

Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Di Desa Pesisir Besuki Kabupaten Situbondo

Sabda Alam Akbar¹⁾, Retno Utami Agung Wiyono²⁾, Entin Hidayah³⁾

Universitas Jember, Jl. Kalimantan No.37 Kampus Tegal Boto, Krajan Timur Sumbersari, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember

Email: sabdaalamakbar@gmail.com¹⁾, retnoutami@unej.ac.id²⁾, entin.teknik@unej.ac.id³⁾

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v13i1.816>

(Received: August 2022 / Revised: January 2023 / Accepted: February 2023)

Abstrak

Desa Pesisir yang terletak di Timur Pelabuhan Besuki Kabupaten Situbondo mengalami tangkis jebol dan rusak sepanjang 450 meter akibat diterjang gelombang laut. Angin kencang dan ombak besar yang menerjang tangkis pada 28 Januari 2021 itu mengakibatkan tangkis hancur di beberapa titik sepanjang garis pantai. Penelitian ini direncanakan 2 alternatif pelindung pantai yaitu *revetment* dan *seawall* sebagai perbandingan bangunan pelindung pantai yang cocok di Desa Pesisir Besuki untuk mengatasi permasalahan yang terjadi. Hasil perhitungan dimensi untuk bangunan *revetment* yaitu elevasi puncak sebesar 5.90 m dan lebar yaitu 2.13 dan dimensi *seawall* yang didapat yaitu tinggi puncak bangunan yaitu 6.10 m dan lebar 2.55 m. Total Rencana Anggaran Biaya (RAB) perencanaan kedua alternatif bangunan yaitu *revetment* blok beton 3B sebesar Rp. 59,699,911,000.00 dan *seawall* sebesar Rp. 59,350,778,000.00 dan dipilih *seawall* sebagai alternatif solusi bangunan pelindung pantai di Desa Pesisir Besuki Kabupaten Situbondo.

Kata kunci: *abrasi, revetment, seawall, pantai.*

Abstract

Pesisir village is located east of Besuki Harbor, Situbondo Regency, experienced a 450-meter being hit by sea waves. Strong winds and big waves that hit the seawall on January 28, 2021 caused the seawall to be destroyed at several points along the coastline. This study plans 2 alternative coastal protection, namely *revetment* and *seawall* as a comparison of suitable coastal protection buildings in Village Pesisir Besuki to overcome the problems that occur. The results of the calculation of dimensions for the *revetment* building are the peak elevation 5.90 m and the width 2.13 m and the dimensions of the *seawall* obtained are the peak height of the building which is 6.10 m and width is 2.55 m. The Total Budget Plan (RAB) for the planning of the two alternative buildings, namely the 3B concrete block *revetment*, is Rp. 59,699,911,000.00 and a *seawall* of Rp. 59,350,778,000.00 and selected *seawall* as an alternative solution for coastal protection buildings in Village Pesisir Besuki, Situbondo Regency.

Keywords: *abrasion, revetment, seawall, beach.*

1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki garis pantai terpanjang di dunia yaitu sepanjang 95.181 km (Susanti, 2018). Pantai memiliki peran penting untuk perkembangan ekonomi dan menjadi tempat untuk aktivitas manusia seperti industri, rekreasi dan aktivitas perekonomian lainnya (Mulder dkk., 2011). Pantai akan mengalami kerusakan seperti abrasi atau erosi yang disebabkan oleh faktor alam maupun faktor campur tangan manusia (Fadilah dkk., 2013). Diperkirakan pantai terus mengalami erosi sebesar 0,6 meter setiap tahunnya di seluruh dunia (El-Mahdy dkk., 2022). Beberapa faktor alam bisa menimbulkan abrasi yang akan menyebabkan mundurnya garis pantai akibat adanya pergerakan sedimen pada garis pantai sehingga sedimen berupa pasir atau lumpur ini berpindah ke tempat lain (Hakim dkk., 2012).

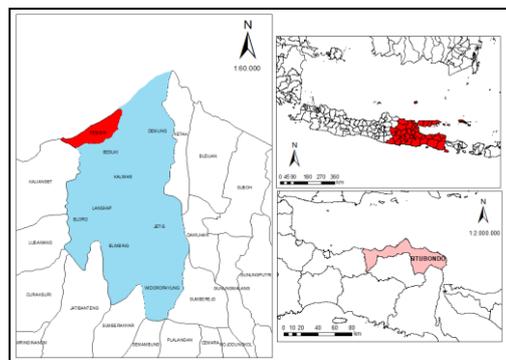
Faktor alam seperti perubahan iklim menjadi penyebab utama kenaikan permukaan air laut dan menyebabkan gelombang tinggi yang ekstrim berdampak pada daerah pantai (Mori dkk., 2010). Cuaca ekstrem yang terjadi di Desa Pesisir Kecamatan Besuki Kabupaten Situbondo pada awal tahun 2021 mengakibatkan tangkis sepanjang 450 meter mengalami jebol dan rusak. Angin kencang dan ombak besar yang menerjang tangkis pada 28 Januari 2021 itu mengakibatkan tangkis hancur di beberapa titik sepanjang garis pantai (Dasuqi, 2021).

Alternatif penanggulangan permasalahan pantai dibutuhkan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan membuat bangunan pelindung pantai (Triatmodjo, 2020). *Revetment* dan *seawall* dipilih untuk dijadikan perbandingan alternatif bangunan yang cocok di Desa Pesisir Besuki Situbondo. *Revetment* merupakan bangunan dipinggir pantai yang dipilih karena efektif mengurangi limpasan gelombang secara signifikan (Saengsupavanich, 2017). *Seawall* merupakan jenis bangunan pelindung pantai yang bekerja dengan cara memantulkan gelombang datang dari laut kemudian kembali lagi ke lautan, sehingga mengurangi energi gelombang (Vijayaraghavan dkk., 2018). Penelitian ini memuat tentang perencanaan pelindung pantai di Desa Pesisir Besuki Kabupaten Situbondo berupa perencanaan dimensi, stabilitas, dan Rencana Anggaran Biaya (RAB).

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Dusun Mandaran Desa Pesisir Kecamatan Besuki, Kabupaten Situbondo, Jawa Timur seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi penelitian (Arcmap, 2022)

2.2 Data yang digunakan

Tabel 1 menunjukkan data-data yang dibutuhkan dan sumber data yang diperoleh.

Tabel 1 Jenis dan sumber data

No	Data	Tanggal	Sumber
1	Angin	1 Januari 2011 – 31 Desember 2021	Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Perak (Data online BMKG) https://dataonline.bmkg.go.id/dashboard_user
2	Pasang Surut	1 Februari 2022 – 1 Maret 2022	Badan Informasi Geospasial (Data Online BIG) http://ina-sealevelmonitoring.big.go.id/ipasut
3	Batimetri	30 Januari 2022	National Oceanography Centre https://download.gebco.net/
4	Analisa Harga Satuan Pekerjaan	16 Juni 2022	Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) Kabupaten Situbondo

2.3 Analisis Gelombang

Hembusan angin dapat menyebabkan terbentuknya gelombang di lautan karena angin memindahkan energinya ke lautan. Hal ini akan menimbulkan riak gelombang (Aldin dkk., 2015). Data angin yang diperoleh kemudian diinput menjadi *windrose*. Setelah menentukan arah angin dominan, data tersebut kemudian diolah untuk menentukan panjang *fetch* menggunakan persamaan berikut (Triatmodjo, 2020):

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (1)$$

Keterangan:

F_{eff} = fetch efektif

X = panjang fetch

Peramalan gelombang dengan memasukkan komponen *fetch* dan nilai *wind stress factor* (U_A), ke dalam grafik peramalan gelombang diketahui nilai tinggi dan periode gelombang (Triatmodjo, 2020):

$$U_A = 0,71 V_W^{1,23} \quad (2)$$

Keterangan:

V_W = kecepatan angin setelah dilakukan koreksi dan konversi

U_A = *wind stress factor*

Perhitungan pasang surut dilakukan untuk mengetahui elevasi muka air. Pasang surut merupakan proses naik dan turunnya muka air laut yang bergerak secara teratur akibat adanya gravitasi bulan dan matahari (Agung, 2018). Analisis pasang surut menggunakan metode *admiralty*.

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah, akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam

disekitar lokasi gelombang pecah, dari titik di mana gelombang pecah, permukaan air merata miring ke atas kearah pantai. Naiknya muka air laut disebut wave set up. Perhitungan *wave set-up* ini menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Sw = 0.19 \left[1 - 2.82 \sqrt{\frac{Hb}{gT^2}} \right] Hb \quad (3)$$

Keterangan:

Sw = Wave set up

Hb = tinggi gelombang pecah

2.4 Elevasi muka air laut rencana

Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter yang penting dalam perencanaan. *Design Water Level* (DWL) didapat dari penjumlahan beberapa parameter kenaikan air laut antara lain elevasi pasut, tsunami, gelombang (*wave set-up*), angin (*wind set-up*), serta akibat perubahan suhu global (Triatmodjo, 1999).

Perhitungan elevasi muka air rencana menggunakan parameter seperti tinggi elevasi air laut tertinggi, kenaikan muka air karena gelombang, dan kenaikan muka air karena pemanasan global seperti persamaan berikut:

$$DWL = HHWL + SW + SLR \quad (4)$$

Keterangan:

DWL = Design water level (elevasi muka air rencana)

HHWL = Higher high water level (Muka air tinggi tertinggi)

Sw = Wave set-up

SLR = Sea Level Rise (Kenaikan elevasi muka air laut karena pemanasan global)

2.5 Perhitungan dimensi

Perhitungan dimensi terdiri dari kemiringan bangunan, elevasi puncak, berat unit armor, tebal lapisan pelindung dan lebar puncak bangunan pelindung.

1. Kemiringan bangunan

Penentuan kemiringan bangunan pelindung pantai menggunakan perbandingan antara jarak vertikal terhadap jarak horizontal bangunan. Setiap jarak 1 meter pada bagian vertikal maka jarak tertentu pada bagian horizontal akan terbentuk dan kemiringan bangunan juga terbentuk

2. Elevasi Puncak

Perhitungan elevasi puncak mempertimbangkan beberapa parameter seperti elevasi muka air rencana (DWL), tinggi rayapan (*Ru*), dan ketinggian tambahan. Elevasi puncak dirancang untuk mencegah limpasan gelombang masuk ke belakang bangunan (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2021).

$$\text{Elevasi Puncak} = DWL + Ru + \quad (5)$$

Keterangan: DWL (*Design water level*) atau elevasi muka air rencana (m), *Ru* (*run up*) atau tinggi rayapan gelombang (m) dan F (*freeboard*, tinggi tambahan untuk kebebasan (0,5-1,0 m).

3. Berat Unit Armor

Perhitungan berat unit lapisan dirujuk berdasarkan pada persamaan Hudson. Persamaan (4) merupakan perhitungan berat unit armor bangunan (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2021).

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_{air}} - 1 \right)^3 \cot \theta} \quad (6)$$

Keterangan: W berat armor (ton), γ_r berat jenis armor (ton/m^3), γ_{air} berat jenis laut ($1.025 - 1.03 \text{ ton}/\text{m}^3$), K_D koefisien stabilitas, H tinggi gelombang rencana (m), dan $\cot \theta$ sudut kemiringan bangunan ($^\circ$).

4. Perhitungan Tebal Lapis Pelindung

Perhitungan tebal lapisan menggunakan persamaan (5) (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2021).

$$t = m \times k_{\Delta} \times \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \quad (7)$$

Keterangan: t adalah tebal lapis pelindung (m), m adalah jumlah lapis batu dalam lapis pelindung, k_{Δ} koefisien lapis, W berat armor (ton), dan γ_r berat jenis armor (ton/m^3).

5. Lebar Puncak Bangunan Pelindung

Penentuan lebar puncak bangunan pelindung berdasarkan persamaan (8) (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2021).

$$B = n \times k_{\Delta} \times \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3} \quad (8)$$

Keterangan: B adalah lebar puncak bangunan (m), n adalah jumlah butir batu, k_{Δ} koefisien lapis, W berat armor (ton), dan γ_r berat jenis armor (ton/m^3).

2.6 Perhitungan Stabilitas Bangunan Pelindung Pantai

Stabilitas bangunan pelindung pantai diperhitungkan terhadap stabilitas guling (*overturning*), stabilitas geser (*sliding*) dan stabilitas daya dukung tanah (*bearing capacity*)

1. Stabilitas terhadap guling (*overturning*)

Struktur bangunan pantai tentu akan mengalami tekanan yang bisa menyebabkan bangunan berotasi. Tekanan ini akan menyebabkan perubahan momen gerak pada satu sisi bangunan. Tekanan yang diakibatkan oleh tanah lateral di belakang dinding akan cenderung menggulingkan pusat rotasi di ujung kaki depan. Sementara itu, berat sendiri dinding dan momen berat di atas tanah akan melawan momen penggulingan itu sendiri (Das, 2014).

$$FS(\text{overturning}) = \frac{\Sigma MV}{\Sigma MH} > 2 \quad (9)$$

Keterangan:

FS = faktor aman akibat daya dukung

ΣMV = Momen terhadap berat sendiri pondasi (tonm)

ΣMH = Momen terhadap tekanan tanah aktif (tonm)

2. Stabilitas terhadap geser (*sliding*)

Struktur pelindung pantai dapat bergeser akibat adanya tekanan tanah. Tekanan tanah ini menyebabkan longsor di dasar tanah karena gaya geraknya (Das, 2014).

$$FS(\text{sliding}) = \frac{\Sigma V}{\Sigma H} > 1.5 \quad (10)$$

Keterangan:

FS = faktor aman akibat daya dukung

ΣV = Gaya vertikal dari berat sendiri pondasi (ton)

ΣH = Gaya horizontal dari gaya gelombang dan hidrostatik (ton)

3. Stabilitas terhadap daya dukung tanah (*bearing capacity*)

Bangunan pelindung pantai akan menyebabkan tanah yang berada di bagian bawah mendapatkan tekanan. Oleh karena itu tanah harus mampu menahan tekanan dari berat sendiri bangunan. Tanah yang memiliki daya dukung yang lebih kecil dari beban yang diterimanya, maka bangunan pelindung pantai akan mengalami keruntuhan (Das, 2014).

$$FS(\textit{bearing capacity}) = \frac{q_u}{q_{max}} > 3 \quad (11)$$

Keterangan : FS adalah faktor aman akibat daya dukung, q_u adalah daya dukung ultimate (kg/m^2), dan q_{max} adalah daya dukung maksimum (kg/m^2).

2.7 Analisis Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya digunakan Standar Satuan Harga Bahan Bangunan dan Upah Tahun 2022 Kabupaten Situbondo dan menggunakan Permen PUPR No. 28 Tahun 2016 dan Kriteria Perencanaan Pantai 2021.

Perhitungan harga satuan per pekerjaan ini mengacu pada Analisa Harga Satuan yang ditetapkan oleh pemerintah Kabupaten Situbondo. Dalam perhitungan analisis harga satuan per pekerjaan, setiap pekerjaan dilakukan perhitungan untuk overhead dan profit sebesar 15%. Kemudian dilakukan perhitungan PPn (Pajak Pertambahan Nilai) sebesar 10% dari total anggaran biaya pembangunan.

3. Hasil dan Pembahasan

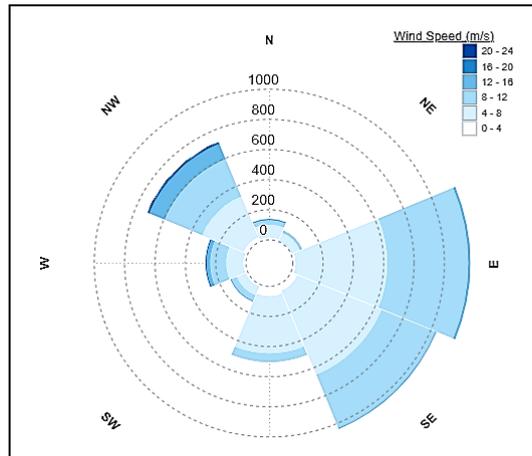
3.1 Analisis angin

Data angin yang telah dikumpulkan kemudian dikelompokkan berdasarkan kecepatan dan arah anginnya. Data angin yang sudah dikelompokkan kemudian digambarkan menjadi bentuk mawar angin atau *windrose*. Tabel 2 menunjukkan prosentase jumlah kejadian angin pada lokasi penelitian sepanjang tahun 2011-2021.

Tabel 2 Prosentase jumlah kejadian angin tahun 2011-2021

Arah	Kecepatan (m/s)						Total (%)
	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	
Utara (N)	0.37	2.10	0.72	0.25	0.00	0.00	3.44
Timur Laut (NE)	0.07	1.48	0.42	0.05	0.00	0.00	2.03
Timur (E)	0.47	14.91	13.20	0.40	0.00	0.00	28.97
Tenggara (SE)	1.11	14.91	9.44	0.22	0.00	0.00	25.69
Selatan (S)	1.61	9.37	1.48	0.02	0.00	0.00	12.48
Barat Daya (SW)	0.37	1.56	0.99	0.17	0.00	0.00	3.09
Barat (W)	0.40	2.82	2.57	0.62	0.17	0.00	6.58
Barat Laut (NW)	0.77	7.29	6.60	2.72	0.32	0.02	17.73
Total (%)	5.17	54.44	35.43	4.45	0.49	0.02	100.00

Hasil pengelompokan data angin didapat arah timur merupakan arah angin dominan yang terjadi pada lokasi penelitian dengan presentase angin sebesar 28,97%. Hasil pengelompokan data angin ini kemudian dilakukan penggambaran data angin selama 11 tahun dalam bentuk *windrose* seperti ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2 Mawar angin (*windrose*) di pantai Desa Pesisir Besuki Kabupaten Situbondo tahun 2011-2021

3.2 Perhitungan Fetch

Arah angin yang dominan terhadap daerah pembentukan gelombang (*fetch*) sepanjang tahun 2011 hingga 2021 yaitu angin dari arah timur, tenggara, selatan, barat dan barat laut kemudian dilakukan perhitungan menggunakan persamaan berdasarkan referensi dan hasil perhitungan disajikan seperti Tabel 3.

Tabel 3 Perhitungan *fetch* efektif

	Arah				
	Timur	Tenggara	Selatan	Barat	Barat Laut
Feff (km)	56.87	5.10	0.50	51.28	78.37

Tabel 3 menunjukkan perhitungan panjang *fetch* efektif pada setiap arah mata angin. Hasil perhitungan *fetch* efektif berdasarkan Tabel 3 didapat panjang *fetch* paling panjang sebesar 78.37 km berasal dari arah Barat Laut.

3.3 Periode Ulang Gelombang

Perhitungan periode ulang menggunakan distribusi Fisher Tippett 1 untuk meramalkan periode ulang gelombang dengan kala ulang 2, 5, 10, 25, 50 dan 100 tahun. Hasil perhitungan peramalan tinggi gelombang disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4 Perhitungan tinggi gelombang metode Fisher Tippett 1

Periode Ulang	yr	Hsr	σ_r	σ	Hsr-1.28 σ	Hsr+1.28 σ
Tahun		m			m	m
2	0.3665	1.4373	0.3477	0.0051	1.4307	1.4438
5	1.4999	1.5620	0.4904	0.0072	1.5528	1.5713
10	2.2504	1.6446	0.5849	0.0086	1.6336	1.6557
25	3.1985	1.7490	0.7043	0.0104	1.7357	1.7623
50	3.9019	1.8265	0.7928	0.0117	1.8115	1.8414
100	4.6001	1.9033	0.8808	0.0130	1.8867	1.9199

Hasil perhitungan tinggi gelombang periode ulang kemudian digunakan data tinggi gelombang periode ulang 25 tahun dengan tinggi 1,75 m sebagai acuan tinggi gelombang.

3.4 Pasang Surut

Analisis data pasang surut bertujuan untuk mengetahui kenaikan muka air laut. Data pasang surut air laut yang digunakan diperoleh dari stasiun pasang surut Probolinggo Jawa Timur dengan panjang pengamatan 1 Februari 2022 sampai 1 Maret 2022. Analisis data ini menggunakan metode *admiralty*. Tabel 5 menunjukkan tinggi elevasi untuk setiap level muka air pada lokasi penelitian.

Tabel 5 Elevasi pasut pantai desa Pesisir Besuki Kabupaten Situbondo

Level	Simbol	Hasil (cm)
Highest High Water Level	HHWL	303.36
Mean High Water Level	MHWL	252.07
Mean Sea Level	MSL	155.14
Mean Low Water Level	MLWL	58.20
Lowest Low Water Level	LLWL	6.91

3.5 Gelombang Pecah

Perhitungan gelombang pecah menggunakan beberapa parameter dalam perhitungannya seperti kedalaman air di depan bangunan (d_s), gravitasi (g), periode gelombang (T) dan kemiringan lereng pantai (m). Parameter ini dimasukkan ke dalam persamaan $\frac{d_s}{gT^2}$ didapat nilai 0.0084. Menggunakan grafik tinggi gelombang pecah rencana di bawah ini untuk nilai $\frac{d_s}{gT^2} = 0.0084$ dan nilai $m = 0.08$, maka diperoleh nilai $\frac{H_b}{d_s} = 1.13$.

Hasil perhitungan didapat nilai tinggi gelombang pecah (H_b) sebesar 3,49 m dan nilai ini digunakan untuk perhitungan *wave set up*.

3.6 Wave Set Up

Perhitungan *wave set-up* ini menggunakan persamaan (3) memperoleh hasil perhitungan *wave set up* dengan memasukkan nilai H_b sebesar 3,49 m, g sebesar 9.81 m/s^2 dan nilai T sebesar 6,14 detik maka didapatkan nilai *wave set up* sebesar 0,48 m.

3.7 Elevasi Muka Air Rencana

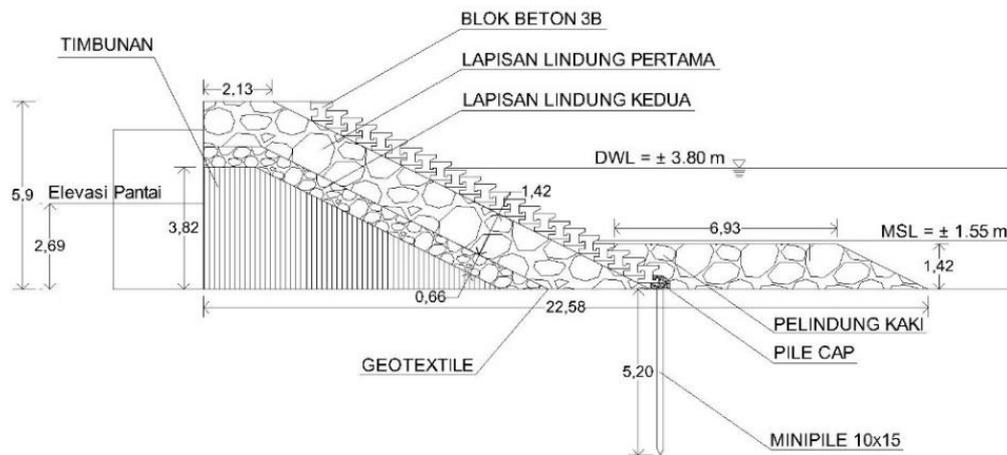
Perhitungan elevasi muka air rencana menggunakan parameter seperti tinggi elevasi air laut tertinggi, kenaikan muka air karena gelombang, dan kenaikan muka air karena pemanasan global dengan persamaan (4), nilai elevasi muka air laut rencana yang didapat sebesar 3.80 m. Elevasi muka air laut rencana atau *design water level* ini digunakan sebagai salah satu parameter perhitungan untuk menentukan tinggi puncak bangunan.

3.8 Perencanaan Dimensi

3.8.1 Revetment

Perencanaan *revetment* seperti diperlihatkan pada Gambar 3 merupakan *revetment* blok beton 3B berdasarkan hasil perhitungan dimensi bangunan. Hasil perhitungan dimensi *revetment* didapat dimensi bangunan seperti berikut:

Elevasi Puncak	: 5.90 m
Kemiringan	: 1 : 2
Lebar Puncak	: 2.13 m
Tebal lapisan Pertama	: 1.42 m
Tebal Lapisan Kedua	: 0.66 m
Tinggi Pelindung Kaki	: 1.42 m
Lebar Pelindung Kaki	: 6.93 m



Gambar 3 *Revetment* blok beton 3B

Stabilitas dengan perhitungan gaya dan momen yang bekerja pada *Revetment* diperlihatkan pada Tabel 6.

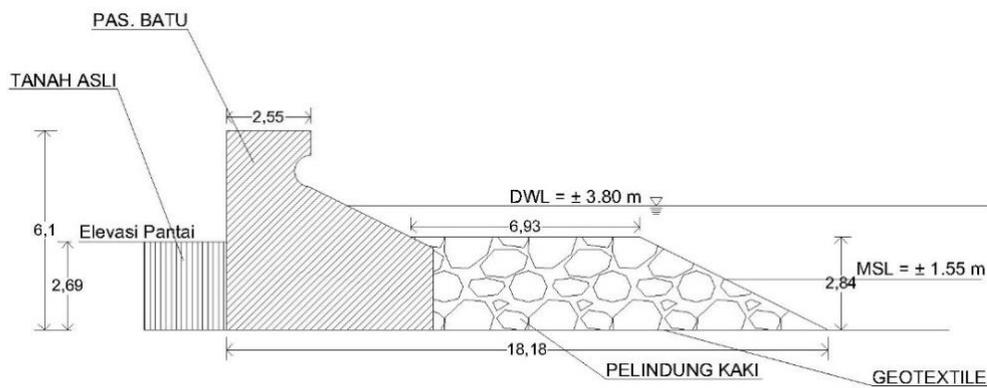
Tabel 6 Perhitungan gaya dan momen yang bekerja pada *revetment*

Gaya	Luas (m ²)	V (ton)	H (ton)	Lengan (m)	MV (tonm)	MH (tonm)
1	8.3824	21.79424		20.57	448.30752	
2	4.264	11.0864		17.19	190.57522	
3	8.41	21.866		17.05	372.8153	
4	7.946	20.6596		13.88	286.75525	
5	3.6975	9.6135		11.68	112.28568	
6	2.5418	6.60868		10.92	72.166786	
7	9.7696	25.40096		6.29	159.77204	
8	2.0235	5.2611		1.9	9.99609	
Rm			5.03			21.95
Rs			16.63			31.57
Pa			18.69			23.80
Pp			20.05			34.75
Ru		35.11			528.46	

3.9 Seawall

Perencanaan *Seawall* seperti diperlihatkan pada Gambar 4 menunjukkan *seawall* berdasarkan nilai dimensi. Hasil perhitungan dimensi *seawall* didapat dimensi bangunan seperti berikut:

- Elevasi Puncak : 6.10 m
- Kemiringan : 1:2
- Lebar Puncak : 2.55 m
- Tinggi Pelindung Kaki : 2.84 m
- Lebar Pelindung Kaki : 6.93 m



Gambar 4 Seawall

Stabilitas dengan perhitungan gaya dan momen yang bekerja pada *Seawall* diperlihatkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Perhitungan gaya dan momen pada *seawall*

Gaya	Luas (m ²)	V (ton)	H (ton)	Lengan (m)	Momen (tonm)	MH (tonm)
1	15.163	33.358		4.300	143.437	
2	2.280	5.016		2.010	10.083	
3	8.577	18.869		1.51	28.492	
Rm			5.03			21.95
Rs			16.63			31.57
Pa			9.27			8.31
Ru		8.66				32.16

3.10 Perhitungan Stabilitas Struktur

Perhitungan stabilitas struktur menggunakan beberapa parameter yang mempengaruhi kestabilan bangunan itu sendiri antara lain gaya dinamis (Rm), gaya hidrostatis (Rs), tekanan tanah lateral aktif (Pa), tekanan akibat pondasi (Pp), gaya angkat (Ru) serta berat bangunan sendiri. Berikut merupakan nilai-nilai gaya dan momen yang bekerja pada bangunan serta hasil perhitungan stabilitas bangunan pelindung pantai pada kedua struktur bangunan.

a. Stabilitas Guling

Perhitungan stabilitas guling pada bangunan dilakukan perbandingan antara jumlah momen penahan (ΣMV) seperti berat sendiri bangunan dengan jumlah momen yang menyebabkan penggulingan (ΣMH) seperti momen tekanan tanah, momen dinamis dan hidrostatik dan lain-lain. Perhitungan stabilitas guling dilakukan pada bangunan *seawall* sebesar 2.53 nilai ini memenuhi batas minimal nilai stabilitas guling yaitu 2, sehingga nilai stabilitas guling pada *seawall* ini memenuhi syarat batas minimal.

b. Stabilitas Geser

Perhitungan stabilitas geser pada bangunan dilakukan perbandingan antara jumlah gaya penahan geser (ΣV) seperti gaya berat sendiri bangunan dengan jumlah gaya yang menyebabkan bangunan mengalami pergeseran (ΣH) seperti gaya tekanan tanah, gaya dinamis dan hidrostatik, dan gaya pasif seperti pondasi cerucuk pada *revetment*. Hasil perhitungan stabilitas geser kedua bangunan didapatkan nilai stabilitas geser yaitu nilai stabilitas geser pada *revetment* sebesar 2.66 dan *seawall* sebesar 1.57. Nilai stabilitas geser kedua bangunan memenuhi batas minimal stabilitas geser yaitu 1.5

c. Stabilitas Daya Dukung Tanah

Stabilitas daya dukung tanah dihitung untuk mengetahui kestabilan tanah yang ada di bawah bangunan karena menerima tekanan dari berat bangunan yang ada di atasnya. Perhitungan daya dukung tanah digunakan data tanah yang diperoleh dari penelitian terdahulu (Intan, 2021). Penelitian terdahulu berlokasi di Desa Tanjung Kamal Kecamatan Mangaran Kabupaten Situbondo. Tabel 8 menunjukkan karakteristik tanah yang ada di lokasi penelitian berdasarkan data yang didapat dari penelitian terdahulu.

Tabel 8 Karakteristik tanah yang ada di lokasi penelitian

Bor No.	Kedalaman	GS	γ_m	γ_d	W	Void Ratio	Porosity	Direct Shear	
	(m)	(t/m ³)	(t/m ³)	(t/m ³)	(%)	(e)	(n)	C (kg/cm ²)	ϕ (°)
HB I	10.00 s/d 10.50	2.58	1.583	1.271	31.95	2.471	0.714	0.028	3.3 8

Hasil perhitungan stabilitas daya dukung tanah pada kedua bangunan didapat nilai masing-masing sebesar 4,85 dan 4,44 pada *revetment* dan *seawall*. Nilai kedua stabilitas daya dukung tanah ini memenuhi syarat minimal daya dukung tanah sebesar 3.

3.11 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan rencana anggaran biaya digunakan Standar Satuan Harga Bahan Bangunan dan Upah Tahun 2022 Kabupaten Situbondo. Dalam perhitungan RAB ini digunakan rekapitulasi Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Sumber Daya Air yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Kabupaten Situbondo dan menggunakan Permen PUPR No. 28 Tahun 2016 dan Kriteria Perencanaan Pantai 2021 sebagai acuan perhitungan. Tabel 9 merupakan uraian pekerjaan untuk pembangunan kedua struktur bangunan pelindung pantai.

Tabel 9 Uraian pekerjaan pembangunan *revetment* dan *seawall*

No.	REVETMENT	SEAWALL
I PEKERJAAN PERSIAPAN		
1.1	Mobilisasi dan Demobilisasi	Mobilisasi dan Demobilisasi
1.2	Direksi Keet, Gudang, dll	Direksi Keet, Gudang, dll
1.3	Pembersihan Lahan	Pembersihan Lahan
1.4	Papan Nama Proyek	Papan Nama Proyek
1.5	Pemasangan Profil	Pemasangan Profil
PEKERJAAN TUBUH BANGUNAN		
II Galian Tanah Berpasir		
2.1	Pemasangan Minipile	Pemasangan Geotextile
2.2	Pemasangan Geotextile	Pemasangan Batu Pelindung Kaki Ø 0.26 m W=20-30kg
2.3	Pemasangan Batu Pelindung Kaki Ø 0.26 m W=20-30kg	Pekerjaan Bekisting Pasangan Batu
2.4	Pekerjaan Bekisting Pile Cap	Pasangan Batu Kali (Mortar Tipe N)
2.5	Pekerjaan Beton K-200 Pile Cap	Timbunan Tanah Kembali
2.6	Pasangan Batu Pelindung Ø 0.88 m (2 Lapis) W=500-1000kg	
2.7	Pasangan Batu Pelindung Ø 0.41 m (2 Lapis) W=50-100kg	
2.8	Pemasangan Blok Beton 3B	
2.9	Pembuatan Bekisting Beton Pengunci	
2.1	Pembuatan Beton K-200 Pengunci	
2.11	Timbunan Tanah Kembali	

Hasil perhitungan rencana anggaran biaya untuk tipe bangunan pelindung pantai *revetment* blok beton 3B dengan menggunakan material tumpukan batu dan blok beton 3B didapat total anggaran biaya sebesar Rp. 59,699,911,000.00 (lima puluh sembilan miliar enam ratus sembilan puluh sembilan juta sembilan ratus sebelas ribu rupiah) dan untuk tipe bangunan pelindung *seawall* dengan menggunakan material pasangan batu kali dan tumpukan batu pada pelindung kaki didapat total anggaran biaya sebesar Rp. 59,350,778,000.00 (lima puluh sembilan miliar tiga ratus lima puluh juta tujuh ratus tujuh puluh delapan ribu rupiah).

Berdasarkan fungsinya, *seawall* dinilai lebih efisien sebagai pelindung pantai dibandingkan bentuk *revetment* dikarenakan bentuk *curved* dapat memperkecil energi gelombang yang besar seperti pada lokasi penelitian menerjang tepi pantai (Vijayaraghavan dkk., 2018). *Seawall* juga lebih efektif berdasarkan beberapa aspek seperti kemudahan pelaksanaan, biaya, pemeliharaan, dan kemampuan strukturnya dinilai berdasarkan metode Analisa Harga Satuan (AHP) (Mareta dkk., 2013). Beberapa aspek ini menjadi acuan dalam penentuan bangunan pelindung pantai di lokasi penelitian.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Hasil analisis perhitungan dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa bangunan pelindung yang akan dibangun dengan panjang 800 m sepanjang pantai Desa Pesisir Besuki dipilih 2 alternatif untuk menjadi perbandingan pemilihan pelindung pantai yang sesuai dengan tinggi puncak bangunan *revetment* yaitu 5.90 m dan lebar yaitu 2.13 m serta dimensi *seawall* yang didapat yaitu tinggi puncak bangunan yaitu 6.10 m dan lebar 2.55 m. Berdasarkan total Rencana Anggaran Biaya (RAB) perencanaan dari kedua alternatif bangunan, dipilih *seawall* sebagai alternatif solusi bangunan pelindung pantai di Desa Pesisir Besuki Kabupaten Situbondo.

4.2 Saran

Studi yang telah dilakukan tentu juga harus menimbang beberapa saran yang perlu dilakukan seperti peninjauan ulang atau kajian lebih mendalam mengenai pengaruh dan dampak terhadap kondisi lingkungan dan sosial masyarakat sekitar lokasi penelitian terhadap pembangunan pelindung pantai ini. Selain itu perlu dilakukan kajian uji tanah lokasi untuk mendapatkan nilai karakteristik tanah asli yang ada di lokasi penelitian. Diperlukan peninjauan ulang terhadap ketersediaan bahan bangunan atau material yang digunakan serta perbandingan menggunakan material atau tipe bangunan pantai yang lain sehingga didapat solusi yang lebih efektif dan efisiensi terhadap biaya yang tersedia.

Daftar Kepustakaan

- Agung, L. W. 2018. Evaluasi pemecah gelombang (breakwater) pada pelabuhan perikanan di ipp (instalasi pelabuhan perikanan) pancar kabupaten banyuwangi. *Jurnal Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jember*. 1(1):1–14.
- Aldin, M., M. A. Thaha, dan M. P. Hatta. 2015. Perencanaan alternatif bangunan pengaman pantai namrole kab. buru selatan - maluku. *Over The Rim*. 1(1):1–20.
- Das, B. M. 2014. *Principles of Foundation Engineering*. Edisi Kedelapan. Boston. *Geotechnics for Developing Africa*.
- Dasuqi, G. 2021. 4 Titik Tangkis Pesisir Situbondo Sepanjang 450 Meter Hancur Dihantam Gelombang. <https://news.detik.com/berita-jawa-timur/d-5353501/4-titik-tangkis-pesisir-situbondo-sepanjang-450-meter-hancur-dihantam-gelombang> [Diakses pada December 17, 2021].
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air. 2021. *Pedoman Kriteria Perencanaan Pengaman Pantai*. Jakarta: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- El-Mahdy, M. E. S., A. Saber, F. E. Moursy, A. Sharaky, dan N. Saleh. 2022. Coastal erosion risk assessment and applied mitigation measures at ezbet elborg village, egyptian delta. *Ain Shams Engineering Journal*. 13(3):101621.

- Fadilah, Suripin, dan D. Sasongko. 2013. Identifikasi kerusakan pantai kabupaten bengkulu tengah provinsi bengkulu. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan 2013*. 1(1):337–341.
- Hakim, B. A., W. Krisna, dan Suharyanto. 2012. Efektifitas penanggulangan abrasi menggunakan bangunan pantai di pesisir kota semarang. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*. 1(1):122–128.
- Mareta, C., W. Setia, D. Kurniani, dan P. Nugroho. 2013. Perencanaan bangunan pelindung pantai tambakharjo, semarang. *Teknik Sipil Universitas Diponegoro*. 2(3):49–58.
- Mori, N., T. Yasuda, H. Mase, T. Tom, dan Y. Oku. 2010. Projection of extreme wave climate change under global warming. *Hydrological Research Letters*. 4(1):15–19.
- Mulder, J. P. M., S. Hommes, dan E. M. Horstman. 2011. Implementation of coastal erosion management in the netherlands. *Ocean and Coastal Management*. 54(12):888–897.
- Saengsupavanich, C. 2017. Coastal revetment design process in thailand. *Jurnal WIT Transactions on the Built Environment*. 170(1):33–44.
- Susanti, N. 2018. Upaya greenpeace menjaga kawasan pantai indonesia terkait proyek pulau reklamasi teluk jakarta. *Jurnal Jom Fisip*. 5(1):1–18.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Edisi Pertama. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. 2020. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Edisi Kedua. Yogyakarta: Beta Offset.
- Vijayaraghavan, R., K. Teepan, dan Y. Sathya. 2018. Design of seawall. *International Journal of Scientific Development and Research*. 3(4):283–292.