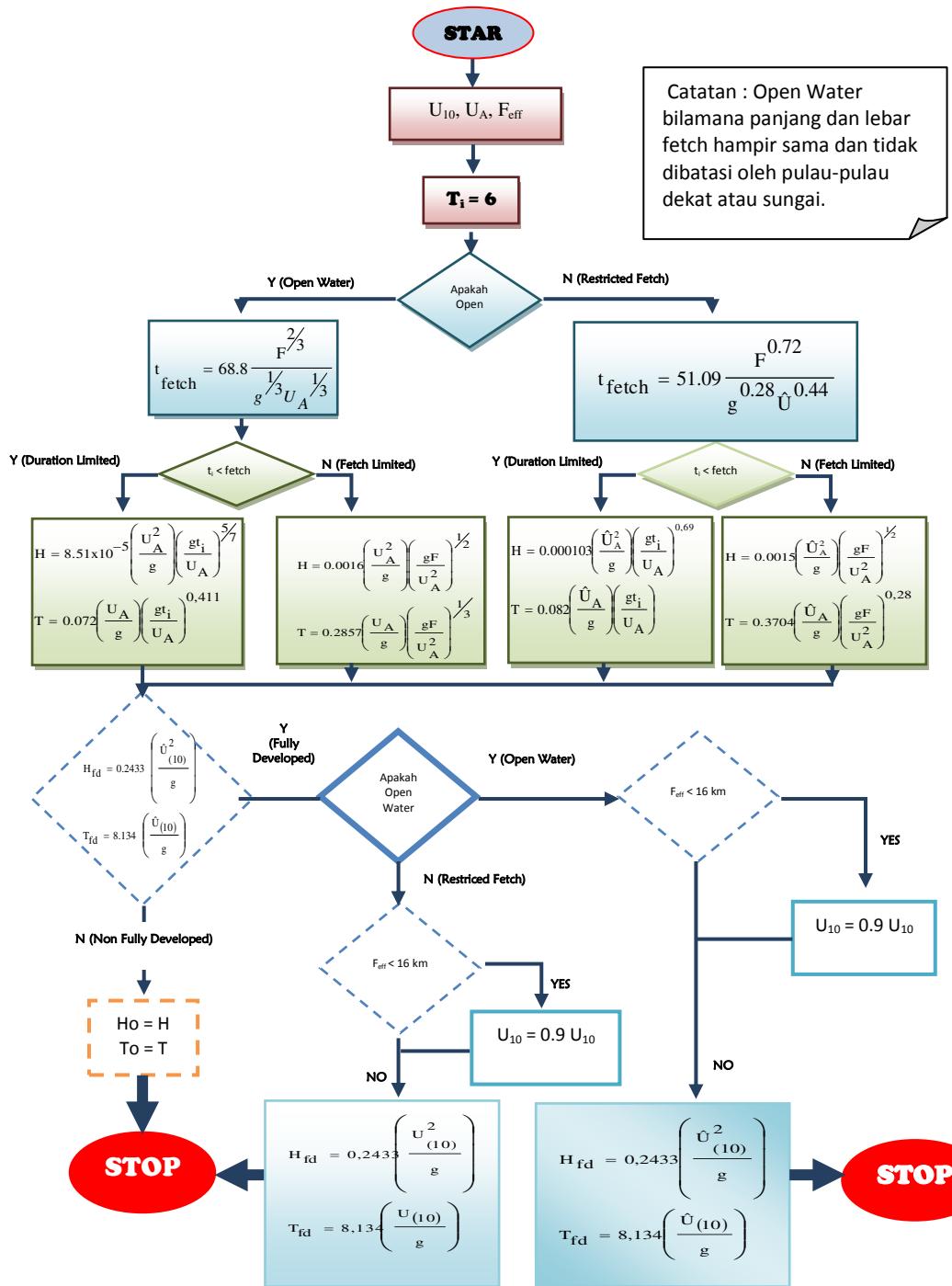
Pengaruh perubahan kedalaman laut akan menyebabkan refraksi. Di laut dalam, daerah dimana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut.

Pendangkalan Gelombang (Wave Shoaling)

Koefisien pendangkalan K_s merupakan fungsi panjang gelombang dan kedalaman air.

Pasang Surut

Apabila seseorang berdiri di pantai dalam waktu yang cukup lama, maka orang tersebut akan merasakan bahwa kedalaman selalu berubah-ubah sepanjang waktu. Pada mulanya muka air rendah, beberapa waktu kemudian menjadi tinggi dan akhirnya mencapai maksimum. Setelah itu muka air turun kembali



Gambar 5. Bagan Hindcasting Gelombang

sampai elevasi terendah dan kemudian naik kembali. Perubahan elevasi muka air laut sebagai fungsi waktu tersebut disebabkan oleh adanya pasang surut.

Pasang Surut Metode Admiralty

Metode Admiralty merupakan metode empiris berdasarkan tabel-tabel pasang surut yang dikembangkan pada awal abad ke 20.

Metode ini terbatas untuk menguraikan data pasang surut selama 15 atau 29 hari dengan interval pencatatan 1 jam. Metode ini menghitung amplitudo dan ketertinggalan *phasa* dari sembilan komponen pasut serta muka laut rata-rata (MSL). Tinggi muka air laut rata-rata (MSL) biasanya ditetapkan dari suatu *bench mark* tertentu yang dijadikan acuan leveling di daerah survey.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan studi :

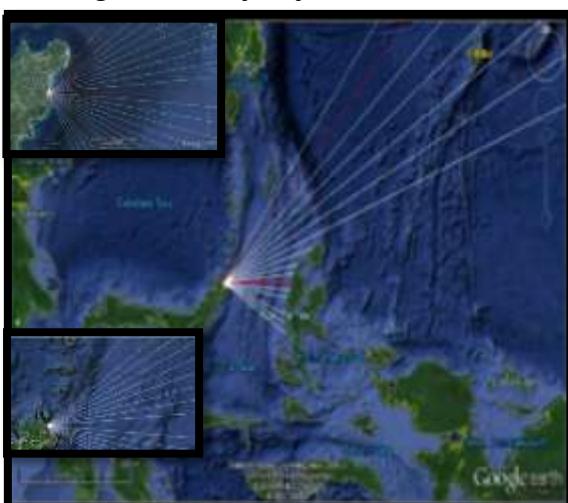


Gambar 7. Tahapan Pelaksanaan Studi

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Analisa Data

Perhitungan Fetch Efektif



Gambar 8. Fetch Arah Tenggara, Selatan, Barat laut

Sumber : Autocad

Perhitungan Fetch :

Tabel 1. Perhitungan Panjang Fetch Untuk Delapan Arah Mata Angin

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya		Fcos(α)	cos(α)	Fetch (km)
		(m)	(km)			
UTARA (N)	-20	0	0	0	0.940	0.281664
	-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	0	0	0	0.985	
	15	1243	1.243	1.200848	0.966	
TIMUR LAUT (NE)	20	1352	1.352	1.270464	0.940	0.595813
	-20	1535	1.535	1.442428	0.940	
	-15	1608	1.608	1.553209	0.966	
	-10	2266	2.266	2.231574	0.985	
	-5	0	0	0	0.996	
	0	0	0	0	1	
	5	0	0	0	0.996	
	10	0	0	0	0.985	
TIMUR (E)	15	0	0	0	0.966	239.865
	20	0	0	0	0.940	
	-20	0	0	0	0.940	
	-15	420731	420.731	406.3949	0.966	
	-10	292018	292.018	287.5816	0.985	
	-5	275848	275.848	274.7983	0.996	
	0	255878	255.878	255.878	1	
	5	261580	261.580	260.5846	0.996	
TENGGARA (SE)	10	251117	251.117	247.302	0.985	81.4249
	15	136973	136.973	132.3058	0.966	
	20	254922	254.922	239.5483	0.940	
	-20	304877	304.877	286.4907	0.940	
	-15	317073	317.073	306.269	0.966	
	-10	18073	18.073	17.79843	0.985	
	-5	17122	17.122	17.05685	0.996	
	0	19024	19.024	19.024	1	

Analisa Angin

Data angin yang dianalisa adalah data angin maksimum harian dalam 10 tahun terakhir. Data angin diambil dari BMKG Bitung, yakni data angin pada tahun 2005-2014.

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 tgl 26 April 2005) :

Tabel 2. Perhitungan Hindcasting Gelombang Maksimum Bulan April 2005

Tanggal	Arah	U_{α}	U_{10}	R_L	U_A	F_{eff}	t
		m/d	m/d		m/d	km	
1/4/2005	NE	2.83	2.60	1.63	4.66	0.596	21600
2/4/2005	NE	3.38	3.11	1.56	5.33	0.596	21600

Tabel 2. Lanjutan

Open Water/ Restricted Fetch	t_{max}	Kondisi Gelombang	$H_0(1)$	$T_0(1)$
	d		m	d
[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
Open Water	1362.306	Fetch Limited	0.088	1.154
Open Water	1302.722	Fetch Limited	0.098	1.189

Tabel 2. Lanjutan

$\frac{gH}{U^2 A}$	$\frac{gT}{U_A}$	$\frac{gt_i}{U_A}$	Fully/Non fully Developed	H_o	T_o
				m	d
[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]
0.040	2.430	45460.101	Non Fully Developed	0.088	1.154
0.034	2.189	39752.268	Non Fully Developed	0.098	1.189

Hindcasting gelombang dilakukan untuk setiap data angin maksimum harian selama 10 tahun. Dari hasil *hindcasting* ini disusun rekapitulasi tinggi, periode dan arah gelombang terbesar dan dominan bulanan dari tahun 2005 s/d 2014.

Tabel 3. Tabel rekapitulasi arah, tinggi dan periode gelombang dari masing – masing *fetch* berdasarkan *Hindcasting* Gelombang tahun 2005 – 2014.

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Ting. Bulan
		U	TL	T	TG	
JANUARI	H (m)	0.108	0.144	0	0.257	TG
	T (det)	1.184	1.317	0	2.292	
FEBRUARI	H (m)	0.113	0.136	0.281	0.266	T
	T (det)	1.205	1.297	2.389	2.330	
MARET	H (m)	0.112	0.113	0.389	0.254	T
	T (det)	1.136	1.235	2.772	2.280	
APRIL	H (m)	0.094	0.111	0.485	0.394	T
	T (det)	1.139	1.230	3.068	2.787	
MEI	H (m)	0	0	0.404	0.537	TG
	T (det)	0	0	2.820	3.213	
JUNI	H (m)	0	0	0.359	1.165	TG
	T (det)	0	0	2.674	4.583	
JULI	H (m)	0	0	0	1.230	TG
	T (det)	0	0	0	4.698	
AGUSTUS	H (m)	0	0	0	0.733	TG
	T (det)	0	0	0	3.706	
SEPTEMBER	H (m)	0	0	0	0.853	TG
	T (det)	0	0	0	3.973	
OKTOBER	H (m)	0	0	0.567	0.571	TG
	T (det)	0	0	3.294	3.305	
NOVEMBER	H (m)	0.079	0	0.425	0.335	T
	T (det)	1.015	0	2.888	2.588	
DESEMBER	H (m)	0.095	0.106	0.248	0.297	TG
	T (det)	1.139	1.214	2.257	2.451	
MAX TIAP ARAH	H (m)	0.113	0.144	0.567	1.230	TG
	T (det)	1.205	1.317	3.294	4.698	

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 :

$$y = -3.742x^2 + 7.688x + 0.346 \text{ (persamaan didapat menggunakan trendline di program MS. Excel)}$$

Untuk arah Tenggara Potongan 1 :

$$H_o = 1.2303$$

$$T = -3.742.H_o^2 + 7.688.H_o + 0.346 \\ = 4.1405$$

Analisis berikutnya dibuat pada tabel 4.

Perhitungan Koefisien Refraksi

Tabel 4. Perhitungan Refraksi Untuk Potongan 1 Arah Tenggara

H_o	d	H_o	T	L_o	d/L_o	d/L
45	25	1.2303	4.1405	26.7437	0.93	0.93002
45.2952	20	1.2198	4.1560	26.9455	0.74	0.74014
45.4597	15	1.2122	4.1668	27.0847	0.55	0.55108
45.7496	10	1.1863	4.2002	27.5207	0.36	0.36720
45.1383	5	1.1058	4.2717	28.4659	0.18	0.20833
36.6996	1	1.0510	4.2927	28.7462	0.03	0.07135
16.9402	0.5	1.6898	2.6522	10.9733	0.05	0.09415

Ket : ? untuk tabel perwarna biru, nilai tersebut digunakan secara manual menggunakan tabel pembacaan d/L dari buku Triatmodjo B, "Teknik Pantai" (dapat dilihat pada lampiran)

Tabel 4. Lainnya

L	C _o	C	sin a	a	$\cos \alpha / \cos \beta$	K _r
26.8811	6.4591	6.4923	0.7107	45.2952	0.9935	0.9957
27.0219	6.4834	6.5018	0.7128	45.4597	0.9964	0.9982
27.2193	6.5002	6.5325	0.7163	45.7496	0.9937	0.9968
27.2331	6.5523	6.4838	0.7088	45.1383	1.0135	1.0167
24.0004	6.6638	5.6185	0.5976	36.6996	1.2299	1.1090
14.0154	6.6966	3.2650	0.2914	16.9402	2.1664	1.4719
5.3107	4.1374	2.0024	0.1410	8.1066	2.0897	1.4456

Perhitungan Koefisien Shoaling

Tabel 5. Perhitungan Shoaling Untuk Potongan 3 arah tenggara

L_o	d/L_o	d/L	L	n _o	n	K _r	K _s	H
26.744	0.935	0.930	26.8811	0.500	0.500	0.997	0.995	1.220
26.945	0.742	0.740	27.0219	0.500	0.501	0.998	0.996	1.212
27.085	0.554	0.551	27.2193	0.500	0.507	0.997	0.982	1.186
27.521	0.363	0.367	27.2331	0.500	0.546	1.007	0.926	1.106
28.456	0.176	0.208	24.0004	0.500	0.692	1.109	0.857	1.051
28.746	0.035	0.071	14.0154	0.500	0.939	1.472	1.092	1.690
10.973	0.046	0.094	5.3111	0.500	0.900	1.446	1.148	2.804

Perhitungan Gelombang Pecah

Tabel 6. Perhitungan gelombang pecah Untuk Potongan 1 arah tenggara

H_o	H_o/gT^2	m	H_b/H_o	H_b
1.2369	0.0074	0.68	1.16	1.4348
1.2252	0.0072	0.62	1.18	1.4458
1.2348	0.0072	0.67	1.16	1.4324
1.2812	0.0074	0.77	1.17	1.4989
1.2904	0.0072	0.91	1.19	1.5355
0.9621	0.0053	0.40	1.19	1.1449
1.4719	0.0213	0.25	0.90	1.3247

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



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

Berdasarkan grafik hubungan tinggi, kedalaman, dan sudut datang gelombang di potongan 1 maka diperoleh : Gelombang pecah pada kedalaman = 3.2 m

Pasang Surut

Perhitungan Pasang Surut Metode Admiralty

Hal yang terpenting dalam perencanaan suatu struktur/bangunan pantai adalah dengan mendapatkan nilai dari konstanta-konstanta pasang surut. Data pasang surut tersebut digunakan untuk penentuan tipe pasang surut serta elevasi muka air laut yang terjadi setelah dianalisis dengan metode *Admiralty*. Berdasarkan Skema Perhitungan Pasang Surut Metode *Admiralty*, maka analisa data pasang surut di Pantai Paal yang telah didapat dan disusun sebagai berikut.

Tabel 7. Susunan Hasil Pengamatan Pasang Surut Pantai Paal (cm) Periode 1 s/d 15 Desember 2015 Menurut Skema 1

No	Tanggal	Hari												
		00:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1	1/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
2	2/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
3	3/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
4	4/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
5	5/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
6	6/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
7	7/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
8	8/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
9	9/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
10	10/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
11	11/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
12	12/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
13	13/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
14	14/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
15	15/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
16	16/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
17	17/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
18	18/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
19	19/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
20	20/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
21	21/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
22	22/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
23	23/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
24	24/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
25	25/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
26	26/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
27	27/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
28	28/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
29	29/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
30	30/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200
31	31/12/2015	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200	-200

Karakteristik	Air Tertinggi												
	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
X1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Y1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
X2	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
Y2	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
X4	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	0	
Pengamatan	00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	
-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	

Pengamatan	Jam												
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	
-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	

Pengamatan	Jam												
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	
1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
1	1	0	-1	-1	0	1	1	0	-1	-1	0	1	
-1	1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1	

Tabel 9. Penentuan X1 pada tanggal 1 dan 2 Desember 2015

Tabel Penentuan X1	Data Pengamatan	Tanggal		1 Desember 2015		Hasil Perhitungan	
		0	+	0	-	0	+
		0:00	220			-4	
		1:00	140			-1	
		2:00	100			-1	
		3:00	220			1	
		4:00	100			-1	
		5:00	100			-1	
		6:00	220			1	
		7:00	100			-1	
		8:00	220			1	
		9:00	100			-1	
		10:00	220			1	
		11:00	100			-1	
		12:00	220			1	
		13:00	100			-1	
		14:00	220			1	
		15:00	100			-1	
		16:00	220			1	
		17:00	100			-1	
		18:00	220			1	
		19:00	100			-1	
		20:00	220			1	
		21:00	100			-1	
</td							

Tabel 13. Perhitungan Harga X00

Waktu Pengembangan			Konsistensi			H0	H1	
Tgl	Rm	Thn	S	M	B		+	-
1	2	3	4	5	6	7	8=5+7	9=6+7
1.	12	2015	1.			4500	4500	
2.	12	2015	1.			4400	4400	
3.	12	2015	1.			4500	4500	
4.	12	2015	1.			4400	4400	
5.	12	2015	1.			4700	4700	
6.	12	2015	1.			4510	4510	
7.	12	2015	1.			4500	4500	
8.	12	2015	1.			4530	4530	
9.	12	2015	1.			4600	4600	
10.	12	2015	1.			4620	4620	
11.	12	2015	1.			4620	4620	
12.	12	2015	1.			4630	4630	
13.	12	2015	1.			4630	4630	
14.	12	2015	1.			4670	4670	
15.	12	2015	1.			4700	4700	
Jumlah						69470	68420	6

Tabel 14. Penyusunan Hasil Perhitungan X dan Y Indeks ke Dua dari Skema 4

Indeks Tanda		Besaran Harga		\bar{x}	\bar{y}
		X	Y		
1	2	3	4	$5 = (3^+)-(3^-)$	$6 = (4^+)-(4^-)$
00	+	68420		68420	
10	+	29680	39320	-320	9320
	-	30000	30000		
12	+	14880	17920	2080	-1480
	-	14800	21400		
		2000	2000		
1b	+	11850	14750	-170	-1930
	-	12020	16680		
13	+	10820	12720	1960	-3880
	-	18860	26600		
	+	10000	10000		
1c	+	13600	17960	-270	-870
	-	13870	18830		
20	+	23200	25300	-6800	-4700
	-	30000	30000		
22	+	8840	16600	-3920	9900
	-	14560	8700		
		2000	2000		
2b	+	13410	13090	9070	4670
	-	4340	8420		
23	+	6000	12500	-1200	9700
	-	17200	12800		
	+	10000	10000		
2c	+	11980	11360	1950	50
	-	10030	11310		
42	+	13800	14120	-350	240
	-	16150	15880		
		2000	2000		
4b	+	12030	12190	130	350
	-	11900	13840		
44	+	14030	13970	110	-60
	-	15920	16030		
		2000	2000		
4d	+	11930	11970	-70	-90
	-	12000	12060		

Tabel 15. Bilangan Pengali Untuk 15 Piantan.

Tabel 16. Penyusunan Hasil Perhitungan Besaran X dan Y dari konstanta - konstanta Pasut untuk 15 Piantan yang diperoleh dari Skema 5 dan 6.

Period	Year	Total			GDP			GDP			GDP		
		Actual	Target	Change									
Central Planned Economy	1960	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1961	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1962	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1963	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1964	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1965	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
Market Economy	1966	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1967	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1968	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1969	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1970	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1971	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
Transition Economy	1972	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1973	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1974	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1975	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1976	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1977	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
Market Economy	1978	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1979	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1980	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1981	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1982	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1983	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
Central Planned Economy	1984	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1985	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1986	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1987	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1988	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1989	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
Market Economy	1990	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1991	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1992	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1993	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1994	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1995	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
Transition Economy	1996	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1997	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1998	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	1999	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2000	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2001	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
Market Economy	2002	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2003	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2004	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2005	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2006	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2007	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
Central Planned Economy	2008	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2009	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2010	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2011	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2012	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2013	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
Market Economy	2014	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2015	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2016	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2017	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2018	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2019	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
Transition Economy	2020	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2021	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2022	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2023	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2024	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-
	2025	-	40,000	+0.00%	8	-	-	0	-	-	0	-	-

Tabel 17. Perhitungan Besaran-besaran w dan (1+W) dari konstanta - konstanta Pasang Surut

Menghitung nilai \bar{M}_1 dan M_2 , w dan $1+w$			
	\bar{M}_1	4.1	
	w	345.7	
	w	6.2	
		351.4	
Interpolasi	330	=	8.8 -0.139
	357.6	=	8.791 -0.19698
	360	=	8.7 -0.214
Interpolasi	w/\bar{M}_2	=	8.791
	w/\bar{M}_2	=	-0.19698
	w	=	
Interpolasi	\bar{M}_2	=	1.297
	w	=	8.84667
	w	=	-0.23777
Menghitung nilai \bar{M}_1 , w dan $1+w$			
	\bar{M}_1	4.1	
	w	345.7	
	w	6.2	
		351.4	
Interpolasi	330	=	9.8 0.297
	357.6	=	8.826 0.11244
	360	=	8.9 -0.334
Interpolasi	w/\bar{M}_2	=	8.476
	w/\bar{M}_2	=	0.31144
	w	=	
Interpolasi	\bar{M}_2	=	1.291
	w	=	8.84667
	w	=	-0.23777
Menghitung nilai \bar{M}_2 , w dan $1+w$			
	\bar{M}_2	4.1	
	w	330.45	332.6
			331.15
Interpolasi	340	=	-3.1 1.174
	346.15	=	2.1775 1.17892
	350	=	-1.6 1.182
Interpolasi	w	=	-0.1775
	w	=	1.17892
	w	=	

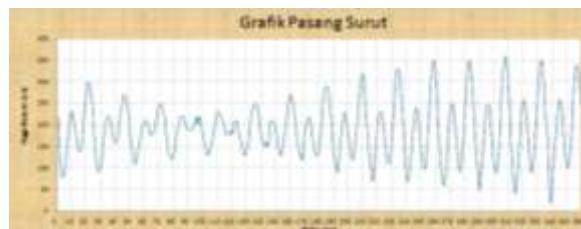
Tabel 18. Susunan Hasil Perhitungan Skema 7
Untuk Besaran-besaran dari Konstanta-konstanta
Pasang Surut

Catatan :

M2, O1, M4	W = 0
	w = 0
	f = 1
S2	V = 0
	u = 0
N2, MS4	f = f(M2)
	u = u(M2)
	f = f(M2) ²
M4	V = 2*V(M2)
	u = 2*u(M2)
MS4	V = V(M2)
K2	A = A(S2)*0.27
	g = g(S2)
P1	A = A(K1)*0.33
	g = g(K1)

Tabel 20. Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	360
MHWL	cm	334.42
MSL	cm	190
MLWL	cm	45.90
LLWL	cm	20
Range	cm	288.52



Gambar 10. Tipe Pasang Surut
Sumber : Grafik Pasang Surut Pantai Paal

Tabel 19. Susunan Skema 8

	S2	O1	M2	N2	K2	O1	M4	MS4	K2	P1
Jgn	130	12	45	14	21	14	1	3	12	3
db	1.00	106.62	108.44	109.59	110.51	104.91	111.35	106.13	103.44	101.51

Penentuan Tipe Pasang Surut

Berdasarkan komponen-komponen Pasang Surut yang didapat dari hasil analisis dengan menggunakan metode *Admiralty* maka dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di pantai Paal dengan menggunakan angka pasang surut “F” (*tide form number* “*Formzahl*”). Dimana F ditentukan sebagai berikut :

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{28 + 14}{106.62 + 203.44} = 0.1336$$

Pasang Surut termasuk tipe Pasang Surut Harian Ganda (*semi diurnal*) dengan nilai $0 < F < 2.5$

Kesimpulan

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

Tinggi gelombang maksimum (Hb) = 1.35 m
Gelombang pecah pada kedalaman (db) = 3.2 m

Tipe pasang surut yang terjadi di Pantai Paal adalah tipe Pasang Surut Harian Ganda (*semi diurnal*) dengan nilai $0 < F = 0.1336 < 0.25$.

Elevasi muka air laut tinggi tertinggi (HHWL) terjadi sebesar 360 cm (+170 cm dari MSL) dan elevasi muka air laut rendah terendah terjadi sebesar 20 cm (-170 cm dari MSL).

Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

Aya Duck. *Gelombang*. http://www.academia.edu/3250863/Gelombang_Laut, diakses Desember 2015.

BAB II Dasar Teori. Teknik Pantai. www.eprints.ac.id diakses februari 2016.

CERC. 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington.

Hadikusumah. *Karakteristik Gelombang Dan Arus Di Eretan, Indramayu*. Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI, Jakarta.

Kramadibrata, S. 2002. *Perencanaan Pelabuhan*. ITB. Bandung.

Modul 1 Admiralty. www.academia.edu/7203382/Modul_1_Admiralty diakses februari 2016.

Musrifin. *Analisis Pasang Surut Perairan Muara Sungai Mesjid Dumai*. . Jurnal Perikanan dan Kelautan. Universitas Riau.

Novian Sangkop, 2015. “*Analisis Pasang Surut di Panai Bulo Rere Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa Dengan Metode Admiralty*”, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.

Pengolahan Data Pasang Surut Dengan Metode Admiralty. Laboseanografi.mipa.unsri.ac.id diakses Januari 2016.

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.