

Analisis Karakteristik Gelombang Di Pantai Matabulu Kecamatan Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondow Provinsi Sulawesi Utara

Tommy A. Tiranda^{#1}, M. Ihsan Jasin^{#2}, Jeffry D. Mamoto^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

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

¹tommytiranda07@gmail.com; ²sanyjasin02@yahoo.com; ³jeffrymamoto@yahoo.com

Abstrak

Pantai Matabulu yang terletak di Kecamatan Nuangan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur adalah salah satu kawasan yang digunakan oleh sebagian masyarakat sebagai tempat pemukiman. Namun pantai Matabulu ternyata sudah mulai terancam erosi dan sedimentasi yang dipengaruhi oleh banyak faktor. Bila dibiarkan maka lama-kelamaan keadaan ini akan menyebabkan dampak yang negatif yaitu rusaknya pantai dan juga dapat mengganggu akan aktifitas keseharian masyarakat setempat. Untuk melindungi pantai Matabulu dari kerusakan maka dibangun bangunan pelindung pantai. Hal-hal yang diperlukan dalam perencanaan yaitu ketersediaan data primer dan data sekunder. Data- data sekunder tersebut antara lain: data angin, dan data batimetri. Kemudian data tersebut dianalisa untuk mendapatkan n tinggi gelombang maksimum dan gelombang pecah. Berdasarkan hasil analisa tugas akhir ini didapatkan hasil Tinggi gelombang maksimum (H_b) = 1.2 m Gelombang pecah pada kedalaman (db) = 2,5 m.

Kata kunci – pantai Matabulu, karakteristik gelombang, refraksi, shoaling, gelombang pecah

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia mempunyai garis pantai dengan panjang 80.791 km dan merupakan kawasan dengan penduduk mayoritas bermukim di pesisir pantai. Di daerah pesisir pantai ini pula tempat kegiatan ekonomi yang strategis berkembang, terlihat dari banyaknya prasarana yang dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, seperti sebagai kawasan pemukiman, pelabuhan, dan juga sebagai

tempat wisata. Akibat peningkatan pemanfaatan daerah pantai untuk kegiatan manusia maka timbulah masalah- masalah yang terjadi di daerah pantai, salah satu contoh erosi yang disebabkan oleh gelombang yang dapat mengakibatkan mundurnya garis pantai sehingga berdampak bagi kawasan pemukiman di pesisir pantai.

Apabila muka laut mendapatkan tekanan angin (*wind stress*), terbentuklah tinggi gelombang dan selanjutnya arus permukaan terbentuk. Jika tinggi gelombang kuat, maka kecepatan arus berubah membesar dan terbentuklah *longshore current* yang kuat, yang mengakibatkan sedikit demi sedikit pantai tersebut akan terjadi abrasi. Angin di atas lautan mentransfer energinya ke perairan, menyebabkan riak-riak, alun/bukit, dan berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang.

Pantai Matabulu, merupakan wilayah pantai yang dekat dengan pemukiman warga. Lingkungan wilayah pantai Matabulu tidak menutup kemungkinan akan mengalami kerusakan seperti halnya abrasi yang mengakibatkan kemunduran garis pantai maupun faktor-faktor pengguna pantai. pada musim tertentu juga di pantai tersebut, sering terjadi gelombang tinggi, dan mengakibatkan kerusakan di daerah pemukiman. Maka di perlukannya informasi tentang karakteristik gelombang pada wilayah tersebut yang dapat merusak pantai, faktor utamanya adalah dengan Analisis Karakteristik Gelombang dan memperhatikan hal-hal lainnya yang dapat memicu terjadinya kerusakan pantai.

B. Perumusan Masalah

1. Lokasi tinjauan adalah lokasi pantai MataBulu kecamatan Nuangan, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara.
2. Karakteristik gelombang yang di tinjau ialah tinggi gelombang, periode gelombang, proses refraksi dan transformasi gelombang.
3. Tinggi gelombang dan periode gelombang dihitung selama selang waktu 10 tahun.
4. Mengabaikan faktor-faktor bencana alam tertentu seperti tsunami dan lain lain.

C. Batasan Penelitian

Batasan dalam kegiatan penelitian ini adalah sebagai berikut:

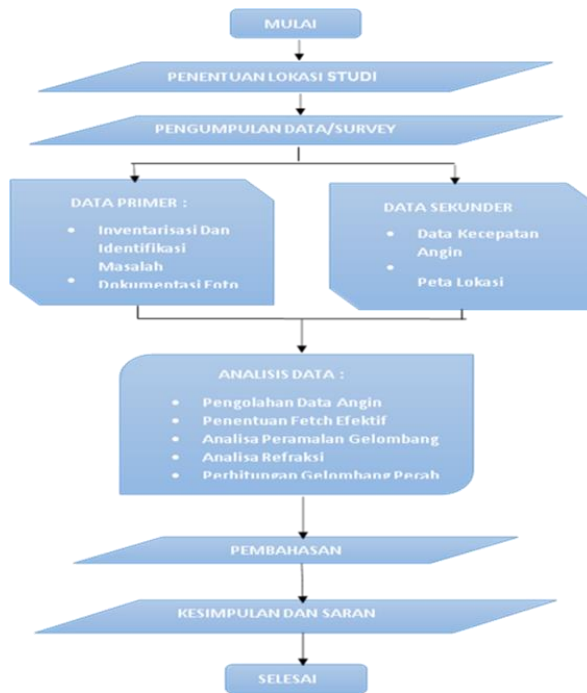
- Lokasi tinjauan adalah lokasi pantai MataBulu kecamatan Nuangan, kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara.
- Karakteristik gelombang yang di tinjau ialah tinggi gelombang, periode gelombang, proses refraksi dan transformasi gelombang.
- Tinggi gelombang dan periode gelombang dihitung selama selang waktu 10 tahun.
- Mengabaikan faktor-faktor bencana alam tertentu seperti tsunami dan lain lain.

D. Tujuan Penelitian

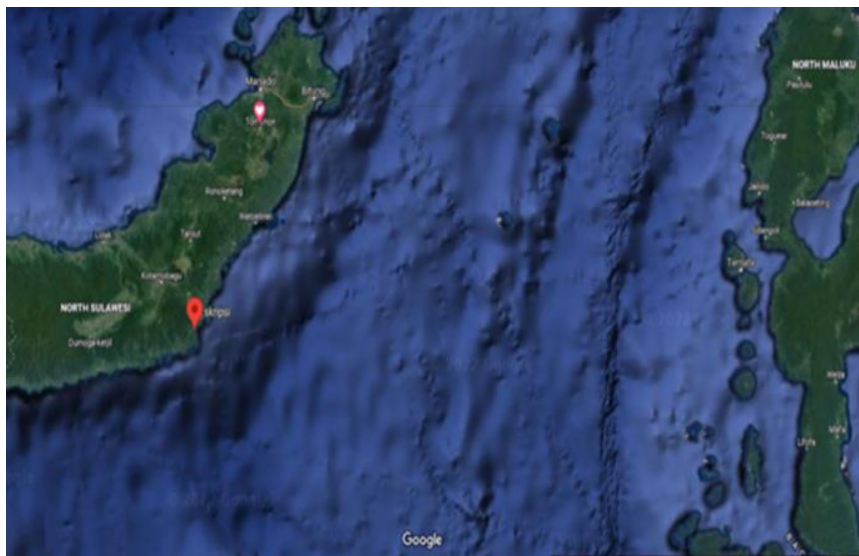
Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendapatkan karakteristik gelombang pecah yang menyebabkan kerusakan pantai di pantai Matabulu, Kab. Bolaang Mongondow Timur, Sulawesi Utara.

E. Manfaat Penelitian

Memberi wawasan dan pengetahuan bagi penulis dan pembaca, serta menjadi bahan pertimbangan bagi pihak terkait sebagai solusi penanggulangan masalah yang terjadi di daerah pantai , Matabulu Kec. Nuangan, Kab. Bolaang Mongondow Timur Sulawesi Utara.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Fetch Arah Utara, Timur Laut, dan Timur

II. METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan penelitian mengikuti tahap seperti yang disajikan pada Gambar 1.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Fetch

Perhitungan Fetch disajikan pada Tabel 1 dan menggunakan peta pada Gambar 2.

B. Analisa Angin

Data angin yang dianalisa adalah data kecepatan dan arah angin maksimum bulanan dalam selang waktu 10 tahun terakhir, yakni tahun 2009 – 2018. Data angin diperoleh dari BMKG Bitung. Arah angin diklasifikasikan dalam delapan arah mata angin. Data angin dinyatakan dalam satuan knot, 1 knot = 1,852 km/jam = 0,515 m/d.

C. Perhitungan Faktor Tegangan Angin

Perhitungan untuk mendapatkan nilai U_A (Perhitungan pada data angin bulan Juli 2015) ditampilkan pada Tabel 3.

D. Peramalam Tinggi Dan Periode Gelombang

Perhitungan *hindcasting* gelombang untuk mendapatkan nilai H_o dan T_o ditampilkan pada Tabel 4 dimana perhitungan menggunakan data pengukuran pada bulan Juli 2015.

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 2009 s/d 2018 (Tabel 5). Dari rekapitulasi pada Tabel 5 diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum berasal dari arah tenggara. Hal ini disebabkan gelombang dari arah tenggara mempunyai daerah pembangkitan gelombang yang lebih besar.

TABEL 1
Perhitungan Panjang Fetch Untuk Delapan Arah Mata Angin

Arah Mata Angin	(α)	Jarak	Jarak	Fcos(α)	cos(α)	Fetch (km)
		Sebenarnya (m)	Sebenarnya (km)			
UTARA (N)	-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	
TIMUR LAUT (NE)	15	0	0	0	0.966	1.130701
	20	0	0	0	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	1430	1.430	1.430	1	
TIMUR (E)	5	1724	1.724	1.717	0.996	189.8993
	10	1983	1.983	1.953	0.985	
	15	2361	2.361	2.281	0.966	
	20	2702	2.702	2.539	0.940	
	-20	1830	1.830	1.720	0.940	
	-15	1941	1.941	1.875	0.966	
	-10	2309	2.309	2.274	0.985	
TENGGERA (SE)	-5	2764	2.764	2.753	0.996	259.4562
	0	342592	342.592	342.592	1	
	5	323730	323.730	322.498	0.996	
	10	333500	333.500	328.433	0.985	
	15	382159	382.159	369	0.966	
	20	313666	313.666	295	0.940	
	-20	332055	332.055	312.0296332	0.940	
	-15	379289	379.289	366.3650407	0.966	
	-10	382920	382.92	377.1025848	0.985	
	-5	458903	458.903	457.1567355	0.996	
	0	414478	414.478	414.478	1	
	5	343499	343.499	342.1918826	0.996	
	10	2517	2.517	2.478761114	0.985	
	15	2406	2.406	2.334017538	0.966	
20	2283	2.283	2.145318253	0.940		

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 1
Perhitungan Panjang Fetch Untuk Delapan Arah Mata Angin (lanjutan)

SELATAN (S)	-20	1005	1.005	0.944391084	0.940	0.927831
	-15	1088	1.088	1.050927299	0.966	
	-10	1092	1.092	1.075410066	0.985	
	-5	1075	1.075	1.0709093	0.996	
	0	887	0.887	0.887	1	
	5	856	0.856	0.852742662	0.996	
	10	832	0.832	0.819360051	0.985	
	20	732	0.732	0.687854998	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	
	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	
	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	
	20	0	0	0	0.940	

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 2
Data Kecepatan Dan Arah Angin Pada Tahun 2015

2015				
No	Bulan	Kecepatan		Arah ^a
		Knot	m/s	
1	Januari	5	2.575	NW
2	Februari	5.4	2.781	NW
3	Maret	5.2	2.678	NW
4	April	4.6	2.369	W
5	Mei	4.9	2.5235	S
6	Juni	5.8	2.987	S
7	Juli	9.5	4.8925	SE
8	Agustus	7.1	3.6565	S
9	September	7	3.605	S
10	Oktober	6.5	3.3475	S
11	November	4.3	2.2145	W
12	Desember	4.9	2.5235	NW

Sumber : Hasil Analisis

TABEL 3
Perhitungan Faktor Tekanan Angin Pada Tahun 2015

Perhitungan Wind Stress Factor Pada Tahun 2015						
					Z = z	10
					RT	1.1
Bulan	Arah	Uz	Uz (BULAT)	$U_{10} = Uz \cdot \left(\frac{10}{z}\right)^{0.1}$	R _z	U _k = R _z · R _z · U ₁₀
2015						
Januari	NW	2.575	2.6	2.58	1.66	4.70
Februari	NW	2.781	2.8	2.78	1.63	4.99
Maret	NW	2.678	2.7	2.68	1.65	4.86
April	W	2.369	2.4	2.37	1.69	4.40
Mei	S	2.524	2.5	2.52	1.68	4.66
Juni	S	2.987	3	2.99	1.61	5.29
Juli	SE	4.893	4.9	4.89	1.42	7.64
Agustus	S	3.657	3.7	3.66	1.53	6.15
September	S	3.605	3.6	3.61	1.54	6.11
Oktober	S	3.348	3.3	3.35	1.57	5.78
November	W	2.215	2.2	2.21	1.71	4.17
Desember	NW	2.524	2.5	2.52	1.68	4.66

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 4
Perhitungan Hindcasting Gelombang Maksimum Tahun 2015

Bulan	Arah	Uz	U ₁₀	R _z	U _k	F _{HW}	t	Open Water/ Restricted Fetch	fetch	Kondisi Gelombang	H ₀ (1)	T ₀ (1)	$\frac{gh}{U^2}$	$\frac{gT}{U_A}$	$\frac{gt_i}{U_A}$	Fully/Non fully Developed	H ₀	T ₀
		m/d	m/d		m/d	km	d		d		m	d					m	d
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]
Januari	NW	2.575	2.575	1.66	4.70	0.000	86400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Februari	NW	2.781	2.781	1.63	4.99	0.000	86400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maret	NW	2.678	2.678	1.65	4.86	0.000	86400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
April	W	2.369	2.369	1.69	4.40	0.000	86400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mei	S	2.524	2.524	1.68	4.66	0.928	86400	Open Water	1829.97	Fetch Limited	0.102	1.274	0.046	2.680	181751.28	Non Fully Developed	0.102	1.274
Juni	S	2.987	2.987	1.61	5.29	0.928	86400	Open Water	1754.66	Fetch Limited	0.113	1.310	0.040	2.430	160224.52	Non Fully Developed	0.113	1.310
Juli	SE	4.893	4.893	1.42	7.64	259.456	86400	Open Water	66374.95	Fetch Limited	1.006	4.972	0.169	6.383	110910.05	Non Fully Developed	1.006	4.972
Agustus	S	3.657	3.657	1.53	6.15	0.928	86400	Open Water	1668.38	Fetch Limited	0.128	1.355	0.033	2.160	137731.43	Non Fully Developed	0.128	1.355
September	S	3.605	3.605	1.54	6.11	0.928	86400	Open Water	1672.65	Fetch Limited	0.128	1.353	0.034	2.173	138791.89	Non Fully Developed	0.128	1.353
Oktober	S	3.348	3.348	1.57	5.78	0.928	86400	Open Water	1703.49	Fetch Limited	0.122	1.336	0.036	2.268	146612.10	Non Fully Developed	0.122	1.336
November	W	2.215	2.215	1.71	4.17	0.000	86400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desember	NW	2.524	2.524	1.68	4.66	0.000	86400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber: Hasil Analisis

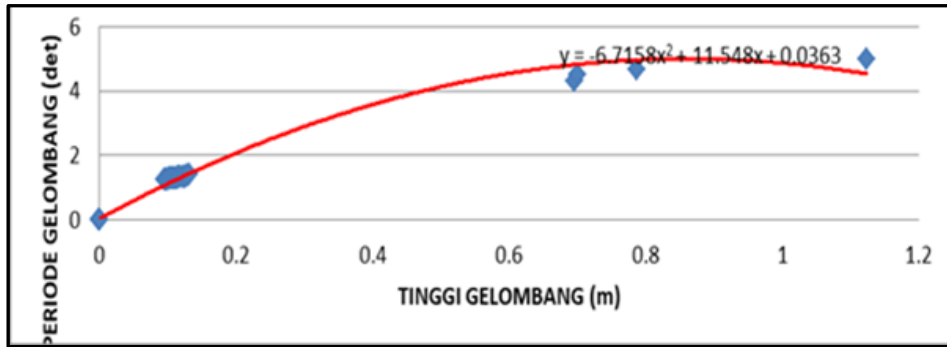
TABEL 5
Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Gelombang Setiap Fetch berdasarkan Hindcasting Gelombang Tahun 2009 – 2018

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		S	E	SE	ENE	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	0	0	0	0	-	0
	T (det)	0	0	0	0	-	0
FEBRUARI	H (m)	0	0	0	0	-	0
	T (det)	0	0	0	0	-	0
MARET	H (m)	0	0	0	0	-	0
	T (det)	0	0	0	0	-	0
APRIL	H (m)	0	0	0	0	-	0
	T (det)	0	0	0	0	-	0
MEI	H (m)	0.108	0	0	0	S	0.108
	T (det)	1.293	0	0	0	S	1.293
JUNI	H (m)	0.115	0	0	0	S	0.115
	T (det)	1.315	0	0	0	S	1.315
JULI	H (m)	0.122	0	1.006	0	SE	1.006
	T (det)	1.336	0	4.972	0	SE	4.972
AGUSTUS	H (m)	0.128	0	0	0	S	0.128
	T (det)	1.355	0	0	0	S	1.355
SEPTEMBER	H (m)	0.128	0.696	0.787	0.131	ENE	0.787
	T (det)	1.353	4.323	4.657	1.399	ENE	4.657
OKTOBER	H (m)	0.122	0	0	0	NE	0.122
	T (det)	1.336	0	0	0	NE	1.336
NOVEMBER	H (m)	0	0	0	0	NE	0.000
	T (det)	0	0	0	0	NE	0.000
DESEMBER	H (m)	0	0	0	0	NE	0.000
	T (det)	0	0	0	0	NE	0.000
MAX TIAP	H (m)	0.128	0.696	1.006	0.131	SE	1.006
ARAH	T (det)	1.355	4.323	4.972	1.399	SE	4.972

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 3. Peta Batimetri



Gambar 4. Hubungan Tinggi Dengan Periode Gelombang

E. Perhitungan Kemiringan Dan Kedalaman Laut

Berdasarkan grafik hubungan H dan T didapat persamaan:

$$Y = 6.7158x^2 + 11.548x + 0.0363$$

(persamaan didapat menggunakan *trendline* di program MS. Excel)

Untuk arah Tenggara:

$$H_o = 1.006$$

$$T = -6.7158.H_o^2 + 11.548.H_o + 0,0363 = 4.8574$$

D. Perhitungan Koefisien Refraksi

Perhitungan koefisien refraksi ditampilkan pada Tabel 6. Pada Tabel 6, sel berwarna biru adalah hasil

perhitungan manual yang menggunakan tabel pembacaan d/L (Triatmodjo, 1999).

F. Perhitungan Koefisien Shoaling

Perhitungan koefisien shoaling dan gelombang pecah ditampilkan pada Tabel 7 dan Tabel 8. Selanjutnya adalah membuat grafik hubungan tinggi, kedalaman dan sudut datang gelombang yang ditampilkan pada Gambar 5.

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

- Tinggi gelombang pecah = 1,2 m
- Gelombang pecah pada kedalaman = 2.5 m

TABEL 6
Perhitungan Refraksi Untuk Potongan 1 Pada Arah Tenggara

a_o	d	H_o	T	L_o	d/ L_o	d/L	L	C_o	C	sin a	a	cos a_o /cos a	Kr
45	10	1.0058	4.8574	36.8072	0.272	0.2854	35.0385	7.5776	7.2134	0.6731	42.3090	1.0636	1.0313
42.3090	8	0.9089	4.9843	38.7561	0.206	0.2251	35.5398	7.7756	7.1303	0.6173	38.1167	1.1100	1.0536
38.1167	5	0.7820	4.9600	38.3778	0.130	0.1666	30.0120	7.7375	6.0509	0.4827	28.8626	1.3206	1.1492
28.8626	2	0.7539	4.9254	37.8444	0.053	0.0942	21.2314	7.6836	4.3106	0.2708	15.7125	1.8369	1.3553
15.7125	1	1.0120	4.8449	36.6185	0.027	0.0576	17.3611	7.5581	3.5834	0.1284	10.3767	1.5142	1.2305
10.3767	0.5	1.3697	3.2540	16.5179	0.030	0.0713	7.0126	5.0762	2.1551	0.0765	7.0946	1.4626	1.2094

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 7
Perhitungan Shoaling Untuk Potongan 3 Pada Arah Tenggara

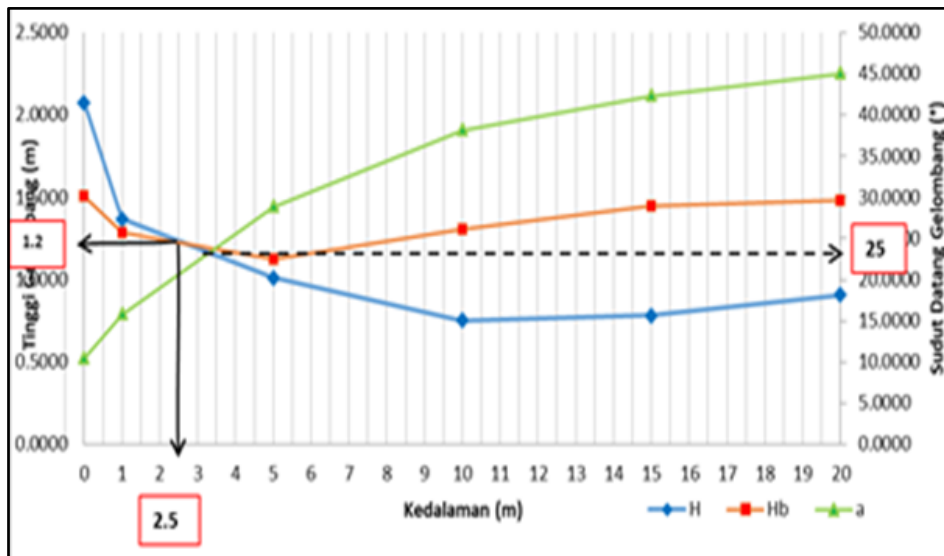
n_o	n	Kr	Ks	H
0.5	0.5994	1.0313	0.8763	0.9089
0.5	0.6677	1.0536	0.8166	0.7820
0.5	0.7621	1.1492	0.8390	0.7539
0.5	0.8999	1.3553	0.9904	1.0120
0.5	0.9588	1.2305	1.0999	1.3697
0.5	0.9388	1.2094	1.2545	2.0781

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 8
Perhitungan Gelombang Pecah Untuk Potongan 1 Pada Arah Timur Laut

H'o	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb
1.1478	0.0050	0.0689	1.29	1.4806
1.1131	0.0046	0.0785	1.30	1.4470
0.9321	0.0039	0.1096	1.40	1.3049
0.7613	0.0032	0.1093	1.48	1.1267
0.9201	0.0040	0.1320	1.40	1.2881
1.0919	0.0035	0.2336	1.38	1.5068

Sumber: Hasil Analisis



Gambar 5. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman dan Sudut Datang Gelombang Pada Arah Tenggara

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang dilakukan terhadap Pantai MataBulu, Kecamatan Nuangan, Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil penggambaran, diperoleh empat arah pembentukan gelombang yaitu, Timur Laut, Timur, Tenggara dan Selatan. Dimana gelombang di Pantai MataBulu didominasi oleh gelombang arah Tenggara dengan gelombang maksimum terjadi pada bulan Juli 2015 dengan memperoleh tinggi 1.006 m dan periode 4,972 det.
2. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode analitis maka diperoleh nilai koefisien refraksi yang terjadi berkisar antara 1,0313 sampai 1,2094 dan koefisien shoaling yang terjadi berkisar pada 0,8763 sampai 1,2545.
3. Tinggi gelombang yang didapatkan dari hasil perhitungan berkisar pada 0.9089 sampai 2,0781 m pada kedalaman 1 m sampai 10 m. Berdasarkan analisa transformasi gelombang terhadap Pantai MataBulu dengan menggunakan data angin 10 tahun (masa lalu) diperoleh:

- Tinggi gelombang maksimum (Hb) = 1.2 m
- Gelombang pecah pada kedalaman (db) = 2,5 m pada jarak 10 m dari gari pantai.

B. Saran

Membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan pergerakan sedimentasi, bangkitan arus dan juga pelepasan energi yang terjadi di pantai Matabulu, agar diketahui apakah perlu ada bangunan pengaman pantai atau tidak

KUTIPAN

- [1] Bambang Triatmodjo. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.
- [2] Bambang Triatmodjo. 2012. Perencanaan Bangunan Pantai. Beta Offset. Yogyakarta
- [3] Bambang Triatmodjo, 1999 Teknik Pantai , Bab II
- [4] Bambang Triatmodjo, 1999 Dasar Teori, Teknik Pantai. diakses agustus 2021, Bab II
- [5] Bambang Triatmodjo, Studi Pustaka Teknik Pantai, diakses agustus 2021, Bab II

- [6] BMKG Stasiun Meterologi Maritim Bitung. Data kecepatan angin tahun 2009- 2018 di Matabulu kec Nuangan, kab Bolaang Mongondow Timur Sulawesi Utara.
- [7] Chandrika Mulyabakti, 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.
- [8] Hadikusumah, Bidang Dinamika Laut, Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI, Jakarta 14430, Indonesia, Bab I.
- [9] I C Mamanua, T. Jansen, A.K.T Dundu Jurnal Sipil Statik, 2017.
- [10] 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.
- [11] Natanael Tantry, Arthur H. Thambas, Tommy Jansen. *Perubahan Garis Pantai Girian Bawah Kota Bitung Akibat Gelombang*. Jurnal Sipil Statik Vol.8 2020 ISSN: 2337-6732, Universitas Sam Ratulangi Manado.
- [12] Navionics Application 2021. Data kedalaman laut (Batimetri) di Kec Nuangan, Kab Boltim.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] Ronny Kurniawan, *Karakteristik Gelombang*, FMIPAUI, 2012, Bab II.
- [16] 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.