

Studi Kelayakan Teknis Pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa

Rivaldo Imanuel Karundeng^{#1}, Muhammad I. Jasin^{#2}, Nicolaas J. A. Tangkudung^{#3}

[#]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi

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

¹karundengvaldo222@gmail.com; ²sanyjasin02@yahoo.com; ³ntangkudungs3@gmail.com

Abstrak

Pantai Bulu, berada di Desa Rerer, Kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara, dan berada pada $1^{\circ} 16' 09''$ LU dan $125^{\circ} 03' 32''$ BT. Daerah pantai ini merupakan salah satu tempat pariwisata yang ada di kabupaten Minahasa. Pantai Bulu terkenal dengan keindahannya yang terbentuk karena faktor alam yang membuat kita terpesona dari pantainya yang landai, pasir yang bersih, dan ombak laut yang tidak tinggi membuat aman untuk berenang. Namun sangat disayangkan dibalik keindahan pantainya yang sangat indah ada beberapa masalah yang terjadi di pantai bulu seperti Abrasi pantai, pemukiman warga sekitar pantai bulu yang sering digenangi air saat musim gelombang dan tempat pondok yang di sediakan untuk wisatawan sering digenangi air saat musim gelombang. Dengan masalah yang ada, maka dalam penataan serta pengembangan lokasi pariwisata didaerah tersebut maka diperlukan studi kelayakan teknis di pantai Bulu untuk menjawab permasalahan yang terjadi dan untuk menangani masalah di pantai Bulu. Dalam penelitian ini dilakukan survey lokasi penelitian, pendekatan teori, peramalan gelombang, dan perhitungan tinggi gelombang dengan kala ulang tertentu. Peramalan gelombang dihitung dengan metode hindcasting gelombang berdasarkan data angin 10 tahun dari web penyedia Data Klimatologi (ECMWF) untuk mendapatkan tinggi gelombang 10 tahun terakhir yang terjadi, selanjutnya perhitungan tinggi gelombang dengan kala ulang digunakan metode gumbel. Dari hasil perhitungan tinggi gelombang dengan menggunakan metode gumbel menghasilkan tinggi gelombang dengan periode ulang 10, 25, 50, 100 tahun yaitu 1,65 m, 1,72 m, 1,78 m dan 1,83 m.

Kata kunci – pantai Bulu, hindcasting gelombang, analisa transformasi gelombang, periode ulang gelombang, metode Gumbel

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pantai adalah sebuah wilayah yang menjadi batas antara laut dan daratan, bentuk pantai berbeda-beda sesuai dengan keadaan, proses yang terjadi di wilayah tersebut, seperti pengangkutan, pengendapan dan pengikisan yang disebabkan oleh gelombang, arus, angin dan keadaan lingkungan disekitarnya yang terjadi secara terus menerus. Pantai di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar sebagai daerah yang di manfaatkan untuk kegiatan manusia. Peningkatan Pemanfaatan daerah pantai diiringi oleh meningkatnya masalah terhadap pantai seperti pengikisan pantai akibat Abrasi yang disebabkan oleh faktor Alam dan Faktor Manusia, Faktor Alam yaitu Pasang Surut air Laut dan laju angin di atas Lautan dan juga Faktor Manusia seperti Eksploitasi Sumber Daya Alam (SDA).

Kabupaten Minahasa yang memiliki bentang alam dengan karakteristik pantai, daratan dan perbukitan, dengan luas wilayah 1125,59 km² dengan Ibukota Kabupaten yaitu Tondano. Kabupaten Minahasa memiliki beberapa pantai yang menjadi nilai tambah untuk kemajuan Kabupaten Minahasa kedepan. Khususnya, dalam pengembangan area pantai sebagai daerah wisata.

Salah satu pantai yang ada di Sulawesi Utara adalah Pantai Bulu, wilayah ini berbatasan dengan wilayah-wilayah sebagai berikut:

- Sebelah Selatan : Desa Kolongan
- Sebelah Utara : Desa Kalawiran
- Sebelah Barat : Pegunungan
- Sebelah Timur : Laut Maluku

Pantai Bulu, berada di Desa Rerer, Kecamatan Kombi, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara, dan berada pada posisi $1^{\circ}16'09''$ LU dan $125^{\circ}03'32''$ BT. Daerah pantai ini merupakan salah satu lokasi pariwisata yang ada di Kabupaten Minahasa. Pantai Bulu terkenal dengan keindahannya yang terbentuk karena faktor alam yang membuat kita terpesona dari pantainya yang landai, pasir yang bersih, dan ombak laut yang tidak tinggi membuat aman untuk berenang. Bukan hanya Pantainya yang indah, Pantai Bulu juga memiliki lingkungan yang bersih hal ini tidak lepas dari keterlibatan atau partisipasi masyarakat lokal yang

peduli dengan lingkungan di Pantai Bulo dan keberlangsungan pariwisata di Pantai tersebut.

Namun sayangnya Pantai Bulo memiliki beberapa permasalahan yang harus bisa diatasi. Berdasarkan hasil pengamatan ada berbagai permasalahan yang terjadi di Pantai Bulo yaitu Abrasi Pantai yang terjadi di sekitar Pantai Bulo, Pelindung pantai tipe revetment yang mulai tergerus dan hancur, pemukiman warga sekitar Pantai Bulo yang sering digenangi air saat musim gelombang tiba dan tempat seperti pondok yang sudah di bangun warga lokal sering digenangi air saat musim gelombang. Hal ini menimbulkan kekhawatiran untuk keberlangsungan tempat wisata Pantai Bulo dan pemukiman warga sekitar Pantai Bulo. Dengan masalah yang ada, maka dibutuhkan studi kelayakan teknis Pantai di Pantai Bulo untuk bisa mengatasi berbagai permasalahan yang terjadi di Pantai tersebut.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan Latar belakang tersebut maka permasalahannya adalah bagaimana karakteristik Gelombang yang terjadi terhadap kondisi Pantai Paret sekarang.

C. Batasan Penelitian

Dalam Penulisan ini, masalah yang dibatasi sebagai berikut:

- Karena keterbatasan penulis pada waktu, tenaga dan biaya. Serta untuk memudahkan pembahasan dan penelitian lebih fokus dan terarah, maka penulis membatasi dalam penelitian tentang belum ada studi kelayakan teknis pantai Bulo. Lebih khusus penulis membatasi tentang:

- Wilayah penelitian terkonsentrasi pada Kawasan objek wisata Pantai Bulo Rerer.
- Studi kelayakan diarahkan ke Teknik pantai untuk melihat kelayakan sebagai tempat pariwisata dan keamanan rumah-rumah warga pesisir Pantai Bulo apakah layak untuk dihuni saat musim gelombang tiba.
- Dalam analisis statistik tinggi gelombang tidak perhitungkan spectrum gelombang.
- Dalam analisis ini perhitungan pasang surut tidak diperhitungkan.
- Data Angin yang dipakai 10 Tahun terakhir.

D. Tujuan Penelitian

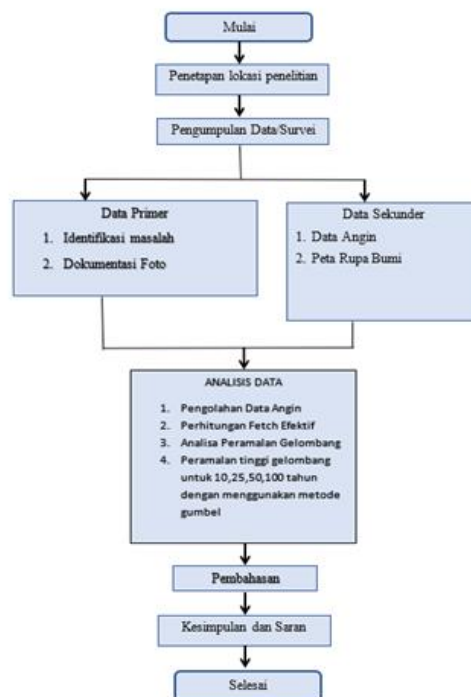
Penelitian yang dilakukan ini dimaksudkan untuk menjelaskan kelayakan Pantai Bulo dalam hal:

- Apakah Pantai Bulo ditinjau dari Teknik pantai layak untuk menjadi tempat Pariwisata?
- Apakah fenomena pantai yang terjadi bisa membahayakan warga yang tinggal di sekitar pesisir pantai Bulo?

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

- Memberikan pemahaman untuk warga sekitar Pantai Bulo tentang keamanan Pantai tersebut.
- Menambah pengetahuan dan wawasan penulis mengenai daya Tarik Pantai terhadap wisatawan di Pantai Bulo.
- Untuk menjadi bahan pertimbangan bagi pihak terkait sebagai solusi penang-gulangan masalah yang terjadi di Pantai Bulo.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

II. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Data (Perhitungan Diagram Windrose)

1. Menggunakan data angin dalam waktu 10 tahun terakhir, yakni tahun 2010-2019.
2. Menyusun data dengan Microsoft Exel.
3. Data angin dikelompokkan dengan format jumlah titik pengamatan, tahun, bulan, tanggal, jam, arah angin dan kecepatan angin (knot atau m/det).
4. Simpan data dalam format lakes (txt) untuk penyimpanan data ke format lakes data tidak boleh memakai angka decimal.
5. Buka aplikasi WR PLOT kemudian buka folder yang diberikan data angin dengan format lakes (txt) dan buka wind rose.

Berdasarkan gambar diagram wind rose diatas maka, dapat diketahui bahwa arah angin dominan di lokasi penelitian yaitu pantai bulo desa rerer kecamatan kombi pada rentang waktu 1 januari 2015 - 31 desember 2015 adalah arah barat daya.

B. Perhitungan Fetch Efektif

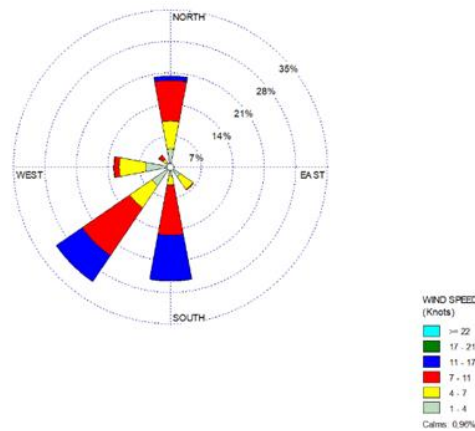
Langkah-langkah perhitungan fetch dengan cara manual yaitu:

1. Menggunakan Aplikasi Google Earth untuk mendapatkan peta daerah perairan pantai Bulu Rerer kabupaten Minahasa.
2. Ditentukan arah angin dominan sebagai titik pusat tinjauan. Garis arah angin utama ditentukan sebagai central radial.
3. Dalam perhitungan ini dibuat sudut dari garis central radial kearah kiri dan kanan garis fetch dengan interval 5° sampai 20° .
4. Pastikan bahwa koordinat lokasi sama dengan koordinat pada peta.
5. Ukur Fetch sampai menyentuh daratan atau batas akhir peta, dengan menggunakan aplikasi AutoCAD untuk mendapatkan jarak pada peta.

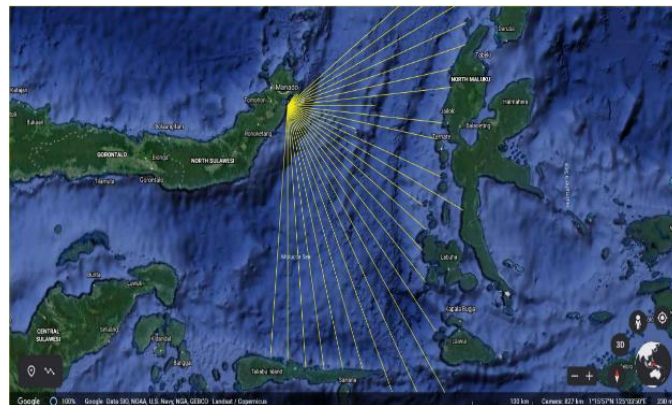
Perhitungan Fetch

Arah Tenggara

- Panjang garis fetch untuk sudut 0° adalah 36805.31 m yang didapatkan dengan bantuan software Google Earth dan AutoCad 2017.
- Karena panjang fetch untuk arah Tenggara untuk sudut 0° adalah 368.0531 km, maka dianggap panjang fetchnya sama dengan 200 km. Nilai dari cosines 0° adalah 1, maka:
 $F \cos (\alpha) = 200 \text{ km} \times 1 = 200 \text{ km}$



Gambar 2. Diagram Wind Rose Tahun 2015



Gambar 3. Fetch Arah Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selata

TABEL 1
Perhitungan Panjang Fetch Untuk 8 Arah Mata Angin

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya (km)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(α)	cos(α)	Feff (km)
UTARA (N)	-20	0	0	0	0.940	4.418271
	-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	19.5423	19.5423	18.87641	0.966	
20	21.1624	21.1624	19.88615	0.940		
TIMUR LAUT (NE)	-20	23.2927	23.293	21.888	0.940	175.2683
	-15	227.6059	200.000	193.185	0.966	
	-10	261.0988	200.000	196.962	0.985	
	-5	308.9062	200.000	199.239	0.996	
	0	317.5623	200.000	200.000	1	
	5	307.7939	200.000	199.239	0.996	
	10	275.6939	200.000	196.962	0.985	
	15	275.875	200.000	193.185	0.966	
20	145.8053	145.805	137.012	0.940		
TIMUR (E)	-20	260.6355	200.000	187.939	0.940	190.8393
	-15	253.4546	200.000	193.185	0.966	
	-10	118.3911	118.391	116.592	0.985	
	-5	272.752	200.000	199.239	0.996	
	0	324.424	200.000	200.000	1	
	5	258.5117	200.000	199.239	0.996	
	10	281.8904	200.000	196.962	0.985	
	15	294.3775	200.000	193.185	0.966	
20	326.7184	200.000	187.9385	0.940		
TENGGAH (SE)	-20	385.2597	200.000	187.9385	0.940	200
	-15	458.5148	200.000	193.1852	0.966	
	-10	432.2695	200.000	196.9616	0.985	
	-5	412.9834	200.000	199.2389	0.996	
	0	368.0531	200.000	200	1	
	5	356.7518	200.000	199.2389	0.996	
	10	351.6485	200.000	196.9616	0.985	
	15	344.2544	200.000	193.1852	0.966	
20	334.6621	200.000	187.9385	0.940		
SELATAN (S)	-20	333.1455	200.000	187.9385	0.940	21.42179
	-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		

Sumber: Hasil Analisis

C. Analisa Data Angin

Data Angin yang di Analisa adalah data kecepatan dan arah angin maksimum harian dalam selang waktu 10 tahun terakhir yakni tahun 2010 – 2019 yang didapat dari web penyedia data klimatologi (ECMWF). Arah angin diklasifikasikan dalam 8 arah mata angin.

Kecepatan angin diukur dengan anemometer dan dinyatakan dalam knot. Satu knot adalah Panjang satu menit garis bujur melalui katulistiwa yang di tempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1.852 km/jam = 0.5144 m/d.

D. Perhitungan Faktor Tegangan Angin

Langkah-langkah perhitungan untuk mendapatkan nilai U_A (Perhitungan pada data angin tanggal 21 Juli 2015)

- Koreksi Terhadap Elevasi

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

$$U_{10} = 8.8 \left(\frac{10}{10}\right)^{\frac{1}{7}} = 8.8 \text{ m/det}$$
- Koreksi Terhadap Stabilitas dan Efek Lokasi

$$U_A = R_T \cdot R_L \cdot U_{10}$$

$$U_A = 1.1 \times 1.23 \times 8.8$$

$$U_A = 11.91 \text{ m/det}$$

E. Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

Pada perhitungan tinggi dan periode gelombang untuk perhitungan t_{fetch} digunakan perhitungan

Restricted Fetch karena Panjang dan lebar fetch terhenti pada pulau-pulau dekat pantai. Peramalan gelombang dilakukan dengan metode Hindcasting gelombang.

Setelah dilakukan perhitungan hindcasting gelombang maka, diperoleh tinggi dan periode gelombang yang terjadi pada Tahun 2010-2019.

F. Analisa Transformasi Gelombang (Perhitungan Koefisien Refraksi)

Langkah-Langkah perhitungan untuk mendapatkan koefisien refraksi:

- Tentukan sudut datang gelombang (α) sudut datang gelombang (α) = 45°
- Tentukan kedalaman (d), untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan.
- Kedalaman diambil mulai dari -10 m sampai -0.1 m
- Tentukan tinggi dan periode gelombang rencana (yang paling maksimum dari arah tinjauan)
- 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.

Grafik hubungan tinggi dan periode gelombang yang didapat menggunakan trendline diprogram Microsoft Excel ditunjukkan pada Gambar 4.

TABEL 2
Data Angin bulan Juli Tahun 2015

Tahun	Bulan	Tanggal	wind direction	Wind Speed (Knots)	Wind Speed (m/s)
2015	7	1	SE	16.264	8.4
2015	7	2	S	15.678	8.1
2015	7	3	SE	13.998	7.2
2015	7	4	S	13.341	6.9
2015	7	5	SE	14.205	7.3
2015	7	6	SE	12.646	6.5
2015	7	7	SE	14.048	7.2
2015	7	8	SE	10.761	5.5
2015	7	9	SE	11.181	5.8
2015	7	10	SE	11.578	6.0
2015	7	11	SE	10.016	5.2
2015	7	12	SE	9.952	5.1
2015	7	13	SE	8.842	4.5
2015	7	14	SE	9.488	4.9
2015	7	15	S	10.971	5.6
2015	7	16	S	15.778	8.1
2015	7	17	SE	14.752	7.6
2015	7	18	S	16.451	8.5
2015	7	19	S	15.298	7.9
2015	7	20	S	15.264	7.9
2015	7	21	SE	17.065	8.8
2015	7	22	SE	15.278	7.9
2015	7	23	SE	14.517	7.5
2015	7	24	S	13.272	6.8
2015	7	25	S	13.237	6.8
2015	7	26	SE	13.068	6.7
2015	7	27	SE	13.629	7.0
2015	7	28	SE	13.769	7.1
2015	7	29	SE	13.588	7.0
2015	7	30	SE	13.216	6.8
2015	7	31	SE	11.810	6.1

TABEL 3
Perhitungan Faktor Tegangan Angin

Tahun	Bulan	Tanggal	Wind Direction	U _z	Nilai RL	U ₁₀	U _A
				m/det			
2015	7	1	SE	8.40	1.230	8.40	11.37
2015	7	2	S	8.10	1.240	8.10	11.05
2015	7	3	SE	7.20	1.280	7.20	10.14
2015	7	4	S	6.90	1.290	6.90	9.79
2015	7	5	SE	7.30	1.290	7.30	10.36
2015	7	6	SE	6.50	1.300	6.50	9.30
2015	7	7	SE	7.20	1.270	7.20	10.06
2015	7	8	SE	5.50	1.380	5.50	8.35
2015	7	9	SE	5.80	1.300	5.80	8.29
2015	7	10	SE	6.00	1.340	6.00	8.84
2015	7	11	SE	5.20	1.400	5.20	8.01
2015	7	12	SE	5.10	1.400	5.10	7.85
2015	7	13	SE	4.50	1.460	4.50	7.23
2015	7	14	SE	4.90	1.420	4.90	7.65
2015	7	15	S	5.60	1.380	5.60	8.50
2015	7	16	S	8.10	1.240	8.10	11.05
2015	7	17	SE	7.60	1.260	7.60	10.53
2015	7	18	S	8.50	1.300	8.50	12.16
2015	7	19	S	7.90	1.250	7.90	10.86
2015	7	20	S	7.90	1.250	7.90	10.86
2015	7	21	SE	8.80	1.230	8.80	11.91
2015	7	22	SE	7.90	1.240	7.90	10.78
2015	7	23	SE	7.50	1.260	7.50	10.40
2015	7	24	S	6.80	1.310	6.80	9.80
2015	7	25	S	6.80	1.300	6.80	9.72
2015	7	26	SE	6.70	1.300	6.70	9.58
2015	7	27	SE	7.00	1.250	7.00	9.63
2015	7	28	SE	7.10	1.280	7.10	10.00
2015	7	29	SE	7.00	1.290	7.00	9.93
2015	7	30	SE	6.80	1.300	6.80	9.72
2015	7	31	SE	6.10	1.330	6.10	8.92

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 4
Perhitungan Faktor Tegangan Angin Untuk Restricted Fetch

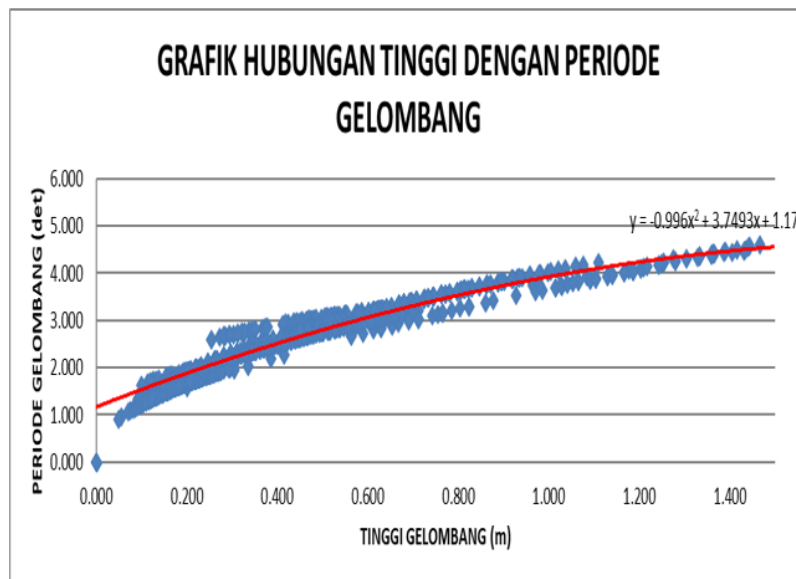
Tahun	Bulan	Tanggal	Wind Direction	U _z	Nilai RL	U ₁₀	U _A	U _A
				m/det				
2015	7	1	SE	8.40	1.230	8.40	11.37	10.68
2015	7	2	S	8.10	1.240	8.10	11.05	10.38
2015	7	3	SE	7.20	1.280	7.20	10.14	9.53
2015	7	4	S	6.90	1.290	6.90	9.79	9.20
2015	7	5	SE	7.30	1.290	7.30	10.36	9.73
2015	7	6	SE	6.50	1.300	6.50	9.30	8.73
2015	7	7	SE	7.20	1.270	7.20	10.06	9.45
2015	7	8	SE	5.50	1.380	5.50	8.35	7.85
2015	7	9	SE	5.80	1.300	5.80	8.29	7.79
2015	7	10	SE	6.00	1.340	6.00	8.84	8.31
2015	7	11	SE	5.20	1.400	5.20	8.01	7.53
2015	7	12	SE	5.10	1.400	5.10	7.85	7.38
2015	7	13	SE	4.50	1.460	4.50	7.23	6.79
2015	7	14	SE	4.90	1.420	4.90	7.65	7.19
2015	7	15	S	5.60	1.380	5.60	8.50	7.99
2015	7	16	S	8.10	1.240	8.10	11.05	10.38
2015	7	17	SE	7.60	1.260	7.60	10.53	9.90
2015	7	18	S	8.50	1.300	8.50	12.16	11.42
2015	7	19	S	7.90	1.250	7.90	10.86	10.21
2015	7	20	S	7.90	1.250	7.90	10.86	10.21
2015	7	21	SE	8.80	1.230	8.80	11.91	11.19
2015	7	22	SE	7.90	1.240	7.90	10.78	10.13
2015	7	23	SE	7.50	1.260	7.50	10.40	9.77
2015	7	24	S	6.80	1.310	6.80	9.80	9.21
2015	7	25	S	6.80	1.300	6.80	9.72	9.14
2015	7	26	SE	6.70	1.300	6.70	9.58	9.00
2015	7	27	SE	7.00	1.250	7.00	9.63	9.04
2015	7	28	SE	7.10	1.280	7.10	10.00	9.39
2015	7	29	SE	7.00	1.290	7.00	9.93	9.33
2015	7	30	SE	6.80	1.300	6.80	9.72	9.14
2015	7	31	SE	6.10	1.330	6.10	8.92	8.39

Sumber: Hasil Analisis

TABEL 5
Rekapitulasi Arah, Tinggi, dan Periode Gelombang Tahun 2010-2019

BULAN	H/T	ARAH DATANG GELOMBANG					MAX TIAP BULAN	
		N	NE	E	SE	S	ARAH	H/T
JANUARI	H (m)	0.334	-	0.520	1.279	0.661	SE	1.279
	T (det)	2.176	-	2.966	4.255	3.110		4.255
FEBRUARI	H (m)	0.308	-	0.442	0.189	0.580	S	0.580
	T (det)	2.135	-	2.752	1.853	3.020		3.020
MARET	H (m)	0.289	-	0.419	0.482	0.703	S	0.703
	T (det)	2.102	-	2.683	2.863	3.197		3.197
APRIL	H (m)	0.293	-	0.419	0.680	0.701	S	0.701
	T (det)	2.109	-	2.683	3.362	3.192		3.362
MEI	H (m)	0.132	-	0.824	0.642	0.566	E	0.824
	T (det)	1.742	-	3.673	3.273	2.966		3.673
JUNI	H (m)	0.157	0.338	0.805	0.785	0.547	E	0.805
	T (det)	1.761	2.426	3.248	3.401	2.863		3.401
JULI	H (m)	-	-	0.580	1.658	0.712	SE	1.658
	T (det)	-	-	3.123	4.879	3.724		4.879
AGUSTUS	H (m)	-	-	0.697	1.587	0.703	SE	1.587
	T (det)	-	-	3.401	4.709	3.197		4.709
SEPTEMBER	H (m)	0.157	-	0.544	1.431	0.692	SE	1.431
	T (det)	1.505	-	3.031	4.504	3.175		4.504
OKTOBER	H (m)	0.149	-	0.532	1.443	0.684	SE	1.443
	T (det)	1.471	-	2.999	4.566	3.175		4.566
NOVEMBER	H (m)	0.215	-	0.573	0.707	0.615	SE	0.707
	T (det)	1.932	-	3.106	3.424	3.013		3.424
DESEMBER	H (m)	0.235	-	0.488	0.520	0.557	S	0.557
	T (det)	1.943	-	2.881	2.966	2.885		2.966
MAX TIAP ARAH	H (m)	0.334	0.338	0.824	1.658	0.712	SE	1.658
	T (det)	2.176	2.426	3.673	4.879	3.724		4.879

Sumber: Hasil perhitungan



Gambar 4. Hubungan Tinggi dan Periode Gelombang

Berdasarkan grafik hubungan tinggi (H) dan periode (T) didapat persamaan:

$$y = -0.996x^2 + 3.7493x + 1.17$$

Untuk arah Tenggara (SE)

$$H_0 = 1.658 \text{ m}$$

$$T_0 = -0.996x^2 + 3.7493x + 1.17$$

$$= -0.996(1.658)^2 + 3.7493(1.658) + 1.17$$

$$= 4.648$$

- Perhitungan Panjang Gelombang

$$L_0 = 1.56T^2$$

$$L_0 = 1.56 \times 4.648^2$$

$$= 33.7021$$

- Perhitungan nilai α (untuk kedalaman 10m)

$$d/L_0 = 10/33.7021$$

$$= 0.2967$$

Untuk $d/L_0 = 0.2967$ maka nilai $d/L = 0.30915$ dan nilai $n = 0.57988$

$$d/L = 0.30915$$

$$10/L = 0.30915$$

$$L = 32.3511$$

TABEL 6
Pembacaan Nilai d/L dan n

Tabel L-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2nd}{L}$	$\tanh \frac{2nd}{L}$	$\sinh \frac{2nd}{L}$	$\cosh \frac{2nd}{L}$	K_0	K	$\frac{4nd}{L}$	$\sinh \frac{4nd}{L}$	$\cosh \frac{4nd}{L}$	n
0.2700	0.28539	1.7931	0.9461	2.9209	3.0873	0.939	0.3239	3.5863	18.036	18.06	0.5994
0.2710	0.28627	1.7987	0.9467	2.9381	3.1036	0.939	0.3222	3.5973	18.237	18.26	0.5986
0.2720	0.28715	1.8042	0.9472	2.9553	3.1199	0.940	0.3205	3.6084	18.441	18.47	0.5978
0.2730	0.28803	1.8098	0.9478	2.9727	3.1364	0.940	0.3188	3.6195	18.647	18.67	0.5971
0.2740	0.28892	1.8153	0.9484	2.9901	3.1529	0.940	0.3172	3.6306	18.855	18.88	0.5963
0.2750	0.28980	1.8209	0.9489	3.0077	3.1696	0.941	0.3155	3.6418	19.066	19.09	0.5955
0.2760	0.29069	1.8264	0.9495	3.0254	3.1864	0.941	0.3138	3.6529	19.280	19.31	0.5947
0.2770	0.29157	1.8320	0.9500	3.0432	3.2033	0.941	0.3122	3.6640	19.496	19.52	0.5940
0.2780	0.29246	1.8376	0.9506	3.0610	3.2202	0.942	0.3105	3.6752	19.715	19.74	0.5932
0.2790	0.29335	1.8431	0.9511	3.0790	3.2374	0.942	0.3089	3.6863	19.936	19.96	0.5925
0.2800	0.29423	1.8487	0.9516	3.0971	3.2546	0.942	0.3073	3.6975	20.160	20.19	0.5917
0.2810	0.29512	1.8543	0.9522	3.1154	3.2719	0.943	0.3056	3.7086	20.386	20.41	0.5910
0.2820	0.29601	1.8599	0.9527	3.1337	3.2894	0.943	0.3040	3.7198	20.616	20.64	0.5902
0.2830	0.29690	1.8655	0.9532	3.1521	3.3069	0.943	0.3024	3.7310	20.848	20.87	0.5895
0.2840	0.29779	1.8711	0.9537	3.1707	3.3246	0.944	0.3008	3.7422	21.083	21.11	0.5888
0.2850	0.29868	1.8767	0.9542	3.1893	3.3424	0.944	0.2992	3.7533	21.320	21.34	0.5880
0.2860	0.29957	1.8823	0.9547	3.2081	3.3603	0.944	0.2976	3.7645	21.561	21.58	0.5873
0.2870	0.30047	1.8879	0.9552	3.2270	3.3784	0.945	0.2960	3.7758	21.804	21.83	0.5866
0.2880	0.30136	1.8935	0.9557	3.2460	3.3965	0.945	0.2944	3.7870	22.050	22.07	0.5859
0.2890	0.30225	1.8991	0.9562	3.2651	3.4148	0.945	0.2928	3.7982	22.299	22.32	0.5852
0.2900	0.30315	1.9047	0.9566	3.2843	3.4332	0.946	0.2913	3.8094	22.551	22.57	0.5845
0.2910	0.30404	1.9103	0.9571	3.3037	3.4517	0.946	0.2897	3.8207	22.807	22.83	0.5838
0.2920	0.30493	1.9160	0.9576	3.3231	3.4703	0.946	0.2882	3.8319	23.065	23.09	0.5831
0.2930	0.30583	1.9216	0.9580	3.3427	3.4891	0.947	0.2866	3.8432	23.326	23.35	0.5824
0.2940	0.30673	1.9272	0.9585	3.3624	3.5080	0.947	0.2851	3.8544	23.591	23.61	0.5817
0.2950	0.30762	1.9329	0.9590	3.3823	3.5270	0.947	0.2835	3.8657	23.858	23.88	0.5810
0.2960	0.30852	1.9385	0.9594	3.4022	3.5461	0.948	0.2820	3.8770	24.129	24.15	0.5803
0.2970	0.30942	1.9441	0.9599	3.4223	3.5654	0.948	0.2805	3.8883	24.403	24.42	0.5797
0.2980	0.31032	1.9498	0.9603	3.4425	3.5848	0.948	0.2790	3.8996	24.681	24.70	0.5790
0.2990	0.31122	1.9554	0.9607	3.4628	3.6043	0.949	0.2774	3.9109	24.962	24.98	0.5783

Cepat rambat gelombang :
 $C_0 = L_0/T = 33.7021/4.648 = 7.2509 \text{ m/det}$
 $C = L/T = 32.3511/4.648 = 6.9602 \text{ m/det}$
 $\sin \alpha = C/C_0 \times \sin \alpha = 6.9593/7.2509 \times \sin 45$

$= 0.6788$
 $\alpha = 42.747^\circ$
 Nilai Koefisien Refraksi
 $Kr = \frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}$
 $Kr = \frac{\cos 45}{\cos 42.7364} = 0.9813$

TABEL 7
Perhitungan Refraksi Gelombang Untuk Arah Tenggara

a_0	d	H_0	T	L_0	d/L_0	d/L	L	C_0	C	$\sin \alpha$	α	$\cos \alpha_0 / \cos \alpha$	Kr
45	10	1.658	4.648	33.7021	0.2967	0.30911	32.3511	7.2509	6.9602	0.6788	42.747	0.9629	0.9813
42.747	7	1.542	4.818	36.2054	0.1933	0.21948	31.8933	7.5153	6.6203	0.5979	36.721	0.9162	0.9572
36.721	6	1.353	4.643	33.6274	0.1784	0.20699	28.9866	7.2428	6.2433	0.5154	31.024	0.9354	0.9671
31.024	4	1.196	4.440	30.7577	0.1300	0.16657	24.0139	6.9269	5.4082	0.4024	23.728	0.9361	0.9675
23.728	1	1.061	4.223	27.8265	0.0359	0.07855	12.7304	6.5886	3.0142	0.1841	10.608	0.9314	0.9651
10.608	0.5	1.111	4.309	28.9693	0.0173	0.05344	9.3563	6.7225	2.1712	0.0595	3.409	0.9847	0.9923

Sumber: Hasil Perhitungan

G. Perhitungan Koefisien Shoaling

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

Dimana:

$n_o = 0.5$ (laut dalam)

$L_o = 33.7021$ m

Dari tabel perhitungan shoaling untuk nilai $d/L_o = 0.2967$ diperoleh nilai $n = 0.5799$

$$K_s = \sqrt{\frac{0.5 \times 33.7021}{0.5799 \times 32.3511}}$$

$K_s = 0.9478$

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

$$\begin{aligned} H &= H_0 \times K_r \times K_s \\ &= 1.658 \times 0.9813 \times 0.9478 \\ &= 1.5420 \end{aligned}$$

TABEL 8
Perhitungan Shoaling untuk Arah Tenggara

Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
33.702	0.297	0.309	32.351	0.500	0.580	0.981	0.948	1.542
36.205	0.193	0.219	31.893	0.500	0.676	0.957	0.917	1.353
33.627	0.178	0.207	28.987	0.500	0.694	0.967	0.914	1.196
30.758	0.130	0.167	24.014	0.500	0.762	0.968	0.917	1.061
27.827	0.036	0.079	12.730	0.500	0.927	0.965	1.086	1.111
28.969	0.017	0.053	9.356	0.500	0.964	0.992	1.267	1.397

Sumber: Hasil perhitungan

H. Perhitungan Gelombang Pecah

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan grafik yang tersedia yaitu grafik yang menyatakan hubungan antara H^0/gT^2 .

Tentukan nilai H^0 dan H_b

Diketahui:

$H_0 = 1.658$ m

$T_0 = 4.648$ m

$H = 1.5420$ m

$K_s = 0.9478$

$d/L_0 = 0.2967$

$g = 9.81$ m/s²

Maka:

$H^0 = H_0 / K_s$

$H^0 = 1.658/0.9478$

$H^0 = 1.7494$

$H^0/gT^2 = 1.5431/9.81 \times (4.648)^2$

$H^0/gT^2 = 0.0083$

Nilai H_b didapat dari hasil masukan nilai H^0/gT^2 dan nilai kemiringan pantai (m) pada grafik “Penentuan tinggi gelombang pecah, SPM 1984”

Plot nilai H^0/gT^2 pada grafik untuk:

$H^0/gT^2 = 0.0083$ dan

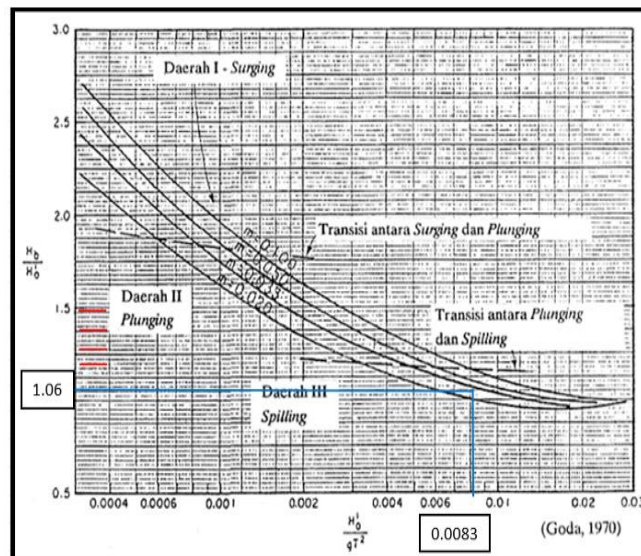
$m = 0.02$

$H_b/H^0 = 1.06$

$H_b = (H_b/H^0) \times H^0$

$H_b = 1.06 \times 1.7494$

$H_b = 1.8543$



Gambar 5. Penentuan Tinggi Gelombang Pecah

TABEL 9
Perhitungan Gelombang Pecah untuk Arah Tenggara

H'o	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb
1.7494	0.0083	0.02076	1.06	1.8543
1.6823	0.0074	0.0199	1.00	1.6823
1.4798	0.0070	0.0198	0.99	1.4650
1.3047	0.0067	0.0198	0.96	1.2525
0.9770	0.0056	0.0197	0.95	0.9282
0.8772	0.0048	0.0170	0.91	0.7983

Keterangan:

- Untuk nilai Hb/gT² didapat secara manual dari plot grafik penentuan tinggi gelombang pecah
- Untuk nilai m (kemiringan) didapat dari kemiringan pantai dilokasi penelitian

Setelah didapatkan nilai Hb maka dibuat grafik hubungan antara tinggi, kedalaman dan sudut datang gelombang.

Berdasarkan grafik hubungan antara tinggi, kedalaman, dan sudut datang gelombang arah Tenggara (SE) maka diperoleh:

Tinggi Gelombang Pecah = 1.15 m
Kedalaman Gelombang Pecah = 2.50 m

I. Periode Ulang Gelombang

Dalam menghitung Periode Ulang Gelombang digunakan metode distribusi Gumbel (Fisher-tippett type I).

Metode Gumbel

Dalam metode gumbel, data probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut (Triatmodjo, 1999):

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0.44}{N_T - 0.12}$$

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan rumus sebagai berikut dengan A dan B adalah perkiraan dari parameter skala dan lokal yang diperoleh dari analisis regresi linear (Triatmodjo, 1999):

$$H_{sr} = A \cdot y_r + B$$

$$y_r = -\ln(-\ln(1 - \frac{1}{L \cdot T_R}))$$

- N (jumlah data tinggi gelombang signifikan) = 10
- NT (jumlah kejadian gelombang selama pencatatan) = 10
- $V = \frac{N}{NT} = 1$
- $\hat{H}_s = \frac{\sum H_s}{N} = 1,476 \text{ m}$
- K (Panjang data) = 10 tahun
- $\hat{y}_m = \frac{\sum y_m}{N} = 0,054$
- Deviasi standar data tinggi gelombang signifikan :

$$\sigma H_s = \left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_s - H_{sm})^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left(\frac{1}{10-1} \times 0,02 \right)^{\frac{1}{2}} = 0,04$$

Dari beberapa nilai di atas dapat dihitung parameter A dan B berdasarkan data \hat{H}_s dan \hat{y}_m dengan menggunakan persamaan berikut ini (Triatmodjo, 1999):

$$\hat{H}_s = A \cdot \hat{y}_m + B$$

$$A = \frac{n \sum H_s Y_m - \sum H_s \sum Y_m}{n \sum Y_m^2 - (\sum Y_m)^2}$$

$$= \frac{10(8,974) - 14,761 \times 5,410}{10(15,564) - (5,410)^2}$$

$$= 0,0782$$

$$B = \hat{H}_s - A \cdot \hat{y}_m$$

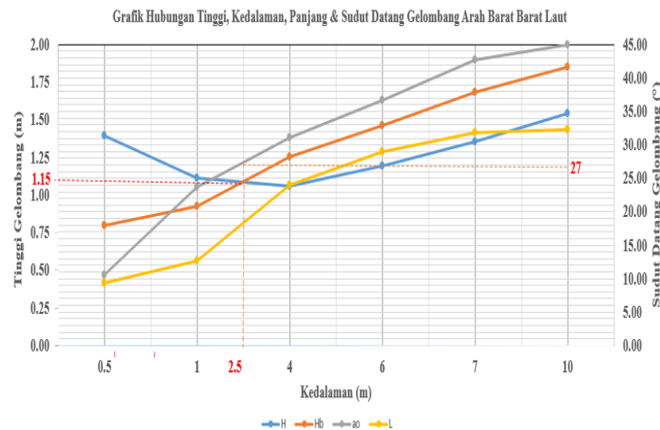
$$B = 1,476 - 0,0782 \times 0,054$$

$$B = 1,4718$$

Persamaan regresi linear yang diperoleh adalah:

$$H_{sr} = 0,0782 y_r + 1,4718$$

Selanjutnya hitungan tinggi gelombang signifikan dengan beberapa periode ulang tertentu



Gambar 6. Grafik Hubungan Tinggi, Kedalaman dan Sudut Datang Gelombang Arah Tenggara (SE)

TABEL 10
Tinggi Gelombang Dengan Periode Ulang (Metode Gumbel)

no urut	H_s	P	Y_m	$H_s Y_m$	y_m^2	H_{sm}	$(H_s - H_{sm})^2$
1	1.658	0.945	2.866	4.752	8.214	1.696	0.001
2	1.587	0.846	1.787	2.837	3.194	1.612	0.001
3	1.562	0.747	1.232	1.924	1.518	1.568	0.000
4	1.467	0.648	0.836	1.226	0.699	1.537	0.005
5	1.443	0.549	0.513	0.740	0.263	1.512	0.005
6	1.441	0.451	0.227	0.327	0.051	1.490	0.002
7	1.434	0.352	-0.044	-0.063	0.002	1.468	0.001
8	1.417	0.253	-0.318	-0.451	0.101	1.447	0.001
9	1.390	0.154	-0.626	-0.870	0.392	1.423	0.001
10	1.362	0.055	-1.063	-1.448	1.129	1.389	0.001
jumlah	14.761	5.000	5.410	8.974	15.564		0.02

Sumber: Hasil Perhitungan

TABEL 11
Gelombang Dengan Periode Ulang Tertentu (Metode Gumbel)

periode ulang (tahun)	Y_r	Hsr	σr	σ	Hsr-1.28 σ	hsr+1.28 σ
10	2.2504	1.65	1.0076	0.05	1.59	1.71
25	3.1985	1.72	1.4321	0.06	1.64	1.80
50	3.9019	1.78	1.7471	0.08	1.68	1.88
100	4.6001	1.83	2.0597	0.09	1.71	1.95

Sumber: Hasil perhitungan

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang angin, gelombang, serta periode ulang tinggi gelombang, maka dapat disimpulkan bahwa tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu menggunakan metode Gumbel menghasilkan tinggi gelombang dengan periode ulang gelombang (Hsr) 10,25, 50 dan 100 tahun yaitu 1,65 m, 1,72 m, 1,78 m dan 1,83 m.

B. Saran

1. Dibutuhkan sebuah bangunan pengaman pantai untuk mengamankan pemukiman warga yang ada di pesisir pantai Bulu.
2. Untuk mendapatkan hasil Analisa yang lebih baik di perlukan suatu studi yang lebih lanjut terhadap gelombang yang didukung oleh data lapangan yang lebih lengkap seperti perhitungan pasang surut dan dalam jangka waktu yang cukup lama. Sehingga nantinya dapat berguna dalam merencanakan bangunan pengaman pantai dan pengembangan pantai Bulu.

3. Sehubungan dengan kepentingan peningkatan sarana pariwisata maka Dibutuhkan peningkatan Fasilitas di pantai bulu berupa ketersediaan signal telepon dan ketersediaan tempat Kesehatan.

KUTIPAN

- [1] Rizki, M. 2014. Analisa Gelombang Ekstrim Di Perairan Pelabuhan Belawan. Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara. Medan.
- [2] Nugroho, A. T. 2020. Studi Kelayakan Pantai Teleng Ria Sebagai Daerah Tujuan Wisata Di Kabupaten Pacitan Jawa Timur. Skripsi Program S1 Ilmu Pengetahuan Sosial Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Jakarta.
- [3] Lempoy, I. R. 2021. Analisa Karakteristik Gelombang Di Pantai Moinit Amurang Minahasa Selatan. Skripsi S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- [4] Triatmodjo, B. 1999. Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta. Hal. 2, 3, 14, 71,95, 96, 97, 143, 144, 156,
- [5] CERC. 1984. Shore Protection Manual. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington. Hal. 2-9, 2-31, 2-32,
- [6] Oliver, A. Uji Kelayakan Rencana Proyekmu dengan Teknik Feasibility Study. <https://glints.com/id/lowongan/feasibility-study-adalah/#.YeYFmf5BxPY>, 28 Agustus 2021.