

<https://jocet.uho.ac.id/index.php/journal>

PERENCANAAN BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG DI PANTAI SOROPIA KABUPATEN KONAWE

La Ode Faiz Bil Iman¹, Ahmad Syarif Sukri², Muriadin³, La Rahman^{4,*}

Jurusan Teknik Sipil Program Studi Teknik Kelautan, Universitas Halu Oleo^{1,2,3},

Jurusan Teknik Sipil Program Studi Teknik Sipi, Universitas Halu Oleo⁴

Koresponden*, Email: laodefaizbiliman@gmail.com; ahmad.syarif.sukri@uho.ac.id; muryadin27@gmail.com; oman.lambola@gmail.com

Info Artikel	Abstract (font: Times New Roman 9 pt, bold)
Diajukan Diperbaiki Disetujui Keywords: Soropia Beach, Wave, Breakwater, Budget Plan Kata kunci: Pantai Soropia, Gelombang, Pemecah Gelombang, Rencana Anggaran Biaya	<i>rosion and abrasion are common issues that frequently occur along the shoreline, as seen on Soropia Beach. This erosion leads to the retreat of the coastline, making the planning of coastal structures, such as breakwaters, essential. In addition to designing the dimensions of the breakwater for Soropia Beach, this study also aims to estimate the cost required to construct the breakwater. Wind data obtained will be used to analyze wave height and period using the CERC 1984 method, with a return period of 25 years. The resulting wave height will serve as a reference for designing the dimensions of the coastal protection structure. The analysis shows that the wave height and period at the breakwater location with a water depth of 2.5 meters are $H_1 = 1.7526$ m and a wave period of 5.9053 seconds. The planned breakwater has a total length of $L_s = 160$ m, a gap width of $L_g = 40$ m, a crest elevation of 4.3 m, a breakwater height of 6.8 m, and a crest width $B = 2.00$ m. Based on these dimensions, the estimated construction cost is IDR 26,074,100,000.00.</i> Abstrak (font: Times New Roman 9 pt, bold) Erosi dan abrasi merupakan permasalahan yang sering terjadi pada bibir pantai seperti yang terjadi pada Pantai Soropia. Erosi tersebut menyebabkan terjadinya kemunduran garis pantai. Sehingga perencanaan bangunan pantai yang berfungsi sebagai pemecah gelombang sangat dibutuhkan. Selain merencanakan dimensi dari bangunan pemecah gelombang pada pantai soropia, penelitian ini juga dimaksudkan untuk mengetahui besaran biaya yang dibutuhkan untuk membangun bangunan pemecah gelombang tersebut. Data angin yang didapatkan akan digunakan untuk menganalisis tinggi dan periode gelombang menggunakan metode CERC 1984 dengan kala ulang 25 tahun. Tinggi gelombang yang didapatkan akan menjadi acuan dalam merencanakan dimensi bangunan pengamanan pantai. Hasil dari analisa didapatkan bahwa tinggi gelombang dan periode gelombang pada pemecah gelombang dikedalaman 2.5 m didapat $H_1 = 1.7526$ m dan periodenya 5.9053 det. Panjang pemecah gelombang yang direncanakan yakni $L_s = 160$ m, lebar celah $L_g = 40$ m, elevasi puncak 4.3 m, tinggi pemecah gelombang 6.8 m, serta lebar puncak pemecah gelombang $B = 2.00$ m. Berdasarkan dimensi tersebut didapatkan biaya yang dibutuhkan sebesar Rp. 26.074.100.000.00.

I. PENDAHULUAN

Indonesia, sebagai negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau dan garis pantai sepanjang 80.000 km, memiliki wilayah pesisir yang sangat potensial untuk dimanfaatkan oleh manusia. Kawasan pesisir ini sering dijadikan lokasi berbagai aktivitas seperti pusat pemerintahan, pemukiman, dan lain-lain. Pemanfaatan tersebut mendorong meningkatnya kebutuhan akan lahan, infrastruktur, dan berbagai fasilitas penunjang lainnya. [1].

Kerusakan pantai merupakan permasalahan yang sering terjadi. Kerusakan ini disebabkan oleh abrasi atau erosi, serta akresi yang terus berlangsung seiring dengan hantaman gelombang terhadap garis pantai[2]. Erosi dapat menyebabkan penyusutan wilayah pantai, yang pada akhirnya berdampak pada kerusakan area pemukiman dan infrastruktur di sekitarnya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan membangun struktur pelindung pantai.

Pengaman pantai berfungsi untuk mencegah terjadinya abrasi dan kemunduran garis pantai secara signifikan [3] dengan cara meredam energi gelombang sebelum mencapai daratan[4]. Dalam perencanaannya, pembangunan struktur pengamanan pantai mempertimbangkan berbagai faktor alam, seperti pasang surut air laut, elevasi permukaan laut, kontur dasar laut, serta karakteristik gelombang yang terjadi di wilayah pantai tersebut.

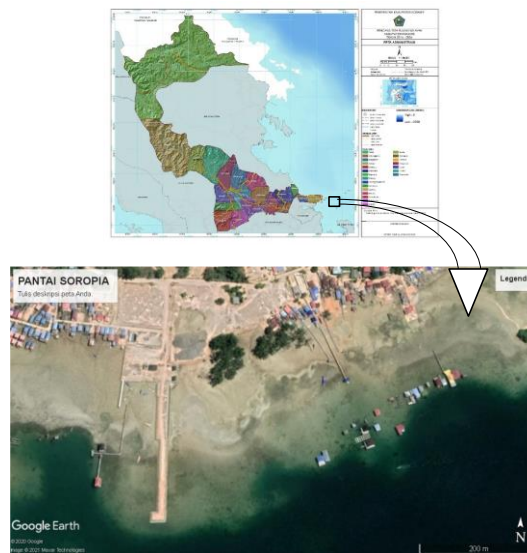
Pantai Soropia, yang terletak di Kecamatan Soropia, Kabupaten Konawe, menghadapi permasalahan erosi pantai. Erosi di wilayah ini dapat terjadi secara alami maupun akibat aktivitas manusia. Dampaknya, garis pantai di Pantai Soropia mengalami kemunduran, yang berpotensi menimbulkan abrasi dan mengancam keberlanjutan lingkungan pesisir di sekitarnya. Untuk mencegah terjadinya abrasi dan erosi yang lebih besar, pemilihan jenis bangunan pengaman pantai yang cocok sangat berpengaruh[5]

Di pantai di wilayah Soropia terdapat bangunan pelindung pantai *revetment*, jenis bangunan pengaman pantai ini merupakan salah satu solusi untuk menaggulangi erosi di pantai yang banyak aktivitas pariwisatanya. *Revetment* biasanya dibangun pada garis pantai atau didaratan yang digunakan untuk melindungi pantai langsung dari serangan gelombang[6]. Model bangunan pengaman pantai *revetment* sangat baik dari sisi ekonomis dalam jangka menengah khususnya jika prediksi peningkatan limpasan gelombang terjadi[7].

Namun beberapa sisi bangunan pelindung pantai *revetment* telah mengalami kerusakan akibat adanya hantaman gelombang pada bangunan pelindung pantai *revetment* dan masih terdapat beberapa rumah penduduk yang belum terlindungi oleh gelombang, karena bangunan pelindung pantai di pantai Soropia dinilai tidak efektif, untuk itu penulis mengangkat judul Perencanaan Bangunan Pemecah Gelombang Di Pantai Soropia Kabupaten Konawe.

II. METODE

Penelitian ini dilakukan di Pantai Soropia, Kecamatan Soropia, Kabupaten Konawe dengan titik koordinat terletak pada $3^{\circ}55'33,39''$ S dan $122^{\circ}39'48,08''$ E. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer berupa panjang pantai lokasi penelitian. Sedangkan data angin, data topografi, data bathimetri, data pasang surut menggunakan data sekunder. Data-data primer dan sekunder ini digunakan untuk menganalisis fetch efektif, nilai gelombang, pasang surut, topografi darat dan laut, analisa refraksi serta ketinggian muka air laut rencana. Hasil analisis tersebut merupakan dasar dalam merencanakan bangunan pemecah gelombang.



Gambar 1 Foto Udara Pantai Soropia Kabupaten Konawe (Sumber: Google Earth, 2020)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Menganalisis dan Menggambarkan Mawar Angin (*Wind Rose*)

Dalam merencanakan bangunan pengaman pantai, kondisi kecepatan dan arah angin merupakan parameter yang harus diketahui. Kecepatan dan arah angin umumnya ditampilkan dalam bentuk diagram mawar angin (*wind rose*). Dalam proses analisis dan pembuatan mawar angin, digunakan data kecepatan dan arah angin yang diperoleh dari Stasiun BMKG Maritim Kendari untuk periode tahun 2010 hingga 2019. Data tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan kategori kecepatan dan arah angin. Setelah pengelompokan, dilakukan perhitungan frekuensi dan persentase dari setiap kelompok. Hasil dari analisis ini selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam pembuatan diagram mawar angin.. Adapun hasil pengelompokkan data angin tersebut dapat diperoleh dari table berikut :

Tabel 1. Jumlah Frekuensi Kejadian Angin

Arah Angin	Interval Kejadian Angin (m/det)							Jumlah
	0<U≤2	2<U≤4	4<U≤6	6<U≤8	8<U≤10	10<U≤12	U>12	
Utara (U)	7	135	52	6	0	0	0	200
Timur Laut (TL)	5	431	171	12	0	0	1	620
Timur (T)	11	699	198	4	1	0	0	913
Tenggara (TG)	12	566	269	13	0	1	0	861
Selatan (S)	5	169	54	3	1	0	1	233
Barat Daya (BD)	13	267	70	8	0	0	0	358
Barat (B)	14	244	45	4	0	1	1	309
Barat Laut (BL)	3	17	7	4	0	0	0	31
Jumlah Ada Angin								3525
Jumlah Tidak Ada Angin								127
Total								3652

Sumber: Hasil Analisis Data Angin, 2020

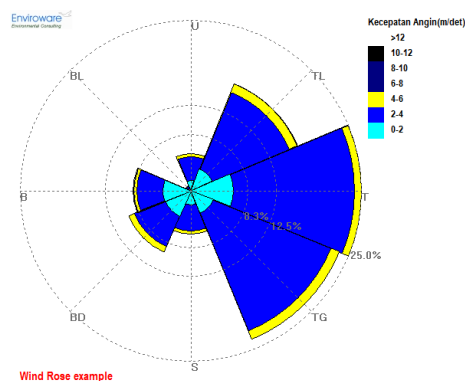
Demikian seterusnya untuk masing- masing arah, untuk hasil perhitungan presentase arah angin yang lain dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 2. Presentase Frekuensi Kejadian Angin

Arah Angin	Interval Kecepatan Angin *m/det)							Jumlah (%)
	0<U≤2	2<U≤4	4<U≤6	6<U≤8	8<U≤10	10<U≤12	U>12	
Utara (U)	0.19	3.70	1.42	0.16	0.00	0.00	0.00	5.476
Timur Laut (TL)	0.14	11.80	4.68	0.33	0.00	0.00	0.03	16.977
Timur (T)	0.30	19.14	5.42	0.11	0.03	0.00	0.00	25.000
Tenggara (TG)	0.33	15.50	7.37	0.36	0.00	0.03	0.00	23.576
Selatan (S)	0.14	4.63	1.48	0.08	0.03	0.00	0.03	6.380
Barat Daya (BD)	0.36	7.31	1.92	0.22	0.00	0.00	0.00	9.803
Barat (B)	0.38	6.68	1.23	0.11	0.00	0.03	0.03	8.461
Barat Laut (BL)	0.08	0.47	0.19	0.11	0.00	0.00	0.00	0.849
Jumlah Ada Angin								96.522
Jumlah Tidak Ada Angin (Calm)								3.478
Total								100

Sumber: Hasil Analisis Data Angin, 2020

Berdasarkan tabel di atas dapat kita buat gambar wind rose untuk menggambarkan presentase data arah angin yang dominan, seperti gambar berikut :



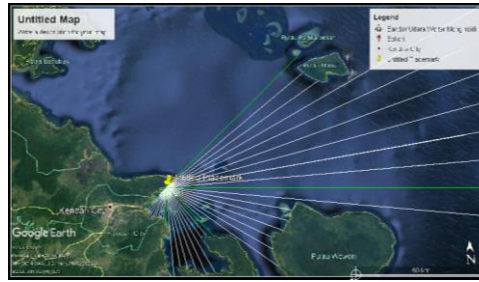
Gambar 2 Wind Rose (Mawar Angin)
(Sumber: Hasil Analisis Data Angin, 2020)

Berdasarkan hasil analisis angin menggunakan diagram mawar angin (*wind rose*), dapat disimpulkan bahwa angin dominan (*prevailing wind*) berasal dari arah Timur dengan persentase sebesar 25,00%. Sementara itu, kecepatan angin yang paling sering terjadi berada pada kisaran 2–4 m/det, yang juga berasal dari arah Timur, dengan frekuensi sebesar 19,14%.

2. Menentukan Panjang Pembangkitan Gelombang Dengan Fetch Efektif

Dalam kajian mengenai pembangkitan gelombang di laut, fetch atau panjang area terbuka tempat angin bertiup di atas permukaan laut dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi perairan. Di wilayah pembentukan gelombang ini, gelombang tidak hanya terbentuk

searah dengan arah tiupan angin, tetapi juga dapat terbentuk dalam berbagai arah atau sudut berbeda terhadap arah angin utama. Hal ini disebabkan oleh penyebaran energi angin yang tidak sepenuhnya terfokus dalam satu arah, sehingga menghasilkan gelombang dengan arah rambat yang bervariasi.



Gambar 3 Fetch Seluruh Arah
(Sumber: Hasil Analisa Data, 2020)

Untuk keperluan memprediksi gelombang, panjang fetch efektif juga dapat dihitung menggunakan sebuah rumus matematis sebagai berikut[8]:

$$\text{Fetch}_{\text{eff}} = \frac{\sum F_i \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (1)$$

$$\text{Fetch}_{\text{eff}} = \frac{1,132,266.45}{16,903} = 66.99 \text{ km}$$

Table 3 Rekapitulasi Perhitungan Fetch Efektif Dari Semua Arah

Arah Fetch	Panjang Fetch	
	Km	m
Utara (U)	2.40	2403.27
Timur Laut (TL)	45.63	45630.82
Timur (T)	66.99	66988.05
Tenggara (TG)	34.36	34359.85
Selatan (S)	16.76	16761.76
Barat Daya (BD)	5.03	5029.86
Barat (B)	0.00	0.00

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

3. Peramalan Gelombang Di Laut Dalam

Pembentukan gelombang di laut dalam dianalisis menggunakan rumus-rumus empiris yang dikembangkan dari model parametrik berdasarkan spektrum gelombang JONSWAP (Joint North Sea Wave Project)[9]. Gelombang di laut sebagian besar terbentuk oleh angin, di mana tinggi dan periode gelombang dipengaruhi oleh kecepatan angin (U), lama hembusan angin (td), serta panjang fetch (F). Berikut ini adalah hasil analisis pembangkitan gelombang pada tanggal 1 Januari 2010 dengan arah angin 45° atau Timur Laut..

Tabel.4 Rekapitulasi H_0 dan T_p

Tahun	H_0 (m)								TP (det)							
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL
2010	0.17	0.89	0.75	0.54	0.54	0.3	0	0	1.59	4.49	4.52	3.62	3.21	2.15	0	0
2011	0.17	0.89	0.92	0.77	1.16	0.3	0	0	1.59	4.49	4.83	4.08	4.15	2.15	0	0
2012	0.17	1.02	0.92	0.77	0.38	0.3	0	0	1.59	4.69	4.83	4.08	2.85	2.15	0	0
2013	0.23	0.76	1.08	0.77	0.38	0.25	0	0	1.76	4.25	5.1	4.08	2.85	2.04	0	0
2014	0.2	0.76	0.92	0.77	0.69	0.3	0	0	1.68	4.25	4.83	4.08	3.49	2.15	0	0
2015	0.2	0.76	1.53	1.2	0.38	0.21	0	0	1.68	4.25	5.73	4.72	2.85	1.91	0	0
2016	0.17	0.76	1.08	0.77	0.54	0.25	0	0	1.59	4.25	5.1	4.08	3.21	2.04	0	0
2017	0.2	1.92	1.08	0.66	0.46	0.3	0	0	1.68	5.79	5.1	3.87	3.05	2.15	0	0
2018	0.14	0.76	0.92	0.66	0.46	0.25	0	0	1.49	4.25	4.83	3.87	3.05	2.04	0	0
2019	0.14	0.62	0.92	0.54	0.38	0.16	0	0	1.49	3.98	4.83	3.62	2.85	1.75	0	0

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Pada perhitungan tinggi dan periode gelombang di atas menggunakan tinggi dan periode gelombang maksimal pada setiap tahun. Penentuan Kala Ulang Gelombang Signifikan Maksimum Dengan Metode Fisher- Tippet Type I. Frekuensi gelombang-gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai.

Berdasarkan data representatif dari beberapa tahun pengamatan, dapat diperkirakan tinggi gelombang yang kemungkinan akan tercapai atau dilampaui sekali dalam periode T tahun. Gelombang ini dikenal sebagai gelombang dengan periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan.

Tabel 5. Kala Ulang Tinggi Puncak Gelombang Signifikan Untuk Periode 25 Tahun Arah Timur

Periode ulang (T_n)	Y_n (tahun)	H_{nr} (m)	σ_{nr}	σ_r	$H_{sr}-1,28\sigma_r$ (m)	$H_{sr}+1,28\sigma_r$ (m)
2	5.205	0.958	0.629	0.132	0.789	1.126
5	6.122	1.161	0.326	0.068	1.074	1.248
10	6.816	1.315	0.637	0.133	1.144	1.485
25	7.733	1.518	1.218	0.255	1.191	1.844
50	8.426	1.671	1.678	0.351	1.221	2.121
100	9.119	1.825	2.143	0.449	1.25	2.399

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Tabel 6. Kala Ulang Periode Puncak Gelombang Signifikan Untuk Periode 25 Tahun Arah Timur

Periode ulang (T_r)	Y_r (tahun)	T_{sr} (det)	σ_{sr}	σ_r	$T_{sr}-1,28\sigma_r$ (det)	$T_{sr}+1,28\sigma_r$ (det)
2	5.205	4.888	0.629	0.065	4.805	4.9706
5	6.122	5.199	0.326	0.033	5.156	5.2421
10	6.816	5.434	0.637	0.065	5.351	5.5181
25	7.733	5.745	1.218	0.125	5.585	5.9053
50	8.426	5.98	1.678	0.172	5.76	6.2008
100	9.119	6.215	2.143	0.22	5.934	6.497

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Dari hasil perhitungan kala ulang tinggi dan periode gelombang dan arah angin dominan, diambil nilai untuk periode 25 tahun terdapat pada arah Timur. Sehingga diperoleh $H_s = 1.844$ m dan $T_s = 5.9053$ det.

4. Perencanaan Pemecah Gelombang Lepas Pantai

a. Mengukur Kemiringan Dasar Laut Di Lokasi Rencana Pemecah Gelombang

Berikut perhitungan kemiringan dasar laut untuk :

$$\begin{aligned}\text{Kemiringan} &= 10 : 477.5648 \\ &= 0.021\end{aligned}$$

Tabel 7. Hasil Perhitungan Kemiringan Dasar Laut

No.	Garis Kontur	Beda Tinggi	Jarak Asli (m)
1	0 – 1	1	184.25
2	1 – 2	1	92.3268
3	2 – 3	1	33.9906
4	3 – 4	1	27.3797
5	4 – 5	1	24.7408
6	5 – 6	1	23.964
7	6 – 7	1	22.745
8	7 – 8	1	21.9394
9	8 – 9	1	21.5081
10	9 – 10	1	24.7204
Jumlah			477.5648
Kemiringan Dasar Laut			0.021

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Dari tabel di atas maka dapat diambil kemiringan dasar laut 0.021.

b. Menghitung Tinggi Gelombang Dan Kedalaman Gelombang Pecah

Untuk melakukan perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah dibutuhkan kondisi eksisting suatu daerah yang akan dilakukan perencanaan pemecah gelombang (daerah yang ditinjau). Karena tidak tersedianya data eksisting daerah yang ditinjau secara langsung, maka dalam perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah dilakukan dengan metode coba-coba. Nilai asumsi gelombang akan pecah pada kedalaman $d=-4$ m dibawah muka air laut rerata (MSL), Arah gelombang yang diperhitungkan dari arah Timur (T) $H_0 = 1.8441$ m dan $T = 5.9053$ det (dari kala ulang 25 tahun pada perhitungan sebelumnya).

Tabel 8. Tabel Iterasi Tinggi (Hb) Dan Kedalaman Gelombang Pecah (db)

Iterasi	d ₀ /L ₀	d/L	L	C	α ₁	K _r	H' ₀	H _b /H' ₀	H _b (m)	d _b (m)
1	0.073528	0.117241	34.1178	5.7775	21.6251	0.93	1.7093	0.9603	1.64	1.89
2	0.034755	0.077189	24.4948	4.1479	15.5257	0.91	1.679	0.9661	1.62	1.87

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

c. Perhitungan Tinggi Gelombang Pada Pemecah Gelombang

Dari perhitungan kala ulang arah gelombang dari arah Timur (T), diperoleh data sebagai berikut :

$$H_0 = 1.8441 \text{ m}$$

$$T = 5.9053 \text{ det}$$

Direncanakan kedalaman pemecah gelombang atau elevasi dasar pemecah gelombang sebesar = -2.5 m.

Maka tinggi gelombang pada pemecah gelombang di kedalaman 2.5 m didapat :

$$\begin{aligned} H_1 &= K_s \times K_r \times H_0 \\ &= 1.0382 \times 0.9154 \times 1.8441 \\ &= 1.7526 \text{ m} \end{aligned}$$

d. Penentuan Elevasi Air Rencana (*Design Water Level, DWL*)

Muka air laut rencana (*design water level, DWL*) adalah ketinggian muka air laut pada kondisi puncak yang digunakan sebagai acuan dalam menentukan elevasi puncak bangunan pantai. Elevasi ini menjadi dasar dalam merencanakan apakah bangunan akan bersifat non-overtopping, overtopping, atau submerged. Selain itu, muka air laut rencana juga penting untuk menentukan tinggi gelombang pecah, khususnya di lokasi bangunan. Perhitungan muka air laut rencana memperhitungkan faktor-faktor seperti pasang surut air laut pada saat high water spring (HWS), wave set up, wind set up, serta kenaikan permukaan laut (*sea level rise, SLR*) yang disebabkan oleh efek rumah kaca (*greenhouse effect*). Muka air laut rencana dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} DWL &= HWL + Sw + \Delta h + SLR \\ &= 1.18 + 0.25 + 0.23 + 0.2 \\ &= +1.86 \text{ m} \end{aligned}$$

e. Perhitungan Dimensi Pemecah Gelombang

1) Panjang Pemecah Gelombang

Dengan $Y = 80 \text{ m}$. Sehingga panjang pemecah gelombang L_s dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \frac{L_s}{Y} &= 2 \\ L_s &= 2 \times Y = 2 \times 80 = 160 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan $L = 27.8206 \text{ m}$. Sehingga lebar celah pemecah gelombang L_g dapat dihitung sebagai berikut.

$$L \leq L_g \leq L_s$$

Sehingga ditetapkan $L_g = 28 \text{ m}$.

2) Penentuan Elevasi Puncak Pemecah Gelombang

Dengan $H = 1.75 \text{ m}$, $L_0 = 54.40 \text{ m}$, dan kemiringan sisi pemecah gelombang ditetapkan $1:2$ ($\tan \theta$) = 0.5, maka dapat ditentukan nilai bilangan I_r yang akan digunakan untuk menentukan nilai tinggi runup gelombang dan kemudian dapat dihitung nilai elevasi puncak pemecah gelombang dan tinggi pemecah gelombang.

$$I_r = \frac{\tan \theta}{(H/L_0)^{0.5}} = \frac{0.5}{(1.75/54.40)^{0.5}} = 2.79$$

Dengan menggunakan grafik di atas dihitung nilai runup. Untuk lapis lindung dari batu pecah (*quarry stone*):

$$\begin{aligned} \frac{R_u}{H} &= 1.1 \\ R_u &= 1.1 \times 1.75 \\ &= 1.93 \text{ m} \end{aligned}$$

Elevasi puncak pemecah gelombang dengan memperhitungkan tinggi kebebasan 0.5 m:

$$\begin{aligned} \text{ElPem. Gel} &= DWL + R_u + \text{tinggi kebebasan} \\ &= 1.86 + 1.93 + 0.5 \\ &= 4.29 \text{ m} \approx 4.3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HPem. Gel} &= \text{ElPem. Gel} - \text{ElDasar Laut} \\ &= 4.3 - (-2.5) \\ &= 6.8 \text{ m} \end{aligned}$$

3) Berat Butir Lapis Lindung

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} = \frac{2.65}{1.03} = 2.57$$

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{KD (Sr-1)^3 \cot \theta} = \frac{2.65 \times 1.75^3}{4 \times (2.57-1)^3 \times 2} = 0.46 \text{ ton} = 458.34 \text{ kg}$$

4) Lebar Puncak Pemecah Gelombang

$$B = n k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \\ = 3 \times 1.15 \times \left[\frac{0.46}{2.65} \right]^{1/3} \\ = 1.92 \text{ m} \approx 2.00 \text{ m}$$

5) Tebal Lapisan Pelindung

$$t = n k_{\Delta} \left[\frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} = 2 \times 1.15 \times \left[\frac{0.46}{2.65} \right]^{1/3} = 1.28 \text{ m} \approx 1.30 \text{ m}$$

6) Jumlah Batu Lapisan Pelindung

$$N = A n k_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W/10} \right]^{2/3} = 10 \times 2 \times 1.15 \times \left[1 - \frac{37}{100} \right] \times \left[\frac{2.65}{0.46} \right]^{2/3} = 46.68 \text{ buah} \approx 47 \text{ buah}$$

7) Perhitungan Pelindung Kaki (Toe Protection)

a) Berat Batu Pelindung Kaki (Toe Protection)

$$W/10 = 0.46 / 10 = 0.0458 \text{ ton} = 45.83 \text{ kg}$$

b) Lebar Puncak Lapisan Pelindung Kaki (Toe Protection)

$$B_{tp} = 2 \times H = 2 \times 1.75 = 3.51 \text{ m} \approx 3.6 \text{ m}$$

c) Tebal Lapisan Pelindung Kaki (Toe Protection)

$$t_{tp} = 2 \times t = 2 \times 1.3 = 2.60 \text{ m}$$

d) Jumlah Batu Lapisan Pelindung Kaki (Toe Protection)

$$N = A n k_{\Delta} \left[1 - \frac{P}{100} \right] \left[\frac{\gamma_r}{W/10} \right]^{2/3} = 10 \times 2 \times 1.15 \times \left[1 - \frac{37}{100} \right] \times \left[\frac{2.65}{0.0458} \right]^{2/3} = 216.66 = 217 \text{ buah}$$

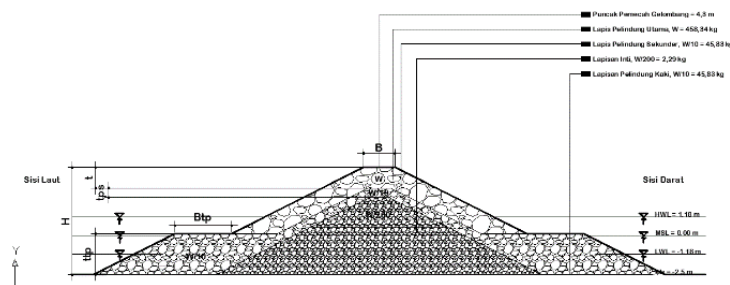
Untuk perhitungan dimensi struktur pada setiap lapisan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9. Rekapitulasi Dimensi Struktur Bangunan Tiap Lapisan

Item Pekerjaan		Berat Butir (kg)	Lebar Puncak (m)	Tebal Lapisan (m)	Jumlah Batu (buah)
Lapisan Pelindung Utama	Hasil Hitungan	458.34	1.92	1.28	46.68
	Digunakan	458.34	2	1.3	47
Lapisan Pelindung Sekunder	Hasil Hitungan	45.8344	Menyesuaikan	0.59	216.66
	Digunakan	45.8344	Menyesuaikan	0.6	217
Lapisan Inti	Hasil Hitungan	2.2917	Menyesuaikan	Menyesuaikan	Menyesuaikan
	Digunakan	2.2917	Menyesuaikan	Menyesuaikan	Menyesuaikan
Lapisan Pelindung Kaki	Hasil Hitungan	45.8344	3.51	2.6	216.66
	Digunakan	45.8344	3.6	2.6	217

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

5. Gambar Perencanaan Bangunan Pemecah Gelombang



Gambar 4 Sketsa Pemecah Gelombang

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2021

6. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Pemecah Gelombang

Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB) pemecah gelombang bangunan pemecah gelombang di pantai Soropia Kabupaten Konawe dihitung berdasarkan Permen PUPR No. 28/ PRT/ M/ 2016[10].

Tabel 10. Rekapitulasi Volume Pemecah Gelombang

Lapisan Pemecah Gelombang	Atot (m ²)	Ls (m)	n (buah)	V (m ³)	Vtot (m ³)
Lapisan Pelindung Utama	22.83	160	2	3,653.52	7,307.04
Lapisan Pelindung Sekunder	7.72	160	2	1,235.04	2,470.08

Lapisan Inti	53.41	160	2	8,545.60	17,091.20
Lapisan Pelindung Kaki	31.46	160	2	5,033.60	10,067.20

Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

Tabel 11. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Bangunan Pemecah Gelombang Pantai Soropia

No	Uraian	Sat.	Vol	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
I Pekerjaan Persiapan					
1	Mobilisasi dan Demobilisasi Alat	Ls	1	10,000,000	10,000,000
2	Administrasi Pelaporan / Dokumentasi	Ls	1	3,075,000	3,075,000
3	Shop Drawing dan As Built Drawing	Ls	1	3,500,000	3,500,000
4	Pemeriksaan dan Pengujian Laboratorium	Ls	1	8,000,000	8,000,000
5	Biaya K3	Ls	1	23,925,000	23,925,000
6	Pembuatan Kantor Direksi dan Barak Kerja	Ls	1	12,000,000	12,000,000
7	Pengadaan Dasar Breakwater Sesuai Elevasi	Ls	1	15,000,000	15,000,000
Sub. Total I					75,500,000
II Pekerjaan Konstruksi Breakwater					
1	Pengadaan Material, Lansir, dan Pemasangan Batu Lapisan Pelindung Utama	m ³	7,307.04	735,430.25	5,373,818,254
2	Pengadaan Material, Lansir, dan Pemasangan Batu Lapisan Pelindung Sekunder	m ³	2,470.08	674,893.00	1,667,039,701
3	Pengadaan Material, Lansir, dan Pemasangan Batu Lapisan Inti	m ³	17,091.20	572,880.96	9,791,223,064
4	Pengadaan Material, Lansir, dan Pemasangan Batu Lapisan Pelindung Kaki	m ³	10,067.20	675,087.05	6,796,236,350
Sub. Total II					23,628,317,369
Jumlah (Sub Total I + Sub Total II)					23,703,817,369
Pajak PPN 10%					2,370,381,737
Total					26,074,199,106
Dibulatkan					26074100000
TERBILANG : DUA PULUH ENAM MILYAR TUJUH PULUH EMPAT JUTA SERATUS RIBU RUPIAH					

Sumber: Hasil Perhitungan, 2021

IV. KESIMPULAN

- Berdasarkan hasil analisa peramalan gelombang di laut dalam dengan metode CERC 1984 diperoleh informasi bahwa tinggi gelombang dan periode gelombang signifikan maksimum di laut dalam dari arah Timur (T) adalah $H_0 = 1.53$ m dan $T_p = 5.73$ det. Berdasarkan hasil analisa kala ulang tinggi gelombang dan periode gelombang untuk periode 25 tahun arah Timur (T) diperoleh $H_s = 1.844$ m dan $T_s = 5.9053$ det. Berdasarkan analisa gelombang pecah didapatkan tinggi gelombang pecah $H_b = 1.62$ m dan letak kedalaman gelombang pecah $db = -1.87$ m. Berdasarkan analisa refraksi dan pendangkalan gelombang maka didapat tinggi gelombang dan periode gelombang pada pemecah gelombang di kedalaman 2.5 m didapat $H_1 = 1.7526$ m dan $T = 5.9053$ det.
- Hasil yang didapat pada penelitian ini, yaitu panjang pemecah gelombang $L_s = 160$ m, lebar celah pemecah gelombang $L_g = 28$ m, elevasi puncak pemecah gelombang $El_{Pem.Gel} = 4.3$ m, tinggi pemecah gelombang $HP_{em.Gel} = 6.8$ m, berat butir lapis lindung $W = 458.34$ kg, lebar puncak pemecah gelombang $B = 2.00$ m, tebal lapisan pelindung $t = 1.30$ m, jumlah batu lapisan pelindung $N = 47$ buah, berat batu pelindung kaki (toe protection) $W/10 = 45.83$ kg, lebar puncak lapisan pelindung kaki (toe protection) $B_{tp} = 3.6$ m, tebal lapisan pelindung kaki (toe protection) $ttp = 2.6$ m, jumlah batu lapisan pelindung kaki (toe protection) $N_{tp} = 217$ buah
- Hasil yang didapat pada penelitian ini, yaitu total rencana anggaran biaya (RAB) termasuk PPN 10 % adalah Rp. 26.074.100.000,00. Hal ini sejalan dengan Permen PUPR No. 28/ PRT/M/2016.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Triatmodjo, *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 2011.
- [2] M. A. Samaila and S. M. Hidayatun, "Efektifitas Kinerja Bangunan Pengaman Pantai di Desa Munte Kabupaten Luwu Utara," *Jurnal Rancang Bangun*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2018.
- [3] S. Karamma and A. S. Sukri, "Pemodelan Pasang Surut terhadap Surf Zone Menggunakan Surfer, Fortran C++ dan GIS pada Pantai Kota Makassar," *semanTIK*, vol. 4, no. 2, pp. 47–56, Jul.–Dec. 2018.
- [4] W. A. Pratikto *et al.*, *Struktur Pelindung Pantai*. Jakarta: PT. Mediatama Saptakarya, 2014.
- [5] R. Pasaribu *et al.*, "Studi Alternatif Bangunan Pengaman Pantai di Pesisir Kabupaten Karawang," *PELAGICUS: Jurnal IPTEK Terapan Perikanan dan Kelautan*, vol. 1, no. 2, pp. 83–95, 2020.

-
- [6] I. K. S. W. Putra, C. A. Yujana, and N. Surayasa, “Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai (Revetment) dengan Bahan Geobag di Pantai Masceti, Kabupaten Gianyar,” *Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 2018.
 - [7] C. Coelho, T. Cruz, and P. Roebeling, “Longitudinal revetments to mitigate overtopping and flooding: Effectiveness, costs and benefits,” *Ocean & Coastal Management*, vol. 134, pp. 93–102, 2016.
 - [8] B. Triatmodjo, *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 1999.
 - [9] CERC (Coastal Engineering Research Center), *Shore Protection Manual*. Washington, DC: US Army Corps of Engineers, 1984.
 - [10] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, *Peraturan Menteri PUPR No. 28 Tahun 2016 tentang Pedoman Perencanaan Teknis Bangunan Pengaman Pantai*, 2016.