



Evaluasi Kinerja *Curved Seawall* Terhadap Gelombang Pesisir di Kawasan Manado Town Square

Kevin Kaunang^{#a}, Tommy Jansen^{#b}, Arthur H. Thambas^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^akvnkaunang@gmail.com, ^btommyjansen@yahoo.com, ^carthurthambas@unsrat.ac.id

Abstrak

Manado Town Square merupakan pusat perbelanjaan yang berada pada posisi 1°28'14.4" LU 124°49'48.9"BT di Teluk Manado dan menjadi tempat masyarakat untuk melakukan aktifitas sosial serta kegiatan pariwisata lainnya. Dalam penataan prasarana Manado Town Square, salah satu elemen yang sangat penting yaitu bangunan pengaman pantai dalam hal ini *Curved Seawall*. Tujuan dari penelitian ini ialah untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja bangunan pengaman pantai yang sudah ada dengan memperhitungkan gaya alam yang terdapat di sekitar pantai serta faktor lainnya untuk mengetahui kawasan tersebut aman atau tidak aman dari pengaruh *overtopping* gelombang. Penelitian ini menggunakan pendekatan langsung di lapangan serta memakai data sekunder berupa Data Angin, Data Pasang-Surut, dan Data Gelombang dengan periode 5 tahunan (2016-2020) yang diolah dengan Metode Admiralty periode 15 piantan. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, didapat Tinggi Gelombang (H) 4 meter, Periode Gelombang (T) 6 detik dan arah angin utama pada sisi Barat dengan periode ekstrim pada bulan Februari 2020 yang dapat menyebabkan adanya *overtopping* pada *curved seawall*. Dari analisa di lapangan terdapat 2 faktor utama penyebab *overtopping*, pertama, lereng depan/*slope* yang dibangun terlalu landai yaitu 27° (<30°), kedua, lereng depan/*slope* memiliki tingkat koefisien kekasaran Manning yang relatif rendah ($n=0.014$) ($n > 0.020$) karena menggunakan material unfinished concrete, hal tersebut dapat memicu terjadinya run-up gelombang yang bisa merusak sarana prasarana ataupun mengancam keberadaan disekitar *Curved Seawall*. Dapat disimpulkan bahwa *Curved Seawall* yang dibangun tidak aman dari pengaruh *overtopping* sehingga membutuhkan desain ulang serta pembangunan kembali berupa peninggian bangunan pengaman pantai

Keyword: Curved Seawall, Overtopping, bangunan pengaman pantai, Manado Town Square

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Daerah pesisir pantai merupakan tempat strategis bagi Manusia untuk melaksanakan kegiatan perdagangan, pemukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, perikanan, pertanian, pusat pemerintahan, pariwisata dan sebagainya. Pantai juga merupakan bagian dari lingkungan pesisir pantai yang dinamis dan selalu berubah. Sebagai daerah pesisir, Kota Manado memiliki nilai tambah khususnya dalam pengembangan area pantai baik dalam skala makro maupun mikro untuk menunjang pariwisata serta pusat perbelanjaan dan keramaian. *Manado Town Square 3* merupakan pusat perbelanjaan yang berada pada posisi 1°28'14.4" LU 124°49'48.9"BT di Teluk Manado dan menjadi tempat masyarakat untuk berkunjung ataupun melakukan kegiatan pariwisata lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kawasan pesisir pantai Manado Town Square harus dioptimalkan guna menjaga fungsi ekonomi dan pariwisata untuk Kota Manado. Demi mencapai tujuan tersebut, sarana dan prasarana yang ada harus mendukung. Sarana kegiatan pariwisata berupa bangunan *mall* yang sangat penting bagi perekonomian daerah. Sedangkan prasarana yang dibutuhkan salah satunya yaitu fasilitas yang memadai. Dalam penataan prasarana Manado Town Square 3, salah satu elemen yang sangat penting yaitu bangunan pengaman pantai dalam hal ini *Seawall*. Dimana fungsi *Seawall* untuk membelokkan energi gelombang yang

datang ke arah atas dan menjauh dari bagian bawah *Seawall*, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi gerusan di dasar dinding. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian dengan judul ‘*Evaluasi Kinerja Curved Seawall Terhadap Gelombang Pesisir di Kawasan Manado Town Square*’.

1.2 Rumusan masalah

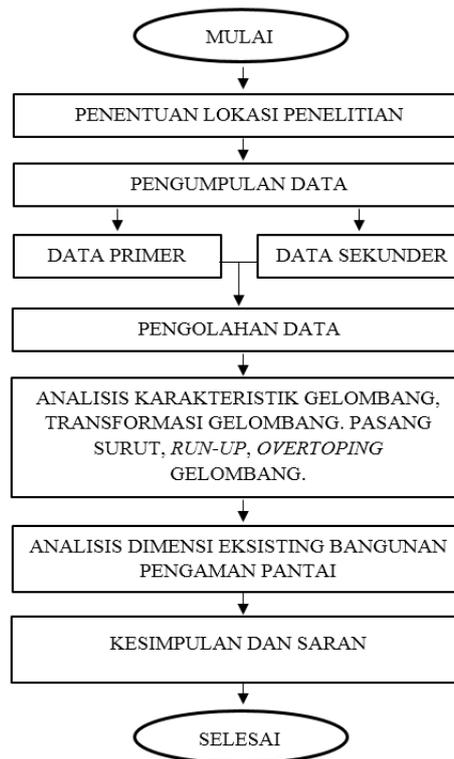
Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan di atas maka akan dilakukan evaluasi terhadap kinerja bangunan pengaman pantai yang sudah ada dengan memperhitungkan gaya alam yang terdapat di sekitar pantai untuk mengetahui kawasan tersebut aman/tidak aman dari pengaruh gelombang.

1.3 Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah *Curved Seawall* yang berada di Manado Town Square bersifat aman atau tidak aman terhadap pengaruh *overtopping* serta mengetahui penyebab terjadinya *overtopping* pada *Curved Seawall* Manado Town Square secara mendalam.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisa, dengan tahapan penelitian sebagai berikut.



Gambar 1. Bagan Alir

3. Hasil dan Pembahasan.

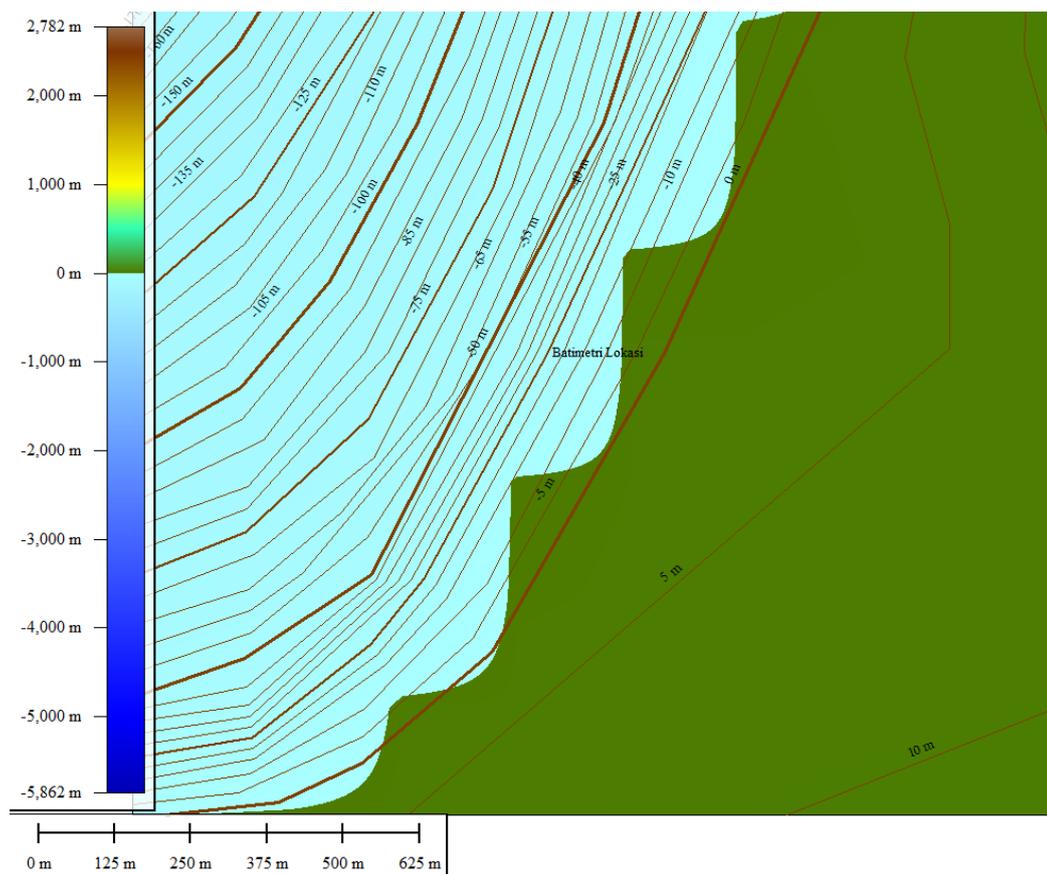
3.1 Lokasi Penelitian & Peta Batimetri

Lokasi penelitian berada di Kawasan Manado *Town Square*, Kota Manado, Sulawesi Utara. Lokasi penelitian ditunjukkan pada Gambar 2. Data Angin dan Data Gelombang dalam lokasi penyelidikan diperoleh melalui BMKG Maritim Bitung, serta Data Pasang-Surut diperoleh

melalui LANTAMAL VIII Manado dengan ketiganya menggunakan periode 5 tahunan (2016-2020). Peta Batimetri dilampirkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Lokasi Penelitian



Gambar 3. Peta Batimetri

3.2 Pengolahan Data Angin, Data Gelombang & Data Pasang-Surut

Pengolahan Data Angin, Gelombang, dan Pasang-Surut perlu dihitung terlebih dulu sebelum digunakan. Pengolahan menggunakan bantuan program *Microsoft Excel*. Hasil pengolahan data Angin, Gelombang, dan Pasang-surut akan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Pasang Surut

No	Tanggal	Jam																							Jumlah Bacaan	Bacaan Rerata/jam	
		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	1/2/2020	0.8	0.7	0.9	1.3	1.8	2.2	2.4	2.4	2.1	1.8	1.4	1.1	1.0	1.2	1.6	2.1	2.7	3.2	3.5	3.4	3.1	2.5	1.9	1.3	46.4	1.93
2	2/2/2020	1.0	0.6	0.7	1.0	1.5	1.9	2.3	2.4	2.2	1.9	1.6	1.2	1.0	1.1	1.4	1.9	2.5	3.0	3.4	3.5	3.4	2.9	2.3	1.6	46.3	1.93
3	3/2/2020	1.4	0.7	0.6	0.8	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	2.8	3.2	3.5	3.5	3.2	2.6	2.0	46.3	1.93
4	4/2/2020	1.8	0.9	0.7	0.7	1.0	1.4	1.8	2.1	2.3	2.2	2.0	1.6	1.3	1.1	1.1	1.4	1.8	2.4	2.9	3.3	3.4	3.3	2.9	2.4	45.8	1.91
5	5/2/2020	2.2	1.2	0.8	0.7	0.8	1.1	1.5	1.9	2.1	2.2	2.1	1.9	1.6	1.3	1.2	1.3	1.6	2.0	2.5	2.9	3.2	3.3	3.1	2.7	45.2	1.88
6	6/2/2020	2.5	1.6	1.2	0.9	0.8	1.0	1.2	1.6	1.9	2.1	2.2	2.1	1.9	1.6	1.5	1.4	1.5	1.7	2.1	2.5	2.8	3.0	3.0	2.8	44.9	1.87
7	7/2/2020	2.7	2.0	1.6	1.2	1.0	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.1	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.6	1.6	2.8	2.1	2.4	2.6	2.8	2.8	45.8	1.91
8	8/2/2020	2.6	2.4	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	1.1	1.3	1.6	1.9	2.1	2.3	2.2	2.0	1.8	1.7	1.6	1.7	1.9	2.1	2.4	2.5	2.4	44.5	1.85
9	9/2/2020	2.3	2.5	2.3	2.0	1.7	1.3	1.1	1.0	1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.4	2.5	2.4	2.2	2.0	1.7	1.6	1.5	1.7	1.9	2.1	44.5	1.85
10	10/2/2020	1.9	2.5	2.5	2.3	2.1	1.7	1.4	1.1	1.0	1.1	1.3	1.7	2.1	2.5	2.7	2.8	2.6	2.4	2.0	1.7	1.4	1.3	1.4	1.6	45.1	1.88
11	11/2/2020	1.4	2.2	2.4	2.5	2.4	2.1	1.7	1.3	1.1	0.9	1.0	1.3	1.8	2.3	2.7	3.0	3.0	2.8	2.5	2.0	1.5	1.2	1.0	1.1	45.2	1.88
12	12/2/2020	0.9	1.8	2.2	2.5	2.6	2.4	2.1	1.7	1.3	1.0	0.9	1.0	1.4	2.0	2.6	3.0	3.3	3.2	2.9	2.4	1.8	1.3	0.9	0.8	46	1.92
13	13/2/2020	0.6	1.3	1.7	2.2	2.6	2.6	2.4	2.1	1.6	1.2	0.9	0.9	1.1	1.6	2.2	2.9	3.3	3.5	3.4	2.9	2.3	1.6	1.0	0.7	46.6	1.94
14	14/2/2020	0.5	0.8	1.2	1.8	2.3	2.6	2.6	2.4	2.0	1.5	1.1	0.9	0.9	1.3	1.9	2.6	3.2	3.5	3.6	3.3	2.8	2.1	1.3	0.8	47	1.95
15	15/2/2020	0.6	0.5	0.8	1.3	1.9	2.3	2.6	2.5	2.3	1.8	1.3	1.0	0.9	1.0	1.5	2.2	2.8	3.4	3.7	3.6	3.2	2.6	1.8	1.0	46.6	1.94

3.3 Perhitungan Pasang-Surut

Data yang diolah merupakan data mentah dari pengukuran pasang surut di Manado Town Square, Sulawesi Utara selama 15 hari dalam interval waktu 1 jam yang diperoleh dari Pangkalan Utama TNI AL VIII Kairagi. Hasil analisis akan ditampilkan pada Tabel 2, Tabel 3 dan Gambar 4.

Tabel 2. Penentuan HHWL & LLWL

Keterangan	
Air Tertinggi	370 cm
Air Terendah	50 cm

Tabel 3. Hasil Perhitungan

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A cm	190	85	41	13	37	24	1	17	11	12
g ^o	0.00	106.62	203.08	238.59	350.88	62.10	111.96	285.77	203.08	350.88

3.4 Penentuan Tipe Pasang-Surut

Berdasarkan komponen-komponen Pasang Surut yang didapat dari hasil analisis dengan menggunakan metode *Admiralty* maka dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di Manado Town Square dengan menggunakan angka pasang surut "F" (*tide form number "Formzahl"*). Dimana F ditentukan pada Gambar 5. Didapat Pasang-Surut termasuk tipe Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda (*mixed tide prevealling semi diurnal*) dengan nilai $0.25 < F \leq 1.5$, dimana $F = 0.35$

3.5 Penentuan Elevasi Muka Air Laut

Tabel 4. Penentuan Elevasi Muka Air Laut

Elevasi Muka Air	Satuan	Data
HHWL	cm	370
MHWL	cm	296.38
MSL	cm	190
MLWL	cm	84.45
LLWL	cm	50
Range	cm	211.92

3.6 Analisa Data Angin

Analisa data angin harian selama tahun 2016 sampai dengan 2020. Hasil analisa data angin pada Tabel 5 kemudian dilakukan perhitungan faktor tegangan angin untuk mendapatkan nilai UA (perhitungan pada data angin satu tahun tahun 2020) pada Tabel 6

Tabel 5. Analisa Data Angin

BULAN	2016			2017			2018			2019			2020		
	H (m)	T (det)	ARAH												
JANUARI	3.000	6.000	W	3.000	6.000	W	2.000	4.000	NW	3.000	5.000	NW	3.000	5.000	NW
FEBRUARI	3.000	6.000	W	4.000	6.000	W	3.000	5.000	NW	4.000	5.000	NW	4.000	6.000	NW
MARET	3.000	6.000	W	3.000	5.000	NW	3.000	5.000	N	3.000	5.000	NW	3.000	5.000	NW
APRIL	2.000	4.000	W	2.000	4.000	W	2.000	4.000	W	2.000	5.000	NW	2.000	4.000	NW
MEI	2.000	4.000	NW	1.000	3.000	W	2.000	3.000	W	2.000	3.000	W	2.000	3.000	NW
JUNI	2.000	4.000	W	2.000	4.000	W	2.000	3.000	W	2.000	3.000	W	1.000	3.000	W
JULI	2.000	3.000	W	2.000	4.000	W	2.000	4.000	W	2.000	4.000	W	1.000	3.000	W
AGUSTUS	2.000	4.000	W	2.000	3.000	W	2.000	4.000	W	3.000	5.000	W	2.000	4.000	W
SEPTEMBER	2.000	4.000	N	2.000	3.000	W	2.000	4.000	NW	3.000	6.000	W	2.000	3.000	W
OKTOBER	2.000	4.000	W	2.000	4.000	NW	2.000	4.000	W	2.000	3.000	W	2.000	4.000	W
NOVEMBER	2.000	4.000	W	2.000	4.000	NW	2.000	5.000	W	2.000	4.000	W	2.000	4.000	W
DESEMBER	2.000	5.000	W	3.000	5.000	NW	3.000	6.000	W	2.000	4.000	W	2.000	5.000	W
Max	2.000	4.000	N	0.000	0.000	N	3.000	5.000	N	0.000	0.000	N	0.000	0.000	N
	2.000	4.000	NW	3.000	5.000	NW	4.000	6.000	NW	4.000	8.000	NW	4.000	8.000	NW
	2.000	5.000	W	4.000	7.000	W	3.000	6.000	W	3.000	6.000	W	2.000	5.000	W

Tabel 6. Perhitungan Faktor Tegangan Angin Tahun 2020

Perhitungan Wind Stress Factor Pada Tahun 2020					Z = ±	10
					RT	1.1
Bulan	Arah	Uz	Uz (BULAT)	$U_{10} = Uz \left(\frac{10}{Z} \right)^{\frac{1}{7}}$	R _L	U _A = R _T · R _L · U ₁₀
2020						
Januari	NW	5.000	5	4.27	1.41	6.63
Februari	NW	6.000	6	5.13	1.34	7.56
Maret	NW	5.000	5	4.27	1.41	6.63
April	NW	4.000	4	3.42	1.5	5.64
Mei	NW	3.000	3	2.56	1.61	4.54
Juni	W	3.000	3	2.56	1.61	4.54
Juli	W	3.000	3	2.56	1.61	4.54
Agustus	W	4.000	4	3.42	1.5	5.64
September	W	3.000	3	2.56	1.61	4.54
Oktober	W	4.000	4	3.42	1.5	5.64
November	W	4.000	4	3.42	1.5	5.64
Desember	W	5.000	5	4.27	1.41	6.63

3.7 Hindcasting Gelombang

Hindcasting Gelombang Manado Town Square dilampirkan pada Gambar 6. Gambar interpretasi *Fetch* dan hasil perhitungan untuk lokasi penelitian di *Manado Town Square* ditampilkan dalam Tabel 7 dan Tabel 8. Didapat arah Barat paling maksimum dengan Tinggi Gelombang (H) 4 meter & Periode Gelombang (T) 6 detik.

Tabel 7. Perhitungan Fetch 8 Mata Angin

PERHITUNGAN FETCH						
Arah Mata Angin	(α)	Jarak Sebenarnya (m)	Jarak Sebenarnya (km)	Fcos(α)	cos(α)	Feff (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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	
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	19370	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

Tabel 8. Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Gelombang

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

3.8 Penyebab Terjadinya Overtopping Pada Curved Seawall Manado Town Square

Di dalam perancangan seawall perlu diusahakan agar kriteria keamanan dapat dipenuhi dengan melakukan optimasi. Optimasi dapat dilakukan dengan cara memilih: (1) sudut lereng bangunan yang tepat, (2) memilih jari-jari (R), lengkung reflektor gelombang yang efektif, dan (3) memilih menggunakan atau tanpa kekerasan lereng dengan blok beton (k) sehingga didapatkan nilai rayapan gelombang yang kecil (Kr) dan tembok laut dapat efektif menghancurkan energi gelombang

3.9 Dimensi Curved Seawall Manado Town Square

Dari pengamatan dan pengukuran di lapangan, Curved Seawall Manado Town Square memiliki dimensi dengan Lebar bangunan dari sempadan pantai 4.6 m, Tinggi bangunan dari sempadan pantai 3.72 m, Lebar mercu 0.8 m, dan Panjang kurva cekung sebesar 1.3 m.

3.10 Kelandaian Slope Curved Seawall

Dari data di lapangan, Curved Seawall Manado Town Square memiliki lebar 4.6 m dan tinggi 3.1 m, setelah dilakukan perhitungan maka didapatkan hasil 1.48388:1 (27°), dari hasil ini bisa disimpulkan bahwa kemiringan *slope Curved Seawall* yang ada tidak sesuai dengan syarat aman (30°) yang dapat memicu *run-up* gelombang sehingga terjadi *overtopping*.

3.11 Kekasaran Slope Curved Seawall

Permukaan yang kasar dapat memecah gelombang lebih efektif dibandingkan dengan permukaan yang halus. Semestinya pada slope seawall & revetment tidak boleh menggunakan semen sebagai pengikat, karena dapat memperhalus permukaan (Massachusetts Office of Coastal Zone Management's (CZM), 2013). *Chinking* (Mengisi celah dengan batu) dapat digunakan untuk memaksimalkan kestabilan *slope* yang ada. Hindari mengisi celah dengan batuan kecil karena dapat mengurangi *wave dissipation* serta dapat menjadi proyektil berbahaya saat badai.

Semakin tinggi nilai kekasaran Manning menyebabkan lebih rendahnya pengaruh *overtopping*. Nilai kekasaran Manning yang ideal untuk bangunan revetment & sloped seawall

berada pada $n = >0.020$ (Minimum) (Manning's roughness coefficient in SWASH – Flanders Research Belgium, 2020)

Dari hasil pengamatan dilapangan, permukaan slope yang ada cenderung kurang halus dengan material pengikat beton, hal ini dapat menyebabkan kurangnya kemampuan slope untuk dapat memecah gelombang dengan maksimal.

3.12 Tinjauan Curved Seawall Manado Town Square

Pada tinjauan yang telah dilakukan diketahui bahwa *Curved Seawall* mempunyai mercu tembok laut dilengkapi dengan alat pemantul gelombang (wave reflector). Dengan adanya wave reflector, gelombang akan dipantulkan kembali kelaut, dan tidak mengganggu fasilitas yang berada dibalik tembok. Sehingga seawall tidak memerlukan mercu bangunan yang tinggi. Dijabarkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Gelombang

Struktur Desain Saat Ini	Tinjauan Desain Curved Seawall
1. <i>Curved Seawall</i> berdinding miring. Kemiringan <i>slope</i> terlalu landai.	1. Untuk mencegah terjadinya <i>run-up</i> gelombang maka diperlukan penyesuaian terhadap <i>slope</i> depan <i>seawall</i> untuk memiliki sudut lebih besar (vertikal).
2. Tekstur <i>slope</i> tidak memenuhi ketentuan (terlalu halus) yang kemudian dapat memicu <i>run-up</i> gelombang berlebih	2. Memperbaiki kekasaran lereng dengan beton buatan (k) sehingga didapatkan nilai rayapan gelombang yang kecil (K_r) dan tembok laut dapat efektif menghancurkan energi gelombang
3. Pada beberapa bagian lereng terdapat patahan sehingga menyebabkan <i>overtopping</i> lebih dahulu sebelum mencapai kurva cekung.	3. Memperbaiki dengan menyamakan kemiringan lereng sehingga <i>run-up</i> gelombang dapat terpantulkan kembali oleh kurva cekung.

4. Kesimpulan

Dari analisa di lapangan terdapat 2 faktor utama yang menyebabkan Curved Seawall tidak aman dari pengaruh *overtopping* pada bulan-bulan dengan cuaca ekstrim, pertama, lereng depan/slope yang dibangun terlalu landai yaitu 27° dan tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh *Massachusetts Office of Coastal Zone Management* yaitu harus melebihi $>30^\circ$, kedua, lereng depan/slope memiliki tingkat koefisien kekasaran Manning yang relatif rendah ($n=0.014$) dan tidak sesuai dengan ketentuan sesuai yang tertulis di *Manning's roughness coefficient in SWASH – Flanders Research Belgium* yaitu koefisien kekasaran Manning harus $n = >0.020$, oleh karena menggunakan material berbentuk *unfinished concrete*, hal tersebut dapat memicu terjadinya *run-up* gelombang yang bisa merusak sarana prasarana ataupun mengancam keberadaan di sekitar area Manado Town Square. Dapat disimpulkan bagi pihak Manajemen Manado Town Square untuk mempertimbangkan adanya peninggian Curved Seawall yang sudah dibangun, dan untuk peneliti selanjutnya untuk menghitung analisis tinggi Seawall yang sesuai agar tidak mengalami *overtopping*, serta menggunakan Data Angin, Gelombang, dan Pasang-Surut dengan periode ulang 10 tahunan.

Referensi

- Bambang Triatmodjo (1999). Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo (2010). Perencanaan Pelabuhan, Beta Offset, Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo (2012). Perencanaan Bangunan Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- Massachusetts Office of Coastal Zone Management's (2013). Repair and Reconstruction of Seawalls and Revetments.
- Flanders Research Belgium (2020). Manning's roughness coefficient in SWASH.
- Azis, M. F. (2006). Gerak Air Laut, Oseana Volume XXXI, Nomor 4.
- Nur Yuwono (1992). Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II.
- US Army Coastal of Engineering Research Center (CERC) (1984). SPM Washington.
- Alex Binilang (2014). Analisis Karakteristik Gelombang Di Pantai Kecamatan Belang Kabupaten Minahasa Tenggara. TEKNO SIPIL Volume XII.
- Leuwol E. C., N. Retraubun & C. Joseph (2021). Analisis Tinggi Revetment Dengan Dimensi Yang Sesuai Agar Tidak Mengalami Overtopping Di Negeri Rutah Kecamatan Amahai Kabupaten Maluku Tengah. Jurnal Manumata Volume VII. Universitas Kristen Indonesia Maluku.
- W. Bunganaen, Manafe W. M. & Nasjono J. K. (2019). Karakteristik Gelombang Pecah Menggunakan Metode Hindcasting Di Pantai Namosain Kota Kupang. Jurnal Teknik Sipil Volume VIII
- Samudra A. R., Jasin M. I. & F. Halim (2018) Evaluasi Kinerja Breakwater Terhadap Gelombang Di Kawasan Pelabuhan Manado. Jurnal Sipil Statik Volume VI.