



Studi Hidro-Oseanografi Di Pantai Pulisan Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara

Ira K. Abadi^{#a}, Cindy J. Supit^{#b}, Ariestides K. T. Dundu^{#c}

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

^airakumia46@gmail.com, ^bcindyjeanesupit@unsrat.ac.id, ^ctorry@unsrat.ac.id

Abstrak

Pantai Pulisan adalah salah satu pantai yang terletak di Sulawesi Utara tepatnya di Kabupaten Minahasa Utara, Kecamatan Likupang Timur dan berada pada posisi $1^{\circ} 41' 1.233''$ LU dan $125^{\circ} 8' 47.655''$ BT. Daerah pantai ini merupakan salah satu lokasi pariwisata yang ada di Kabupaten Minahasa Utara. Berdasarkan hasil pengamatan di lokasi, pada bulan tertentu terjadi gelombang yang cukup besar sehingga mengakibatkan mundurnya garis pantai yang berdampak pada lokasi tempat pariwisata. Maka dalam penataan serta pengembangan lokasi pariwisata di daerah tersebut maka diperlukan penelitian mengenai karakteristik gelombang dan pasang surut yang terjadi di Pantai Pulisan. Dalam penelitian ini dilakukan survey lokasi penelitian, pendekatan teori, peramalan gelombang dan analisis transformasi gelombang yang terjadi di Daerah Pantai Pulisan. Peramalan gelombang dihitung dengan hindcasting gelombang berdasarkan data angin selama 5 tahun dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang yang terjadi di pantai tersebut dan juga Pasang Surut yang juga di ambil di Lantamal VIII Kairagi Manado.

Kata kunci: Pantai Pulisan, karakteristik gelombang, hindcasting gelombang, pasang surut

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Kajian Oseanografi meliputi pada masalah-masalah kelautan dalam skala lokal, regional, dan global baik yang bersifat kajian murni (pure research) maupun kajian terapan yang dapat menunjang kajian lingkungan laut dan pesisir, dan menunjang eksplorasi sumber daya laut, serta menunjang pengembangan dan penerapan rekayasa dan teknologi kelautan. Apabila perairan di suatu lokasi terganggu maka dampaknya akan tersebar ke lingkungan di sekitarnya. Pantai Pulisan adalah salah satu pantai yang terletak di Sulawesi Utara tepatnya di Kabupaten Minahasa Utara, Kecamatan Likupang Timur. Pantai Pulisan merupakan objek wisata yang terkenal di Sulawesi Utara, hamparan pasir putih yang indah serta pemandangan bawah laut yang indah sehingga cocok untuk snorkeling. Sehingga Pantai Pulisan ini menjadi salah satu destinasi favorit di wilayah Likupang. Pantai Pulisan terletak dekat dengan fasilitas-fasilitas yang dibangun pemerintah dan juga masyarakat setempat banyak melakukan aktifitas di sekitar pantai tersebut. Peningkatan pemanfaatan daerah pantai diiringi oleh meningkatnya masalah terhadap pantai, seperti mundurnya garis pantai akibat abrasi yang disebabkan oleh gelombang. Selain itu, ketika musim gelombang besar dapat mengganggu aktifitas masyarakat setempat juga berpotensi merusak fasilitas disekitarnya. Dengan masalah yang ada, maka dalam penataan serta pengembangan objek wisata di daerah tersebut maka diperlukan studi tentang hidro oseanografi di Pantai Pulisan, sebagai bentuk informasi yang dapat digunakan untuk menangani masalah mundurnya garis pantai pada Pantai Pulisan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang, maka secara khusus permasalahan yang ada di Pantai Pulisan dimana terjadi gelombang yang cukup besar sehingga mulai terlibat abrasi dan mengganggu fasilitas di sekitar pantai sehingga untuk menangani permasalahan tersebut, dalam penelitian ini yang akan dibahas adalah bagaimana menganalisis karakteristik gelombang dan pasang surut yang terjadi di Pulau Pulisan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan data karakteristik gelombang dan juga pasang surut serta elevasi muka air laut di Pantai Pulisan, Kecamatan Likupang Timur, Minahasa Utara.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

- Mendapatkan informasi tentang karakteristik gelombang di Pantai Pulisan, Kecamatan Likupang Timur, Minahasa Utara.
- Menjadi informasi yang mendukung dalam penyelesaian masalah mundurnya garis pantai di Pantai Pulisan, Kecamatan Likupang Timur, Minahasa Utara.

1.5 Batasan Penelitian

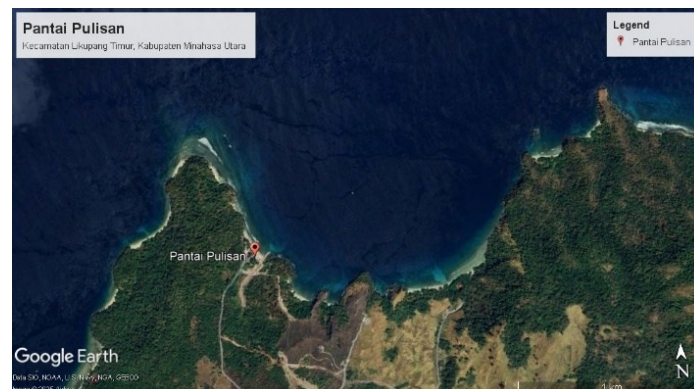
Dalam penulisan ini, masalah dibatasi pada hal-hal sebagai berikut.

- Lokasi penelitian adalah di Pantai Pulisan, Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara.
- Karakteristik gelombang yang ditinjau adalah tinggi gelombang, periode gelombang, refraksi gelombang, dan gelombang pecah.
- Analisa gelombang yang digunakan adalah teori gelombang amplitude kecil (*airy*).
- Tinggi dan periode gelombang laut dalam diperoleh dengan metode *hindcasting*.
- Penelitian yang dilakukan hanya akibat gelombang angin.
- Data angin yang dipakai adalah data angin 5 tahun terakhir.
- Pengolahan data pasang surut dilakukan dengan metode *admiralty*.
- Mengabaikan faktor-faktor bencana alam seperti tsunami, gempa, dll.

2. Metode

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Pantai Pulisan, Kecamatan Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara



Gambar 1. Lokasi Penelitian; Google Earth

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data primer dilakukan dengan survey langsung di lapangan untuk mendapatkan data akurat yang terjadi di lokasi studi. Dan pengumpulan data sekunder ini dilaksanakan dengan cara mengunjungi lembaga-lembaga atau instansi-instansi terlibat sebagai sumber data untuk dimintai keterangan dan data-data yang berhubungan dengan studi ini, ataupun dengan menggunakan software-software penunjang. Data – data yang dimaksud meliputi:

- Data kecepatan angin minimal 5 tahun terakhir.
- Peta dunia dari software Google Earth.
- Foto udara dari software Google Earth.
- Data Batimetri
- Pengumpulan data pasang surut

2.3 Metode Analisis Pengumpulan Data

- Inventarisasi dan Identifikasi Permasalahan

Dari hasil inventarisasi dan identifikasi permasalahan pantai dapat dilihat hal – hal apa saja yang diperlukan pantai Pulisan untuk menjadi lebih baik. Sehingga dapat diambil langkah – langkah yang tepat sesuai kondisi alam dan kehidupan penduduk sekitar.

- Data Angin

Untuk peramalan gelombang diperlukan data angin. Data angin yang dipakai minimal data harian dalam 5 tahun. Data angin dalam studi ini diambil dari BMKG Maritim Bitung. Yang diperlukan dari data angin untuk digunakan dalam peramalan gelombang yaitu kecepatan, arah dan durasi. Kecepatan angin dinyatakan dalam satuan knot, dimana 1 knot = 0,5144 meter/detik. Arah angin dinyatakan dalam 16 penjuru arah angin.

- Peta Dunia

Dalam peramalan gelombang, perlu diketahui berapa panjang *fetch* efektif dari tiap arah utama. Sehingga dalam perhitungan *fetch* memerlukan peta dunia.

- Foto Udara

Foto udara dari software Google Earth diperlukan untuk mengetahui posisi daerah studi.

- Data Batimetri

Data Batimetri didapat dari DEMNAS.

- Data Survey Tapak

Survey tapak merupakan suatu survey yang dilakukan dengan kasatmata untuk mendapatkan gambaran morfologi pantai pulisan. Survey ini dilakukan dengan pengamatan visual dan pengambilan gambar di lokasi studi.

- Data Pasang Surut

Data pasang surut diambil dari Lantamal VIII Sulawesi Utara.

2.4 Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

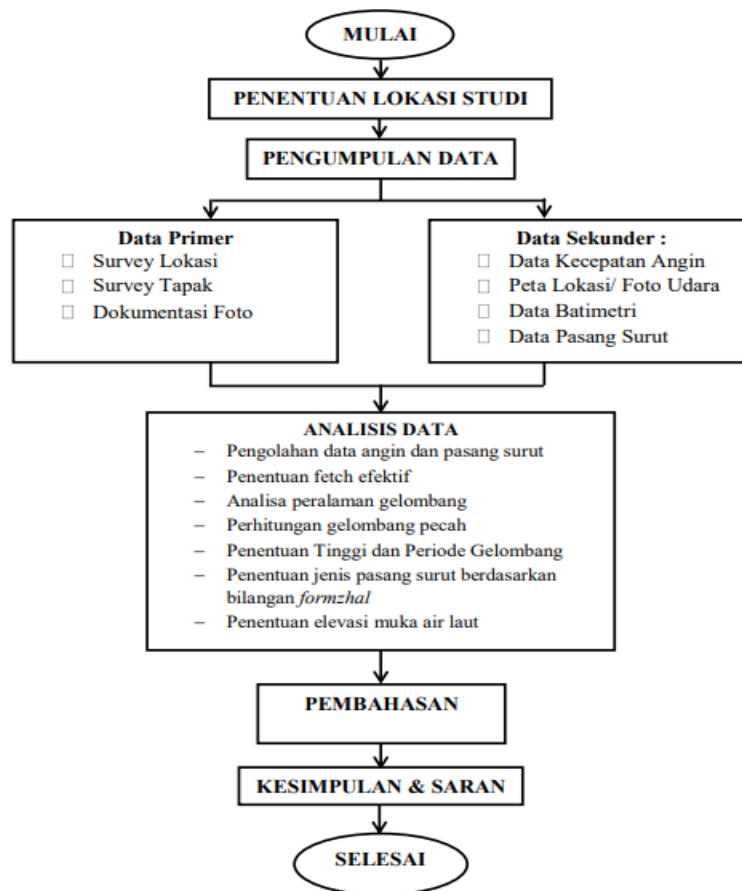
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perhitungan Fetch Efektif

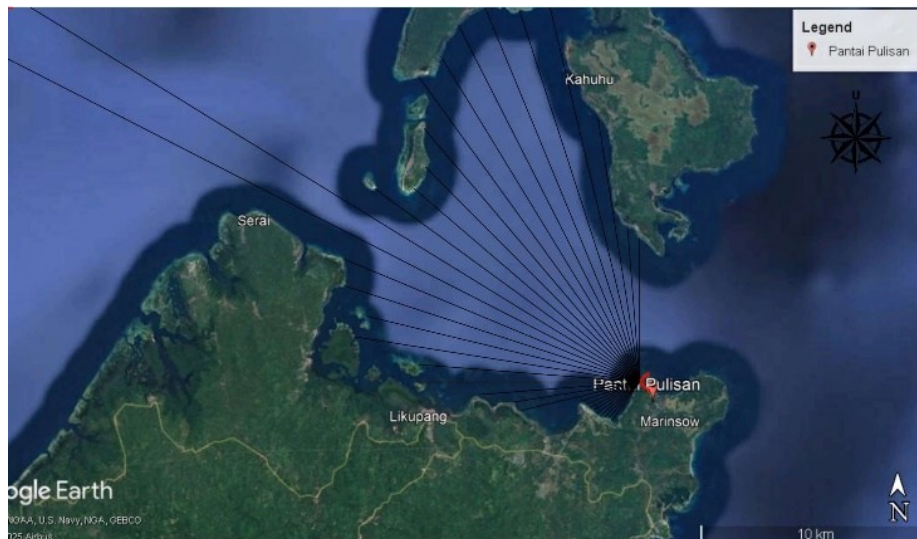
Langkah – langkah perhitungan *fetch* dengan cara manual dijelaskan dibawah ini :

- Menggunakan peta daerah perairan teluk Amurang tepatnya pada Pantai Pulisan Kabupaten Minahasa Utara
- Ditentukan arah angin dominan sebagai titik pusat tinjauan. Garis arah angin utama ditentukan sebagai *central radial*
- Dalam perhitungan ini dibuat sudut dari garis *central radial* kearah kiri dan kanan garis *fetch* dengan interval 4.5° sampai 9°
- Pastikan bahwa koordinat lokasi sama dengan koordinat pada peta

- Ukur *fetch* sampai menyentuh daratan atau batas akhir peta, dengan menggunakan aplikasi AutoCAD untuk mendapatkan jarak pada peta.



Gambar 2. Bagan Alir



Gambar 3. Fetch

Perhitungan *Fetch* :

Arah Barat Laut :

Panjang garis *fetch* untuk sudut 0° adalah 2517.088 m adalah jarak pada peta yang didapatkan dengan bantuan Software Google Earth dan AutoCAD dengan skala gambar 1:1. Untuk mendapatkan jarak sebenarnya maka dilakukan perhitungan jarak sebenarnya

Jarak sebenarnya = Jarak pada peta / 1000

$$= 2517.088 \text{ m} / 1000$$

$$= 2.517088 \text{ km}$$

Nilai dari cosines 0° adalah 1, maka :

$$F \cos(\alpha) = 2.517088 \text{ km} \times 1$$

$$= 2.517088 \text{ km}$$

Tabel 1. Perhitungan Panjang Fetch Untuk 16 Arah Mata Angin

Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(α)	cos(α)	Feff (km)							
UTARA (N)	-9	0	0	0	0.988	4.969512	SELATAN BARAT DAYA (SSW)	-9	0	0	0.988	0	
	-4.5	0	0	0	0.997			-4.5	0	0	0.997		
	0	6281.9524	6.2819524	6.2819524	1.000			0	0	0	1.000		
	4.5	6883.5751	6.8835751	6.86235335	0.997			4.5	0	0	0.997		
	9	11694.2251	11.6942251	11.55024978	0.988			9	0	0	0.988		
UTARA TIMUR LAUT (NNE)	-9	0	0	0	0.988	0	BARAT DAYA (SW)	-9	17036.0543	17.0360543	16.8263122	0.988	17.24669
	-4.5	0	0	0	0.997			-4.5	17122.0377	17.1220377	17.06925617	0.997	
	0	0	0	0	1.000			0	17628.0624	17.8280624	17.8280624	1.000	
	4.5	0	0	0	0.997			4.5	17531.2741	17.5312741	17.47723103	0.997	
	9	0	0	0	0.988			9	16707.2741	16.7072741	16.50157983	0.988	
TIMUR LAUT (NE)	-9	0	0	0	0.988	0	BARAT BARAT DAYA (WSW)	-9	16517.8958	16.5178958	16.3145309	0.988	14.35441
	-4.5	0	0	0	0.997			-4.5	14569.9312	14.5699312	14.52501696	0.997	
	0	0	0	0	1.000			0	13295.4332	13.2954332	13.2954332	1.000	
	4.5	0	0	0	0.997			4.5	13027.3611	13.0273611	12.98720209	0.997	
	9	0	0	0	0.988			9	14385.0032	14.3850032	14.20789994	0.988	
TIMUR TIMUR LAUT (ENE)	-9	0	0	0	0.988	0	BARAT (W)	-9	31704.1001	31.7041001	31.31377002	0.988	20.99074
	-4.5	0	0	0	0.997			-4.5	33272.9922	33.2729922	33.17042767	0.997	
	0	0	0	0	1.000			0	14101.7722	14.1017722	14.1017722	1.000	
	4.5	0	0	0	0.997			4.5	13627.8546	13.6278546	13.58584447	0.997	
	9	0	0	0	0.988			9	12286.9012	12.2869012	12.13562906	0.988	
TIMUR (E)	-9	0	0	0	0.988	0	BARAT BARAT LAUT (WNW)	-9	12724.5304	12.7245304	12.56787032	0.988	8.965694
	-4.5	0	0	0	0.997			-4.5	9753.3671	9.7533671	9.72330074	0.997	
	0	0	0	0	1.000			0	9692.1756	9.6921756	9.6921756	1.000	
	4.5	0	0	0	0.997			4.5	7078.6147	7.0786147	7.05679369	0.997	
	9	0	0	0	0.988			9	5581.0013	5.5810013	5.51228913	0.988	
TIMUR TENGGARA (ESE)	-9	0	0	0	0.988	0	BARAT LAUT (NNW)	-9	5335.904	5.335904	5.270210167	0.988	3.07548
	-4.5	0	0	0	0.997			-4.5	2742.7942	2.7427942	2.73439081	0.997	
	0	0	0	0	1.000			0	2517.088	2.517088	2.517088	1.000	
	4.5	0	0	0	0.997			4.5	2454.9334	2.4549334	2.44736566	0.997	
	9	0	0	0	0.988			9	2342.5479	2.3425479	2.31307748	0.988	
TENGGARA (SE)	-9	0	0	0	0.988	0	UTARA BARAT LAUT (NNW)	-9	2304.2323	2.3042323	2.27586377	0.988	2.139809
	-4.5	0	0	0	0.997			-4.5	2156.7326	2.1567326	2.150084113	0.997	
	0	0	0	0	1.000			0	2129.9781	2.1299781	2.1299781	1.000	
	4.5	0	0	0	0.997			4.5	2016.4935	2.0164935	2.010277324	0.997	
	9	0	0	0	0.988			9	2092.7227	2.0927227	2.066962058	0.988	
SELATAN TENGGARA (SSE)	-9	0	0	0	0.988	0							
	-4.5	0	0	0	0.997								
	0	0	0	0	1.000								
	4.5	0	0	0	0.997								
	9	0	0	0	0.988								
SELATAN (S)	-9	0	0	0	0.988	0							
	-4.5	0	0	0	0.997								
	0	0	0	0	1.000								
	4.5	0	0	0	0.997								
	9	0	0	0	0.988								
								Feff (total)		71.74234			
								Feff (dominan)		20.99074			

3.2. Analisa Data Angin

Data Angin yang dianalisa adalah data kecepatan dan arah angin maksimum harian dalam selang waktu 5 tahun terakhir, yakni tahun 2020 – 2024. Data angin diperoleh dari BMKG Maritim Bitung. Arah angin diklasifikasikan dalam 16 arah mata angin.

Kecepatan angin berupa data sekunder hasil pemodelan *Windwaves* dan dinyatakan dalam knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui katulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau 1 knot = 1.852 km/jam = 0.5144 m/det.

Tabel 2. Data Kecepatan dan Arah Angin Tahun 2022

2022				
No	Bulan	Kecepatan		Arah*
		m/s	knot	
1	Januari	7.5	14.61768	N
2	Februari	8.2	15.97836	ENE
3	Maret	8.9	17.22242	W
4	April	5.6	10.96326	W
5	Mei	6.6	12.84878	NNW
6	Juni	5.2	10.06909	S
7	Juli	5.3	10.38011	S
8	Agustus	7.6	14.8315	S
9	September	6.5	12.71271	S
10	Oktober	5.5	10.74944	SSE
11	November	5.6	10.80775	NW
12	Desember	7.8	15.22027	WNW

3.3. Perhitungan Faktor Tegangan Angin

Langkah – langkah perhitungan untuk mendapatkan nilai U_A (Perhitungan pada data angin bulan Januari 2022)

- Koreksi terhadap Elevasi

$$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{Z} \right)^{1/7} = U_{10} = 7.520 \left(\frac{10}{10} \right)^{1/7} = 7.520$$

- Koreksi terhadap Stabilitas dan Efek Lokasi

$$U_A = R_T \cdot R_L \cdot U_{10} = 1.1 \times 1.25 \times 7.520 = 10.34 \text{ m/det}$$

Tabel 3. Perhitungan Faktor Tegangan Angin pada Tahun 2022

Bulan	Arah	U _z	U ₁₀	R _L	U _A
		m/d	m/d		m/d
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Januari	N	7.520	7.520	1.25	10.34
Februari	ENE	8.220	8.220	1.2	10.85
Maret	W	8.860	8.860	1.2	11.70
April	W	5.640	5.640	1.38	8.56
Mei	NNW	6.610	6.610	1.3	9.45
Juni	S	5.180	5.180	1.4	7.98
Juli	S	5.340	5.340	1.39	8.16
Agustus	S	7.630	7.630	1.2	10.07
September	S	6.540	6.540	1.31	9.42
Oktober	SSE	5.530	5.530	1.38	8.39
November	NW	5.560	5.560	1.38	8.44
Desember	WNW	7.830	7.830	1.2	10.34

3.4. 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 teluk, danau atau sungai. Peramalan gelombang dilakukan dengan metode *hindcasting* gelombang.

Tabel 4. Perhitungan Faktor Tegangan Angin untuk *Restricted Fetch*

Bulan	Arah	U _z	U ₁₀	R _L	U _A	Ū _A
		m/d	m/d		m/d	m/d
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	
Januari	N	7.520	7.520	1.25	10.34	10.21
Februari	ENE	8.220	8.220	1.2	10.85	10.72
Maret	W	8.860	8.860	1.2	11.70	11.55
April	W	5.640	5.640	1.38	8.56	8.46
Mei	NNW	6.610	6.610	1.3	9.45	9.34
Juni	S	5.180	5.180	1.4	7.98	7.88
Juli	S	5.340	5.340	1.39	8.16	8.06
Agustus	S	7.630	7.630	1.2	10.07	9.95
September	S	6.540	6.540	1.31	9.42	9.31
Oktober	SSE	5.530	5.530	1.38	8.39	8.29
November	NW	5.560	5.560	1.38	8.44	8.34
Desember	WNW	7.830	7.830	1.2	10.34	10.21

Setelah dilakukan perhitungan *hindcasting* gelombang maka, diperoleh tinggi dan periode gelombang yang terjadi pada tahun 2020 – 2024.

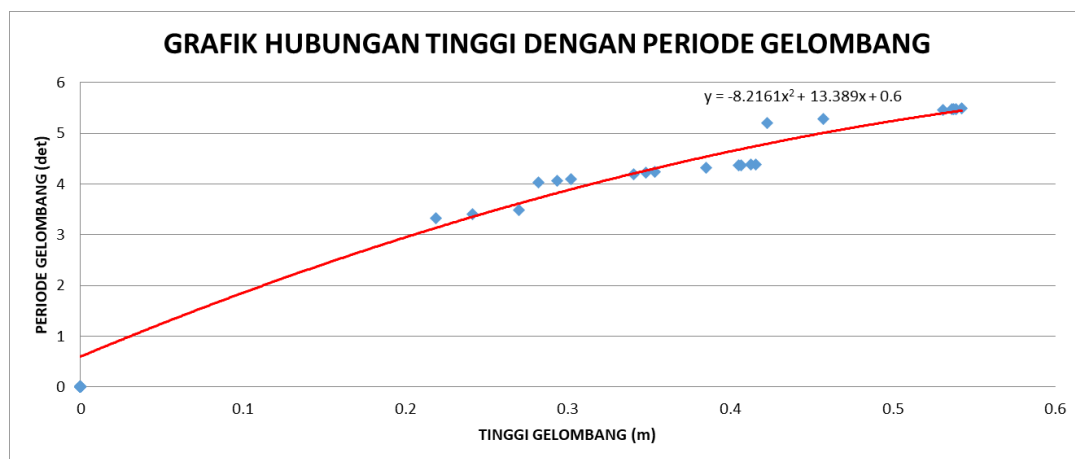
Tabel 5. Rekapitulasi Arah, Tinggi, dan Periode Gelombang Tahun 2020-2024

Bulan	H-T	Arah datang gelombang							Max Tiap Bulan	
		N	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	H-T	Arah
Januari	H	0.341	0.000	0.000	0.413	0.542	0.000	0.000	0.542	WNW
	T	4.199	0.000	0.000	4.380	5.487	0.000	0.000	5.487	
Februari	H	0.416	0.000	0.000	0.000	0.537	0.000	0.000	0.537	WNW
	T	4.387	0.000	0.000	0.000	5.476	0.000	0.000	5.476	
Maret	H	0.353	0.000	0.000	0.385	0.000	0.270	0.000	0.385	W
	T	4.233	0.000	0.000	4.314	0.000	3.488	0.000	4.314	
April	H	0.000	0.000	0.000	0.282	0.537	0.241	0.000	0.537	WNW
	T	0.000	0.000	0.000	4.028	5.474	3.403	0.000	5.474	
Mei	H	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	N
	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Juni	H	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	N
	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Juli	H	0.000	0.000	0.000	0.407	0.000	0.000	0.000	0.407	W
	T	0.000	0.000	0.000	4.366	0.000	0.000	0.000	4.366	
Agustus	H	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	N
	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
September	H	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	N
	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Oktober	H	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	N
	T	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
November	H	0.000	0.000	0.000	0.293	0.423	0.219	0.000	0.423	WNW
	T	0.000	0.000	0.000	4.063	5.194	3.330	0.000	5.194	
Desember	H	0.000	0.000	0.000	0.302	0.457	0.000	0.000	0.457	WNW
	T	0.000	0.000	0.000	4.089	5.285	0.000	0.000	5.285	
MAX TIAP ARAH									0.542	WNW
									5.487	

3.5. Analisa Tranformasi Gelombang

- Perhitungan Koefisien Refraksi
Langkah – langkah perhitungan untuk mendapatkan koefisien refraksi :
 - Tentukan sudut datang gelombang (α)
 - Sudut datang gelombang (α) = 22.5°
 - Tentukan kedalaman (d), untuk mengetahui perubahan tinggi gelombang akibat pendangkalan.
 - Kedalaman diambil mulai dari -10 m sampai -0.1 m, dengan
 - 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 (5 tahun data masukan) yang telah dihitung dengan metode hindcasting untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan.

Berikut merupakan grafik hubungan tinggi dan periode gelombang yang didapat menggunakan *trendline* di program Microsoft Excel.

**Gambar 4.** Hubungan Tinggi dan Periode Gelombang

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

$y = -8.2161x^2 + 13.389x + 0.6 \rightarrow$ Persamaan ini didapat menggunakan *trendline* di program Microsoft Excel

Untuk arah WNW (Barat Barat Laut)

$$H_0 = 0.5425 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} T_0 &= -8.2161x^2 + 13.389x + 0.6 \\ &= -8.2161 (0.5425)^2 + 13.389 (0.5425) + 0.6 \\ &= 5.4454 \end{aligned}$$

- Perhitungan Panjang Gelombang

$$\begin{aligned} L_0 &= 1.56T^2 \\ &= 1.56 \times 5.4454^2 \\ &= 46.2571 \end{aligned}$$

- Perhitungan nilai α (untuk gelombang 10m)

$$\begin{aligned} d/L_0 &= 10 / 46.2571 \\ &= 0.2162 \end{aligned}$$

Untuk $d/L_0 = 0.2162$ maka nilai $d/L = 0.2380$ dan nilai $n = 0.6507$

$$\begin{aligned} d/L &= 0.2380 \\ 10/L &= 0.2380 \\ L &= 42.0230 \text{ m} \end{aligned}$$

- Cepat rambat gelombang :

$$\begin{aligned} C_0 &= L_0/T \\ &= 46.2571 / 5.4454 \\ &= 8.4948 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= L/T \\ &= 42.0230 / 5.4454 \\ &= 7.7172 \text{ m/det} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \frac{C}{C_0} \times \sin \alpha \\ &= \frac{7.7172}{8.4948} \times \sin 22.5 \\ &= 0.3477 \end{aligned}$$

$$\alpha = 20.3440^\circ$$

- Nilai Koefisien Refraksi (Kr)

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 22.5}{\cos 20.3440}} = 1.0517$$

Tabel 6. Perhitungan Refraksi Gelombang

a_0	d	H_0	T	L_0	d/ L_0	d/L	L	C_0	C	$\sin a$	a	$\cos a_0/\cos a$	Kr
22.5	10	0.5425	5.4454	46.2571	0.2162	0.23796	42.0230	8.4948	7.7172	0.3477	20.3440	1.1060	1.0517
20.3440	8	0.4825	5.1476	41.3373	0.1935	0.21968	36.4171	8.0303	7.0745	0.3063	17.8349	1.1407	1.0680
17.8349	7	0.4331	4.8576	36.8103	0.1902	0.21684	32.2819	7.5779	6.6456	0.2686	15.5808	1.1447	1.0699
15.5808	5	0.3888	4.5640	32.4944	0.1539	0.18653	26.8049	7.1198	5.8732	0.2216	12.8012	1.2171	1.1032
12.8012	2	0.3577	4.3378	29.3540	0.0681	0.11218	17.8289	6.7670	4.1101	0.1346	7.7341	1.6552	1.2865
7.7341	1	0.4374	4.8842	37.2137	0.0269	0.06730	14.8589	7.6193	3.0423	0.0537	3.0802	2.5109	1.5846

- Perhitungan Koefisien Shoaling

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{nL}}$$

Dimana: n_0 = (dilaut dalam) 0.5 ; L_0 = 46.2571 m

Dari tabel perhitungan *shoaling* untuk nilai $d/L_0 = 0.2162$ diperoleh nilai $n = 0.6507$

$$K_s = \sqrt{\frac{0.5 \times 46.2571}{0.6507 \times 42.0230}}$$

$$K_s = 0.8458$$

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

$$\begin{aligned} H &= H_0 \cdot K_r \cdot K_s \\ &= 0.5425 \times 1.0517 \times 0.8458 \\ &= 0.4825 \end{aligned}$$

Tabel 7. Perhitungan Shoaling

L	Co	C	sin a	a	cos a ₀ /cos a	K _r	n ₀	n	K _r	K _s	H
42.0230	8.4948	7.7172	0.3477	20.3440	1.1060	1.0517	0.5	0.6507	1.0517	0.8458	0.4825
36.4171	8.0303	7.0745	0.3063	17.8349	1.1407	1.0680	0.5	0.6754	1.0680	0.8404	0.4331
32.2819	7.5779	6.6456	0.2686	15.5808	1.1447	1.0699	0.5	0.6794	1.0699	0.8392	0.3888
26.8049	7.1198	5.8732	0.2216	12.8012	1.2171	1.1032	0.5	0.7270	1.1032	0.8338	0.3577
17.8289	6.7670	4.1101	0.1346	7.7341	1.6552	1.2865	0.5	0.8661	1.2865	0.9504	0.4374
14.8589	7.6193	3.0423	0.0537	3.0802	2.5109	1.5846	0.5	0.9451	1.5846	1.3250	0.9183

- 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 :

$$\begin{aligned} H_0 &= 0.5425 \text{ m} \\ T_0 &= 5.4454 \text{ detik} \\ H &= 0.4825 \text{ m} \\ K_s &= 0.8458 \\ d/L_0 &= 0.2162 \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} H'_0 &= H_0 / K_s \\ H'_0 &= 0.5425 / 0.8458 \\ H'_0 &= 0.4588 \\ H'_0/gT^2 &= 0.4588 / 9.81 \times (5.4454)^2 \\ H'_0/gT^2 &= 0.0016 \end{aligned}$$

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 (2-131)”

$$\begin{aligned} H_b/H'_0 &= 1.56 \\ H_b &= (H_b/H'_0) \times H'_0 \\ H_b &= 1.56 \times 0.4588 \\ H_b &= 0.7158 \end{aligned}$$

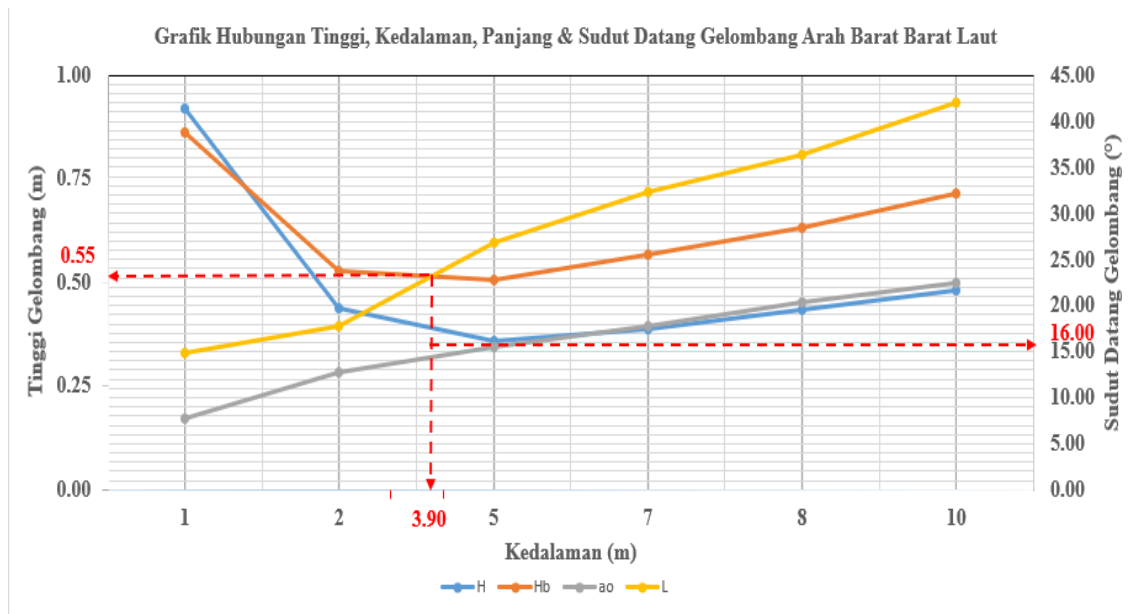
Tabel 8. Perhitungan Gelombang Pecah

H' ₀	H' ₀ /gT ²	m	H _b /H' ₀	H _b
0.4588	0.0016	0.08	1.56	0.7158
0.4055	0.0016	0.08	1.56	0.6326
0.3634	0.0016	0.08	1.56	0.5670
0.3242	0.0016	0.08	1.56	0.5058
0.3399	0.0018	0.08	1.55	0.5269
0.5795	0.0025	0.08	1.49	0.8635

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

Berdasarkan grafik hubungan antara tinggi, kedalaman, panjang dan sudut datang gelombang arah barat barat laut (WNW) maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Gelombang Pecah} &= 0.55 \text{ m} \\ \text{Kedalaman gelombang pecah} &= 3.90 \text{ m} \end{aligned}$$



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

3.6. Analisis Pasang Surut

- Perhitungan Pasang Surut dengan Metode Admiralty

Hal yang terpenting dalam perencanaan suatu struktur/bangunan pantai adalah dengan mendapatkan nilai dari konstanta-konstanta pasang surut. Data pasang surut diperoleh dari Lantamal VIII Manado.

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 Pulisan yang telah didapat dan disusun sebagai berikut:

Tabel 9. Data Pasang Surut Pantai Pulisan (cm) Periode 1 s/d 15 Februari 2022

No	Tanggal	Jam																							Jumlah	Bacaan	
		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	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00			23:00
1	01/02/2022	60	120	160	200	230	240	220	200	160	120	100	110	130	180	240	300	340	350	340	29	230	160	110	70	4399	183.29
2	02/02/2022	50	70	110	160	210	240	240	230	190	150	110	100	110	140	200	260	320	320	360	340	280	210	140	80	4420	184.17
3	03/02/2022	60	40	70	120	170	220	240	250	220	180	110	110	100	110	160	220	290	330	370	370	330	260	190	110	4430	184.58
4	04/02/2022	90	40	40	80	130	190	230	250	240	210	140	130	100	100	130	180	240	300	350	370	360	310	240	160	4450	185.42
5	05/02/2022	140	50	30	50	90	150	200	240	250	240	170	160	120	100	110	140	200	260	320	350	360	330	280	210	4450	185.42
6	06/02/2022	180	80	50	40	70	120	170	210	240	250	200	190	150	120	110	130	160	180	270	320	340	340	310	250	4480	186.67
7	07/02/2022	220	120	80	50	60	90	140	190	220	240	230	220	190	150	130	130	140	190	230	270	310	320	310	270	4500	187.50
8	08/02/2022	240	160	110	80	70	80	120	160	200	230	240	230	210	190	160	140	140	200	190	230	270	290	290	280	4510	187.92
9	09/02/2022	240	200	150	110	90	90	110	140	170	210	240	240	230	210	190	170	160	200	170	200	220	250	260	260	4510	187.92
10	10/02/2022	230	220	180	150	150	110	110	130	160	190	230	230	240	230	220	200	180	190	170	170	190	210	220	230	4540	189.17
11	11/02/2022	200	220	200	170	170	130	130	130	150	170	210	220	240	240	240	230	210	180	180	170	170	170	180	200	4510	187.92
12	12/02/2022	170	210	200	190	170	160	150	140	140	160	190	200	230	250	260	250	240	170	200	180	160	150	180	160	4510	187.92
13	13/02/2022	140	180	190	190	190	180	170	150	150	150	180	190	210	240	260	270	270	160	230	200	170	150	180	130	4530	188.75
14	14/02/2022	110	160	170	190	190	190	180	170	160	150	150	170	190	230	260	280	290	150	260	230	190	150	180	110	4510	187.92
15	15/02/2022	90	130	150	170	190	200	200	180	170	150	150	150	180	210	250	280	300	140	290	260	210	170	180	100	4500	187.50

Tabel 10. Komponen Pasang Surut

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	187	74	11	67	-30	21	0	5	3	-10
g°	0.00	229.4	195.3	457.3	114.9	131.9	357.4	400.7	195.3	114.9

- Penentuan Tipe Pasang Surut

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

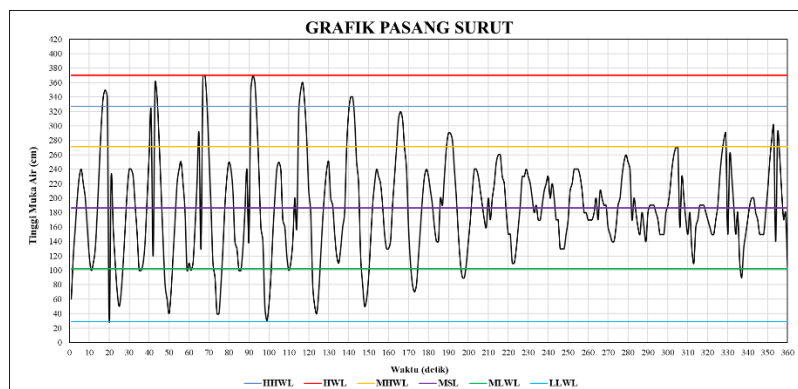
$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{-30 + 21}{229.4 + 195.3} = -0.022$$

Pasang Surut Harian Ganda (Semi Diurnal) dengan nilai $F \leq 0.25$.

- Penentuan Elevasi Muka Air Laut

Tabel 11. Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	326.94
HWL	cm	370.00
MHWL	cm	271.22
MSL	cm	186.54
MLWL	cm	101.87
LLWL	cm	29.00
Range	cm	140.40



Gambar 6. Grafik Pasang Surut

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan, fetch yang didapatkan berasal dari 7 arah yaitu: Utara, Barat Daya, Barat Barat Daya, Barat, Barat Barat Laut, Barat Laut, Utara Barat Laut. jadi dari penentuan fetch inilah di peroleh 7 arah pembentukan gelombang akibat angin. Pantai Pulisan 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. Pada pantai Pulisan ini diperoleh hasil data angin maksimum tiap arah pada tahun 2021 dominan pada arah Barat Barat Laut yang terjadi pada bulan Januari. Pantai Pulisan dapat dikategorikan sebagai wilayah dengan fetch terbatas (Restricted Fetch), dimana jenis buka air yang memengaruhi pembentukan gelombang antara lain berupa pulau-pulau kecil.

Hasil analisis karakteristik gelombang

Tinggi Gelombang	= 0.55 m
Periode Gelombang	= 5.487 det
Koefisien refraksi	= 1.5846
Koefisien shoaling	= 1.3250

Tinggi gelombang pecah = 0.8635 m

Kedalaman gelombang pecah = 3.90 m

Kemudian untuk tipe pasang surut yang terjadi di Pantai Pulisan ialah Pasang Surut Harian Ganda (*Semi Diurnal*) dengan nilai $F \leq 0.25$.

Referensi

- CERC. 1984. *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering, Research Center. Washington. Hal.11,12,15,17,,20,21,
- Danial,M,M. 2008. *Rekayasa Pantai*.Alfabeta.Bandung. hal.12,13,26,
- Douglass, S dan Chen, J. 2004. *Overview of Coastal Engineering : Waves*. Coastal Transportation Engineering Research and Education Center, South Alabama University. USA. Hal.17
- Kurniawan, Agatha P., M. Ihsan Jasin, J.D. Mamoto. *Analisis 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
- Lempoy, Indah Ribka, Tommy Jansen, Nicolaas J.A Tangkudung. *Analisis Karakteristik Gelombang di Pantai Moinit Amurang, Minahasa Selatan*. Jurnal Sipil Statik Vol. 9 No. 1 Januari 2021 (11-21) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Nurjaya,1991. *Penuntun Praktikum Dasar – Dasar Oseanografi* . LPIU – MSEP- IPB
- Ningsih, Siti Nurfitriya, M. Ihsan Jasin, Fuad Halim. *Studi Karakteristik Gelombang Pada Pantai Indah di Kelurahan Pohe Kota Gorontalo*. Jurnal Sipil Statik Vol. 4 No. 3 Maret 2016 (145-154) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Putri, Pangestika Indiani, 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
- Sabatun, Kurniawan M.Hi, 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
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta. Hal.6,7,18,22,24,
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta. Hal.19
- Umpel,Isdinah Fadila, J. D. Mamoto, M. Ihsan Jasin. *Studi Karakteristik Gelombang Pada Daerah Pantai Matani Satu*. Jurnal Sipil Statik Vol. 3 No. 9 September 2015 (651-661) ISSN: 2337-6732. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Wahana Komputer, ed.2014. *Sistem Informasi Geografis Menggunakan ArcGIS*. Jakarta : PT Elex Media Komputindo.