



Analisa Kinerja Tembok Laut Di Ruas Jalan Tepi Pantai Kampung Mala,
Kecamatan Siau Timur Selatan,
Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro

Jessica A. B. Hendrik^{#a}, Nicolaas J. A. Tangkudung^{#b}, Arthur H. Thambas^{#c}

^{#Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia}
^ajessicanasthasia@gmail.com, ^btangkudungnicolaas@gmail.com, ^carthurthambas@unsrat.ac.id

Abstrak

Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro terlebih khusus pulau Siau, merupakan pulau yang memiliki banyak kawasan pantai. Ruas jalan di tepi pantai Kampung Mala, Kecamatan Siau Timur Selatan adalah salah satu dari sekian jalan yang berbatasan langsung dengan pantai, sepanjang kurang lebih 200 meter ruas jalan tersebut memiliki tembok laut sebagai bangunan pengaman pantai yang bertujuan untuk mencegah abrasi dan mereduksi gelombang yang datang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa apakah tembok laut yang berada di Pantai Kampung Mala masih bersifat aman atau tidak dari pengaruh *overtopping* yang terjadi. Penelitian ini menggunakan pendekatan langsung di lapangan dan juga menggunakan data sekunder seperti Data Angin, Data Gelombang dan Data Pasang-Surut selama periode lima tahun (2016-2020) dan diolah menggunakan Metode Admiralty. Dari hasil penelitian yang dilakukan, ditemukan bahwa pada bulan Januari 2019, tinggi gelombang (H) mencapai 1.070 meter dengan periode gelombang (T) sebesar 4.882 detik, dan arah angin utama bertiup dari sisi Timur yang menyebabkan *overtopping* pada tembok laut. Dari hasil analisa yang ada, *overtopping* terjadi dikarenakan perencanaan bangunan tembok laut tidak memperhitungkan pasang surut serta desain bangunan yang ada sekarang tidak merata. Dapat disimpulkan bahwa tembok laut yang dibangun tidak aman dari pengaruh *overtopping* sehingga perlu mempertimbangkan adanya pembuatan *breakwater* ataupun dilakukan desain ulang dengan menambahkan tinggi jagaan pada tembok laut yang sudah dibangun.

Kata kunci: Pantai Kampung Mala, tembok laut, pasang-surut, overtopping

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro merupakan kabupaten yang terletak di bagian utara Provinsi Sulawesi Utara yang terdiri dari empat puluh tujuh buah pulau besar dan kecil dengan letak geografis 020 4' 13" – 020 52' 47" LU dan 1250 24' 25" BT. 80% wilayah Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro merupakan lautan dengan panjang garis pantai ±98,6 km dengan luas wilayah ±275,96 km². Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro terlebih khusus Pulau Siau, merupakan pulau yang memiliki banyak pantai. Kawasan pantai tersebut dimanfaatkan untuk kegiatan manusia seperti dijadikan tempat pemukiman, tempat wisata dan juga tempat para nelayan untuk pergi melaut. Akses untuk pergi ke pantai tergolong cukup mudah, karena adanya jalan yang melingkar di Pulau Siau, di mana terdapat beberapa ruas jalan yang berbatasan langsung dengan pantai. Ruas jalan di tepi pantai Kampung Mala, Kecamatan Siau Timur Selatan adalah salah satu dari sekian jalan yang berbatasan langsung dengan pantai. Sepanjang ±200 meter ruas jalan tersebut memiliki tembok laut sebagai pengaman pantai yang bertujuan untuk mencegah abrasi dan mereduksi gelombang yang datang. Namun ketika musim angin tiba di penghujung sampai awal tahun, gelombang biasanya naik sampai ke permukaan ruas jalan di tepi pantai Mala, bahkan menurut masyarakat setempat, gelombang tertinggi ketika pasang dapat mencapai lima sampai enam meter. Kondisi tersebut dapat menyebabkan kegiatan masyarakat terganggu, mengingat lokasi tersebut dijadikan pemukiman

oleh masyarakat setempat dan jalan utama oleh para pengendara. Berdasarkan hasil dari wawancara dengan masyarakat setempat, permasalahannya terletak pada perencanaan bangunan pengaman pantai yang tidak sesuai dengan kondisi lokasi dan tidak memperhitungkan pasang tertinggi ketika musim angin tiba, sehingga hal tersebut menjadi salah satu faktor utama gelombang dapat naik ke permukaan jalan tersebut. Kondisi tembok laut yang ada sebagai pengaman pantai di ruas jalan pantai Mala tentunya harus ditinjau kembali kinerjanya dalam mereduksi gelombang yang datang ketika musim angin tiba, mengingat keluhan yang sama diberikan setiap tahunnya dari masyarakat setempat dan pengendara yang melintasi jalan tersebut. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul ‘Analisa Kinerja Tembok Laut Di Ruas Jalan Tepi Pantai Kampung Mala, Kecamatan Siau Timur Selatan, Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro.’

1.2. Rumusan Masalah

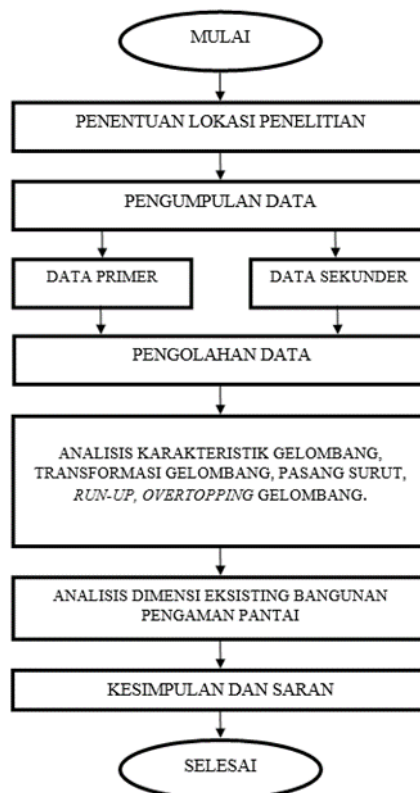
Berdasarkan dengan latar belakang yang telah dijabarkan di atas, maka akan dilakukan analisa terhadap kinerja bangunan pengaman pantai yang sudah ada dengan memperhitungkan gaya alam yang terdapat di sekitar pantai untuk mengetahui kawasan tersebut aman atau tidak aman dari pengaruh gelombang pada saat musim angin tiba.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah tembok laut yang berada di Pantai Kampung Mala bersifat aman atau tidak dari pengaruh *overtopping*, mengetahui lebih dalam penyebab terjadinya *overtopping* serta mencari solusi yang tepat terkait dengan hasil analisa yang didapat.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode analisis sebagai pendekatan utama dalam mengumpulkan dan menganalisis data dengan tahap penelitian sebagai berikut:

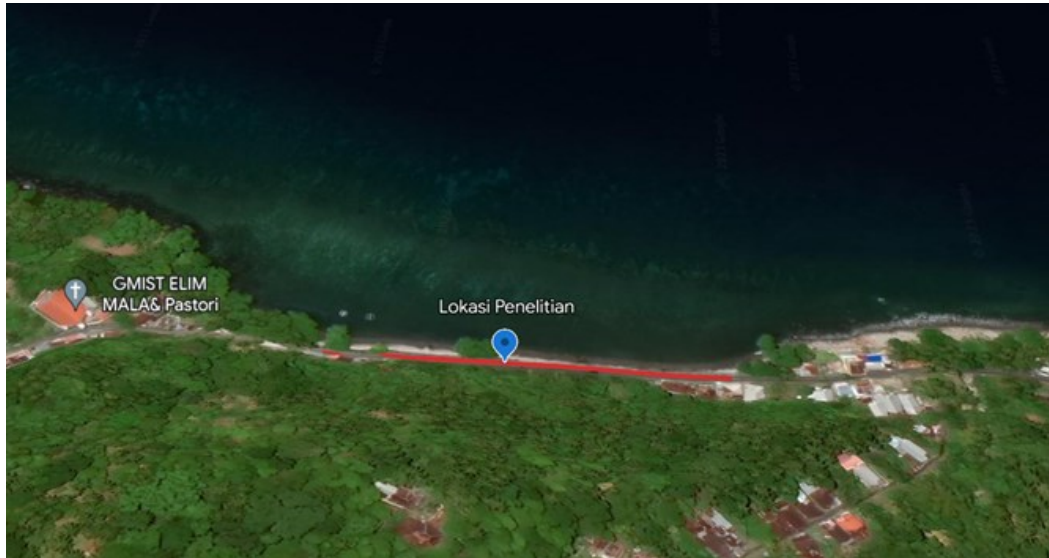


Gambar 1. Bagan Alir

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Ruas Jalan Kampung Mala, Kecamatan Siau Timur Selatan, Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro dengan posisi geografis 20 42' 13' N 1250 23' 55" E.



Gambar 2. Lokasi Penelitian di Ruas Jalan Kampung Mala

3.2 Perhitungan Pasang Surut

Data di bawah ini merupakan data mentah dari pengukuran pasang surut di Kepulauan Siau Tagulandang Biaro selama 15 hari dalam interval waktu satu jam yang diperoleh dari Pangkalan Utama TNI AL VIII Kairagi.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Pasang Surut

No	Tanggal	Jam																								Jumlah Bacaan	Bacaan Rerata/Jam
		00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	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	16/11/2022	1.5	1.3	1.1	1	0.9	1	1.2	1.3	1.3	1.2	1	1	1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3	1.6	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6	30.9	1.2875
2	17/11/2022	1.5	1.5	1.3	1.2	1	1	1.1	1.2	1.2	1.1	1	1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.6	1.5	1.5	30.6	1.275
3	18/11/2022	1.4	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1	1	1.1	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.4	1.4	1.3	30.7	1.279166667
4	19/11/2022	1.2	1.6	1.6	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.1	1	0.9	0.9	1.1	1.3	1.6	1.6	1.6	1.4	1.3	1.3	1.3	1.2	1.1	1.1	30.6	1.275
5	20/11/2022	1	1.5	1.7	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1	1	0.9	0.8	0.8	1	1.3	1.7	1.9	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	1	0.9	0.9	31	1.291666667
6	21/11/2022	0.7	1.3	1.6	1.8	1.8	1.7	1.4	1.1	1	0.8	0.7	0.7	0.9	1.2	1.7	2	2.1	2	1.7	1.4	1.2	0.9	0.7	0.6	31	1.291666667
7	22/11/2022	0.4	1	1.4	1.8	2	1.9	1.6	1.3	1	0.8	0.6	0.6	0.7	1	1.6	2.1	2.3	2.3	2.1	1.7	1.3	1	0.7	0.5	31.7	1.320833333
8	23/11/2022	0.2	0.7	1.1	1.6	1.9	2	1.8	1.5	1.1	0.9	0.6	0.5	0.5	0.8	1.3	1.9	2.4	2.6	2.4	2	1.6	1.1	0.7	0.4	31.6	1.316666667
9	24/11/2022	0.2	0.4	0.8	1.3	1.8	2	2	1.7	1.3	1	0.7	0.5	0.4	0.6	1	1.7	2.3	2.6	2.6	2.4	1.9	1.4	1	0.5	32.1	1.3375
10	25/11/2022	0.3	0.2	0.4	0.9	1.5	1.9	2	1.8	1.5	1.2	0.9	0.6	0.4	0.4	0.7	1.3	2	2.5	2.7	2.6	2.2	1.8	1.3	0.8	31.9	1.329166667
11	26/11/2022	0.6	0.1	0.2	0.6	1.1	1.6	1.9	1.9	1.7	1.4	1.1	0.7	0.5	0.4	0.5	1	1.7	2.3	2.6	2.7	2.5	2.1	1.6	1.1	31.9	1.329166667
12	27/11/2022	1	0.3	0.1	0.3	0.8	1.3	1.7	1.8	1.7	1.5	1.3	1	0.7	0.5	0.5	0.8	1.9	1.9	2.4	2.6	2.5	2.3	1.9	1.5	32.3	1.345833333
13	28/11/2022	1.4	0.6	0.3	0.3	0.5	1	1.4	1.6	1.7	1.6	1.4	1.2	1	0.7	0.6	0.6	1	1.5	2	2.3	2.4	2.3	2.1	1.8	31.3	1.304166667
14	29/11/2022	1.7	1	0.6	0.4	0.4	0.7	1.1	1.4	1.5	1.5	1.4	1.4	1.2	1	0.8	0.7	0.9	1.2	1.6	2	2.1	2.1	2.1	1.9	30.7	1.279166667
15	30/11/2022	1.9	1.4	1	0.6	0.5	0.6	0.9	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.3	1.1	0.9	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	1.9	0.9	1.9	29.4	1.225

Air tertinggi : 2,7 m

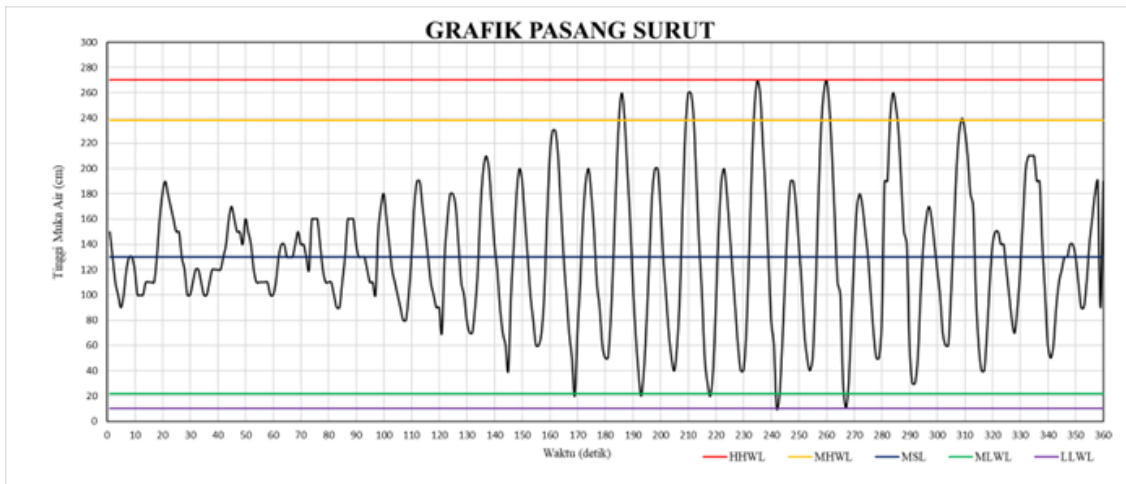
Pada tanggal 25/11/2022 jam 18.00 terjadi pasang tertinggi.

Pada tanggal 26/11/2022 jam 19.00 terjadi pasang tertinggi.

Air terendah : 0,1 m

Pada tanggal 26/11/2022 jam 01.00 terjadi surut terendah.

Pada tanggal 27/11/2022 jam 02.00 terjadi surut terendah.



Gambar 2. Grafik Pasang Surut Kepulauan Siau Tagulandang Biaro

Tabel 2. Hasil Perhitungan

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A	130	90	37	83	23	23	2	11	10	8
g	0	148	210	378	261	175	71	267	210	261

3.3 Penentuan Tipe Pasang Surut

Berdasarkan komponen-komponen pasang surut yang didapat dari hasil analisis dengan menggunakan metode Admiralty, dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di Kepulauan Siau Tagulandang Biaro dengan menggunakan angka pasang surut “F” (*tide form number* “*Formazhl*”). Dimana F ditentukan sebagai berikut :

$$F = \frac{(AK1 + A01)}{(AM2 + AS2)} = \frac{(23 + 23)}{(90 + 37)} = \frac{46}{127} = 0.36$$

Pasang surut termasuk tipe **Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda** (*mixed semi-diurnal*) dengan nilai $0.25 < 1.50$, dimana **F = 0.36**

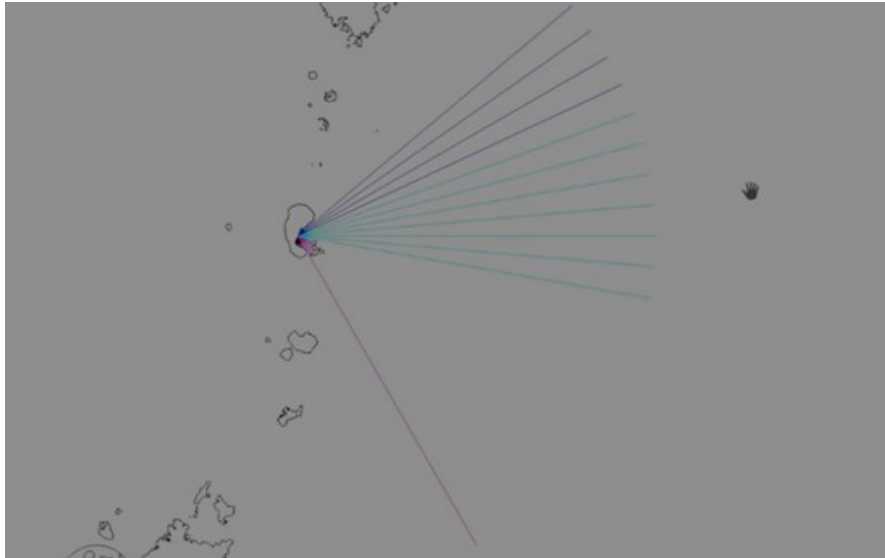
3.4 Penentuan Elevasi Muka Air

Dalam pengamatan pasang surut dan hasilnya, terdapat nilai-nilai penting yang dapat digunakan untuk menghitung elevasi terkait dengan nilai LLWL (*lower low water level*) dan HHWL (*higher high water level*) di Kepulauan Siau Tagulandang Biaro sesuai dengan metode Admiralty yang menjadi metode perhitungan elevasi muka air.

Tabel 3. Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	270	cm
MHWL	238	cm
MSL	130	cm
MLWL	22	cm
LLWL	10	cm
Range	216,34	cm

3.5 Perhitungan Fetch Efektif



Gambar 3. Hindcasting Gelombang Arah Timur Laut, Timur dan Tenggara

Fetch yang terbentuk di Pantai Mala, Siau Timur Selatan adalah dari arah utara, timur laut, timur, tenggara, dan selatan. Contoh perhitungan *fetch* efektif di Pantai Mala dipilih dari arah timur :

Perhitungan nilai *fetch* untuk arah Timur

Sudut $\alpha = 0^0$

Nilai $\cos 0^0$ adalah 1

Panjang *fetch* (X_i) = 200 km

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

$$F_{eff} = \frac{1754.648}{8.773}$$

$$F_{eff} = 200 \text{ km}$$

3.6 Analisa Data Angin dan Gelombang

Dalam analisa ini, data yang digunakan adalah kecepatan dan arah angin maksimum harian dari tahun 2016 hingga 2020. Data tersebut diambil dari BMKG Maritim Bitung. Arah angin diklasifikasikan dalam 16 arah mata angin.

Tabel 4. Analisa Data Angin

BULAN	2016			2017			2018			2019			2020		
	H (m)	T (det)	ARAH	H (m)	T (det)	ARAH	H (m)	T (det)	ARAH	H (m)	T (det)	ARAH	H (m)	T (det)	ARAH
JANUARI	0,716	3,817	NE	0,215	1,748	S	0,200	1,715	S	1,070	4,882	E	0,933	4,707	E
FEBRUARI	0,721	3,823	NE	0,539	3,123	SE	0,220	1,758	S	0,762	3,881	NE	0,765	3,885	NE
MARET	0,696	3,788	NE	0,474	3,017	SE	0,500	3,061	SE	0,983	4,773	E	1,020	4,821	E
APRIL	0,811	4,534	E	0,377	2,839	SE	0,163	1,623	S	0,898	4,660	E	0,807	4,528	E
MEI	0,745	4,433	E	0,137	1,550	S	0,159	1,613	S	-	-	-	0,392	2,869	SE
JUNI	0,175	1,653	S	0,169	1,639	S	0,214	1,745	S	0,202	1,718	S	0,168	1,637	S
JULI	0,195	1,703	S	0,203	1,722	S	0,229	1,777	S	0,241	1,802	S	0,457	2,989	SE
AGUSTUS	0,238	1,796	S	0,216	1,749	S	0,241	1,802	S	0,241	1,802	S	0,227	1,773	S
SEPTEMBER	0,178	1,662	S	0,198	1,709	S	0,214	1,746	S	0,242	1,803	S	0,431	2,943	SE
OKTOBER	-	-	-	-	-	-	0,201	1,716	S	0,163	1,623	S	0,177	1,661	S
NOVEMBER	0,168	1,636	S	0,160	1,614	S	0,181	1,669	S	-	-	-	0,171	1,645	S
DESEMBER	-	-	-	0,216	1,749	S	0,525	3,101	SE	0,193	1,698	S	-	-	-
Max	0,721	3,823	NE	0,216	1,749	S	0,241	1,802	S	0,762	3,881	NE	0,765	3,885	NE
	0,238	1,796	S	0,539	3,123	SE	0,525	3,101	SE	0,242	1,803	S	0,457	2,989	SE
	0,811	4,534	E							1,070	4,882	E	0,227	1,773	S
													1,020	4,821	E

Tabel 5. Perhitungan Faktor Tegangan Angin Tahun 2020

Perhitungan Wind Stress Factor / Faktor Tegangan Angin					Z = ±	10
					RT	1,1
Bulan	Arah	Uz	Uz (BULAT)	$U_m = U_z \left(\frac{10}{Z}\right)^{1/2}$	R _L	U _A = R _T · R _L · U ₁₀
2020						
Januari	E	4,996	5,0	5,00	1,41	7,75
Februari	NE	6,440	6,4	6,44	1,31	9,28
Maret	E	5,725	5,7	5,72	1,37	8,63
April	E	3,918	3,9	3,92	1,51	6,51
Mei	SE	3,573	3,6	3,57	1,54	6,05
Juni	S	3,517	3,5	3,52	1,55	6,00
Juli	SE	4,530	4,5	4,53	1,46	7,28
Agustus	S	5,648	5,6	5,65	1,38	8,57
September	SE	4,139	4,1	4,14	1,49	6,78
Oktober	S	3,820	3,8	3,82	1,52	6,39
November	S	3,613	3,6	3,61	1,54	6,12
Desember	SW	4,057	4,1	4,06	1,49	6,65

3.7 Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang

Perhitungan *hindcasting* gelombang digunakan untuk mendapatkan perkiraan tinggi dan periode gelombang berdasarkan besar, arah dan durasi angin tertentu. Berikut merupakan contoh perhitungan *hindcasting* pada bulan Januari 2020.

Tabel 6. Perhitungan *Hindcasting* Gelombang Maksimum Tahun 2020

Perhitungan Handcasting Gelombang Maksimum Tahun 2020																	n	86400
																	g	9,81
Bulan	Arah	Uz	U _m	R _L	U _A	F _{max}	n	Open Water	Restricted Fetch	Kondisi	H ₀ (l)	T ₀ (l)	$\frac{gH}{U^2}$	$\frac{gT}{U}$	$\frac{gT^3}{U^3}$	Fully/Non fully	H ₀	T ₀
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)
Januari	E	4.996	4.996	1.410	7.748	200.000	86400	Open Water	55545.40844	Fetch Limited	0.933	4.707	0.152428706	5.959476266	109388.3182	Non Fully Developed	0.932870514	4.707022548
Februari	NE	6.440	6.440	1.310	9.280	70.369	86400	Open Water	26067.77639	Fetch Limited	0.765	3.885	0.087187983	4.106463883	91334.08908	Non Fully Developed	0.765397999	3.884622741
Maret	E	5.725	5.725	1.370	8.627	200.000	86400	Open Water	53591.3044	Fetch Limited	1.020	4.821	0.134470907	5.481706873	98244.7687	Non Fully Developed	1.020248484	4.820811124
April	E	3.918	3.918	1.510	6.308	200.000	86400	Open Water	58871.54874	Fetch Limited	0.807	4.528	0.1868389	6.825614967	130239.5342	Non Fully Developed	0.806636974	4.528065436
Mei	SE	3.573	3.573	1.540	6.053	27.589	86400	Open Water	16101.21032	Fetch Limited	0.392	2.869	0.105045996	4.649610663	140016.271	Non Fully Developed	0.392390951	2.869140554
Juni	S	3.517	3.517	1.550	5.997	2.232	86400	Open Water	3021.183539	Fetch Limited	0.168	1.637	0.045935102	2.678716235	141346.284	Non Fully Developed	0.168372976	1.637404791
Juli	SE	4.530	4.530	1.460	7.275	27.589	86400	Open Water	15144.02832	Fetch Limited	0.457	2.989	0.084765596	4.030045964	116500.3361	Non Fully Developed	0.457363768	2.988797999
Agustus	S	5.648	5.648	1.380	8.574	2.232	86400	Open Water	2681.718878	Fetch Limited	0.227	1.773	0.030267125	2.028356876	98853.67375	Non Fully Developed	0.226820362	1.772822672
September	SE	4.139	4.139	1.490	6.784	27.589	86400	Open Water	15501.38676	Fetch Limited	0.431	2.943	0.091975383	4.255441814	124943.7667	Non Fully Developed	0.431458382	2.942685197
Oktober	S	3.820	3.820	1.520	6.388	2.232	86400	Open Water	2958.195869	Fetch Limited	0.177	1.661	0.042669646	2.550211981	132688.6713	Non Fully Developed	0.177479357	1.660566144
November	S	3.613	3.613	1.540	6.120	2.232	86400	Open Water	3000.701668	Fetch Limited	0.171	1.645	0.044854361	2.636533941	138490.9918	Non Fully Developed	0.171260857	1.64484729
Desember	SW	4.057	4.057	1.490	6.649	0.000	86400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Dari hasil *hindcasting* gelombang, disusun rekapitulasi tinggi, periode dan arah gelombang terbesar dan dominan bulanan untuk periode tahun 2016-2020. Tujuannya adalah untuk mendapatkan data maksimum dan dominan dari setiap arah sebagai acuan untuk perencanaan gelombang. Data tersebut akan mencakup informasi mengenai tinggi gelombang terbesar, periode gelombang terbesar, dan arah gelombang dominan setiap bulan selama periode tersebut.

Berdasarkan tabel rekapitulasi (Tabel 7) dapat diketahui bahwa gelombang dominan dan maksimum terjadi dari arah Timur.

Tinggi Gelombang (H) = 1.070 meter

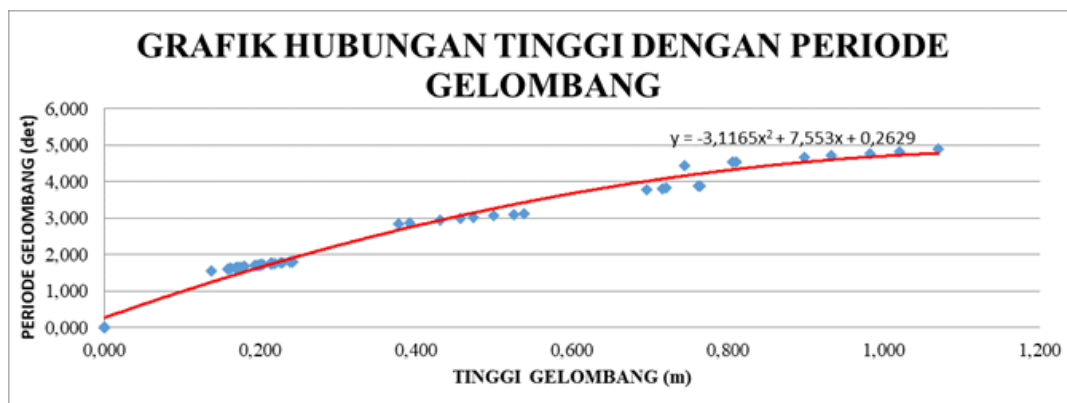
Periode Gelombang (T) = 4.882 detik

Tabel 7. Tabel Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Gelombang dan Dominan Bulanan Berdasarkan *Hindcasting* Gelombang Tahun 2016-2020

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		NE	S	E	SE	Arah	H - T
Januari	H (m)	0,716	0,215	1,070		E	1,070
	T (det)	3,817	1,748	4,882			4,882
Februari	H (m)	0,765	0,220		0,539	NE	0,765
	T (det)	3,885	1,758		3,123		3,885
Maret	H (m)	0,696		1,020	0,500	E	1,020
	T (det)	3,788		4,821	3,061		4,821
April	H (m)			0,898	0,377	E	0,898
	T (det)			4,660	2,839		4,660
Mei	H (m)		0,159	0,745	0,392	E	0,745
	T (det)		1,613	4,433	2,869		4,433
Juni	H (m)		0,214			S	0,214
	T (det)		1,745				1,745
Juli	H (m)		0,241		0,457	SE	0,457
	T (det)		1,802		2,989		2,989
Agustus	H (m)		0,241			S	0,241
	T (det)		1,802				1,802
September	H (m)		0,242		0,431	SE	0,431
	T (det)		1,803		2,943		2,943
Oktober	H (m)		0,201			S	0,201
	T (det)		1,716				1,716
November	H (m)		0,181			S	0,181
	T (det)		1,669				1,669
Desember	H (m)		0,216		0,525	SE	0,525
	T (det)		1,749		3,101		3,101
Max Tiap Hari	H (m)	0,765	0,242	1,070	0,539	E	1,070
	T (det)	3,885	1,803	4,882	3,123		4,882

Bulan Januari 2019 Arah E

3.8 Analisa Transformasi Gelombang



Gambar 4. Grafik Hubungan Tinggi dan Periode Gelombang

Berdasarkan grafik hubungan tinggi dan periode gelombang, maka didapat persamaan menggunakan *trendline* di program *Ms. Excel* yaitu $y = -3.116x^2 + 7.553x + 0.2629$.

Untuk arah Timur (E)

$$H_0 = 1.070 \text{ m}$$

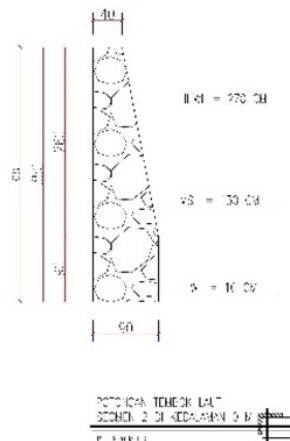
$$T = -3.116x^2 + 7.553x + 0.2629$$

$$T = (-3.116 \times (1.070))^2 + (7.553 \times 1.070) + 0.2629$$

$$T = 4.776 \text{ det}$$

Tabel 8. Perhitungan Refraksi Gelombang Arah Timur

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
45	10	1,070	4,776	35,589	0,2810	0,29512	33,885	7,451	7,094	0,673	42,317	1,063	1,031
42,3172	8	0,980	4,672	34,054	0,2349	0,25482	31,394	7,289	6,719	0,621	38,364	1,103	1,050
38,3640	5	0,886	4,508	31,698	0,1577	0,18972	26,354	7,032	5,847	0,516	31,066	1,235	1,111
31,0659	2	0,820	4,361	29,673	0,0674	0,11143	17,948	6,804	4,115	0,312	18,187	1,708	1,307
18,1868	1	1,021	4,726	34,846	0,0287	0,06941	14,408	7,373	3,048	0,129	7,415	2,453	1,566
7,4148	0,5	2,054	2,628	10,777	0,0464	0,09027	5,539	4,100	2,107	0,066	3,803	1,950	1,396



Gambar 5. Potongan Tembok Laut Segmen 2 pada Kedalaman 0 m

Tabel 9. Perhitungan *Shoaling* Arah Timur

Lo	d/Lo	d/L	L	no	n	Kr	Ks	H
35,589	0,281	0,295	33,885	0,500	0,591	1,031	0,889	0,980
34,054	0,235	0,255	31,394	0,500	0,630	1,050	0,860	0,886
31,698	0,158	0,190	26,354	0,500	0,722	1,111	0,833	0,820
29,673	0,067	0,111	17,948	0,500	0,868	1,307	0,953	1,021
34,846	0,029	0,069	14,408	0,500	0,942	1,566	1,284	2,054
10,777	0,046	0,090	5,539	0,500	0,907	1,396	1,073	3,076

Tabel 10. Perhitungan Gelombang Pecah Arah Timur

H'o	H'o/gT ²	m	Hb/H'o	Hb
1,2040	0,0054	0,0106	1,19	1,433
1,1396	0,0053	0,0136	1,17	1,333
1,0627	0,0053	0,0124	1,16	1,233
0,8608	0,0046	0,0120	1,16	0,999
0,7954	0,0036	0,0108	1,20	0,955
1,9150	0,0283	n	1,28	2,451

3.9 Perhitungan Run-Up

Berdasarkan data yang ada, diketahui bahwa letak *seawall* berada pada kedalaman 0 meter di bawah LWS. Berikut merupakan contoh perhitungan *run-up* pada *seawall* pada kedalaman 0 meter, yang diukur dari HWS.

Tabel 11. Perhitungan Tinggi *Run-Up* pada Kedalaman 0 m (Segmen 2)

Muka Air Diam	Sea Level Rise	Ho	Koefisien Refraksi	H'o	Periode	H'o/gT ²	Kedalaman di kaki Bangunan (ds)
SWL (m)	(SLR)	(m)		(m)	(det)		(m)
HHWL	0,2	1,070	1	1,1032	4,776	0,0049	2,7
MSL	0,2	1,070	1	1,1032	4,776	0,0049	1,3
LLWL	0,2	1,070	1	1,1032	4,776	0,0049	0,1

ds/H'o	R/H'o	k	Tinggi Run Up R (m)	ds+R	Tinggi Bangunan h (m)	Keterangan
2,4474	0,92	1,07	1,0840	3,78	3,5	Overtopped
1,1784	1,12	1,07	1,3196	2,62	3,5	No Overtopped
0,0906	0,65	1,07	0,7658	0,87	3,5	No Overtopped

3.10 Analisa Perhitungan Overtopping

Perhitungan *Overtopping* merupakan kelanjutan dari perhitungan *run-up*, dimana *overtopping* dapat terjadi bila besar *run-up* gelombang lebih tinggi dari tinggi bangunan, dan dapat ditulis sebagai berikut :

$$0 \leq \frac{h - ds}{R} < 1.0$$

Dimana :

- h = tinggi bangunan
- ds = kedalaman air di kaki bangunan
- R = besar *run-up* gelombang

Tabel 13. Perhitungan Besar *Overtopping* pada Kedalaman 0 m (Segmen 2)

Muka Air Diam (SWL) (m)	H'o	Periode (det)	H'o/gT ²	Kedalaman di Kaki Bangunan ds (m)	ds/H'o
HHWL	1,1032	4,7764	0,0049	2,7	2,4474
MSL	1,1032	4,7764	0,0049	1,3	2,4474
LLWL	1,1032	4,7764	0,0049	0,1	2,4474

Tinggi Run-Up R (m)	a	Qo*	g	tinggi bangunan (h) (m)	Overtopping (Q) (m ³ /det)
1,8269	0,044	0,0298	9,81	3,5	0,25614
2,2241	0,044	0,0298	9,81	3,5	-
1,2908	0,044	0,0298	9,81	3,5	-

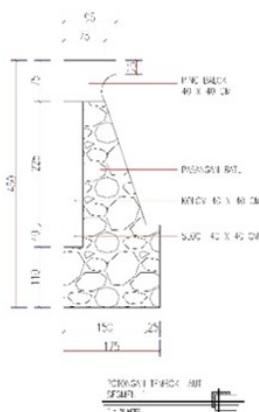
3.11 Penyebab Terjadinya Overtopping

Penyebab terjadinya *overtopping* di lokasi penelitian dikarenakan tinggi *run-up* melebihi tinggi bangunan yang ada dan juga perencanaan bangunan tembok laut tidak memperhitungkan pasang surut. Menurut hasil data analisa, *overtopping* terjadi ketika air berada dalam keadaan pasang tertinggi (HHWL).

3.12 Dimensi Tembok Laut di Ruas Jalan Tepi Pantai Kampung Mala

Tembok laut di Ruas Jalan Tepi Pantai Kampung Mala memiliki panjang kurang lebih 200 m, dan dibagi menjadi 4 segmen karena memiliki tinggi bangunan yang berbeda-beda. Segmen 2 dan 3 merupakan area yang terdampak limpasan *overtopping* dikarenakan tinggi *run-up* yang ada telah melebihi tinggi bangunan.

Melihat fakta yang terjadi di lapangan, bahwa pada segmen 2 dan 3 yang didesain tidak menggunakan pemantul gelombang seperti pada segmen 1 dan 4 yang mengakibatkan terjadinya *overtopping*, maka perlu adanya tahap desain kembali untuk memperbaiki fungsi bangunan tersebut.



Gambar 6. Dimensi Potongan Tembok Laut Segmen 1

3.13 Tinjauan Bangunan Tembok Laut yang Ada

Pada tinjauan yang telah dilakukan, diketahui bahwa pada segmen 1 dan segmen 4 mempunyai mercu tembok laut yang dilengkapi dengan alat pemantul gelombang (*wave reflector*). Namun, pada segmen 2 dan 3, tembok laut didesain tidak menggunakan alat pemantul gelombang. Untuk itu perlu adanya desain kembali dengan menyamaratakan bangunan tembok laut. Dengan adanya *wave reflector* pada bangunan tembok laut maka gelombang yang datang akan dipantulkan lagi ke laut dan tidak mengganggu fasilitas seperti jalan raya dan rumah yang berada dibalik tembok laut.

4. Kesimpulan

Dari hasil analisa di lapangan dapat disimpulkan bahwa tembok laut di Ruas Jalan Tepi Pantai Kampung Mala tidak aman dari pengaruh *overtopping* di awal dan akhir tahun pada saat cuaca ekstrim. Penyebab terjadinya *overtopping* dikarenakan perencanaan tembok laut sebelumnya tidak memperhitungkan gaya alam termasuk pasang surut dan kondisi bangunan yang ada tidak merata di setiap segmen. Untuk itu bagi pihak Dinas PU Kabupaten Kepulauan Siau Tagulandang Biaro agar mempertimbangkan adanya pembuatan *breakwater* lepas pantai ataupun dengan menambahkan tinggi jagaan pada tembok laut yang sudah dibangun, dan untuk peneliti selanjutnya agar dapat menghitung analisis tinggi tembok laut yang sesuai agar tidak mengalami *overtopping*, serta menggunakan data angin dan data pasang surut periode 10 tahunan.

Referensi

- CERC. 1984. “*Shore Protection Manual Volume I-II*”. US Army Coastal of Engineering Research Center (CERC). Washington (SPM 1984).
- Fauzi, A. N., & Muliati, Y. (2021). Peramalan Gelombang Dengan Metode SPM dan *Darbyshire* yang Divalidasi Dengan Data Altimetri di Pantai Monse, Pulau Wowonii Sulawesi Tenggara.
- Muliati, Yati. 2020. *Rekayasa Pantai*. Bandung : Itenas.
- Pasaribu, R. P., Sewiko, R., & Arifin, A. (2022). *Application of The Admiralty Method to Process Tidal Dattain the Waters of The Nasik Strait – Bangka Belitung*.
- Pratikto, Widi A. 2014. *Struktur Pelindung Pantai*, Jakarta : PT. Mediatama Saptakarya.
- Samudra, A. R., Jasin, M. I., & Halim, F. (2018). *Evaluasi Kinerja Breakwater Terhadap Gelombang Di Kawasan Pelabuhan Manado*.
- Sadeghi, K., Abdullahi, I. S., & Albab, H. F. (2018). *Klasifikasi Seawalls dan Kegagalannya : Gambaran*. 9.
- Triatmodjo, B. 1999. “*Teknik Pantai, Beta offset*”. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2012. “*Perencanaan Bangunan Pantai*”. Beta offset. Yogyakarta.
- Yasa, K. S., Firman Husain., & Achmad Y. Baeda. 2021. *Analisa Kinerja Pemecah Gelombang Dalam Mereduksi Tinggi Gelombang di Pelabuhan Soekarno Hatta*. Skripsi S1, Program Studi Teknik Kelautan, Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Yuwono, Nur, 1982. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas UGM.
- Zehro, K (2021). *Specification and Types of Seawall Structure Needed to Protect Beaches from Sand Erosion and Storm Disasters*. *International Journal od Advanced Engineering, Sciences and Applications*, 2(1), 13-18.