

Analisis Karakteristik Gelombang Pantai Maruni Kota Manokwari Provinsi Papua Barat

Nurul Khofifah Saad^{#1}, Tommy Jansen^{#2}, M. I. Jasin^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹nurulsaad09@gmail.com; ²tommyjansen@yahoo.com; ³sanyjasin02@yahoo.com

Abstrak

Pantai Maruni merupakan salah satu tempat wisata di Kota Manokwari yang terletak ditepi jalan raya Manokwari-Bintuni. Erosi pantai yang terjadi mengakibatkan beberapa bagian aspal jalan raya terkikis. Sehubungan dengan masalah diatas, maka perlu adanya analisis karakteristik gelombang agar dapat digunakan dalam pengembangan pemukiman di daerah pantai tersebut. Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan teori transformasi gelombang yang terjadi di daerah Pantai Maruni Manokwari. Peramalan gelombang dihitung dengan metode hindcasting gelombang berdasarkan data angin selama 10 tahun dari stasiun BMKG Manokwari untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang signifikan. Dari hasil akhir perhitungan didapat gelombang dominan pada arah Timur dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Desember 2018 dengan tinggi gelombang 1,013 m dan periode 3,626 detik. Koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 1,0026 sampai 1,6419 dan koefisien shoaling yang terjadi berkisar pada 0,9789 sampai 1,3875. Tinggi gelombang yang didapat dari hasil perhitungan berkisar pada 0,9941 m sampai 2,5234 m pada kedalaman 0,5 m sampai 10 m.

Kata kunci - pantai Maruni, hindcasting, karakteristik gelombang, refraksi, shoaling, gelombang pecah.

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pantai memiliki keindahan alam yang istimewa sehingga membuat pantai sangat digemari masyarakat sebagai tempat menghibur diri dari kepenatan. Sebagai tempat wisata, ada beberapa pantai yang membatasi pengunjung untuk berenang karena gelombang yang cukup kuat. Gelombang adalah faktor dominan terjadinya kemunduran garis pantai. Pantai Maruni merupakan salah satu wisata di Kota Manokwari. Dengan posisi pantai yang berada di tepi jalan trans Manokwari-Bintuni, membuat pantai ini mudah untuk

dikunjungi oleh warga sekitar dan pengendara yang lewat.

Biarapun tidak diberikan peringatan yang jelas, jarang ada pengunjung yang berani berenang di Pantai Maruni. Pasalnya sudah ada beberapa kasus pengunjung yang tenggelam terbawa arus. Karena kasus-kasus tersebut, maka pemerintah memutuskan untuk memasang sedimen pemangan. Dari kurang lebih 600m sepanjang pantai maruni, sudah ada beberapa titik yang dipasang pemangan. Lokasi tersebut merupakan lokasi yang sering ditempati pengunjung. Tetapi seiring berjalannya waktu, sudah ada beberapa bangunan pemangan yang rubuh dan rusak, bisa kita lihat pada Gambar 1. Sedangkan untuk lokasi yang belum dipasang sudah terjadi tanda-tanda abrasi bisa dilihat pada Gambar 2.

Dari kondisi lokasi bisa kita simpulkan bahwa ombak di Pantai Maruni terbilang cukup kuat dan dapat mengganggu kegiatan pariwisata dan transportasi. Sehubungan dengan kondisi tersebut, maka dalam pengamanan sekitaran pantai Maruni, diperlukan data dan informasi mengenai karakteristik gelombang berupa tinggi gelombang, periode gelombang, dan proses transformasi gelombang.

B. Batasan Masalah

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

1. Analisis hanya dilakukan di Pantai Maruni Kota Manokwari;
2. Analisis gelombang yang di gunakan adalah metode Amplitudo kecil (Airy);
3. Tinggi dan periode gelombang diperoleh dari Metode hindcasting;
4. Masalah yang di atasi berfokus pada erosi yang terjadi akibat gelombang;
5. Data yang dipakai adalah data angin 10 tahun terakhir;
6. Karakteristik gelombang yang ditinjau ialah Tinggi gelombang, periode gelombang, dan proses transformasi gelombang.

C. Tujuan Penelitian

Memperoleh karakteristik gelombang berupa tinggi gelombang, periode gelombang dan proses transformasi gelombang di Pantai Maruni Kota Manokwari.



Gambar 1. Kondisi Eksisting Bangunan Pengaman Pantai



Gambar 2. Abrasi Pantai Maruni

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Pantai Maruni, Jl. Manokwari–Bintuni, Kelurahan Maruni, Kota Manokwari, Provinsi Papua Barat (0°58'49.7"S 134°01'18.9"E).

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data terbagi atas data primer dan data sekunder.

a. Data Primer

Data primer didapatkan dengan cara Inventarisasi dan identifikasi pada lokasi penelitian. Inventarisasi dan identifikasi dilakukan guna mengetahui permasalahan pantai dan dapat mengampil langkah-langkah yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan.

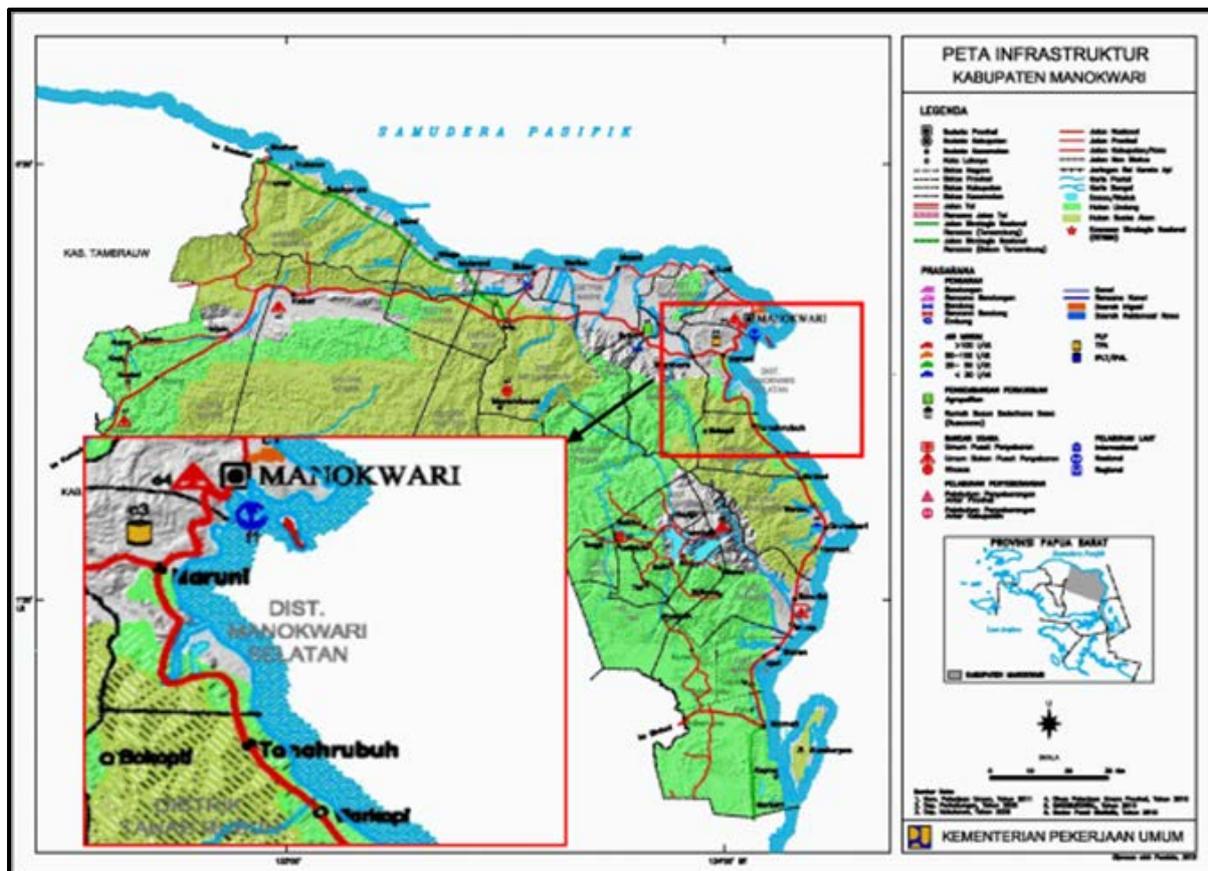
b. Data Sekunder

Mengumpulkan data-data yang berguna sebagai bukti, sumber atau variable yang dapat digunakan dalam perhitungan. Pengumpulan data ini dilaksanakan dengan cara mengunjungi lembaga – lembaga atau instansi – instansi terlibat, ataupun dengan menggunakan software-software penunjang. Data – data yang dimaksud meliputi:

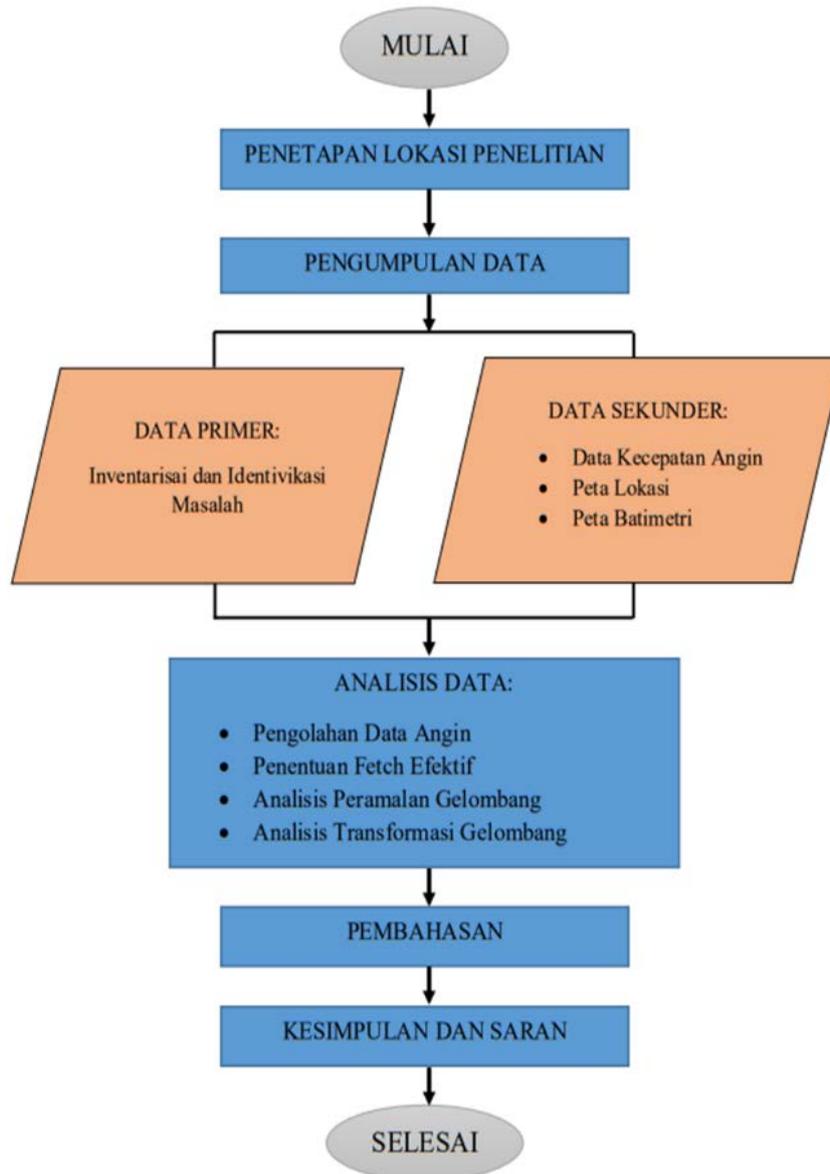
- Peta Lokasi dari Kementerian pekerjaan umum.
- Data kecepatan angin minimal 10 tahun terakhir dari BMG Kota Manokwari.
- Peta satelit dari software Google Earth.
- Peta citra satelit.
- Data Batimetri.

C. Diagram Alir Studi

Studi tugas akhir ini mengikuti urutan kegiatan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Peta Lokasi Penelitian



Gambar 4. Diagram Alir Studi

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data

1. Perhitungan Fetch Efektif

Hasil perhitungan fetch efektif ditampilkan pada Tabel 1.

2. Analisis Angin

Data angin yang dianalisis adalah data kecepatan dan arah angin maksimum bulanan dalam selang waktu 10 tahun terakhir. Data angin diambil dari BMKG Manokwari dari tahun 2011-2020. Data angin 2018 diubah ke UA untuk perhitungan Hindcasting:

- Koreksi terhadap elevasi
Data angin dari BMKG Kota Manokwari diukur dengan elevasi + 3m.

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

Dimana: $U_z = 17$ m/det; $Z = 3$ m

Sehingga:

$$U_{10} = 17. \left(\frac{10}{3} \right)^{1/7} = 20.18 \text{ m/det}$$

- Koreksi stabilitas dan lokasi pengamatan
Karena tidak ada data perbedaan rata-rata suhu udara dan air laut dari data angin yang diperoleh, maka diambil $RT = 1.1$, sedangkan nilai RL bervariasi sesuai dengan kecepatan angin (Gambar 5).

$$UA = RT.RL.U_{10}$$

dimana:

$$U_{10} = 20,18 \text{ m/det}$$

$$RL = 0,9$$

RT = 1,1
 Sehingga:
 UA = RT.RL.U₁₀
 = 1,1 x 0,9 x 20,18
 = 19,98 m/det

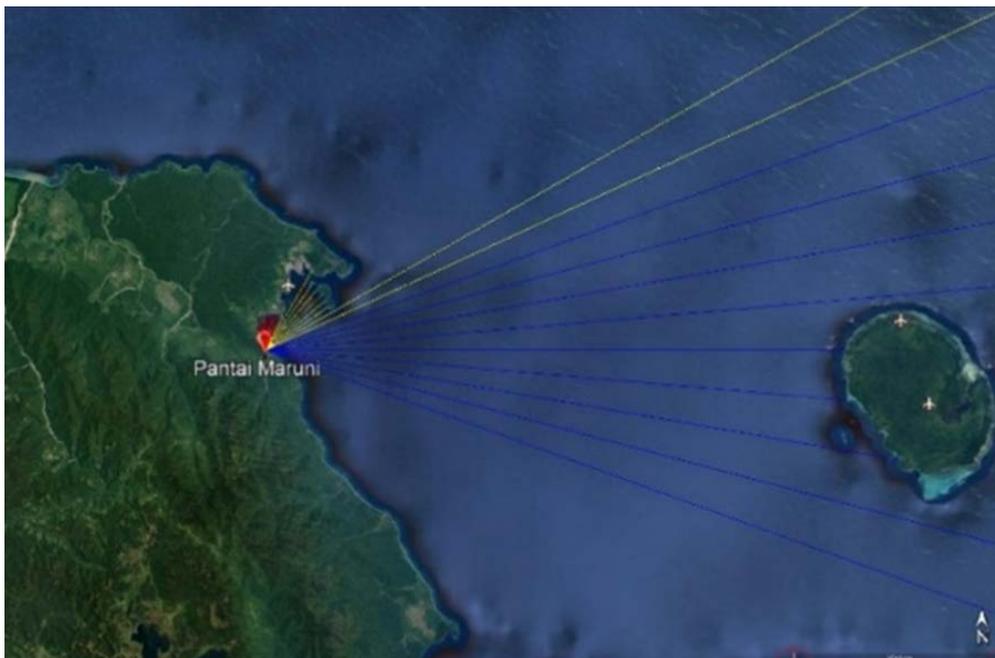
3. Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

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 2011-2020.

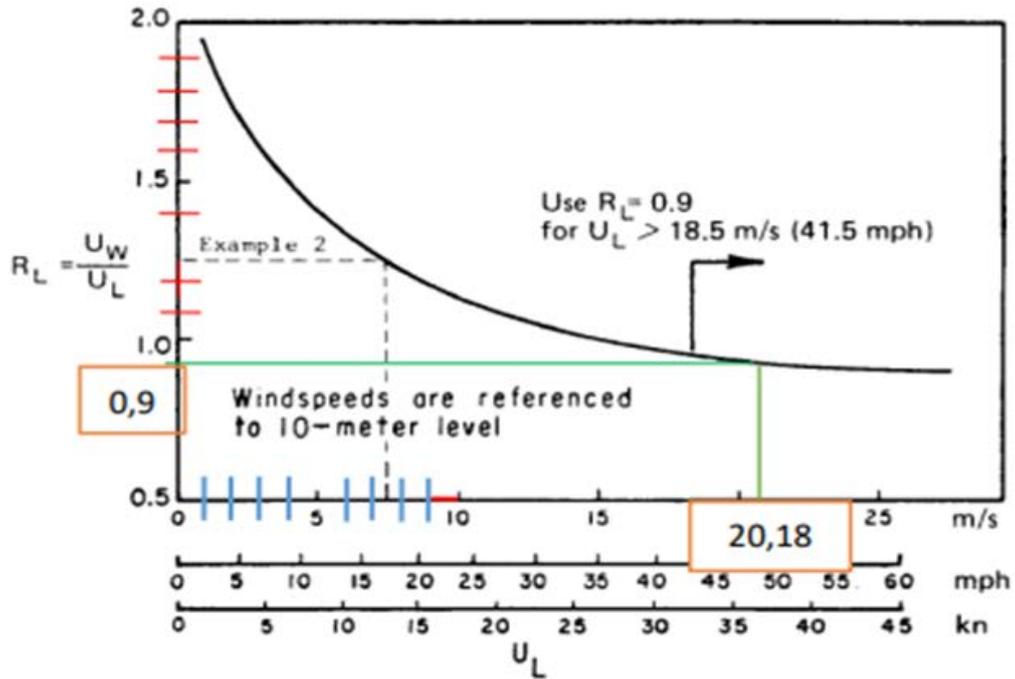
TABEL 1
Perhitungan Panjang Fetch Untuk Delapan Arah Mata Angin

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya	Jarak Sebenarnya	Fcos(α)	cos(α)	Feff (km)
		(m)	(km)			
UTARA (N)	-20	6226.9	6.2269	5.85137198	0.940	5.465058792
	-15	5969.8	5.9698	5.766383998	0.966	
	-10	5827.6	5.8276	5.739065661	0.985	
	-5	5688.8	5.6888	5.667152399	0.996	
	0	5585.7	5.5857	5.5857	1	
	5	5278.1	5.2781	5.258015236	0.996	
	10	38548	4.5801	4.51051799	0.985	
	15	22930	4.3713	4.222351564	0.966	
	20	21978	5.6888	5.345723381	0.940	
TIMUR LAUT (NE)	-20	25776.4	25.776	24.222	0.940	15.76372539
	-15	26975.3	26.975	26.056	0.966	
	-10	11610.7	11.611	11.434	0.985	
	-5	11805.4	11.805	11.760	0.996	
	0	12138.9	12.139	12.139	1	
	5	12189.2	12.189	12.143	0.996	
	10	14078.4	14.078	13.865	0.985	
	15	13862	13.862	13.390	0.966	
	20	14143.2	14.143	13.290	0.940	
TIMUR (E)	-20	24860.6	24.861	23.361	0.940	23.96513279
	-15	24185.4	24.185	23.361	0.966	
	-10	23721.7	23.722	23.361	0.985	
	-5	23450.6	23.451	23.361	0.996	
	0	23361.3	23.361	23.361	1	
	5	23450.6	23.451	23.361	0.996	
	10	23721.7	23.722	23.361	0.985	
	15	24185.4	24.1854	23	0.966	
	20	24860.6	24.861	23	0.940	

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 5. Fetch arah Utara, Timur Laut dan Timur

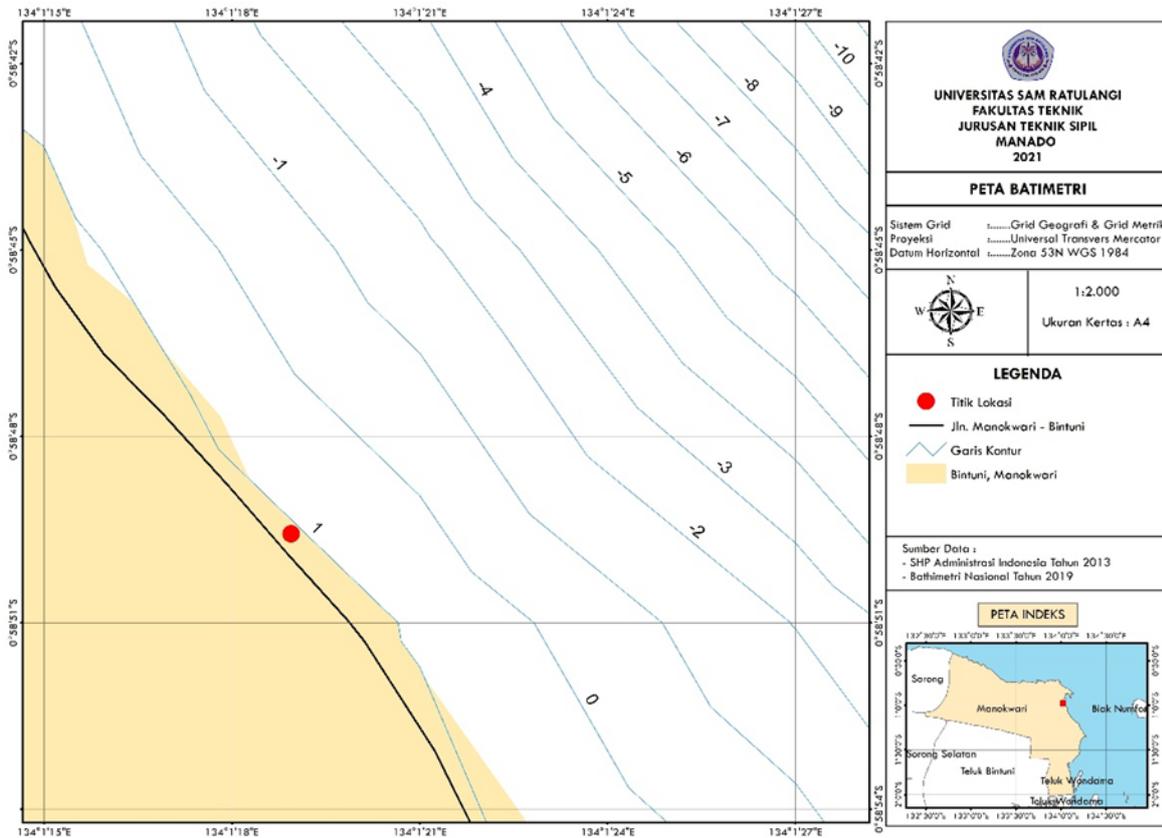


Gambar 6. Pembacaan Rasio Aplikasi RL
(Sumber: SPM'84)

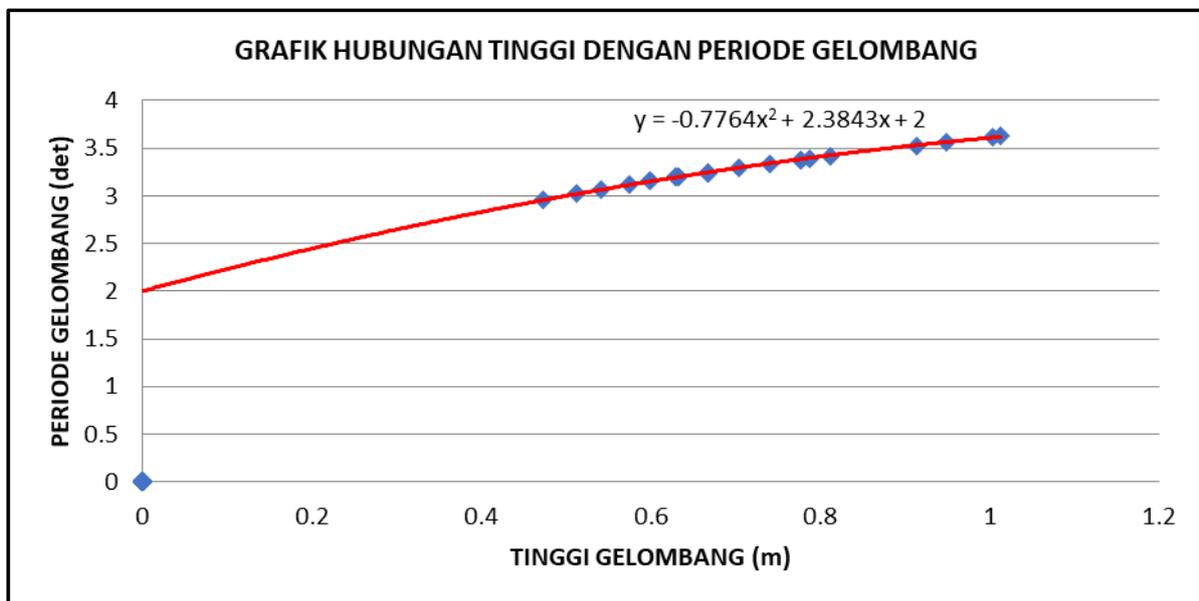
TABEL 2
Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Gelombang Tiap Fetch Berdasarkan Hindcasting Gelombang Tahun 2011-2020

Bulan	H-T	Arah datang gelombang			Max Tiap Bulan	
		N	NE	E	H-T	Arah
Januari	H	0.292	0	0.513	0.513	E
	T	2.137	0	3.025	3.025	
Februari	H	0.321	0.227	0	0.321	N
	T	2.191	2.302	0	2.302	
Maret	H	0.304	0.239	0.247	0.304	N
	T	2.160	2.334	2.490	2.490	
April	H	0.270	0	0.667	0.667	E
	T	2.093	0	3.244	3.244	
Mei	H	0.199	0	0.914	0.914	E
	T	1.928	0	3.528	3.528	
Juni	H	0.279	0	1.004	1.004	E
	T	2.112	0	3.618	3.618	
Juli	H	0.120	0.300	0.789	0.789	E
	T	1.686	2.480	3.392	3.392	
Agustus	H	0.288	0	0.950	0.950	E
	T	2.129	0	3.564	3.564	
September	H	0.275	0	0.813	0.813	E
	T	2.103	0	3.419	3.419	
Oktober	H	0.171	0	0.777	0.777	E
	T	1.852	0	3.378	3.378	
November	H	0.144	0	0.667	0.667	E
	T	1.771	0	3.244	3.244	
Desember	H	0.303	0.000	1.013	1.013	E
	T	2.159	0.000	3.626	3.626	
MAX TIAP ARAH					1.0128	E
					3.626	

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 7. Peta Batimetri Pantai Maruni



Gambar 8. Kurva Hubungan Tinggi Gelombang dan Periode Gelombang

B. Analisis Transformasi Gelombang

1. Perhitungan Koefisien Refraksi

Untuk memperoleh periode gelombang maksimum berdasarkan perubahan kedalaman, maka dibuat hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan

periode gelombang maksimum (10 tahun data masukan) yang telah dihitung dengan metode hindcasting untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan (Gambar 8). Berdasarkan grafik hubungan H dan T didapat persamaan:

$y = -0,7764x^2 + 2,3842x + 2$ (persamaan didapat menggunakan trendline di program MS. Excel).

Untuk arah Timur:

$$H_o = 1,0128$$

$$T = -0,7764x^2 + 2,3842x + 2 = 3,6184$$

Hitung panjang gelombang laut dalam dengan rumus:

$$L_o = 1.56.T^2$$

Dimana:

L_o = Panjang gelombang laut dalam

T = Periode gelombang laut dalam

Sehingga:

$$L_o = 1,56 \times 3,6184^2 = 20,4253 \text{ m}$$

Hitung nilai α :

$$d/L_o = 10/20,4253 = 0,4896$$

Cari nilai d/L untuk nilai $d/L_o = 0,4896$ dengan menggunakan Tabel 3. Karena nilai d/L untuk $d/L_o = 0,4896$ tidak terdapat pada tabel, maka d/L dihitung menggunakan cara interpolasi:

y1	0.489	x1	0.49105	n1	0.5128
y2	0.49	x2	0.49203	n2	0.5129
d/L _o	0.4896	d/L	0.491638	n	0.5129

$$d/L = x1 + \frac{(x2-x1)}{(y2-y1)} \times (d/L_o - y1)$$

$$d/L = 0,49164$$

Maka:

$$L = 20,3401$$

Cepat rambat gelombang:

$$C_o = L_o/T = 20,4253/3,6184 = 5,6448 \text{ m/det}$$

$$C = L/T = 20,3401/3,6184 = 5,6212 \text{ m/det}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{C_o} \times \sin \alpha = \frac{5,6212}{5,6448} \times \sin 45 = 0,7042$$

$$\alpha = 44,7614$$

Tentukan nilai koefisien Refraksi (K_r):

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha}}$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos 45}{\cos 44,7614}}$$

$$K_r = 1,0027$$

Hasil Analisa ditampilkan pada Tabel 4.

2. Perhitungan Koefisien Shoaling

Koefisien pendangkalan:

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o L_o}{nL}}$$

Dimana:

$$n_o = 0,5 \text{ (di laut dalam)}$$

$$L_o = 20,4253$$

Dari Tabel 3 dilakukan interpolasi untuk nilai n pada

$$d/L_o = 0,4896, \text{ didapat}$$

$$n = 0,5129$$

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o L_o}{nL}}$$

$$K_s = \sqrt{\frac{0,5 \times 20,4253}{0,5129 \times 20,3401}}$$

$$K_s = 0,9789$$

Setelah perhitungan koefisien refraksi dan shoaling, akan didapat nilai tinggi gelombang yang baru:

$$H = H_o \cdot K_r \cdot K_s$$

$$= 1,0128 \cdot 1,0027 \cdot 0,9789$$

$$= 0,9941$$

Selanjutnya dapat dilihat dalam Tabel 5.

3. Perhitungan Gelombang Pecah

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia yaitu grafik yang menyatakan hubungan antara $H'o/gT^2$.

Tentukan nilai $H'o$ dan H_b

Diketahui:

$$H_o = 1,0128$$

$$T = 3,6184$$

$$H = 0,9941$$

$$K_s = 0,9789$$

$$d/L_o = 0,4896$$

Maka

$$H'o = H_o/K_s$$

$$= 1,0128/0,9789$$

$$= 1,0346$$

$$H'o/gT^2 = 1,0346 / (0,981 \cdot 3,6184^2)$$

$$= 0,0081$$

Nilai H_b didapat dari hasil plot antara nilai $H'o/gT^2$ dan kemiringan pantai (m) pada grafik "Penentuan Tinggi Gelombang Pecah, Bambang Triatmodjo, 'Teknik Pantai' (Gambar 9). Plot pada grafik untuk:

$$H'o/gT^2 = 0,0081 \text{ dan } m = 0,03, \text{ dengan } d = 10\text{m}$$

$$H_b/H'o = 1,07$$

$$H_b = 1,07 \times H'o$$

$$= 1,07 \times 1,0346$$

$$= 1,1071$$

Selanjutnya dibuat grafik hubungan tinggi, kedalaman dan sudut datang gelombang. Berdasarkan grafik hubungan tinggi, kedalaman, dan sudut datang gelombang di potongan 1 maka diperoleh :

Tinggi gelombang pecah (H_b) = 1 m

Gelombang pecah pada kedalaman (db) = 2 m

TABEL 3
Pembacaan Nilai d/L dan n

Tabel A-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_4	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.4800	0.48225	3.0300	0.9953	10.325	10.373	0.988	0.0964	6.0601	214.20	214.2	0.5141
0.4810	0.48322	3.0362	0.9954	10.389	10.437	0.989	0.0958	6.0724	216.85	216.9	0.5140
0.4820	0.48420	3.0423	0.9955	10.453	10.501	0.989	0.0952	6.0846	219.53	219.5	0.5139
0.4830	0.48518	3.0485	0.9955	10.518	10.565	0.989	0.0947	6.0969	222.24	222.2	0.5137
0.4840	0.48616	3.0546	0.9956	10.583	10.630	0.989	0.0941	6.1092	224.99	225.0	0.5136
0.4850	0.48713	3.0608	0.9956	10.648	10.695	0.989	0.0935	6.1215	227.77	227.8	0.5134
0.4860	0.48811	3.0669	0.9957	10.714	10.761	0.989	0.0929	6.1338	230.59	230.6	0.5133
0.4870	0.48909	3.0730	0.9957	10.781	10.827	0.989	0.0924	6.1461	233.44	233.4	0.5132
0.4880	0.49007	3.0792	0.9958	10.847	10.893	0.989	0.0918	6.1584	236.33	236.3	0.5130
0.4890	0.49105	3.0853	0.9958	10.915	10.960	0.989	0.0912	6.1707	239.26	239.3	0.5129
0.4900	0.49203	3.0915	0.9959	10.982	11.028	0.990	0.0907	6.1830	242.22	242.2	0.5128
0.4910	0.49301	3.0977	0.9959	11.050	11.096	0.990	0.0901	6.1953	245.22	245.2	0.5126
0.4920	0.49399	3.1038	0.9960	11.119	11.164	0.990	0.0896	6.2076	248.26	248.3	0.5125
0.4930	0.49497	3.1100	0.9960	11.188	11.232	0.990	0.0890	6.2199	251.33	251.3	0.5124
0.4940	0.49595	3.1161	0.9961	11.257	11.301	0.990	0.0885	6.2322	254.44	254.4	0.5122

Sumber : Triatmodjo B, "Teknik Pantai"

TABEL 4
Perhitungan Refraksi Untuk Arah Timur

a_0	d	H_0	T	L_0	d/ L_0	d/L
45	10	1.0128	3.6184	20.4253	0.4896	0.49164
44.7614	8	0.9941	3.6030	20.2513	0.3950	0.40020
44.0329	5	0.9527	3.5669	19.8472	0.2519	0.26956
40.5113	3	0.8645	3.4810	18.9029	0.1587	0.18972
32.9159	1	0.7944	3.4041	18.0775	0.0553	0.09960
17.5661	0.5	1.1001	3.6834	21.1647	0.0236	0.06284

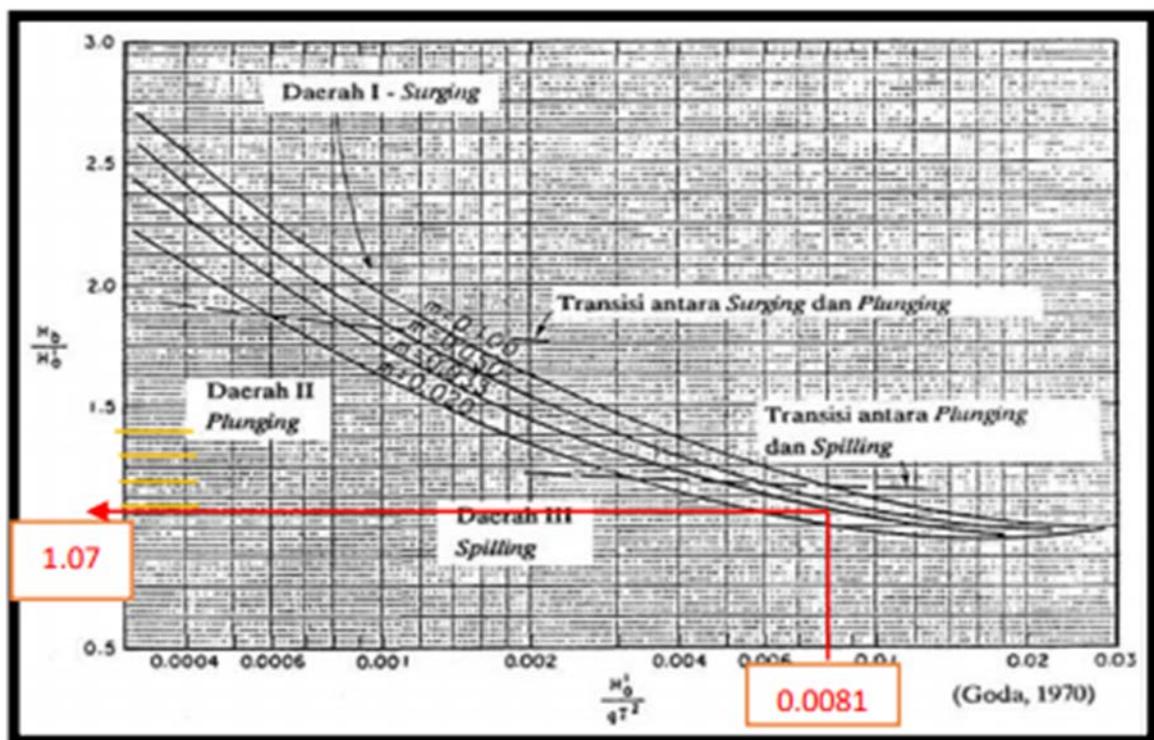
L	C_0	C	$\sin a$	a	$\cos a_0 / \cos a$	Kr
20.3401	5.6448	5.6212	0.7042	44.7614	1.0053	1.0027
19.9900	5.6207	5.5482	0.6951	44.0329	1.0165	1.0082
18.5487	5.5643	5.2003	0.6496	40.5113	1.0869	1.0426
15.8128	5.4303	4.5426	0.5434	32.9159	1.2308	1.1094
10.0402	5.3104	2.9494	0.3018	17.5661	1.8738	1.3689
7.9567	5.7460	2.1602	0.1135	6.5149	2.6963	1.6420

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 5
Perhitungan Shoaling Untuk Arah Timur

Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
20.4253	0.490	0.492	20.3401	0.5	0.5129	1.0027	0.9789	0.9941
20.2513	0.395	0.400	19.9900	0.5	0.5329	1.0082	0.9505	0.9527
19.8472	0.252	0.270	18.5487	0.5	0.6147	1.0426	0.8703	0.8645
18.9029	0.159	0.190	15.8128	0.5	0.7216	1.1094	0.8283	0.7944
18.0775	0.055	0.100	10.0402	0.5	0.8899	1.3689	1.0116	1.1001
21.1647	0.024	0.063	7.9567	0.5	0.9516	1.6420	1.3976	2.5247

Sumber: Hasil Analisis

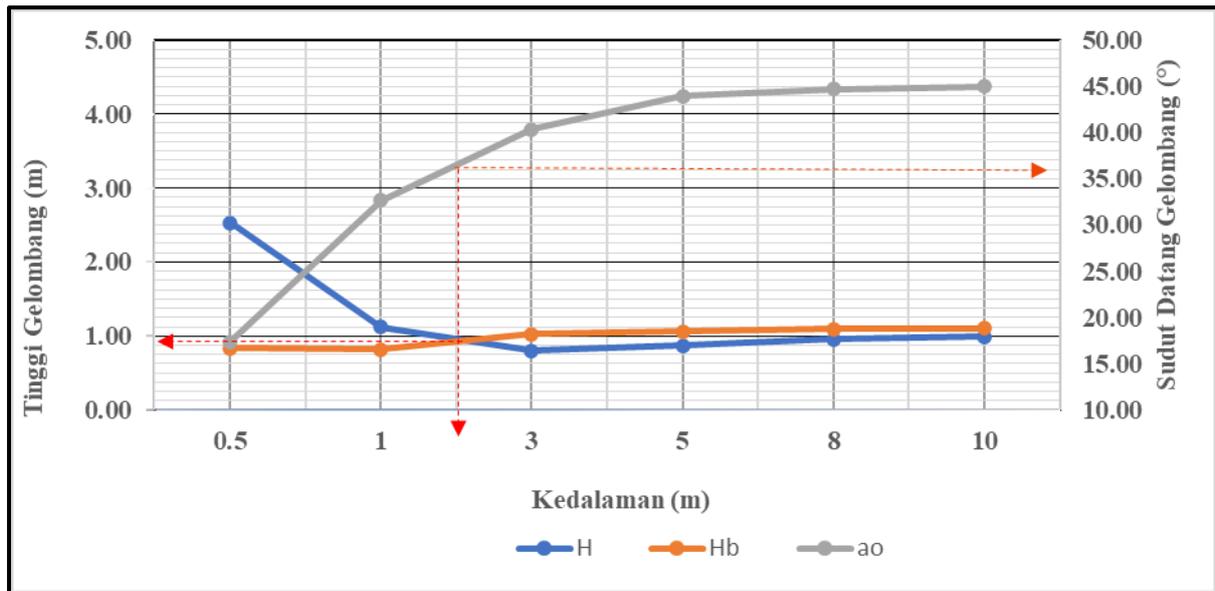


Gambar 9. Penentuan Tinggi Gelombang Pecah

TABEL 6
Perhitungan Gelombang Pecah Untuk Arah Timur

H'o	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb
1.0346	0.0081	0.03	1.07	1.1071
1.0459	0.0082	0.03	1.05	1.0982
1.0947	0.0088	0.02	0.97	1.0618
1.0437	0.0088	0.02	0.98	1.0228
0.7853	0.0069	0.01	1.03	0.8088
0.7871	0.0059	0.01	1.04	0.8186

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 10. Kurva Hubungan Tinggi, Kedalaman dan Sudut Datang Gelombang Arah Timur

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan didapat karakteristik gelombang di Pantai Maruni sebagai berikut:

1. Dari perhitungan Hindcasting diperoleh Gelombang maksimum terjadi pada bulan desember 2018 dengan tinggi gelombang (H_0) = 1,013 m dan periode gelombang (T_0) = 3,262 det. Gelombang dinominasi arah Timur.
2. Dari perhitungan Analisis Transformasi Gelombang didapat Koefisien Refraksi (K_r) berkisar 1,0027 sampai 1,6420 dan Koefisien Shoaling (K_s) berkisar 0,9789 sampai 1,3876. Adapun tinggi gelombang (H) yang didapat berkisar 0,9941 m sampai 2,5247 m. Dari data- data yang telah ada diperoleh tinggi gelombang pecah (H_b) = 1 m dan gelombang pecah pada kedalaman (d_b) = 2 m dengan jarak 122 m dari garis pantai.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan pergerakan dari sedimen, bangkitan arus dan juga pelepasan energi yang terjadi agar didapat lebih banyak data penunjang terkait daerah yang sudah terkena abrasi di pantai maruni dan perlu adanya pengaman pantai.
2. Diperluakan penelitian lebih lanjut terhadap bangunan pengaman yang rusak di Pantai maruni.

KUTIPAN

A. Buku

- [1] CERC, *Shore Protection Manual*. Washington: US Army Coastal Engineering Research Center, 1984.
- [2] Bambang Triatmodjo, *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 1999.
- [3] Bambang Triatmodjo, *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2008.
- [4] Bambang Triatmodjo, *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 2012.
- [5] Nur Yuwono, *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, 1982.

B. Jurnal

- [6] S. K. Dauhan, H. Tawas, H. Tangkudung, J. D. Mamoto, "Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Terhadap Perubahan Garis Pantai di Atep Oki", dalam *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 1, No. 12, 2013.
- [7] S. E. Imbar, "Analisis Deformasi Gelombang Pada Pantai Minahasa Barat", dalam *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 8, No. 1, 2020.
- [8] J. A. Kaunang, M. I. Jasin, J. D. Mamoto, "Analisis Karakteristik Gelombang dan Pasang Surut pada Pantai Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara", dalam *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 4, No. 9, 2016.

C. Skripsi

- [9] K. M. H. Sabatun, T. Jansen, M. I. Jasin, "Analisis Karakteristik Gelombang Daerah Pantai Tobolo Kelurahan Tobolo Kota Ternate Provinsi Sulawesi Utara", Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi, Manado, 2019.

D. Laman

- [10] <https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/laut/erosi-pantai>, diakses Oktober 2020.
- [11] <https://www.its.ac.id/tkelautan/gelombang-laut>, diakses Oktober 2020
- [12] <https://vancivil.blogspot.com/2017/03/deformasi-gelombang.html>, diakses Juni 2021.
- [13] <https://birahibahari.wordpress.com/2017/04/15/peramalan-gelombang-wave-hindcasting-memahami-kekurangan-peramalan-gelombang-laut-dengan-metode-parametrik/>, diakses Juni 2021