



## Analisa Kinerja Breakwater Terhadap Gelombang Di Kawasan Pelabuhan Manado

Andrew Y. Purnomo<sup>#a</sup>, M. Ihsan Jasin<sup>#b</sup>, Hansje J. Tawas<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>andrew.purnomo678.ap@gmail.com; <sup>b</sup>sanyjasin02@yahoo.com ; <sup>c</sup>hanstawas2@gmail.com

### Abstrak

Pelabuhan Laut Manado merupakan sarana transportasi barang dan penumpang di Sulawesi Utara dan Maluku Utara. Keberadaan pelabuhan Manado berada di posisi yang strategis karena berada pada Ibukota Provinsi Sulawesi Utara sebagai pusat kegiatan pendidikan, pemerintahan, perdagangan, jasa, dan pengembangan kawasan wisata. Pada daerah pelabuhan, pemecah gelombang berfungsi untuk menenangkan gelombang di daerah kolam labuh. Dengan adanya pemecah gelombang ini, daerah perairan pelabuhan menjadi tenang dan kapal bisa melakukan aktifitasnya dengan mudah. Seiring dengan berjalannya waktu Perubahan kondisi alam mengakibatkan terjadinya kenaikan elevasi muka air laut yang berpengaruh terhadap efektifitas kinerja breakwater di Pelabuhan manado. Maka dari itu diperlukan Analisa kinerja bangunan pemecah gelombang yang sudah ada berdasarkan analisis yang dilakukan untuk mengetahui bangunan breakwater tersebut masih termasuk aman atau tidak aman dari pengaruh gelombang. Analisa Kinerja Breakwater di Pelabuhan Manado dilakukan dengan mengumpulkan data sekunder yang didapatkan dari BMKG Kota Bitung dan Pangkalan Utama TNI AL VIII Kairagi berupa data angin, pasang surut, juga melalui software penunjang yang ada. Hasil Penelitian menghasilkan bahwa Tinggi Gelombang (H) = 0,645 meter dan Periode Gelombang (T) = 4,220 meter. Dan dari perhitungan sedimen, didapatkan nilai angkutan Sedimen Sejajar Pantai = 2649,953 m<sup>3</sup>/tahun dan nilai angkutan sedimen Tegak Lurus Pantai = 2621,200 m<sup>3</sup>/tahun.

*Kata kunci: pelabuhan laut Manado, elevasi muka air laut, breakwater*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Kota Manado yang memiliki bentang alam dengan karakteristik pantai, daratan dan perbukitan menjadi nilai tambah untuk kemajuan kota manado. Dalam pengembangan area pantai sebagai area pelabuhan untuk menunjang transportasi laut dengan fungsi pelayaran antar daerah, pulau dan kota. Pelabuhan Laut Manado berada pada posisi 1°29'34" LU dan 124°50'07" BT. Pelabuhan Laut Manado merupakan sarana transportasi barang dan penumpang di Sulawesi Utara dan Maluku Utara. Keberadaan pelabuhan Manado berada di posisi yang strategis karena berada pada Ibukota Provinsi Sulawesi Utara sebagai pusat kegiatan pendidikan, pemerintahan, perdagangan, jasa, dan pengembangan kawasan wisata. Maka dari itu untuk memudahkan kapal bersandar ke dermaga diperlukan kondisi air yang tenang dari gelombang, pengaruh kondisi perairan yang buruk dapat menjadi permasalahan bagi kapal yang akan bersandar ke dermaga. Dalam penataan fasilitas Pelabuhan diperlukan bangunan pengamanan pantai berupa breakwater/bangunan pemecah gelombang. Pada daerah pelabuhan, pemecah gelombang berfungsi untuk menenangkan gelombang di daerah kolam labuh. Dengan adanya pemecah gelombang ini, daerah perairan pelabuhan menjadi tenang dan kapal bisa melakukan aktifitasnya dengan mudah. Seiring dengan berjalannya waktu Perubahan kondisi alam mengakibatkan terjadinya kenaikan elevasi muka air laut yang berpengaruh terhadap efektifitas kinerja

breakwater di Pelabuhan Manado. Maka dari itu diperlukan Analisa kinerja bangunan pemecah gelombang yang sudah ada berdasarkan analisis yang dilakukan untuk mengetahui bangunan breakwater tersebut masih termasuk aman atau tidak aman dari pengaruh gelombang.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka akan dilakukan analisis terkait kinerja breakwater yang ada di Pelabuhan Manado untuk mengetahui apakah bangunan breakwater aman atau tidak aman dari pengaruh gelombang.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa efektifitas kinerja breakwater pada kawasan pelabuhan Manado terhadap pengaruh gelombang dalam meredam energi gelombang.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini:

1. Memberikan estimasi kerja pelindung pantai berkaitan dengan efektifitas bangunan pelindung pantai dalam melindungi area Pelabuhan.
2. Memberikan informasi dan pertimbangan bagi pihak terkait tentang aman tidaknya breakwater yang ada di Pelabuhan Manado
3. Memperoleh pengetahuan mengenai Teknik Pantai terlebih khusus bangunan pengamanan Pantai Untuk memperoleh pengetahuan tentang teknik pantai khususnya dalam mendesain pengamanan pantai dan dapat menjadi referensi sebagai alternatif penanganan kerusakan pantai bagi pemerintah maupun pihak terkait.

### 1.5 Batasan Penelitian

Untuk membatasi permasalahan yang ditinjau, maka digunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi yang diteliti hanya di daerah Pelabuhan Manado.
2. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai instansi yang terkait.
3. Karakteristik gelombang yang ditinjau adalah tinggi gelombang, periode gelombang, refraksi gelombang.
4. Tidak menghitung gaya gaya lain akibat pengaruh muara sungai.
5. Tidak memperhitungkan besarnya sedimentasi pada daerah sekitar bangunan pemecah gelombang.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Lokasi Penelitian

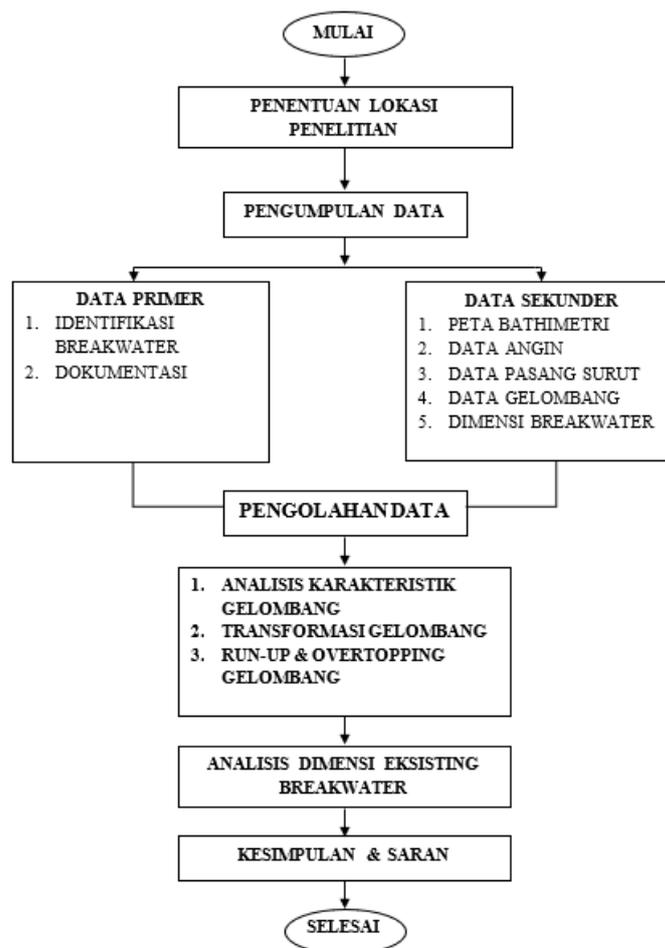
Pelabuhan Manado terletak di pusat kota Manado Kecamatan Wenang, secara geografis berada pada posisi koordinat 01°29'46"LU sampai dengan 124°54'16" BT.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian (Google Earth)

## 2.2 Bagan Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



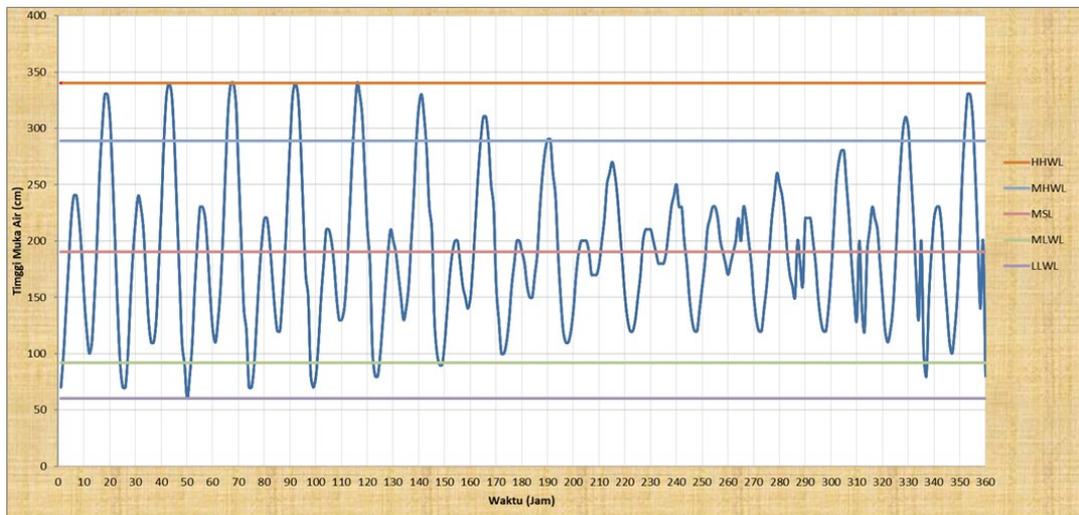
**Gambar 2.** Bagan Alir

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Perhitungan Pasang Surut dengan Metode Admiralty

**Tabel 1.** Data Hasil Pengukuran Pasang Surut (Analisa Data, 2023)

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	07/12/2022	0.7	1.0	1.4	1.8	2.2	2.4	2.4	2.2	1.9	1.5	1.2	1.0	1.1	1.5	2.0	2.6	3.0	3.3	3.3	3.1	2.6	2.0	1.4	0.9	46.5	1.94
2	08/12/2022	0.7	0.7	1.0	1.5	1.9	2.2	2.4	2.3	2.1	1.7	1.3	1.1	1.1	1.3	1.8	2.3	2.9	3.3	3.4	3.3	2.9	2.3	1.7	1.1	46.3	1.93
3	09/12/2022	0.9	0.6	0.8	1.1	1.6	2.0	2.3	2.3	2.2	1.9	1.5	1.2	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.2	3.4	3.4	3.2	2.6	2.0	1.4	46.4	1.93
4	10/12/2022	1.2	0.7	0.7	0.9	1.3	1.7	2.0	2.2	2.2	2.0	1.7	1.4	1.2	1.2	1.5	1.9	2.4	2.9	3.3	3.4	3.3	2.9	2.3	1.7	46	1.92
5	11/12/2022	1.5	0.8	0.7	0.8	1.1	1.5	1.8	2.1	2.1	2.0	1.8	1.5	1.3	1.3	1.4	1.7	2.2	2.7	3.1	3.4	3.3	3.1	2.6	2.1	45.9	1.91
6	12/12/2022	1.8	1.0	0.8	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.3	1.4	1.6	2.0	2.4	2.9	3.2	3.3	3.1	2.8	2.3	45.7	1.90
7	13/12/2022	2.1	1.3	1.0	0.9	0.9	1.1	1.4	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.5	1.8	2.2	2.6	2.9	3.1	3.1	2.9	2.5	45.2	1.88
8	14/12/2022	2.3	1.6	1.3	1.0	1.0	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.5	1.7	1.9	2.3	2.6	2.8	2.9	2.9	2.6	45	1.88
9	15/12/2022	2.4	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.2	1.4	1.7	1.9	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.7	1.7	1.8	2.0	2.2	2.5	2.6	2.7	2.6	44.8	1.87
10	16/12/2022	2.4	2.1	1.8	1.5	1.3	1.2	1.2	1.3	1.5	1.7	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.8	1.8	1.9	2.1	2.3	2.4	2.5	44.8	1.87
11	17/12/2022	2.3	2.3	2.0	1.8	1.5	1.3	1.2	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	2.2	2.3	2.3	2.2	2.0	1.9	1.8	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2	44.8	1.87
12	18/12/2022	2.0	2.3	2.2	2.0	1.8	1.5	1.3	1.2	1.2	1.4	1.6	1.9	2.2	2.4	2.6	2.5	2.4	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.6	1.8	44.8	1.87
13	19/12/2022	1.6	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.5	1.3	1.2	1.2	1.4	1.7	2.1	2.5	2.7	2.8	2.8	2.5	2.2	1.8	1.5	1.3	1.3	1.4	45.2	1.88
14	20/12/2022	1.2	1.9	2.1	2.3	2.2	2.1	1.8	1.5	1.2	1.1	1.2	1.4	1.8	2.3	2.7	3	3.1	3	2.6	2.2	1.7	1.3	1	1	45.7	1.90
15	21/12/2022	0.8	1.5	1.9	2.2	2.3	2.3	2.1	1.7	1.4	1.1	1	1.2	1.5	2	2.6	3	3.3	3.3	3.1	2.6	2	1.4	1	0.8	46.1	1.92



**Gambar 3.** Grafik Pasang Surut Pelabuhan Manado

Di bawah ini adalah perhitungan untuk tipe pasang surut yang ada di lokasi pengukuran, yaitu di Pelabuhan Laut berdasarkan data pasang surut yang tertera pada Tabel 1 dan Gambar 3.

3.2 Penentuan Tipe Pasang Surut

**Tabel 2.** Komponen Pasang Surut Hasil Analisis untuk Lokasi Pengukuran di Pelabuhan Manado (Analisis Data, 2023)

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	191	81	35	11	43	24	1	5	9	14
g <sup>o</sup>	0.00	105.42	203.12	237.39	346.52	68.70	109.56	284.61	203.12	346.52

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{43 + 24}{105.42 + 203.12} = 0.22$$

Pasang Surut termasuk tipe harian ganda (semi diurnal tide) dengan nilai **F<0,25**, dimana **F= 0,22**

3.3 Penentuan Elevasi Muka Air

**Tabel 3.** Elevasi Muka Air  
(Analisa Data, 2023)

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	Cm	340
MHWL	Cm	289.12
MSL	Cm	191
MLWL	Cm	92.05
LLWL	Cm	60
Range	Cm	197.07

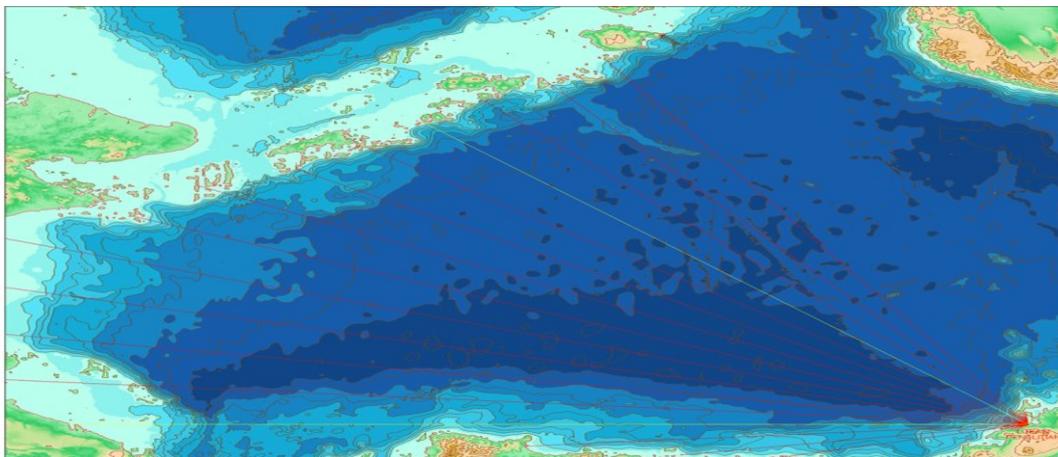
Untuk perhitungan dibawah ini menggunakan data yang diambil dari BMKG Kota Bitung pada Pelabuhan Manado.

**Tabel 4.** Perhitungan Tegangan Angin Tahun 2020  
(Analisa Data, 2023)

Perhitungan Wind Stress Factor Pada Tahun 2017					Z = ±	10
					RT	1.1
Bulan	Arah	Uz	Uz ( BULAT )	$U_{10} = Uz \left( \frac{10}{Z} \right)^{0.7}$	R <sub>L</sub>	U <sub>A</sub> = R <sub>T</sub> · R <sub>L</sub> · U <sub>10</sub>
2017						
Januari	NE	2.404	2.4	2.40	1.69	4.47
Februari	NE	2.969	3	2.97	1.61	5.26
Maret	NE	1.989	2	1.99	1.78	3.90
April	NE	1.587	1.6	1.59	1.84	3.21
Mei	W	1.062	1.1	1.06	1.92	2.24
Juni	SW	1.416	1.4	1.42	1.87	2.91
Juli	S	1.431	1.4	1.43	1.87	2.94
Agustus	S	1.321	1.3	1.32	1.89	2.75
September	SW	1.235	1.2	1.24	1.9	2.58
Oktober	SW	1.353	1.4	1.35	1.87	2.78
November	NW	1.557	1.6	1.56	1.84	3.15
Desember	NW	2.231	2.2	2.23	1.71	4.20

3.4 Hindcasting Gelombang

Gambar interpretasi Fetch dan hasil perhitungan untuk lokasi Pelabuhan Manado ditampilkan dalam Gambar 4 dan Tabel 5.



**Gambar 4.** Fetch Lokasi Penelitian

**Tabel 5.** Perhitungan Fetch Efektif Hasil dari Perhitungan Fetch Efektif dari Delapan Arah Mata Angin (Analisa Data, 2023)

Arah Mata Angin	$(\alpha)$	Jarak Sebenarnya	Jarak Sebenarnya	Fcos( $\alpha$ )	cos( $\alpha$ )	Feff (km)
		(m)	(km)			
UTARA (N)	-20		16	15	0.940	8.568
	-15		16	15	0.966	
	-10		17	17	0.985	
	-5		15	15	0.996	
	0		13	13	1.000	
	5		0	0	0.996	
	10		0	0	0.985	
	15		0	0	0.966	
	20		0	0	0.940	
TIMUR LAUT (NE)	-20		0	0	0.940	0.000
	-15		0	0	0.966	
	-10		0	0	0.985	
	-5		0	0	0.996	
	0		0	0	1.000	
	5		0	0	0.996	
	10		0.000	0	0.985	
	15		0.000	0	0.966	
	20		0.000	0	0.940	
TIMUR (E)	-20		0.000	0	0.940	0.000
	-15		0.000	0	0.966	
	-10		0.000	0	0.985	
	-5		0.000	0	0.996	
	0		0.000	0	1.000	
	5		0.000	0	0.996	
	10		0.000	0	0.985	
	15		0.000	0	0.966	
	20		0.000	0	0.940	
TENGGARA (SE)	-20		0.000	0	0.940	0.000
	-15		0.000	0	0.966	
	-10		0.000	0	0.985	
	-5		0.000	0	0.996	
	0		0.000	0	1.000	
	5		0.000	0	0.996	
	10		0.000	0	0.985	
	15		0.000	0	0.966	
	20		0.000	0	0.940	
SELATAN (S)	-20		0.000	0	0.940	1.133
	-15		0.000	0	0.966	
	-10		0.000	0	0.985	
	-5		200	1	0.996	
	0		200	2	1.000	
	5		2	2	0.996	
	10		3	3	0.985	
	15		1	1	0.966	
	20		2	2	0.940	

<b>BARAT DAYA (SW)</b>	-20		2	2	0.940	<b>6.719</b>
	-15		3	3	0.966	
	-10		3	3	0.985	
	-5		3	3	0.996	
	0		4	4	1.000	
	5		5	5	0.996	
	10		13	13	0.985	
	15		14	13	0.966	
	20		14	14	0.940	
<b>BARAT (W)</b>	-20		20	19	0.940	<b>184.543</b>
	-15		200	200	0.966	
	-10		200	200	0.985	
	-5		200	200	0.996	
	0		200	200	1.000	
	5		200	200	0.996	
	10		200	200	0.985	
	15		200	200	0.966	
	20		200	200	0.940	
<b>BARAT LAUT (NW)</b>	-20		200	200	0.940	<b>184.165</b>
	-15		200	200	0.966	
	-10		200	200	0.985	
	-5		200	200	0.996	
	0		200	200	1.000	
	5		200	200	0.996	
	10		200	200	0.985	
	15		200	200	0.966	
	20		17	16	0.940	
			Feff (total)			<b>385.128</b>
			Feff (dominan)			<b>184.165</b>

Tabel 6. Perhitungan Fetch Efektif Hasil dari Perhitungan Fetch Efektif dari Delapan Arah Mata Angin (Analisa Data, 2023)

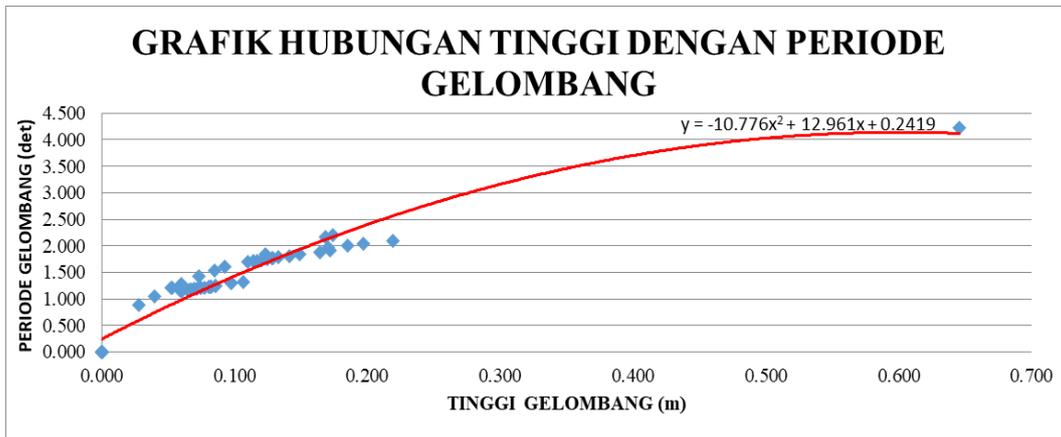
Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang								Max Tiap Bulan	
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	0.185					0.172		0.092	N	0.185
	T (det)	1.908					1.908		1.600		1.908
FEBRUARI	H (m)	0.219				0.106			0.645	NW	0.645
	T (det)	2.102				1.324			4.220		4.220
MARET	H (m)	0.197				0.086				N	0.197
	T (det)	2.044				1.249					2.044
APRIL	H (m)					0.086			0.073	NW	0.086
	T (det)					1.249			1.424		1.424
MEI	H (m)					0.072	0.117	0.040		SW	0.117
	T (det)					1.191	1.722	1.047			1.722
JUNI	H (m)					0.066	0.133			SW	0.133
	T (det)					1.164	1.782				1.782
JULI	H (m)					0.086	0.141			SW	0.141
	T (det)					1.249	1.810				1.810
AGUSTUS	H (m)					0.097				S	0.097
	T (det)					1.293					1.293
SEPTEMBER	H (m)					0.098	0.120			SW	0.120
	T (det)					1.294	1.735				1.735
OKTOBER	H (m)					0.075	0.149			SW	0.149
	T (det)					1.205	1.836				1.836
NOVEMBER	H (m)					0.082		0.052	0.085	NW	0.085
	T (det)					1.235		1.201	1.536		1.536
DESEMBER	H (m)	0.170					0.164	0.174	0.168	W	0.174
	T (det)	1.965					1.885	2.198	2.160		2.198
MAX TIAP ARAH	H (m)	<b>0.219</b>				0.106	0.172	0.174	0.645	NW	0.645
	T (det)	<b>2.102</b>				1.324	1.908	2.198	4.220		4.220

Berdasarkan rekapitulasi Tinggi Gelombang Signifikan (H) dan Periode Gelombang Signifikan

(T) dari hasil Hindcasting Gelombang, didapatkan nilai Tinggi Gelombang Signifikan  $H = 0.645$  m, dan Periode Gelombang Signifikan  $T = 4.220$  m dengan arah dominan Barat Laut (*North Westt*).

### 3.5 Analisa Transformasi Gelombang

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 (Tabel 6) untuk mendapatkan persamaan dari grafik hubungan.



Gambar 5. Hubungan Tinggi dengan Periode Gelombang

Berikut merupakan hasil perhitungan Shoaling berdasarkan grafik hubungan.

Tabel 7. Perhitungan Shoaling (Analisa Data, 2023)

Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
26.460	0.378	0.384	26.035	0.500	0.539	1.010	0.943	0.615
26.701	0.300	0.312	25.631	0.500	0.560	1.026	0.930	0.587
26.697	0.187	0.214	23.344	0.500	0.683	1.083	0.837	0.532
26.058	0.077	0.120	16.603	0.500	0.850	1.279	0.923	0.628
26.630	0.038	0.081	12.346	0.500	0.923	1.483	1.168	1.088
3.942	0.127	0.164	3.048	0.500	0.767	1.138	0.843	1.044

Tabel 8. Perhitungan Refraksi (Analisa Data, 2023)

a <sub>0</sub>	d	H <sub>0</sub>	T	Lo	d/Lo	d/L	L	Co	C	sin a	a	cos a <sub>0</sub> /cos a	Kr
45	10	0.645	4.118	26.460	0.378	0.384	26.035	6.425	6.322	0.696	44.088	1.021	1.010
44.0876	8	0.615	4.137	26.701	0.300	0.312	25.631	6.454	6.195	0.668	41.903	1.052	1.026
41.9030	5	0.587	4.137	26.697	0.187	0.214	23.344	6.454	5.643	0.584	35.731	1.173	1.083
35.7307	2	0.532	4.087	26.058	0.077	0.120	16.603	6.376	4.062	0.372	21.845	1.636	1.279
21.8446	1	0.628	4.132	26.630	0.038	0.081	12.346	6.445	2.988	0.173	9.933	2.199	1.483
9.9334	0.5	1.088	1.590	3.942	0.127	0.164	3.048	2.480	1.917	0.133	7.665	1.296	1.138

Tabel 9. Perhitungan Gelombang Pecah (Analisa Data, 2023)

H' <sub>0</sub>	H' <sub>0</sub> /gT <sup>2</sup>	m	Hb/H' <sub>0</sub>	Hb
0.684	0.0041	0.048	1.310	0.896
0.661	0.0039	0.047	1.300	0.859
0.701	0.0042	0.047	1.320	0.926
0.576	0.0035	0.072	1.480	0.853
0.537	0.0032	0.085	1.460	0.785
1.290	0.0520	0.086	1.320	1.702

### 3.6 Perhitungan Angkutan Sedimen Metode CERC

Rumus yang di pakai dalam hal pengangkutan sedimen sepanjang pantai adalah mengikuti perhitungan CERC (dari *Army Coastal Engineering Research Center*). Di ambil sampel tinggi dan Periode gelombang pada bulan february dari arah Barat Laut.

#### 1. Angkutan Sedimen Sejajar Pantai (*Longshore Transport*)

Bulan Maret Arah Timur

Diketahui:

$$\begin{aligned} H_b &= 0.896 \text{ m} \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\ db &= 1.004 \text{ m} \\ K &= 0.39 \text{ (Shore Protection Manual, chapter 4-96)} \\ n &= 0.5 \\ \alpha_b &= 45^\circ \\ \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{K}{(\rho_s - \rho) \times g \times (1-n)} \times P_l \\ P_l &= \frac{\rho \cdot g}{8} \times H_b^2 \times C_b \times \sin \alpha_b \times \cos \alpha_b \\ C_b &= \sqrt{g \cdot db} \end{aligned}$$

Jawaban:

$$\begin{aligned} C_b &= \sqrt{9.81 \times 1.004} \\ &= 3.138 \text{ m/d} \\ P_l &= \frac{1025 \times 9.81}{8} \times 0.896^2 \times 3.138 \times \sin 45 \times \cos 45 \\ &= 1583.399 \text{ kg m/d} \\ Q_s &= \frac{0.39}{(2650 - 1025) \times 9.81 \times (1 - 0.5)} \times 1583.399 \\ &= 0.084 \text{ kgm}^3/\text{d} \\ &= 0.000084 \text{ m}^3/\text{d} \\ &= 0.000084 \times 24 \times 3600 = 7.260/\text{hari} \\ &= 7.260 \times 365 = 2649.953 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Nilai angkutan sedimen untuk sejajar pantai adalah **2649.953 m<sup>3</sup>/tahun**.

#### 2. Angkutan Sedimen Tegak Lurus Pantai (*Onshore-Offshore Transport*)

Nilai f=d dipakai 0.512 yang di ambil dari refrensi penelitian terdahulu dikarenakan ausmsi distribusi ukuran butiran sedimen lokasi penelitian berdekatan dengan refrensi yang digunakan.

Diketahui:

$$\begin{aligned} D &= 0.512 \\ g &= 9.81 \text{ m/s}^2 \\ H_b &= 0.896 \text{ m} \\ \alpha_b &= 45^\circ \\ \rho &= 1025 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_s &= 2650 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho) \times g \times D} \\ \tau_b &= \rho_s \times U_*^2 \\ U_* &= \sqrt{D/2} \end{aligned}$$

Jawaban:

$$\begin{aligned} U_* &= \sqrt{0.512/2} \\ &= 0.506 \\ \tau_b &= 2650 \times 0.506^2 \\ &= 678.400 \\ Q_s &= \frac{678.400}{(2650 - 1025) \times 9.81 \times 0.512} \\ &= 0.083 \text{ kg m}^3/\text{d} \\ &= 0.000083 \text{ m}^3/\text{d} \\ &= 0.000083 \times 24 \times 3600 = 7,181 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 2621.200 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Didapat nilai angkutan sedimen tegak lurus pantai adalah **2621,200 m<sup>3</sup>/tahun**.

### 3.7 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  $H_b$

$$\begin{aligned} \text{Dik : } H_0 &= 0,645 \text{ m} \\ T_0 &= 4,188 \text{ detik} \\ H &= 0,615 \text{ m} \\ K_s &= 0,943 \\ d/L_0 &= 0,378 \end{aligned}$$

Maka

$$\begin{aligned} H'_0 &= H_0 / K_s \\ &= 0,645/0,943 \\ &= 0,684 \text{ m} \\ H'_0/gT^2 &= 0,684/9,81 \times 4,188^2 \\ &= 0,0041 \end{aligned}$$

Nilai  $H_b$  didapat dari hasil plot antara nilai  $H'_0/gT^2$  dan kemiringan pantai (m) pada grafik "Penentuan Tinggi Gelombang Pecah Plot pada grafik untuk  $H'_0/gT^2 = 0,0041$  dan  $m = 0,0481$

$$\begin{aligned} H_b/H'_0 &= 1,31 \\ H_b &= (H_b/H'_0) \times H'_0 \\ &= 1,31 \times 0,684 \\ &= 0,896 \end{aligned}$$

### 3.8 Perhitungan Run Up Breakwater

Data gelombang hasil peramalan digunakan sebagai data inputan untuk perhitungan run up dan oer topping gelombang. Perhitungan run up dihitung berdasarkan posisi elevasi muka air laut yang diperoleh dari survey pasang surut. Berikut ini akan disajikan contoh perhitungan run up pada kedalaman 3,5 m, yang diukur dari HHWL.

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } H_0 &= 0.645 \text{ m} \\ T &= 4.118 \text{ detik} \\ d_s &= 6,1 \\ K_r &= 1,01 = 1 \\ h &= 14,05 \text{ m} \end{aligned}$$

Langkah – Langkah perhitungan:

- Hitung  $H'_0$

$$\begin{aligned} H'_0 &= H_0 \times K_r \\ &= 0,645 \times 1 \\ &= 0,645 \text{ m} \end{aligned}$$

- Hitung  $\frac{h'_0}{gT^2} = \frac{0.645}{9.81 \times 4.118^2} = 0.00369$

- Hitung  $ds/H'_0$

$$\frac{ds}{H'_0} = \frac{6.1}{0.645} = 9.45376$$

Kemudian nilai  $H'_0 / gT^2$  dan  $ds/H'_0$  diplot ke figure SPM 7-15, SPM 1984 Vol.2 sehingga didapat nilai:

$$\frac{R}{H'_0} = 0.52, \text{ maka : } R = 0.52 \times 0.645 = 0.335 \text{ m}$$

Tinggi Run-up tersebut kemudian dikoreksi dengan menggunakan figure 7-13 SPM 1984 Vol.2. Dengan kemiringan struktur 1:1.5, maka didapat faktor koreksi(k) sebesar 1,164. Sehingga tinggi run up :  $R = 0.335 \times 1.164 = 0,39 \text{ m}$ .

Adapun Penentuan Run up yang dilakukan dengan menggunakan grafik Run up gelombang (triatmodjo,2003) berdasarkan posisi elevasi muka air laut rerata (MSL).

Berikut ini akan disajikan contoh perhitungan run up pada kedalaman 3,5 meter, yang diukur dari HHWL.

$$\text{Diketahui : } H_0 = 0.645 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 T &= 4.118 \text{ detik} \\
 L_0 &= 26.46 \\
 ds &= 6,1 \\
 K_r &= 1,01 = 1 \\
 h &= 14,05 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Langkah – Langkah perhitungan:

- Hitung Ir

$$\begin{aligned}
 I_r &= \frac{\tan \theta}{\frac{L_0}{H^{0,5}}} \\
 &= \frac{\tan 33.7}{\frac{0.645^{0,5}}{26.46}} \\
 &= 3,77
 \end{aligned}$$

Kemudian nilai Ir diplot ke grafik run up (Triatmodjo 1999), sehingga didapat nilai:

$$\frac{R_u}{H} = 2.24, \text{ maka : } R = 2.3 \times 0.645 = 1,445 \text{ m}$$

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap breakwater di kawasan pelabuhan Manado melalui analisis data yang dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa faktor angin, gelombang dan pasang surut mempengaruhi keadaan breakwater, dan melalui data yang dianalisis didapat arah dominan yakni barat laut dan untuk sementara breakwater masih dapat menahan gelombang yang ada dan masih efektif dalam melindungi ketenangan dalam kolam pelabuhan.

#### Referensi

- CERC. 1984. Shore Protection Manual (Vol 1). Washington, DC: US Army Corps of Engineer.  
 Short Protection Manual Vol 2, 1984
- Triatmodjo, B. 1999. Perencanaan Bangunan Pantai. Yogyakarta: Beta offset.
- Triatmodjo, B. 1999. Perencanaan Pelabuhan. Yogyakarta: Beta offset.
- Yuwono, Nur. 1982. Teknik Pantai (Vol 1). Yogyakarta: BP KMTS.
- Danial, 2008, :Rekayasa Pantai”.
- Astika Andra Yuliamangesti , 2017, ”Evaluasi Bangunan Pemecah Gelombang Di Pantai Puger Jember”.
- Annisa Rimadantia Samudra , 2018, “Evaluasi Kinerja Breakwater Terhadap Gelombang Di Kawasan Pelabuhan Manado”. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Bambang Istijono , 2014, “ Analisis Penilaian Kinerja Bangunan Pengaman Pantai Terhadap Abrasi Di Kota Padang”. Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Andalas.
- Lucky Wahana Agung, ”Evaluasi Pemecah Gelombang (BREAKWATER) Pada Pelabuhan Perikanan”. Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
- Komang Suastika Yasa, 2021, ”Analisa Kinerja Pemecah Gelombang Dalam Mereduksi Tinggi Gelombang Di Pelabuhan Soekarno-Hatta”. Fakultas Teknik, Universitas Hassanudin Makassar.