



Studi Karakteristik Gelombang Di Pantai Makalisung Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara

Verenicha I. V. Padati^{#a}, M. Ihsan Jasin^{#b}, Jeffry D. Mamoto^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam ratulangi, Manado, Indonesia

^avpadati@gmail.com; ^bsanyjasin02@yahoo.com; ^cjeffrymamoto@yahoo.com

Abstrak

Studi karakteristik gelombang di Pantai Makalisung, Kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara dengan pola angin selama 10 tahun terakhir. Hasil analisis menunjukkan bahwa Pantai Makalisung mengalami angin lemah yang membentuk gelombang kecil hingga panjang, namun saat angin mencapai kecepatan maksimum, gelombang yang terbentuk menjadi besar dengan percikan air laut. Tiga arah utama pembentukan gelombang akibat angin teridentifikasi: utara, timur laut, dan timur. Gelombang di perairan ini didominasi oleh gelombang dari arah timur laut, dengan puncak gelombang terbesar terjadi pada Januari 2016, mencapai ketinggian 0.931 meter dengan periode 4.041 detik. Melalui metode analitis, nilai koefisien refraksi berkisar antara 1.0108 hingga 1.7668, sedangkan koefisien shoaling berkisar antara 0.9375 hingga 1.6059. Hasil perhitungan tinggi gelombang berkisar antara 0.8827 hingga 2.9801 meter pada kedalaman 1 hingga 10 meter. Diperoleh bahwa gelombang pecah terjadi pada tinggi 0.9 meter dan kedalaman 2.25 meter, sekitar 15 meter dari garis pantai. Analisis menunjukkan bahwa angin dari arah timur laut memiliki dampak signifikan terhadap gelombang di Pantai Makalisung. Data angin 10 tahun terakhir menegaskan bahwa arah angin timur laut memiliki pengaruh utama di daerah ini. Gelombang dari arah ini kadang-kadang sangat besar, mencapai bibir pantai, dan berdampak merusak terhadap fasilitas, termasuk rumah warga dan jalan di sekitar Pantai Makalisung.

Kata kunci: pantai makalisung, karakteristik gelombang, kerusakan pantai, abrasi

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pantai adalah daerah pertemuan antara darat, laut dan udara dimana terjadi interaksi dinamis antara air, angin (atmosfer), dan material penyusun didalamnya. (Bird, 1984). Hal ini menyebabkan pantai rentan terhadap kerusakan. Perubahan garis pantai, umumnya disebabkan akibat faktor alam salah satunya adalah gelombang.

Erosi atau biasa disebut abrasi pantai adalah salah satu kerusakan yang disebabkan oleh alam. Erosi pantai merupakan pengikisan daratan pantai akibat arus, gelombang dan pasang surut air laut. Erosi pantai dengan tingkat kerusakan yang cukup tinggi mempunyai dampak, salah satu dampak yang paling terlihat adalah penyusutan area pantai.

Pantai Makalisung berada di Kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. Di pantai ini telah terjadi perpindahan garis pantai dibuktikan dengan adanya salah satu rumah penduduk yang tergerus saat adanya gelombang besar, bahkan saat tinggi gelombang cukup besar mengakibatkan gelombang tersebut pecah dan melepaskan energinya bahkan sampai kearah jalan raya dan itu menyebabkan erosi pantai.

1.2 Rumusan Masalah

Menentukan kinerja gelombang yang terjadi di daerah Pantai Makalisung Kombi,

menganalisis karakteristik Gelombang di daerah Pantai Makalisung Kombi.

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui kinerja gelombang di pantai Makalisung, memperoleh data karakteristik gelombang di pantai Makalisung dan Untuk mengetahui apakah angin timur berpengaruh dalam kinerja gelombang di pantai Makalisung.

1.4 Manfaat Penelitian

Untuk memperoleh pengetahuan mengenai teknik pantai khususnya dalam mempelajari karakteristik gelombang yang terjadi dan Sebagai informasi data base karakteristik gelombang di Pantai Makalisung

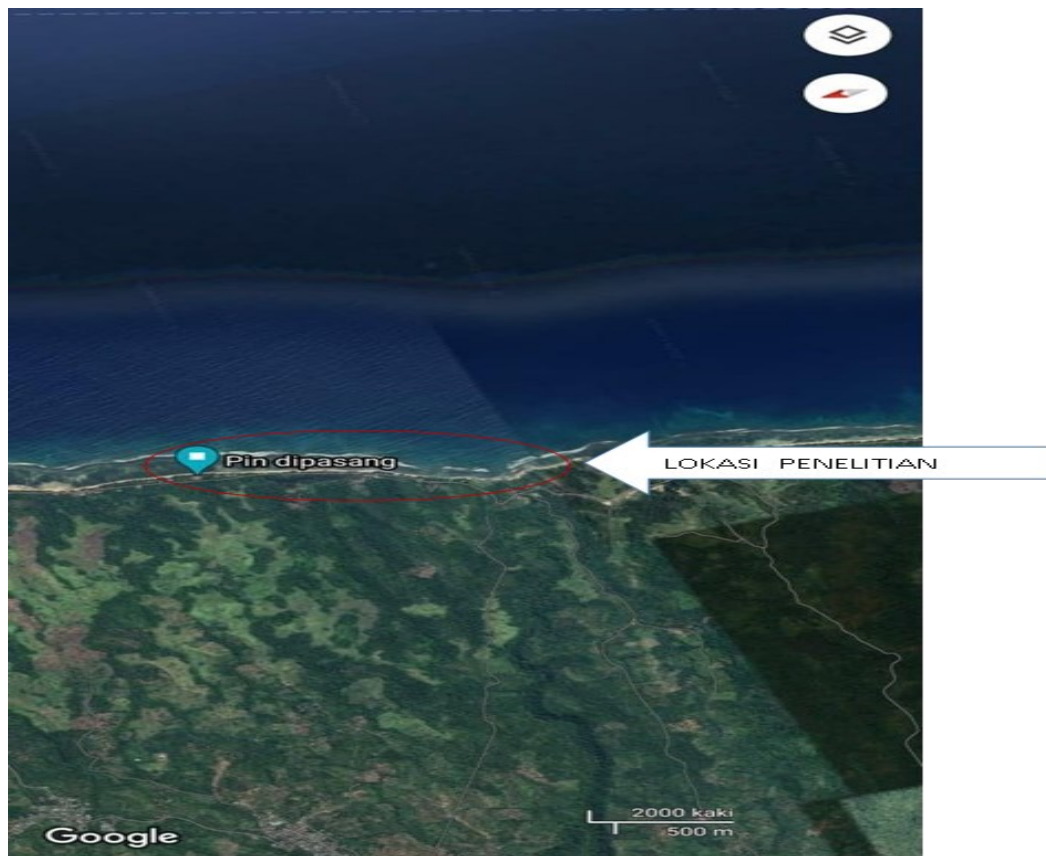
1.5 Batasan Penelitian

1. Analisa hanya dilakukan di Pantai Makalisung
2. Gelombang yang dihitung adalah gelombang yang diakibatkan oleh angin
3. Data angin yang dipakai adalah data angin 10 tahun terakhir
4. Analisa hanya untuk mengetahui karakteristik gelombang yang terjadi di Pantai Makalisung
5. Mengabaikan faktor-faktor bencana alam yang terjadi

2. Metode Penelitian

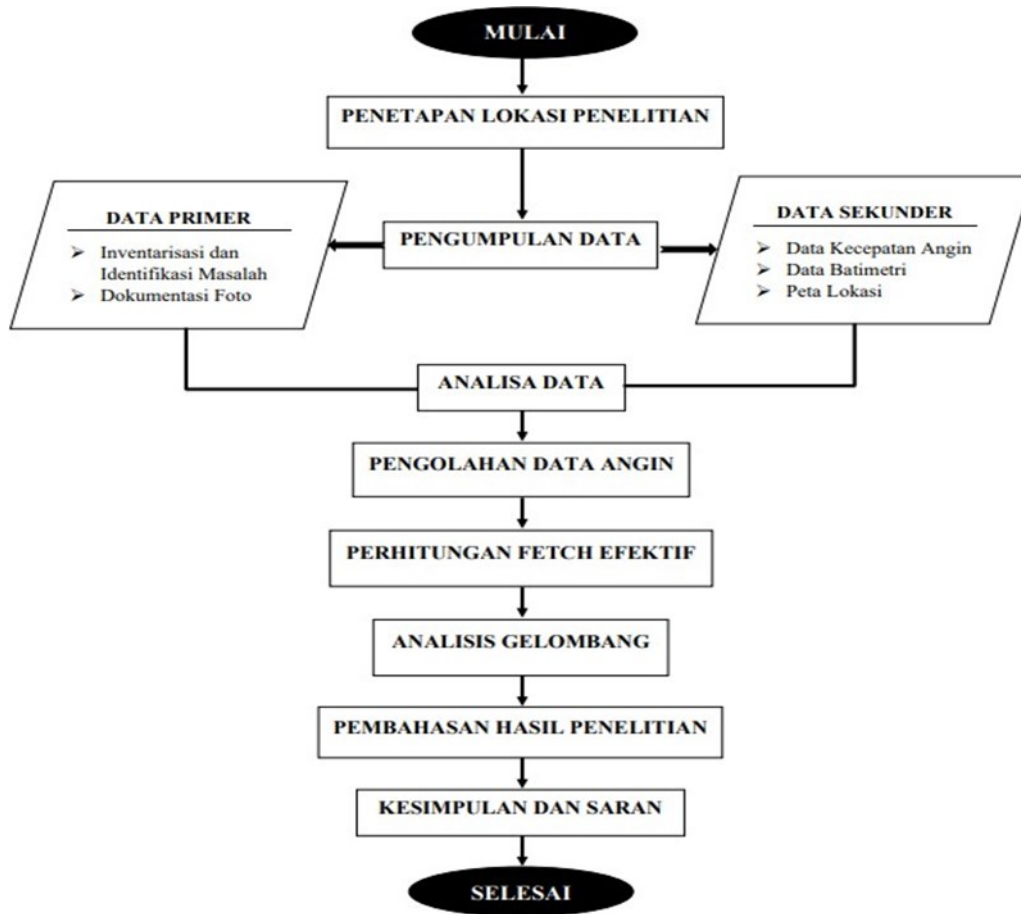
2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian berada di Pantai Makalisung Kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara, Secara Geografis terletak $1^{\circ}15'53.1''N$ dan $125^{\circ}03'24.8''E$



Gambar 1. Lokasi Penelitian: Pantai Makalisung
Sumber: Google Earth

2.2 Bagan Alir Penelitian

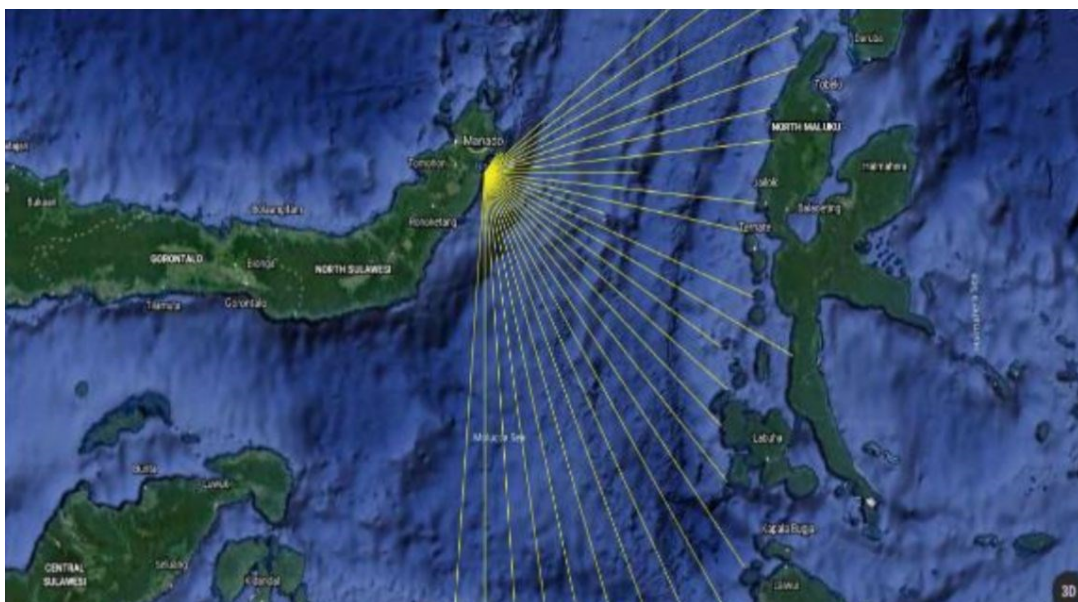


Gambar 2. Bagan Alir

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Analisa Data

3.1.1 Perhitungan Fetch Efektif



Gambar 3. Fetch Lokasi Penelitian

Arah Timur Laut:

- Panjang garis fetch untuk sudut 0° adalah 6101 m adalah jarak sebenarnya 6101 m = 6.101 km
- Nilai dari cosines 0° adalah 1, maka : $F \cos(\alpha) = 6.101 \times 1 = 6.101 \text{ km}$

Dengan mengetahui panjang *fetch* diperoleh:

$$F_{eff} = \frac{\sum F \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

$$= \frac{46.527+51.634+62.639+68.006+74.259+71.875+66.607+61.712+57.455}{0,940+0.966+0.985+0.996+1+0.996+0.996+0.985+0.966+0.940}$$

$$= 63.91184 \text{ km}$$

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	
20	21978	21.978	20.65256	0.940		
TIMUR LAUT (NE)	-20	23241	23.241	21.839	0.940	23.35993
	-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	
	15	20957	20.957	20.243	0.966	
20	17982	17.982	16.898	0.940		
TIMUR (E)	-20	18995	18.995	17.849	0.940	23.25579
	-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	
	10	33308	33.308	32.802	0.985	
	15	31855	31.855	31	0.966	
20	30910	30.910	29	0.940		
TENGGARA (SE)	-20	0	0	0	0.940	0
	-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	0	0	0	0.966	
20	0	0	0	0.940		
SELATAN (S)	-20	0	0	0	0.940	0
	-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	0	0	0	0.966	
20	0	0	0	0.940		
BARAT DAYA (SW)	-20	0	0	0	0.940	0
	-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	0	0	0	0.966	
20	0	0	0	0.940		
BARAT (W)	-20	0	0	0	0.940	0
	-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	0	0	0	0.966	
20	0	0	0	0.940		
BARAT LAUT (NW)	-20	0	0	0	0.940	0
	-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	0	0	0	0.966	
20	0	0	0	0.940		
					Feff (total)	55.8214
					Feff (domin)	23.35993

3.1.2 Analisa Data Angin

Tabel 2. Data Kecepatan dan Arah Angin pada Tahun 2016

2016				
No	Bulan	Kecepatan		Arah°
		m/s	knot	
1	Januari	9.2	17.97637	NE
2	Februari	6.3	12.27145	NE
3	Maret	5.7	11.01097	NE
4	April	5.3	10.26359	NE
5	Mei	6.0	11.72747	NE
6	Juni	7.5	14.59907	W
7	Juli	6.5	12.66559	S
8	Agustus	7.1	13.88689	S
9	September	5.7	11.13998	S
10	Oktober	4.9	9.500759	SW
11	November	7.2	14.04909	NW
12	Desember	7.2	13.93748	N

Langkah – langkah perhitungan untuk mendapatkan nilai U_A (Perhitungan pada data angin bulan Januari 2016)

- Koreksi terhadap elevasi

Data angin diambil dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Maritim Bitung yang diukur dari ketinggian + 10 m dari permukaan laut

$$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{z} \right)^{1/7}, \quad \text{dimana : } U_z = 9.248 \text{ m/det}$$

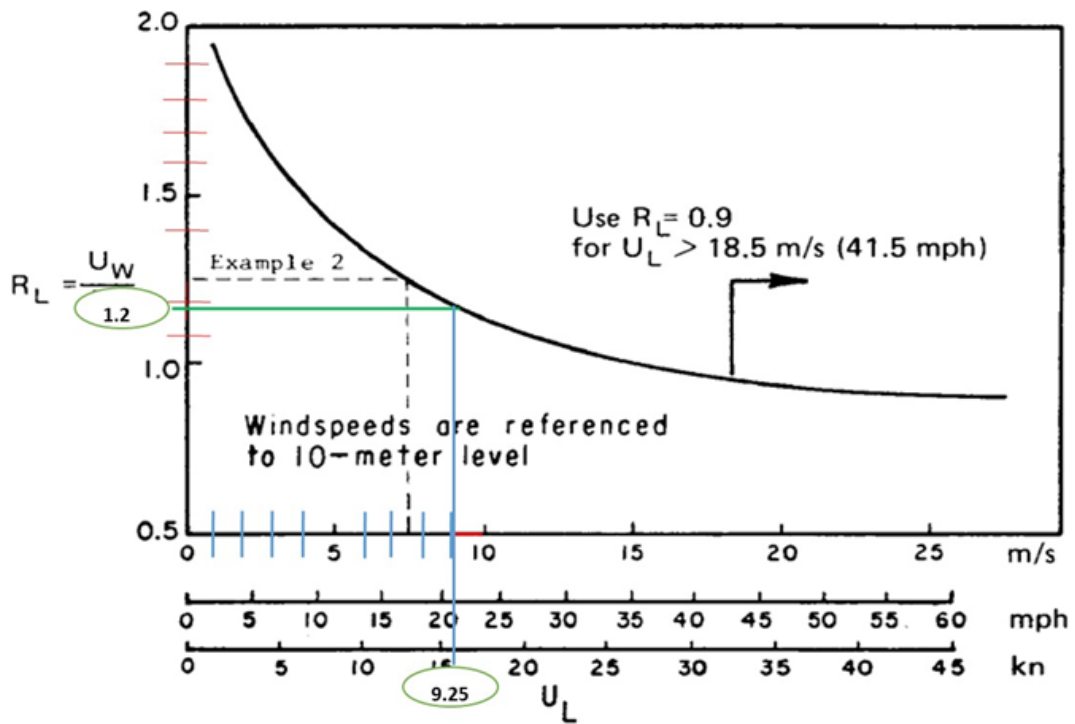
$$Z = 10 \text{ m}$$

Sehingga :

$$U_{10} = 9.248 \left(\frac{10}{10} \right)^{1/7} = 9.25 \text{ m/det}$$

- Koreksi Terhadap Stabilitas dan Efek Lokasi

Karena tidak ada data perbedaan rata-rata suhu udara dan air laut, maka diambil $R_T = 1,1$ sedangkan nilai R_L bervariasi sesuai dengan kecepatan angin



Gambar 4. Pembacaan rasio aplikasi RL

Tabel 3. Perhitungan Faktor Tekanan Angin Pada Tahun 2016

Perhitungan Wind Stress Factor Pada Tahun 2016					Z = ±	10
					RT	1.1
Bulan	Arah	Uz	Uz (BULAT)	$U_{10} = Uz \left(\frac{10}{Z}\right)^{\frac{1}{7}}$	RL	UA = RT.RL.U10
2016						
Januari	NE	9.248	9.2	9.25	1.2	12.21
Februari	NE	6.313	6.3	6.31	1.32	9.17
Maret	NE	5.665	5.7	5.66	1.37	8.54
April	NE	5.280	5.3	5.28	1.39	8.07
Mei	NE	6.033	6	6.03	1.34	8.89
Juni	W	7.510	7.5	7.51	1.2	9.91
Juli	S	6.516	6.5	6.52	1.31	9.39
Agustus	S	7.144	7.1	7.14	1.2	9.43
September	S	5.731	5.7	5.73	1.37	8.64
Oktober	SW	4.888	4.9	4.89	1.42	7.63
November	NW	7.227	7.2	7.23	1.2	9.54
Desember	N	7.170	7.2	7.17	1.2	9.46

3.1.3 Peramalan Tinggi Dan Periode Gelombang

Berikut ini disajikan tabel rekapitulasi arah, tinggi dan periode gelombang dari masing – masing fetch berdasarkan Hindcasting Gelombang tahun 2009 – 2018.

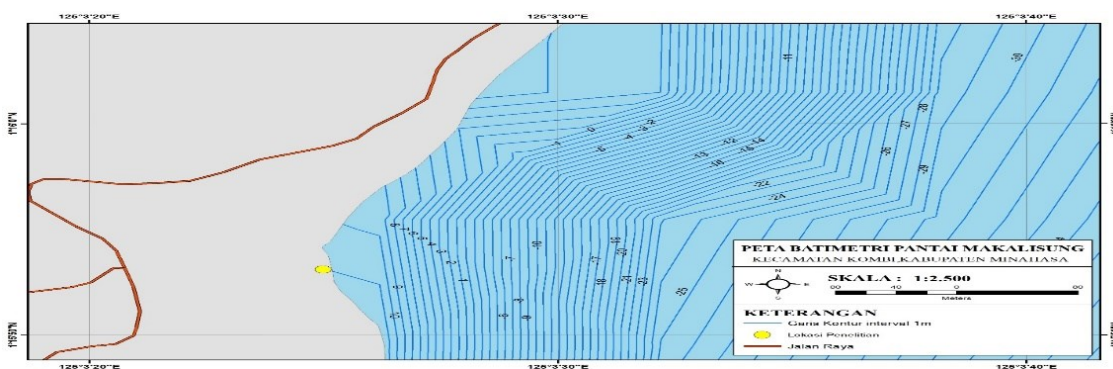
Tabel 4. Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Gelombang dari Masing– masing *fetch* Berdasarkan *Hindcasting* Gelombang Tahun 2009-2018

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		N	NE	E	W	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	0	0.931	0	0	NE	0.931
	T (det)	0	4.041	0	0		4.041
FEBRUARI	H (m)	0.379	0.780	0	0	NE	0.780
	T (det)	2.473	3.855	0	0		3.855
MARET	H (m)	0.404	0.748	0	0	NE	0.748
	T (det)	2.516	3.812	0	0		3.812
APRIL	H (m)	0.414	0.660	0	0	NE	0.660
	T (det)	2.532	3.687	0	0		3.687
MEI	H (m)	0	0.715	0.183	0	NE	0.715
	T (det)	0	3.767	1.551	0		3.767
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	-	0.000
	T (det)	0	0	0	0		0.000
SEPTEMBER	H (m)	0	0	0	0	-	0.000
	T (det)	0	0	0	0		0.000
OKTOBER	H (m)	0	0	0	0	-	0.000
	T (det)	0	0	0	0		0.000
NOVEMBER	H (m)	0	0	0.191	0	E	0.191
	T (det)	0	0	1.570	0		1.570
DESEMBER	H (m)	0.402	0	0	0	NE	0.402
	T (det)	2.513	0	0	0		2.513
MAX TIAP ARAH	H (m)	0.41	0.93	0.19	0.00	NE	0.931
	T (det)	2.53	4.04	1.57	0.00		4.041

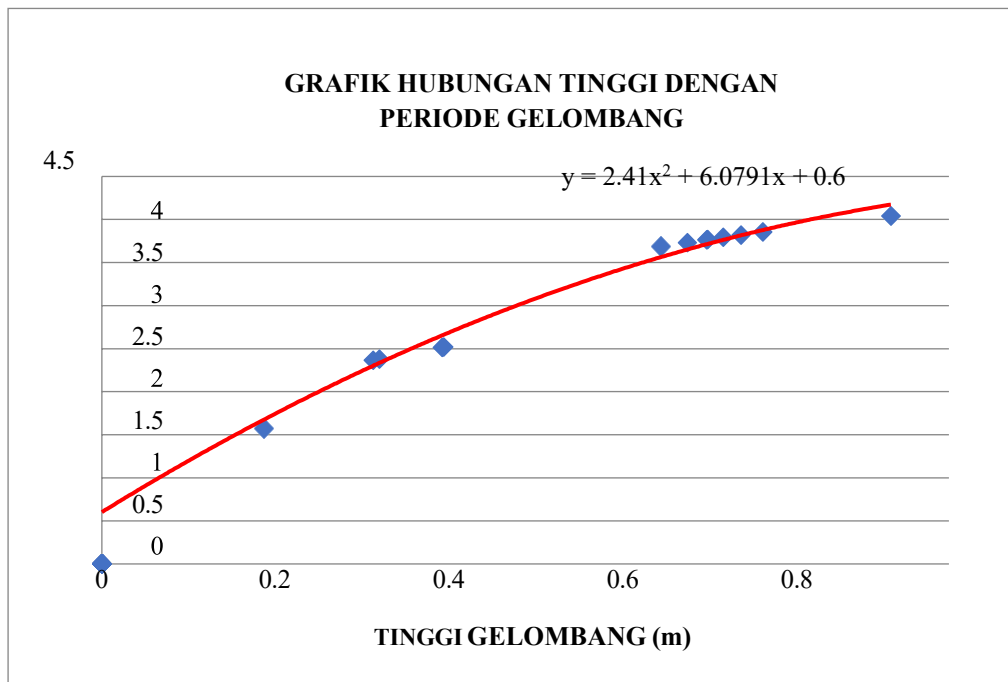
3.2 Analisa Transformasi Gelombang

3.2.1 Perhitungan Koefisien Refraksi (Metode Perhitungan Analitis)

Untuk memperoleh periode gelombang maksimum berdasarkan perubahan kedalaman, maka dibuat hubungan antara tinggi gelombang maksimum dan periode gelombang maksimum (10 tahun) yang telah dihitung dengan metode hindcasting untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan.



Gambar 5. Kontur Kedalaman Pantai Pulisan



Gambar 6. Hubungan Tinggi Dengan Periode Gelombang

Berdasarkan grafik hubungan H dan T didapat persamaan:

$$Y = -2.41x^2 + 6.0791x + 0.6 \text{ (persamaan didapat menggunakan trendline di program MS. Excel)}$$

Untuk arah Timur Laut : $H_o = 0.931$

$$T = -2.41 H_o^2 + 6.0791 H_o + 0.6 = 4.1715$$

Hitung panjang gelombang laut dalam dengan rumus:

$$L_o = 1.56T^2, \text{ dimana:}$$

L_o = Panjang gelombang laut dalam

T = Periode gelombang laut dalam

$$L_o = 1.56 \times 4.1715 = 27.1464 \text{ m}$$

Hitung nilai α

$$d/L_o = 10/27.1464 = 0.36837$$

Cari nilai d/L untuk nilai $d/L_o = 0.36837$

Tabel 6. Pembacaan Nilai d/L dan n

$\frac{d}{L_o}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.3600	0.36720	2.3072	0.9804	4.9734	5.0730	0.967	0.1971	4.6144	50.460	50.47	0.5457
0.3610	0.36814	2.3131	0.9806	5.0033	5.1023	0.967	0.1960	4.6262	51.057	51.07	0.5453
0.3620	0.36908	2.3190	0.9808	5.0334	5.1318	0.967	0.1949	4.6379	51.661	51.67	0.5449
0.3630	0.37001	2.3248	0.9811	5.0637	5.1615	0.967	0.1937	4.6497	52.272	52.28	0.5445
0.3640	0.37095	2.3307	0.9813	5.0941	5.1913	0.968	0.1926	4.6615	52.890	52.90	0.5441
0.3650	0.37188	2.3366	0.9815	5.1248	5.2214	0.968	0.1915	4.6732	53.517	53.53	0.5437
0.3660	0.37282	2.3425	0.9817	5.1556	5.2517	0.968	0.1904	4.6850	54.151	54.16	0.5433
0.3670	0.37376	2.3484	0.9819	5.1866	5.2822	0.969	0.1893	4.6968	54.793	54.80	0.5429
0.3680	0.37470	2.3543	0.9821	5.2179	5.3128	0.969	0.1882	4.7086	55.443	55.45	0.5425
0.3690	0.37564	2.3602	0.9823	5.2493	5.3437	0.969	0.1871	4.7204	56.101	56.11	0.5421

Untuk $d/L_0 = 0.36837$ maka didapat

$$d/L = 0.375048 \text{ dan nilai}$$

$$n = 0.54235$$

$$\text{Maka } L = 26.6880$$

Cepat rambat gelombang :

$$\begin{aligned} C_0 &= L_0/T \\ &= 27.1464 / 4.1715 \\ &= 6.5076 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= L/T \\ &= 26.6880 / 4.1715 \\ &= 6.3977 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{C}{C_0} \times \sin \alpha \\ &= \frac{6.3977}{6.5076} \times \sin 45 \\ &= 0.6952 \end{aligned}$$

$$\alpha = 44.0405^\circ$$

Tentukan nilai koefisien Refraksi (Kr)

$$\begin{aligned} K_r &= \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \\ K_r &= \sqrt{\frac{\cos 45}{\cos 44.0405}} \\ K_r &= 1.0108 \end{aligned}$$

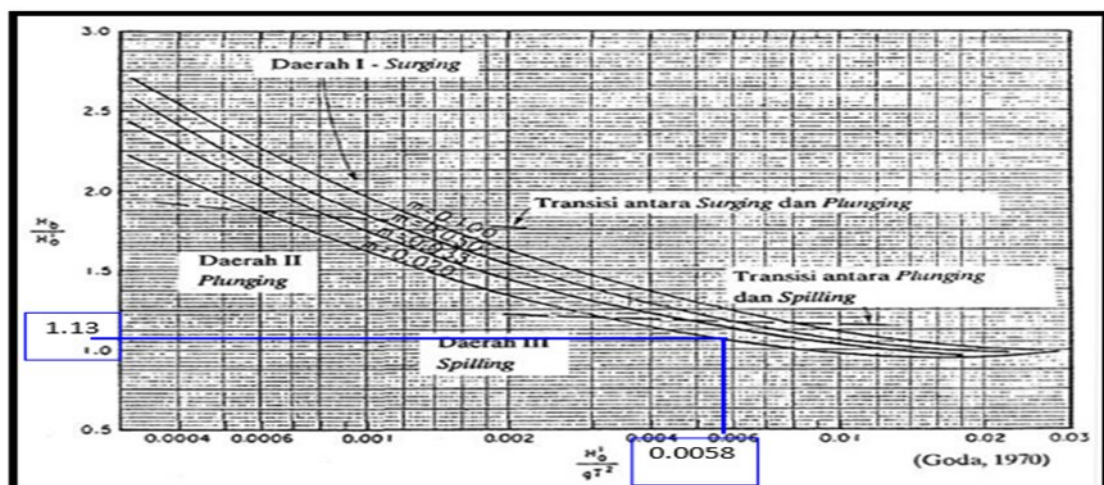
3.2.2 Perhitungan Koefisien Shoaling

Tabel 7. Perhitungan Shoaling Untuk Arah Timur Laut

Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
27.1464	0.368	0.375	26.6633	0.5	0.5424	1.0114	0.9386	0.8843
26.1105	0.306	0.318	25.1354	0.5	0.5733	1.0239	0.9060	0.8203
24.5253	0.204	0.229	21.8499	0.5	0.6626	1.0713	0.8469	0.7443
22.4023	0.134	0.171	17.5452	0.5	0.7541	1.1466	0.8466	0.7225
21.7515	0.046	0.091	10.9515	0.5	0.9051	1.4307	1.0972	1.1342
30.1284	0.017	0.053	9.4072	0.5	0.9629	1.7972	1.6630	3.3899

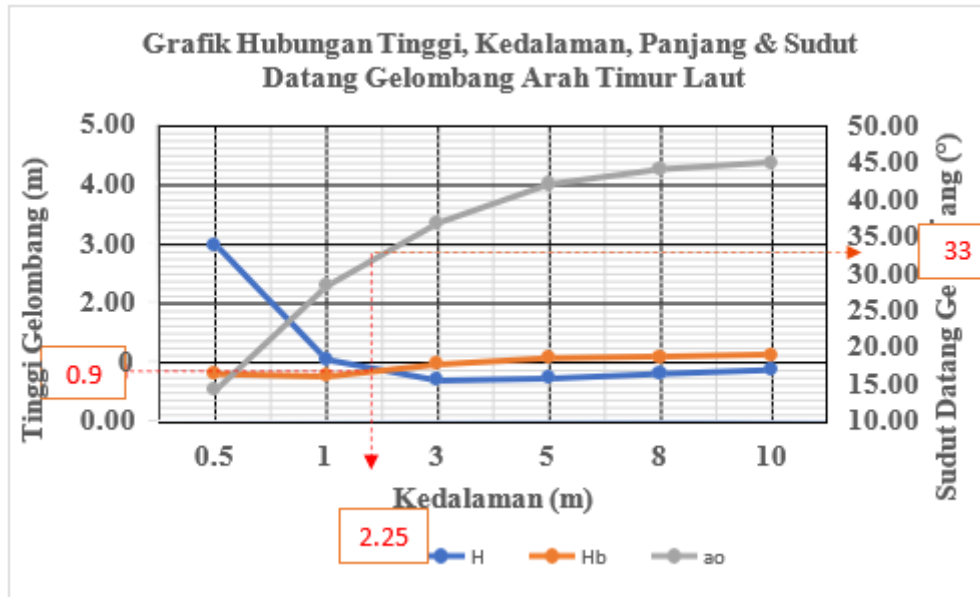
3.2.3 Perhitungan Gelombang Pecah

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia yaitu grafik yang menyatakan hubungan antara H_b^3/gT^2 .



Gambar 7. Penentuan Tinggi Gelombang Pecah

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



Gambar 8. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman & Sudut Datang Gelombang Arah Timur Laut

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

Tinggi gelombang pecah = 0.9 m

Gelombang pecah pada kedalaman = 2.25 m

4. Kesimpulan

Dari hasil Analisa dengan menggunakan data angin 10 tahun terakhir di Pantai Makalisung memiliki sifat angin minimum yaitu termasuk dalam kategori Angin Lemah yang membentuk gelombang kecil menuju Panjang dan sifat angin maksimumnya adalah kategori Angin Kencang yaitu gelombang besar mulai terbentuk dengan beberapa percikan air laut. Dalam hasil penggambaran, diperoleh tiga arah pembentukan gelombang akibat angin yaitu, utara, timur laut dan timur. Dimana gelombang di perairan Pantai Makalisung didominasi oleh gelombang arah Timur Laut dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Januari 2016 dengan tinggi 0.931 m dan periode 4.041 det. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode analitis maka diperoleh nilai koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 1.0108 sampai 1.7668 dan koefisien shoaling yang terjadi berkisar pada 0.9375 sampai 1.6059. Tinggi gelombang yang didapatkan dari hasil perhitungan berkisar pada 0.8827 sampai 2.9801 m pada kedalaman 1 m sampai 10 m. Berdasarkan analisa transformasi gelombang terhadap Pantai Makalisung dengan menggunakan data angin 10 tahun (masa lalu) diperoleh:

Tinggi gelombang pecah (Hb) = 0.9 m

Gelombang pecah pada kedalaman (db) = 2.25 m

Pada jarak 15 m dari garis pantai.

Referensi

- Irene Christie Rosang, Jeffry D. Mamoto, M. Ishan Jasin. Studi Karakteristik Gelombang Di Pantai Buloh Tateli Weru Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa. Jurnal Sipil Statik. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Pangestika Indiani Putri M. Ihsan Jasin, Fuad Halim. Analisis Karakteristik Gelombang Di Teluk Amurang Kabupaten Minahasa Selatan. Jurnal Sipil Statik Vol.6 No.8 Agustus 2018 (559-568) Issn: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Ratna Parauba M. Ihsan Jasin, Jeffrey. D. Mamoto. Analisis Karakteristik Gelombang Pecah Di Pantai Niampak Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.10 Oktober 2016 (595-603) Issn: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Lukas Gerrits Arthur H. Thambas, M. Ihsan Jasin. Analisis Kinerja Gelombang Di Pantai Malalayang Ii. Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.1 Januari 2020 (39-44) Issn: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi

Manado

Anggi Cindy Wakkary M. Ihsan Jasin, A.K.T. Dundu, Studi Karakteristik Gelombang Pada Daerah Pantai Desa Kalinaung Kab. Minahasa. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.3 Mei 2017 (167-174) Issn: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado.

Agiha P. Kurniawan M. Ihsan Jasin, Jeffry D. Mamoto. Analisa Data Pasang Surut Di Pantai Sindulang Kota Manado. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.5 Mei 2019 (567-574) Issn: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado

Moses Liunsanda Jeffry D. Mamoto, A.K.T. Dundu. Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Pal Kabupaten Minahasa Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.9 September 2016 (567-576) Issn:2337- 6732. Universitas Sam Ratulangi Manado

Josua Abimael Kaunang M. Ihsan Jasin, Jeffry D. Mamoto. Analisis Karakteristik Gelombang Dan Pasang Surut Pada Pantai Kima Baju Kabupaten Minahasa Utara. Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.9 September 2017 (613-623) Issn:2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado

Kurniawan M. Hi. Sabatun. Tommy Jansen, M. Ihsan Jasin. *Analisis Karakteristik Gelombang Daerah Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara*. Jurnal Sipil Statik Vol.7 No.8 Agustus 2019 (999-1006) Issn: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado

Stefani Kristie Dauhan, H. Tawas, H. Tangkudung, J. D. Mamoto. 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.

Chandrika Mulyabakti M. Ihsan Jasin, J. D. Mamoto. *Analisis 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.

Zakaria Ahmad. 2012. Rekayasa Pantai Dan Pelabuhan. Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.

Triatmodjo, B. 2012. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta Offset. Yogyakarta