



## Alternatif Pemecahan Masalah Overtopping Manado Town Square

Albert C. Kappers<sup>#a</sup>, Jefry D. Mamoto<sup>#b</sup>, M. Ihsan Jasim<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia  
<sup>a</sup>albertchristopherkappers@gmail.com, <sup>b</sup>jeffrymamoto@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>sanyjasin02@yahoo.com

### Abstrak

*Manado Town Square* berada di Kecamatan Sario, Manado, Provinsi Sulawesi Utara yang merupakan pusat perbelanjaan dan keramaian di pesisir pantai Kota Manado. Berdasarkan penelitian sebelumnya dari Kevin (2023) diketahui bahwa *Seawall* yang ada di kawasan *Manado Town Square* memiliki masalah yaitu *overtopping*. Penyebab dari terjadinya *overtopping* adalah karena *Seawall* tersebut dibangun terlalu landai yaitu  $27^\circ$  dimana hal itu tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh *Massachussets Office of Coastal Zone Management* yaitu harus melebihi  $>30^\circ$  dan ukuran mercu serta area limpasan kurang memiliki daya pantul untuk membalikkan gelombang yang terjadi. Berdasarkan hal tersebut maka, perlu adanya analisis ulang untuk mengatasi masalah yang ada. Hal-hal yang diperlukan dalam pemecahan masalah *overtopping* yaitu ketersediaan data primer dan data sekunder. Data primer antara lain: inventarisasi dan identifikasi masalah. Data sekunder antara lain: data angin, data pasang surut, peta lokasi, data bathimetri dan foto udara. Data tersebut dianalisa agar mendapatkan alternatif pemecahan masalah *overtopping*. Berdasarkan hasil analisis didapatkan alternatif yang tepat mengenai pemecahan masalah *overtopping* yaitu desain kembali mercu sesuai dengan *run-up HHWL* 5.5894 m dan *MSL* 4.0650 m kemiringan bangunan  $30^\circ$ .

*Kata kunci: Manado Town Square, overtopping, pengaman pantai, seawall*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar belakang

Provinsi Sulawesi Utara adalah provinsi di Indonesia yang memiliki banyak kawasan Pantai. Wilayah Pantai ini merupakan daerah yang dimanfaatkan untuk kegiatan manusia sebagai Kawasan pemukiman ataupun sebagai daerah nelayan. Pantai adalah daerah yang sering terkena kerusakan seperti mundurnya garis pantai dan gerusan.

Sebagai pusat perbelanjaan yang penting di Kota Manado, sarana dan prasarana di kawasan *Manado Town Square* harus memadai. Salah satu prasarana yang dibangun demi menunjang hal tersebut adalah *Seawall* yang berada di pesisir pantai kawasan *Manado Town Square*. *Seawall* berfungsi untuk membelokkan energi gelombang yang datang ke daerah pesisir pantai, hal ini dimaksudkan agar gelombang tidak mengurangi gerusan di dasar dinding.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dari Kevin (2023) diketahui bahwa *Seawall* yang ada di kawasan *Manado Town Square* memiliki masalah yaitu *overtopping*. Penyebab dari terjadinya *overtopping* adalah karena *Seawall* tersebut dibangun terlalu landai yaitu  $27^\circ$  dimana hal itu tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh *Massachussets Office of Coastal Zone Management* yaitu harus melebihi  $>30^\circ$  dan ukuran mercu serta area limpasan kurang memiliki daya pantul untuk membalikkan gelombang yang terjadi.

## 1.2. Rumusan Masalah

Masalah *overtopping* bisa menyebabkan kerugian materil dan kerusakan prasarana di kawasan *Manado Town Square*. Dengan demikian, peneliti ingin mengetahui apa alternatif pemecahan masalah dari masalah *overtopping*.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Dari latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian adalah merencanakan alternatif pemecahan masalah *overtopping*

## 1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Mengkaji dan memberikan pemahaman mengenai langkah yang tepat untuk mengatasi permasalahan yang ada di lokasi studi.
2. Untuk mengetahui kinerja *seawall* dalam mencegah limpasan air laut.
3. Sebagai bahan referensi dalam mempelajari mengenai bangunan pengaman pantai.

## 1.5. Batasan Penelitian

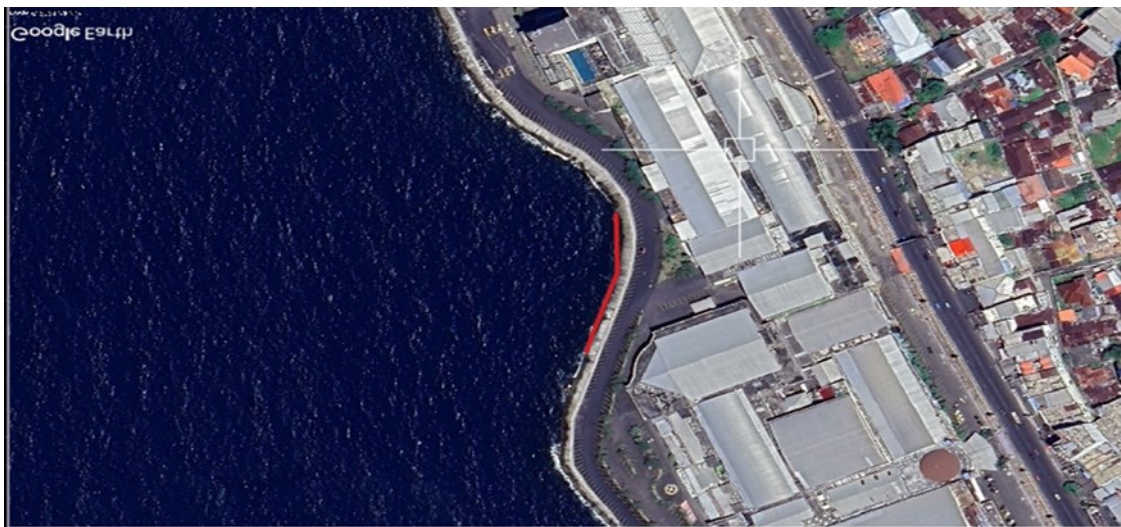
Dalam rangka membatasi ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas, digunakanlah batasan masalah sebagai berikut.

1. Perhitungan dilakukan pada daerah pesisir pantai kawasan *Manado Town Square*
2. Perhitungan dilakukan hanya untuk ukuran mercu dan kelandaian dari *Seawall*
3. Data-data yang diperlukan seperti data gelombang dan peta batimetri sesuai dengan data dari penelitian sebelumnya
4. Tidak memperhitungkan Rincian Anggaran Biaya

## 2. Metode Penelitian

### 2.1 Lokasi penelitian

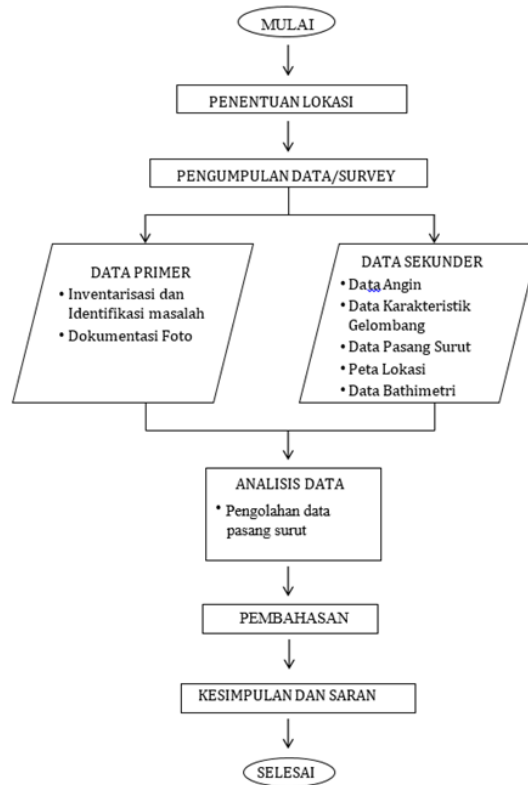
Penelitian ini dilakukan di Kawasan *Manado Town Square*, Kecamatan Sario, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara dan secara geografis berada pada posisi koordinat 1°28'14.4" LU sampai dengan 124°49'48.9" BT.



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian  
(Google Earth, 2024)

2.2 Bagan Alir Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan menurut alur pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir

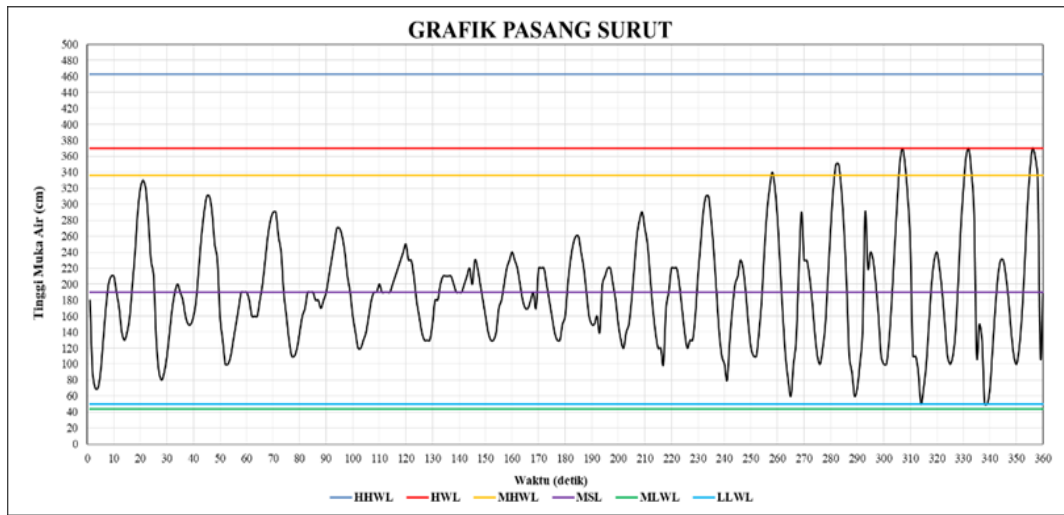
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan Pasang Surut dengan Metode Admiralty

Perhitungan pasang surut menggunakan Metode Admiralty ditampilkan dalam Tabel 1. Grafik pasang surut ditampilkan dalam Gambar 3.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Pasang Surut (LANTAMAL VIII MANADO, 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	1-Dec-2023	1.8	0.9	0.7	0.7	0.9	1.3	1.7	2.0	2.1	2.1	1.9	1.7	1.4	1.3	1.4	1.6	2.0	2.4	2.9	3.2	3.3	3.2	2.8	2.3	45.6	1.90
2	2-Dec-2023	2.1	1.3	0.9	0.8	0.9	1.1	1.4	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.6	1.5	1.5	1.6	1.8	2.2	2.6	2.9	3.1	3.1	2.9	2.5	45.2	1.88
3	3-Dec-2023	2.3	1.6	1.3	1.0	1.0	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.6	1.6	1.8	2.0	2.3	2.6	2.8	2.9	2.9	2.6	45	1.88
4	4-Dec-2023	2.4	1.9	1.6	1.3	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.8	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.7	2.6	44.8	1.87
5	5-Dec-2023	2.4	2.1	1.9	1.6	1.4	1.2	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	2.0	1.9	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.5	44.8	1.87
6	6-Dec-2023	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	44.8	1.87
7	7-Dec-2023	2.0	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.4	1.5	1.8	2.0	2.2	2.3	2.4	2.3	2.2	2.0	1.8	1.7	1.7	1.8	1.9	44.9	1.87
8	8-Dec-2023	1.7	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.4	1.6	2.0	2.3	2.5	2.6	2.6	2.4	2.2	1.9	1.6	1.5	1.5	1.6	45.4	1.89
9	9-Dec-2023	1.4	2.0	2.1	2.2	2.2	2.0	1.8	1.5	1.3	1.2	1.3	1.5	1.8	2.2	2.6	2.8	2.9	2.7	2.5	2.1	1.7	1.4	1.2	1.2	45.6	1.90
10	10-Dec-2023	1.0	1.7	1.9	2.2	2.3	2.2	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.3	1.6	2.1	2.5	2.9	3.1	3.1	2.8	2.4	1.9	1.4	1.1	1.0	45.9	1.91
11	11-Dec-2023	0.8	1.3	1.7	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.5	1.2	1.1	1.1	1.4	1.8	2.4	2.9	3.2	3.4	3.2	2.8	2.2	1.6	1.1	0.8	46.1	1.92
12	12-Dec-2023	0.6	1.0	1.3	2.2	2.1	2.3	2.3	2.1	1.8	1.4	1.1	1.0	1.2	1.5	2.1	2.7	3.2	3.5	3.5	3.2	2.7	2.0	1.4	0.9	47.07	1.96
13	13-Dec-2023	0.6	0.7	1.0	1.4	2.9	2.2	2.4	2.3	2.0	1.6	1.2	1.0	1.0	1.3	1.8	2.4	3.0	3.5	3.7	3.5	3.1	2.5	1.7	1.1	47.9	2.00
14	14-Dec-2023	0.9	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.3	2.4	2.2	1.9	1.5	1.1	1.0	1.1	1.4	2.0	2.7	3.2	3.6	3.7	3.4	2.9	2.2	1.5	46.7	1.95
15	15-Dec-2023	1.3	0.5	0.5	0.7	1.2	1.7	2.1	2.3	2.3	2.1	1.8	1.4	1.1	1.0	1.2	1.6	2.2	2.9	3.4	3.7	3.6	3.3	2.7	1.9	46.5	1.94



Gambar 3. Grafik Pasang Surut Manado Town Square (Analisis Data, 2024)

3.2 Penentuan Tipe Pasang Surut

Tabel 2. Komponen Pasang Surut Hasil Analisis di Manado Town Square (Analisis Data, 2024)

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
<b>A cm</b>	190	109	37	14	40	25	1	24	10	13
<b>g<sup>o</sup></b>	0.00	141.2	212.4	267.3	341.2	115.0	181.1	329.7	212.4	341.2

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{40 + 25}{109 + 37} = 0.1826$$

Pasang surut di atas termasuk pasang surut harian ganda (semi diurnal tide) dengan nilai **F ≤ 0,25**, dimana **F = 0,1826**

3.3 Penentuan Elevasi Muka Air

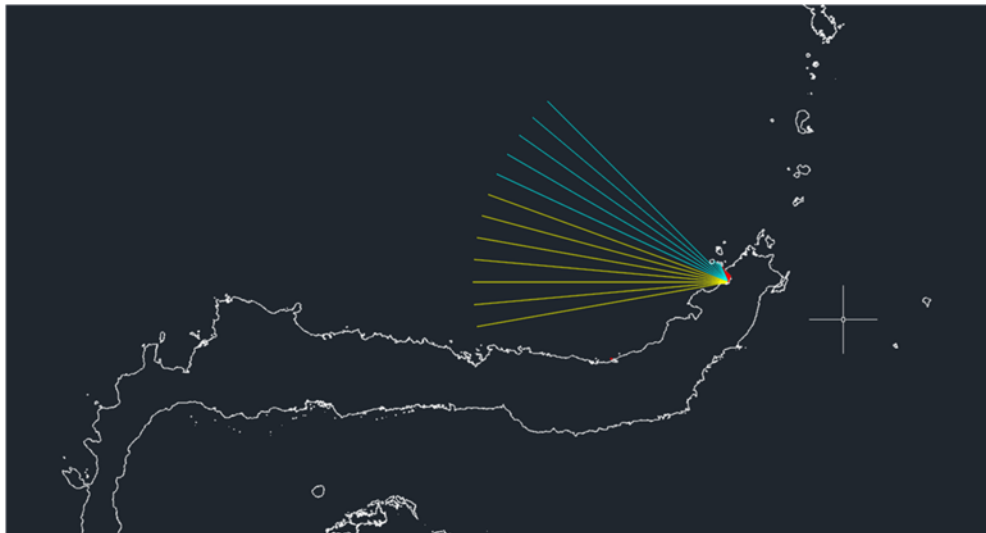
Penentuan elevasi muka air ditampilkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Elevasi Muka Air (Analisis Data, 2024)

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	462.65
HWL	cm	370.00
MHWL	cm	336.33
MSL	cm	190.08
MLWL	cm	43.82
LLWL	cm	50.00
Range	cm	272.57

3.4 Perhitungan Fetch Efektif

Gambar interpretasi fetch dan hasil perhitungan untuk lokasi penelitian di Manado Town Square di tampilkan dalam Gambar 4 dan Tabel 4.



Gambar 4. Fetch arah Utara, Tenggara, Selatan, Barat Daya, Barat, Barat Laut (Kevin, 2023)

Tabel 4. Panjang Perhitungan Fetch untuk Delapan Arah Mata Angin (Kevin, 2023)

PERHITUNGAN FETCH						
Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya	Jarak Sebenarnya	Fcos(α)	cos(α)	F <sub>eff</sub> (km)
		(m)	(km)			
UTARA (N)	-20	13110	13.11	12.319	0.940	7.190
	-15	8840	8.84	8.539	0.966	
	-10	7710	7.71	7.593	0.985	
	-5	6970	6.97	6.943	0.996	
	0	6330	6.33	6.330	1	
	5	6080	6.08	6.057	0.996	
	10	5610	5.61	5.525	0.985	
	15	5370	5.37	5.187	0.966	
	20	4880	4.88	4.586	0.940	
TIMUR LAUT (NE)	-20	0	0.000	0.000	0.940	0.000
	-15	0		0.000	0.966	
	-10	0		0.000	0.985	
	-5	0		0.000	0.996	
	0	0		0.000	1	
	5	0		0.000	0.996	
	10	0		0.000	0.985	
	15	0		0.000	0.966	
	20	0		0.000	0.940	
TIMUR (E)	-20	0		0.000	0.940	0
	-15	0		0.000	0.966	
	-10	0		0.000	0.985	
	-5	0		0.000	0.996	
	0	0		0.000	1	
	5	0		0.000	0.996	
	10	0		0.000	0.985	
	15	0		0	0.966	
	20	0		0	0.940	
TENGGARA (SE)	-20	0		0	0.940	0
	-15	0		0	0.966	
	-10	0		0	0.985	
	-5	0		0	0.996	
	0	0		0	1	
	5	0		0	0.996	
	10	0		0	0.985	
	15	0		0	0.966	
	20	0		0	0.940	

SELATAN (S)	-20	0		0	0.940	0
	-15	0	*	0	0.966	
	-10	0		0	0.985	
	-5	0		0	0.996	
	0	0		0	1	
	5	0		0	0.996	
	10	0		0	0.985	
	15	0		0	0.966	
	20	0		0	0.940	
BARAT DAYA (SW)	-20	0		0	0.940	0
	-15	0		0	0.966	
	-10	0		0	0.985	
	-5	0		0	0.996	
	0	0		0	1	
	5	0		0	0.996	
	10	0		0	0.985	
	15	0		0	0.966	
	20	0		0	0.940	
BARAT (W)	-20	3840	3.84	3.60842	0.940	157.455
	-15	4410	4.41	4.25973	0.966	
	-10	200000	200	196.962	0.985	
	-5	200000	200	199.239	0.996	
	0	200000	200	200	1	
	5	200000	200	199.239	0.996	
	10	200000	200	196.962	0.985	
	15	200000	200	193.185	0.966	
	20	200000	200	187.939	0.940	
BARAT LAUT (NW)	-20	200000	200	187.939	0.940	119.431
	-15	200000	200	193.185	0.966	
	-10	200000	200	196.962	0.985	
	-5	200000	200	199.239	0.996	
	0	200000	200	200	1	
	5	19870	19.37	19.296	0.996	
	10	19860	19.86	19.558	0.985	
	15	17060	17.06	16.479	0.966	
	20	16110	16.11	15.138	0.940	
Feff (total)					284.076	
Feff (domin)					0.000	

3.5 Analisis Data Angin

Data angin yang digunakan adalah data angin dari penelitian sebelumnya. Data angin yang dianalisis adalah data angin harian selama tahun 2016 sampai dengan 2020.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Gelombang dari Masing-Masing Fetch Berdasarkan Hindcasting Gelombang Tahun 2016-2020 (Kevin, 2023)

Bulan	H - T	Arah Datang Gelombang				Max Tiap Bulan	
		N	W	NW	-	Arah	H - T
JANUARI	H (m)	0.000	3.000	3.000	0.000	W	3.000
	T (det)	0.000	6.000	5.000	0.000		6.000
FEBRUARI	H (m)	0.000	4.000	4.000	0.000	W	4.000
	T (det)	0.000	6.000	6.000	0.000		6.000
MARET	H (m)	3.000	3.000	3.000	0.000	W	3.000
	T (det)	5.000	6.000	5.000	0.000		6.000
APRIL	H (m)	0.000	2.000	2.000	0.000	NW	2.000
	T (det)	0.000	4.000	5.000	0.000		5.000
MEI	H (m)	0.000	2.000	2.000	0.000	NW	2.000
	T (det)	0.000	3.000	4.000	0.000		4.000
JUNI	H (m)	0.000	2.000	0.000	0.000	W	2.000
	T (det)	0.000	4.000	0.000	0.000		4.000
JULI	H (m)	0.000	2.000	0.000	0.000	W	2.000
	T (det)	0.000	4.000	0.000	0.000		4.000
AGUSTUS	H (m)	2.000	3.000	0.000	0.000	W	3.000
	T (det)	0.000	5.000	0.000	0.000		5.000
SEPTEMBER	H (m)	2.000	3.000	2.000	0.000	W	3.000
	T (det)	4.000	6.000	4.000	0.000		6.000
OKTOBER	H (m)	0.000	2.000	2.000	0.000	W	2.000
	T (det)	0.000	4.000	4.000	0.000		4.000
NOVEMBER	H (m)	0.000	2.000	2.000	0.000	W	2.000
	T (det)	0.000	5.000	4.000	0.000		5.000
DESEMBER	H (m)	0.000	3.000	3.000	0.000	W	3.000
	T (det)	0.000	6.000	5.000	0.000		6.000
MAX TIAP ARAH	H (m)	3.000	4.000	4.000	0.000	W	4.000
	T (det)	5.000	6.000	6.000	0.000		6.000

Didapat arah barat paling maksimum dengan :

Tinggi Gelombang (H) : 4 Meter

Periode Gelombang (T) : 6 detik

### 3.6 Analisa Perhitungan Run-up

Berikut ini adalah contoh perhitungan *run up* pada kedalaman 4.62 m, yang diukur dari *HHWL*.

Diketahui :

$$H_0 = 4 \text{ m}$$

$$T = 6 \text{ detik}$$

$$d_s = 4.62 \text{ m}$$

$$K_r = 1.096$$

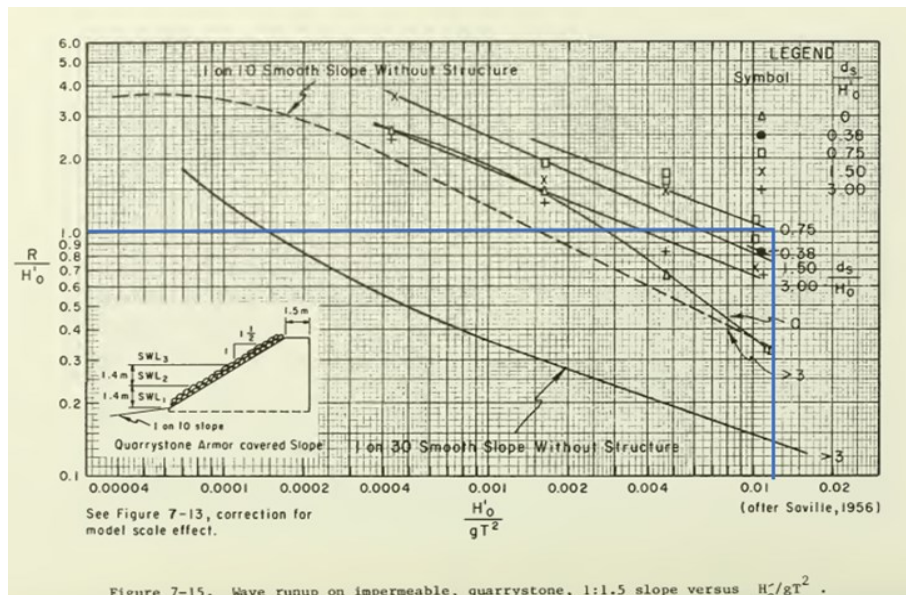
$$h = 4.7 \text{ m}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Langkah-langkah perhitungan :

- Hitung  $H'_0$   
 $H'_0 = H_0 \times K_r$   
 $H'_0 = 4 \times 1.096$   
 $H'_0 = 4.388 \text{ m}$
- Hitung  $\frac{H'_0}{gT^2}$   
 $\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{4.388}{9.81 \times 6^2} = 0.0124$
- Hitung  $\frac{d_s}{H'_0}$   
 $\frac{d_s}{H'_0} = \frac{4.62}{4.388} = 1.0529$

Kemudian nilai  $\frac{H'_0}{gT^2}$  dan  $\frac{d_s}{H'_0}$  diplot ke *figure 7-15, SPM 1984 Vol.2*



**Gambar 5.** Grafik *Run-Up* Gelombang pada *Seawall* (SPM, 1984)

sehingga didapatkan nilai sebagai berikut :

$$\frac{R}{H'_0} = 1.1, \text{ maka: } R = 1.1 \times 4.38 = 4.8268 \text{ m}$$

Tinggi run-up tersebut kemudian dikoreksi menggunakan Figure 7-13, SPM 1984 Vol.2. Dengan kemiringan struktur 1:1.48388. Maka faktor koreksi (k) adalah sebesar 1.162, sehingga tinggi *run-up* :

$$R = 4.8268 \times 1.162 = 5.6087 \text{ m.}$$

Kemudian hasil perhitungan run-up selengkapnya ditampilkan pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Perhitungan Tinggi *Run-Up*  
(Analisis Data, 2024)

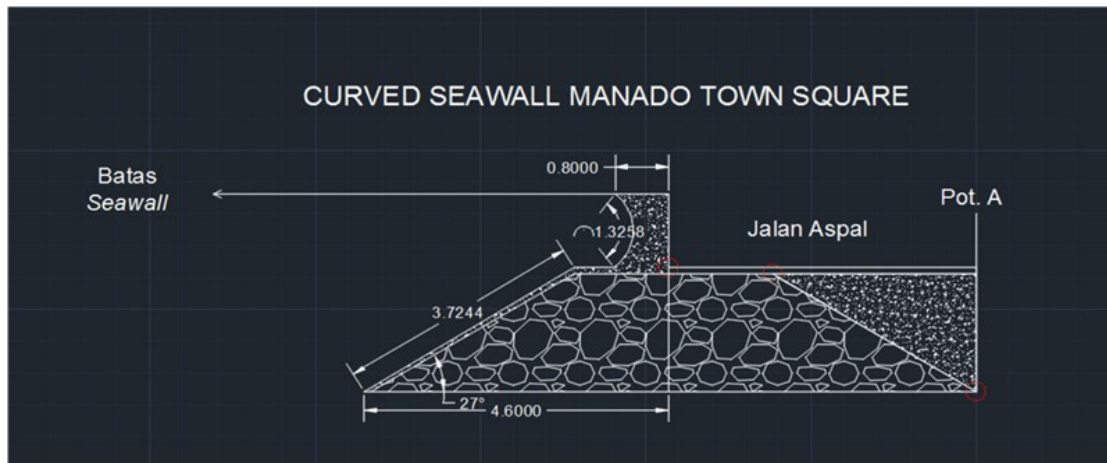
Muka Air Diam	Sea Level Rise	H <sub>0</sub>	Koefisien Refraksi	H' <sub>0</sub>	Periode	H' <sub>0</sub> /gT <sup>2</sup>	Kedalaman di kaki Bangunan (ds)
SWL (m)	(SLR)	(m)		(m)	(det)		(m)
HHWL	0.2	4.000	1	4.3880	6.000	0.0124	4.62
MSL	0.2	4.000	1	4.3880	6.000	0.0124	1.9
LLWL	0.2	4.000	1	4.3880	6.000	0.0124	0.5

ds/H' <sub>0</sub>	R/H' <sub>0</sub>	k	Tinggi Run Up	ds+R	Tinggi Bangunan	Keterangan
			R (m)		h (m)	
1.0529	1.1	1.16	5.6087	10.23	4.7	Overtopping
0.4330	0.8	1.16	4.0791	5.98	4.7	Overtopping
0.1139	0.36	1.16	1.8356	2.34	4.7	Non Overtopping

### 3.7 Analisa Perhitungan Overtopping

Perhitungan *overtopping* merupakan kelanjutan dari perhitungan *run-up*. *Overtopping* dapat terjadi jika *run-up* gelombang lebih tinggi dari tinggi bangunan.



**Gambar 6.** Dimensi *Curved Seawall Manado Town Square*  
(Kevin, 2023)

Berikut ini adalah contoh perhitungan *run up* pada kedalaman 4.62 m, yang diukur dari *HHWL*.  
Diketahui :

$$H'_0 = 4.388 \text{ m}$$

$$T = 6 \text{ detik}$$

$$ds = 4.62 \text{ m}$$

$$h = 4.7 \text{ m}$$

$$R = 5.6087 \text{ m}$$

Langkah-langkah perhitungan :

- Hitung  $\frac{H'_0}{gT^2}$   

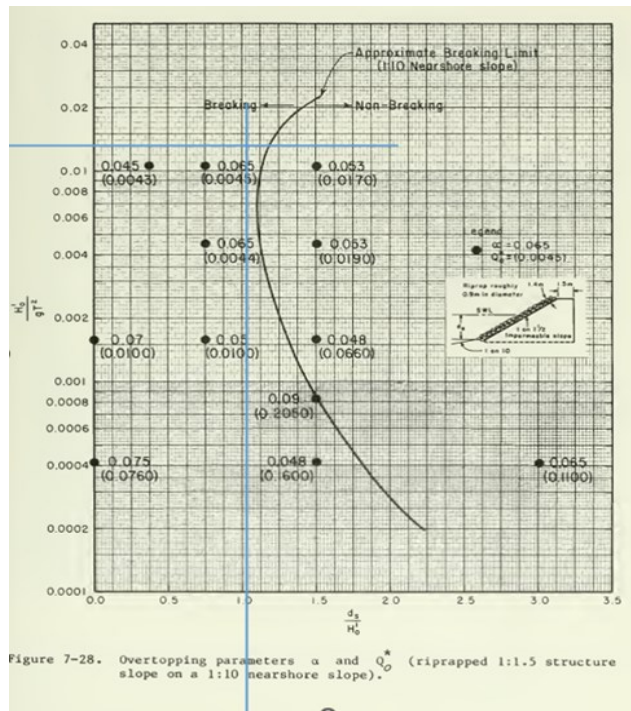
$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{4.388}{9.81 \times 6^2} = 0.0124$$

- Hitung  $\frac{ds}{H'_0}$   

$$\frac{ds}{H'_0} = \frac{4.62}{4.388} = 1.0529$$

Kemudian nilai  $\frac{H'_0}{gT^2}$  dan  $\frac{ds}{H'_0}$  diplot ke *figure 7-28, SPM 1984 Vol.2*





**Gambar 7.** Grafik Parameter *Overtopping* pada *Seawall* (SPM, 1984)

Nilai yang didapatkan adalah :

$$\alpha = 0.065$$

$$Qo' = 0.0045$$

Sehingga besar volume *overtopping* per satuan waktu adalah :

$$Q = (g \times Qo' \times H'o^3)^{\frac{1}{2}} e^{-\left[\frac{0.217}{\alpha} \tanh^{-1}\left(\frac{h - ds}{R}\right)\right]}$$

Dimana

- Q = besar *overtopping* (m<sup>3</sup>/det)
- g = percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)
- H'o = tinggi gelombang laut dalam ekivalen (m)
- h = tinggi bangunan
- R = *run-up* gelombang (m)
- ds = tinggi muka air di kaki bangunan (m)
- α dan Qo\* = koefisien empiris yang bergantung pada karakteristik gelombang datang dan geometrik bangunan

Langkah-langkah perhitungan:

- $Q = (9.81 \times 0.0045 \times 4.388^3)^{\frac{1}{2}} e^{-\left[\frac{0.217}{0.065} \tanh^{-1}\left(\frac{5.1-4.62}{5.6087}\right)\right]}$
- $Q = 1.30211 \text{ m}^3/\text{det}$

Kemudian hasil perhitungan *overtopping* selengkapnya adalah sebagai berikut

**Tabel 7.** Perhitungan Besar *Overtopping* (Analisis Data, 2024)

Muka Air Diam (SWL) (m)	H'o	Periode (det)	H'o/gT <sup>2</sup>	Kedalaman di Kaki Bangunan ds (m)
HHWL	4.3880	6.0000	0.0124	4.62
MSL	4.3880	6.0000	0.0124	1.9
LLWL	4.3880	6.0000	0.0124	0.5

ds/H'o	Tinggi Run-Up R (m)	α	Qo*	g	tinggi bangunan (h) (m)	Overtopping (Q) (m <sup>3</sup> /det)
1.0529	5.6087	0.065	0.0045	9.81	4.7	1.302107586
0.4330	4.0791	0.045	0.0043	9.81	4.7	0.07549819
0.1139	1.8356	0.045	0.0043	9.81	4.7	

### 3.8 Penambahan Tinggi Jagaan

Jagaan yang ada saat ini tidak bisa menahan dan mengembalikan energi dari *run-up*, oleh karena itu tinggi jagaan ditambah sesuai dengan tinggi *run-up* MSL dan HHWL. Berikut adalah hasil penambahan tinggi jagaan sesuai dengan tinggi *run-up*.

**Tabel 8.** Perhitungan Tinggi Run-Up Dengan Tinggi Jagaan Sesuai MSL  
(Analisis Data, 2024)

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	4.000	1	4.3880	6.000	0.0124	4.62
MSL	0.2	4.000	1	4.3880	6.000	0.0124	1.9
LLWL	0.2	4.000	1	4.3880	6.000	0.0124	0.5

**Tabel 9.** Perhitungan Tinggi Run-Up Dengan Tinggi Jagaan Sesuai MSL Lanjutan  
(Analisis Data, 2024)

ds/H'o	R/H'o	k	Tinggi Run Up	ds+R	Tinggi Bangunan	Keterangan
			R (m)		h (m)	
1.0529	1.1	1.162	5.6087	10.23	5.98	Overtopping
0.4330	0.8	1.162	4.0791	5.98	5.98	Non Overtopping
0.1139	0.36	1.162	1.8356	2.34	5.98	Non Overtopping

**Tabel 10.** Perhitungan Tinggi Run-Up Dengan Tinggi Jagaan Sesuai HHWL  
(Analisis Data, 2024)

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	4.000	1	4.3880	6.000	0.0124	4.62
MSL	0.2	4.000	1	4.3880	6.000	0.0124	1.9
LLWL	0.2	4.000	1	4.3880	6.000	0.0124	0.5

**Tabel 11.** Perhitungan Tinggi Run-Up Dengan Tinggi Jagaan Sesuai HHWL Lanjutan  
(Analisis Data, 2024)

ds/H'o	R/H'o	k	Tinggi Run Up	ds+R	Tinggi Bangunan	Keterangan
			R (m)		h (m)	
1.0529	1.1	1.162	5.6087	10.23	10.23	Non Overtopping
0.4330	0.8	1.162	4.0791	5.98	10.23	Non Overtopping
0.1139	0.36	1.162	1.8356	2.34	10.23	Non Overtopping

### 3.9 Penambahan Kemiringan Bangunan

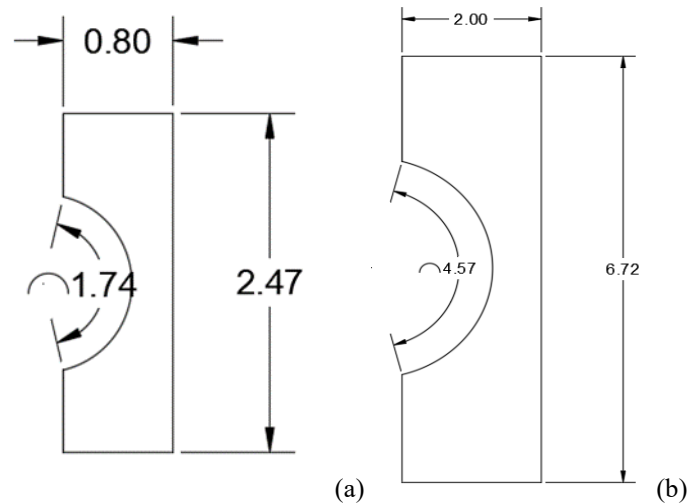
Menurut *Massachussets Office of Coastal Zone Management* kemiringan bangunan harus melebihi  $>30^\circ$  sedangkan bangunan yang ada hanya memiliki kemiringan sebesar  $27^\circ$ . Berikut adalah hasil dari penambahan kemiringan bangunan menjadi  $30^\circ$  : Tinggi *run-up* yang ada dikoreksi menggunakan *Figure 7-13*, SPM 1984 Vol.2. Dengan kemiringan struktur 1:1.48388. Faktor koreksi yang didapatkan adalah sebesar 1.158. Tinggi *run-up* hasil analisis ditampilkan pada Tabel 12.

**Tabel 12.** Perhitungan Tinggi Run-Up Dengan Faktor Koreksi Baru  
(Analisis Data, 2024)

k	Tinggi Run Up	ds+R	Tinggi Bangunan	Keterangan
	R (m)		h (m)	
1.158	5.5894	10.21	4.70	Overtopping
1.158	4.0650	5.97	4.70	Overtopping
1.158	1.8293	2.33	4.70	Non Overtopping

### 3.10 Mendesain Kembali Mercu

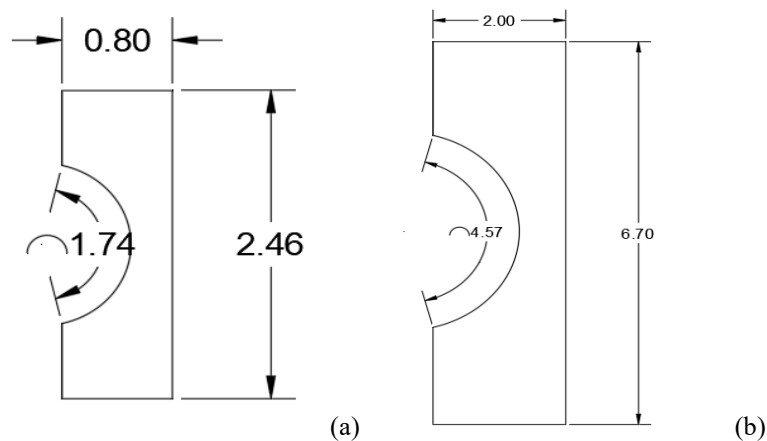
Melihat fakta yang terjadi dilapangan bahwa kurva cekung tidak dapat memantulkan kembali energi yang ada, maka perlu adanya tahap desain kembali untuk memperbaiki fungsinya. Berikut adalah desain kembali mercu dengan data *run-up* yang lama.



**Gambar 8.** (a) Mercu Bangunan Sesuai MSL; (b) Mercu Bangunan Sesuai HHWL.  
(Analisis Data, 2024)

### 3.11 Mendesain Kembali Mercu dengan Run-up Baru

Berdasarkan hasil *run-up* yang didapat karena menambah kemiringan bangunan sebelumnya, data *run-up* lama dan baru memiliki selisih perbedaan. Dengan data *run-up* dengan kemiringan bangunan  $30^\circ$  memiliki *run-up* yang lebih kecil. Berikut adalah desain mercu dengan *run-up* yang ditunjukkan pada Gambar 9.



**Gambar 9.** (a) Mercu Bangunan Sesuai MSL *Run-Up* Baru; (b) Mercu Bangunan Sesuai HHWL *Run-Up* Baru.  
(Analisis Data, 2024)

### 3.12 Penentuan Alternatif Masalah Overtoppng

Berdasarkan beberapa alternatif pemecahan masalah yang telah dianalisa, yaitu:

1. Penambahan tinggi jagaan sesuai tinggi HHWL dan MSL
2. Penambahan kemiringan bangunan menjadi  $30^\circ$
3. Desain kembali mercu sesuai dengan *run-up* HHWL dan MSL kemiringan bangunan  $27^\circ$
4. Desain kembali mercu sesuai dengan *run-up* HHWL dan MSL kemiringan bangunan  $30^\circ$   
(Kombinasi alternatif dengan poin 2)

Sehingga didapatkan alternatif yang tepat berupa desain kembali mercu sesuai dengan *run-up* HHWL dan MSL kemiringan bangunan  $30^\circ$  dikarenakan *run-up* lebih rendah dibandingkan pilihan lainnya dan desain mercu bisa mereduksi *run-up* secara signifikan serta mengurangi *overtopping* yang terjadi.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis didapatkan alternatif yang tepat mengenai pemecahan masalah *overtopping* yaitu desain kembali mercu sesuai dengan *run-up* HHWL 5.5894 m dan MSL 4.0650 m kemiringan bangunan  $30^\circ$ .

#### Referensi

- Bernadus, Jendry M. O., Jeffry D. Mamoto, & Nicolass J. A. Tangkudung. "Perencanaan Pengaman Pantai di Pantai Paerentek Kecamatan Lembean Timur." *Jurnal Sipil Statik Vol.21 No.85 Tahun 2023*
- CERC, 1984, *Shore Protection Manual, US Army Coastal Of Engineering Research Center (CERC)*, Washington. (SPM 1984) .
- Kaunang, Kevin , Tommy Jansen, & Arthur H. Thambas. "Evaluasi Kinerja Curved Seawall Terhadap Gelombang Pesisir di Kawasan Manado Town Square." *Jurnal TEKNO-SIPIL Vol.21 No.83 Tahun 202*.
- Liunsanda, Moses, J. D. Mamoto, & A. K. T. Dundu. "Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai di Pantai Pal Kabupaten Minahasa Utara." *Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.9 Tahun 2017*.
- Lumy, Renaldo W. , Jeffry D. Mamoto, & M. Ihsan Jasir. "Perencanaan Pengaman Pantai di Pantai Surabaya Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara." *Jurnal TEKNO-SIPIL Vol 21 No.85 Tahun 2023*.
- Manuel, Afridolin, M. Ihsan Jasir, & Jeffry D. Mamoto. "Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai pada Daerah Pantai Bulu Desa Rerer Kecamatan Kombi Kabupaten Minahasa." *Jurnal Sipil Statik Vol.5 No.6 Agustus Tahun 2017*.
- Massachusetts Office of Coastal Zone Management's (2013). *Repair and Reconstruction of Seawalls and Revetments*.
- Rorimpandey, Natania, M. Ihsan Jasir, & A. K. T. Dundu. "Perencanaan Pengamanan Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara." *Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.5 Tahun 2020*.
- Sambouw, Tessaleony M., Arthur H. Thambas, & Hansye J. Tawas. "Analisis Kinerja Breakwater Terhadap Gelombang Rayapan Di Daerah Pelabuhan Tumumpa." *Jurnal Sipil Statik Vol.21 No.85 Tahun 2023*
- Sutrisno, Jonathan, M. Ihsan Jasir, & Ariestides KT Dundu. "Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai di Desa Matani Satu Kecamatan Tumpa." *Jurnal TEKNO-SIPIL Vol.21 No.85 Tahun 2023*.
- Sumampouw, Faron V. H., Arthur H. Thambas, & M. Ihsan Jasir. "Perencanaan Pengaman Pantai di Pantai Bahoi Kecamatan Likupang Barat." *Jurnal TEKNO-SIPIL Vol.21 No.85 Tahun 2023*.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.