

Perancangan Pemecah Gelombang di Pantai Auki Kabupaten Biak Numfor Papua

Ixsus Alexander Sappetau^{*1}, Benyamin Tanan^{*2}, Erni Rante Bungin^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
ixsusalex@gmail.com

^{*2*3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar, Indonesia
nyamintan2002@yahoo.com dan erni_bungin@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk pencegahan abrasi dengan pemecah gelombang di Pantai Auki. Penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk pembangunan gelombang pecah di sekitar pantai. Terlalu besarnya gelombang yang ada di Pantai Auki menyebabkan mundurnya garis pantai akibat abrasi yang mengancam keselamatan jiwa penduduk di daerah tersebut. Data angin dianalisis dengan aplikasi *Wind Rose* untuk mengetahui arah datang angin dominan. Peramalan gelombang berdasarkan angin dominan dan panjang *fetch* mengacu pada *Shore Protection Manual* (SPM) 1984. Penentuan gelombang rencana digunakan metode distribusi gumbell (*Fisher Tipped Type I*) dengan periode ulang 2 – 100 tahun dan untuk perencanaan pemecah gelombang (*Breakwater*) mengacu pada persamaan – persamaan dalam buku Perencanaan Bangunan Pantai. Hasil penelitian menunjukkan arah angin dominan berasal dari arah Barat Daya dengan kecepatan 18 knot. Tinggi gelombang rencana pada periode ulang 50 tahun adalah 2,464 m. Pemecah gelombang direncanakan pada jarak 152,5 m dari garis pantai dengan kedalaman -3,195 m. Tipe pemecah gelombang yang digunakan adalah pemecah gelombang sisi miring dengan tinggi 7,186 m dan tebal lapis lindung 4,531 m untuk pencegahan abrasi pantai.

Kata Kunci : angin, pemecah gelombang, Gumbell

ABSTRACT

This study aims to prevent abrasion with a *breakwater* at Auki Beach. This research can be used as a consideration for the construction of breaking waves around the coast. The too big waves on Auki Beach caused the retreat of the coastline due to abrasion that threatened the lives of residents in the area. Wind data were analyzed with the Wind Rose application to determine the direction of the dominant wind. Forecasting waves based on dominant wind and *fetch* length refers to the Shore Protection Manual (SPM) 1984. The determination of the plan wave uses the Gumbell's distribution method (*Fisher Tipped Type I*) with a return period of 2 - 100 years and for the *breakwater* planning refers to the equation - equations in the Beach Building Planning book. The results showed that the dominant wind direction came from the Southwest with a speed of 18 knots. The design wave height for the 50 years return period is 2.464 m. The *breakwater* is planned at a distance of 152.5 m from the coastline with a depth of -3.195 m. The type of *breakwater* used is an oblique sided *breakwater* with a height of 7.186 m and a thickness of 4.531 m of protection layer to prevent coastal abrasion.

Keywords: wind, *breakwater*, Gumbell

PENDAHULUAN

Pantai Auki memiliki konfigurasi permukaan tanah yang relatif datar dan bergelombang dengan kemiringan antara 0-5%. Gelombang tertinggi biasanya terjadi pada bulan Mei dan Juli, tinggi gelombang di Pantai Auki ini berkisar antara 1,12 m – 1,21 m. Pada musim tertentu sering terjadi hantaman gelombang laut yang menyebabkan abrasi

pantai yang mengakibatkan mundurnya garis pantai dan gelombang pasang yang menyebabkan beberapa tempat di kawasan ini mengalami genangan air laut setinggi ± 70 cm dan sejauh ± 85 m dari garis pantai, kondisi ini sangat mengganggu aktivitas warga dan mengakibatkan rusaknya sarana dan prasarana seperti rumah penduduk, sekolah dan

empat ibadah. Sekitar 86% rumah tangga di Distrik Padaido memiliki mata pencaharian sebagai nelayan.

Tujuan penelitian untuk menganalisis karakteristik angin dan gelombang pada wilayah perairan Pantai Auki, serta Merancangkan dimensi pemecah gelombang (*Breakwater*).

Penelitian ini dilakukan mulai dari bulan April 2019 hingga Mei 2019.



Gambar 1 . Lokasi penelitian

Beberapa penelitian sejenis yaitu pada perencanaan pembangunan *breakwater* di Pelabuhan Teluk Sololo diperoleh panjang garis pengaruh arah gelombang (*fetch effective max*) 3.470,62 m, tinggi gelombang signifikan (hs) 0,988m, dan periode gelombang (ts) 5,374 detik. yaitu elevasi puncak *breakwater* (et) 2,25 m, tinggi *breakwater* (hb) 14,75 m, berat butir lapis lindung (w) 0,948 m, berat butir lapis lindung (w) 0,948 ton, lebar puncak *breakwater* (b) 2,449 m, tebal lapis dinding (t) 1,633 m, jumlah batu pelindung (n) 29 buah, dan diameter batu pelindung (d) 0,526 m. Kontrol guling bangunan *breakwater* yaitu memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1,78 yang lebih besar dari batas minimum faktor keamanan yang dizinkan yaitu 1,25 [1]. Pada Teluk Sumbreng kejadian angin dominan selama 5 tahun berasal dari Arah Tenggara. K dan hasil peramalan tinggi gelombang maksimum adalah 4.12 meter dan periode 12.091 detik, sedangkan untuk periode ulang 50 tahun tinggi gelombang 3.482 meter dan periode 11.116 detik [2]. Perencanaan *breakwater* sisi miring di Pelabuhan Merak menggunakan tetrapod dan batu pecah dengan kemiringan 1:2 [3], gelombang pada Pantai Tapak Paderi dengan kondisi *fully developed seas* menggunakan *breakwater* tipe tegak [4], *breakwater* yang direncanakan untuk mengatasi masalah pengikisan tebing pantai oleh gelombang di Pantai Desa Botubarani yait tipe *rubble mound* [5]. Perencanaan *breakwater* di Pantai Jasri yaitu Elevasi puncak adalah +1.425 m, lebar puncak adalah 2.53 m. Berat butir lapis lindung adalah 1280 kg, lapis

kedua 128 kg, lapis ketiga 4 ~ 7 kg. Tinggi fondasi adalah 1.174 m, lebar fondasi adalah 1.174 m [6].

METODE

Faktor Tegangan Angin

Dalam menentukan faktor tegangan angin dilakukan pengolahan data angin dengan memperhitungkan beberapa faktor sebagai berikut:

Menghitung kecepatan angin yang dikoreksi pada ketinggian 10 m

$$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{z} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (1)$$

Dimana:

U_{10} = Kecepatan angin pada elevasi 10 meter

U_z = data kecepatan angin yang diukur pada elevasi z ($z < 10$ m)

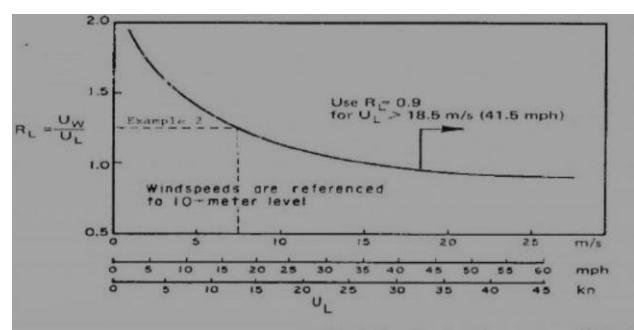
Menghitung kecepatan angin laut yang dikoreksi terhadap angin darat

$$U = R_T \cdot R_L \cdot U_{10} \quad (2)$$

Dimana:

R_T = Faktor koreksi stabilitas (merupakan fungsi perbedaan temperatur antara udara dan laut)

R_L = Faktor koreksi lokasi



Gambar 2. Faktor koreksi lokasi

Untuk mengkonversi kecepatan angin ada beberapa cara yaitu sebagai berikut :

Jika U dalam satuan m/s, maka :

$$U_A = 0,71 \times U^{1.23} \quad (3)$$

Jika U dalam satuan mph, maka :

$$U_A = 0,589 \times U^{1.23} \quad (4)$$

Jika U dalam satuan knot, maka :

$$U_A = 0,698 \times U^{1.23} \quad (5)$$

Fetch

Fetch rerata efektif diberikan persamaan sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (6)$$

Dengan:

F_{eff} = Fetch rerata efektif
 X_i = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch
 α = Defiasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 5° .

Peramalan Gelombang di Dalam Laut

Ada 3 rumus yang digunakan dalam peramalan gelombang dengan cara empiris yaitu sebagai berikut :

$$\frac{gH_{m0}}{U_A^2} = 0,0016x \left(\frac{gF}{U_A^2}\right)^{1/2} \leq 0,24339 \quad (7)$$

$$\frac{gT_P}{U_A} = 0,2857x \left(\frac{gF}{U_A^2}\right)^{1/3} \leq 8,134 \quad (8)$$

$$\frac{gt}{U_A} = 68,8 \times \left(\frac{gF}{U_A^2}\right)^{2/3} \leq 7,15 \times 10^4 \quad (9)$$

Dengan:

F = panjang fetch rata-rata efektif (m)
 H_{m0} = tinggi gelombang signifikan berdasarkan Spectrum/ tinggi gelombang di laut dalam (m)
 T_p = periode puncak spectrum (detik)
 U_A = wind stress factor (m/detik)
 t = durasi angin (detik)
 g = percepatan gravitasi (9,81 m/detik²)

Menghitung Fully Develop dan Non-Fully Develop

$$\frac{gt}{U_A} > 7,15 \times 10^4, \text{ berarti fully develop} \quad (10)$$

$$\frac{gt}{U_A} \leq 7,15 \times 10^4, \text{ berarti non-fully develop} \quad (11)$$

Nilai durasi kritis (tc)

Untuk kondisi fully develop,

$$t_c = 7,15 \times 10^4 \times \left(\frac{U_A}{g}\right) \quad (12)$$

Untuk kondisi non-fully develop,

$$t_c = 68,8 \times \left(\frac{gF}{U_A^2}\right)^{2/3} \times \frac{U_A}{g} \quad (13)$$

Menghitung Fetch Minimum (F_{min})

$$F_{min} = \left(\frac{gt}{68,8 \times U_A}\right)^{3/2} \times \frac{U_A^2}{g} \quad (14)$$

Menghitung nilai H_{m0} dan T_p :

Kondisi fully develop :

Jika $t \geq tc$ (fetch limited), maka :

$$H_{m0} = 0,2433 \times \left(\frac{U_A^2}{g}\right) \quad (15)$$

$$T_p = 8,134 \times \left(\frac{U_A}{g}\right) \quad (16)$$

Jika $t < tc$ (duration limited), maka:

$$H_{m0} = 0,0016 \times \frac{U_A^2}{g} \left(\frac{gF_{min}}{U_A^2}\right)^{1/2} \quad (17)$$

$$T_p = 0,2857 \times \frac{U_A}{g} \left(\frac{gF_{min}}{U_A^2}\right)^{1/3} \quad (18)$$

Kondisi non-fully develop:

Jika $t \geq tc$ (fetch limited), maka :

$$H_{m0} = 0,0016 \times \frac{U_A^2}{g} \left(\frac{gF}{U_A^2}\right)^{1/2} \quad (19)$$

$$T_p = 0,2857 \times \frac{U_A}{g} \left(\frac{gF}{U_A^2}\right)^{1/3}$$

Perkiraan Gelombang

Fungsi distribusi probabilitas

Metode Distribusi Fisher-Tippet Type 1 (Distribusi Gumbel 1) digunakan untuk memprediksi gelombang.

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = e^{-c} - \left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right) \quad (20)$$

Dengan:

H_s : Tinggi gelombang respresentatif,
 \hat{H}_s : Tinggi gelombang dengan nilai tertentu,

$P(H_s \leq \hat{H}_s)$: Probabilitas bahwa \hat{H}_s tidak dilampaui,

A : Parameter skala,

B : Parameter lokasi.

Menghitung distribusi gelombang dengan mengurutkan data dari yang besar ke yang kecil:

Distribusi Fisher-Tippet Type I:

$$P(H_s \leq S_{sm}) = 1 - \frac{m-0,44}{N_r+0,12} \quad (21)$$

Dengan:

H_{sm} : Tinggi gelombang urutan ke- m

$P(H_s \leq H_{sm})$: Probabilitas dari tinggi gelombang

m : nomor urut tinggi gelombang signifikan =1,2,...,n

N_r : Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan.

$$\hat{H}_{sm} = \hat{A}y_m + B \quad (22)$$

Distribusi Fisher-Tippet Type I :

$$y_m = -\ln \{-\ln P(H_s \leq H_{sm})\} \quad (23)$$

Dengan \hat{A} dan B adalah perkiraan dari parameter skala dan lokal yang diperoleh dari analisis regresi linier.

Menghitung Periode Ulang

Tinggi gelombang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan rumus berikut ini:

$$H_{sr} = \hat{A}y_r + B \quad (24)$$

Dengan y_r didapat dari persamaan berikut ini :

Distribusi Fisher-Tippet Type I:

$$y_r = -\ln \{-\ln \left(1 - \frac{1}{LT}\right)\} \quad (25)$$

Dengan:

H_{sr} : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r : periode ulang (tahun)

K : panjang data (tahun)

L : rerata jumlah kejadian per tahun

Gelombang Pecah

Jika gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju ke tempat yang sempit yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,3 (\frac{H'_0}{L_0})^{1/3}} \quad \dots \dots \dots \quad (26)$$

Kedalaman air dimana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b}{gT^2} \right)} \quad \dots \dots \dots \quad (27)$$

Dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut:

$$a = 43,57 (1 - e^{-19m}) \quad \dots \dots \dots \quad (28)$$

$$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})} \quad \dots \dots \dots \quad (29)$$

Catatan: Untuk mendapatkan nilai m dihitung dari kemiringan dasar pantai

Pemecah Gelombang

Run up gelombang dapat ditentukan dengan cara mengetahui bilangan Irribaren sebagai berikut:

$$Ir = \frac{tg\theta}{(\frac{H}{L_o})^{0,5}} \quad \dots \dots \dots \quad (30)$$

Dengan:

Ir = bilangan Irribaren

θ = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

H = Tinggi Gelombang di lokasi bangunan

L_o = panjang gelombang di laut dalam

Lebar puncak pemecah gelombang

$$B = nk_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \quad \dots \dots \dots \quad (31)$$

Dengan:

B = Lebar puncak

n = Jumlah butir batu

k_{Δ} = Koef. Lapis

W = berat butir batu pelindung

γ_r = berat jenis batu pelindung

Stabilitas unit lapis lindung beton

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{KD(sr-1)^3 \cot\theta} \quad \dots \dots \dots \quad (31)$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \quad \dots \dots \dots \quad (32)$$

Dengan:

W = Berat butir batu pelindung

γ_r = Berat Jenis Batu

γ_a = Berat Jenis Air Laut

H = tinggi gelombang rencana

θ = Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang

K_D = Koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk pelindung

HASIL DAN PEMBAHASAN

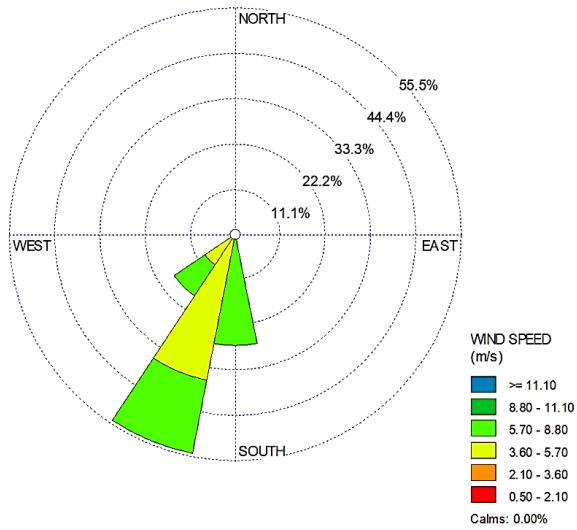
Analisis Angin

Data angin diperoleh dari Stasiun Metereologi Kelas I Frans Kaisiepo Biak tahun 2008-2018.

Tabel 1. Rekapitulasi persentase frekuensi angin yang terjadi

Arah	Percentase Frekuensi Kejadian Angin (%)					Jumlah
	<5	5 - 10	10 - 15	15 - 20	> 20	
Utara	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Timur Laut	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Timur	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Tenggara	1.52%	12.12%	0.00%	0.00%	0.00%	13.64%
Selatan	2.27%	26.52%	0.00%	0.00%	0.00%	28.79%
Barat Daya	1.52%	37.88%	0.00%	0.00%	0.00%	39.39%
Barat	0.00%	13.64%	0.00%	0.00%	0.00%	13.64%
Barat Laut	0.76%	1.52%	0.00%	0.00%	0.00%	2.27%

Dari mawar angin yang diperoleh, angin datang dominan berasal dari arah Barat Daya. Kecepatan angin terbesar berulang kali terdapat di bulan Februari tahun 2008. Hasil pengolahan data angin dengan windrose dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengolahan data angin dengan *windrose*

Analisis Gelombang

Fetch

Diperlukan bantuan aplikasi *Autocad* dan *google earth* untuk menggambarkan daerah pembangkitan gelombang dari lokasi penelitian yaitu di Desa Padaido.



Gambar 4. *Fetch* peta lokasi

Tabel 2. Pengukuran *fetch* lokasi penelitian

α ($^{\circ}$)	Cos (α)	Panjang Fetch Xi (km)		Xi Cos α	
		Selatan	Barat Daya	Selatan	Barat Daya
20	0.940	56.226	52.923	52.835	49.731
15	0.966	55.620	56.248	53.725	54.331
10	0.985	55.552	57.869	54.708	56.990
5	0.996	4.890	61.834	4.871	61.599
0	1.000	5.320	64.112	5.320	64.112
-5	0.996	50.430	70.384	50.238	70.116
-10	0.985	50.125	13.714	49.363	13.506
-15	0.966	48.802	62.554	47.139	60.423
-20	0.940	50.125	200.000	47.102	187.939
Total	8.773			365.302	618.746

Perhitungan *fetch* rata – rata dengan menggunakan persamaan (6) diperoleh untuk arah selatan 41638,2 m dan arah barat daya 70526,5 m

Koreksi data angin

Untuk pembangkitan gelombang, diperlukan koreksi data angin. Data angin yang akan digunakan diubah dari satuan knot ke satuan m/s agar lebih mudah dalam mengolah data. Data angin yang digunakan adalah data angin yang mempunyai nilai yang paling besar setiap tahun.

Tabel 3. Koreksi data angin

Tahun	Bulan	Kecepatan	
		Knot	m/s
2008	Februari	18	9.252
2009	Januari	9	4.626
	Maret	9	4.626
2010	Agustus	7	3.598
2011	Februari	11	5.654
2012	Januari	12	6.168
2013	Februari	9	4.626
2014	Juli	5	2.570
2015	Oktober	12	6.168
2016	Mei	11	5.654
2017	Maret	16	8.224
2018	September	7	3.598

Pengukuran data angin tidak berada pada ketinggian 10 m, maka dilakukan koreksi data dengan menggunakan persamaan (1), diperoleh $.U_{10} = 10,988$

Koreksi stabilitas dan koreksi lokasi diperlukan dalam menghitung kecepatan angin laut yang dikoreksi terhadap angin darat. Untuk koreksi stabilitas, digunakan $R_T = 1,1$ dikarenakan data suhu tidak terdapat pada data angin dan untuk koreksi lokasi (R_L) digunakan nilai berdasarkan grafik SPM untuk perbandingan kecepatan angin laut dan angin darat

Perhitungan terhadap koreksi stabilitas dan lokasi berdasarkan persamaan (2) diperoleh $U = 14,505 \text{ m/s}$

Setelah mengoreksi kecepatan angin maka langkah selanjutnya adalah mengkonversi kecepatan angin menjadi *wind stress factor* (U_a) dengan menggunakan persamaan 3.

Untuk perhitungan konversi, diambil data angin terbesar di setiap tahun dan hasil perhitungan selanjutnya ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Konversi kecepatan angin ke *wind stress factor*

Tahun	Bulan	U10	U	Ua
		m/s	m/s	m/s
2008	Februari	10.988	14.505	19.051
2009	Januari	5.494	9.065	10.687
	Maret	5.494	9.065	10.687
2010	Agustus	4.273	7.427	8.363
2011	Februari	6.715	10.341	12.566
2012	Januari	7.326	11.120	13.740
2013	Februari	5.494	9.065	10.687
2014	Juli	3.052	5.540	5.831
2015	Okttober	7.326	11.120	13.740
2016	Mei	6.715	10.341	12.566
2017	Maret	9.767	13.753	17.843
2018	September	4.273	7.427	8.363

Perhitungan peramalan gelombang akan diuraikan dibawah ini dan diambil satu data sebagai contoh uraian pada bulan Februari tahun 2008:

Diketahui:

$$\begin{aligned} U_a &= 19,051 \text{ m/s} \\ t &= 10800 \text{ detik} \\ g &= 9,81 \text{ m/s}^2 \\ \text{Fetch Efektif} &= 70526,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Menentukan kondisi gelombang (*Fully Developed* dan *Non-Fully Developed*) dengan persamaan (9) $gt = 10577,6$, karena $10577,6 < 7,15 \times 10^4$ maka termasuk *Non-Fully Developed*

Menentukan kondisi pembentukan gelombang (*Duration Limited* atau *Fetch Limited*) dengan menggunakan persamaan (13), $t_c = 20541,395$ detik

Diperoleh $t = 10800 < t_c = 20541,395$ maka kondisi pembentukan gelombang termasuk kondisi *Duration Limited*. Karena kondisi pembentukan gelombang yang didapatkan adalah *Duration Limited* maka perlu dihitung *fetch minimumnya*.

Perhitungan *Fetch minimum* (F_{min}) dengan menggunakan persamaan (14), $F_{min} = 26887,051 \text{ m}$.

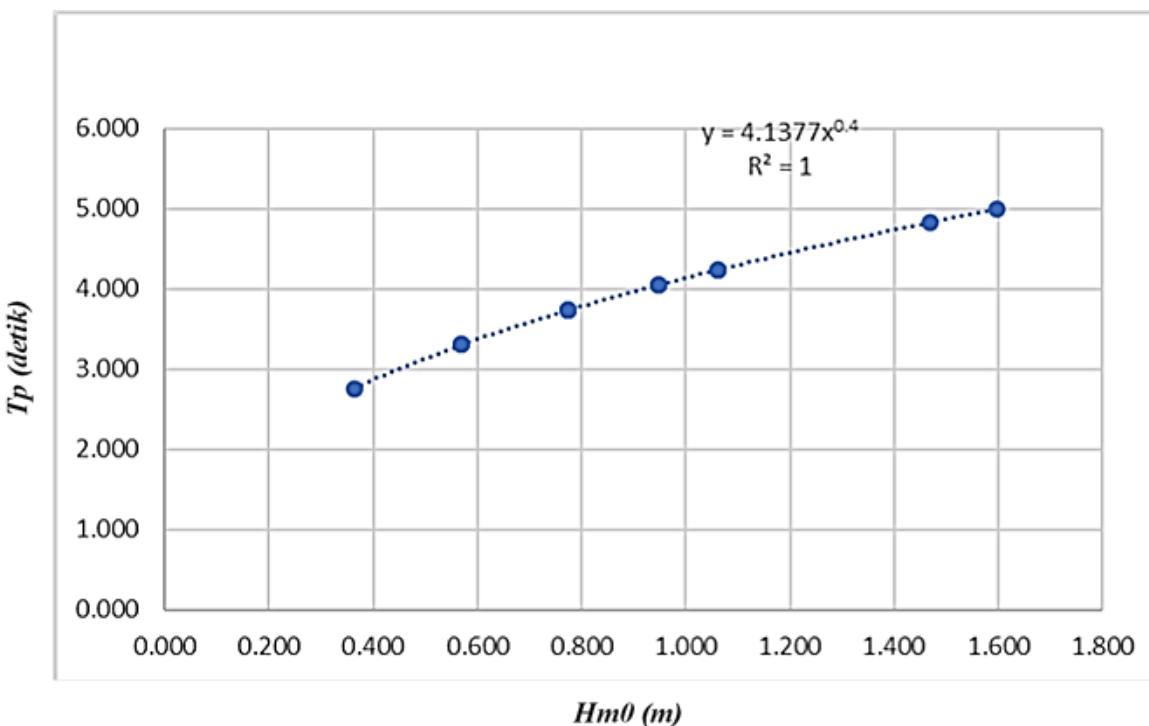
Fetch minimum akan digunakan untuk mencari nilai tinggi gelombang di laut dalam dan periode gelombang.

Tinggi gelombang di laut dalam (H_{m0}) berdasarkan persamaan (19) diperoleh $H_{m0} = 1,596 \text{ m}$ dan Periode Gelombang $T_p = 4,988 \text{ detik}$

Jadi tinggi gelombang yang terjadi di laut dalam yang berdurasi 3 jam (10800 detik) pada bulan Februari tahun 2008 adalah 1,596 m dengan periode 4,988 detik.

Tabel 5. Peramalan gelombang laut dalam

Tahun	Bulan	Ua	Hm0	Tp
2008	Februari	19.051	1.596	4.988
	Januari	10.687	0.775	3.736
	Maret	10.687	0.775	3.736
2010	Agustus	8.363	0.570	3.305
2011	Februari	12.566	0.949	4.051
2012	Januari	13.740	1.061	4.236
2013	Februari	10.687	0.775	3.736
2014	Juli	5.831	0.363	2.760
2015	Okttober	13.740	1.061	4.236
2016	Mei	12.566	0.949	4.051
2017	Maret	17.843	1.470	4.828
2018	September	8.363	0.570	3.305



Gambar 5. Hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang

Gelombang Rencana

Untuk menghitung tinggi gelombang dengan periode ulang diperlukan data gelombang signifikan (H_s) yang didapatkan dari nilai rata – rata tinggi

gelombang setiap tahunnya. Setelah mendapatkan tinggi signifikannya, maka tinggi gelombang pecah dengan periode ulang dihitung menggunakan metode distribusi Gumbell (*Fisher – Tipped Type 1*).

Tabel 6. Hasil perhitungan dengan metode *Fisher – Tipped Type*

no	Hs	TP	P	Ym	Hsm.Ym	y_m^2	$(H_{sm} - H_r)^2$	\bar{H}_{sm}	$\bar{H}_{sm} - \bar{H}_{sr}$
1	1.596	4.988	0.950	2.963	4.728	8.778	0.455	1.667	-0.071
2	1.470	4.828	0.860	1.889	2.778	3.570	0.301	1.336	0.134
3	1.061	4.236	0.770	1.341	1.422	1.798	0.019	1.167	-0.106
4	1.061	4.236	0.680	0.952	1.010	0.907	0.019	1.047	0.013
5	0.949	4.051	0.590	0.639	0.606	0.408	0.001	0.951	-0.002
6	0.949	4.051	0.500	0.367	0.348	0.134	0.001	0.867	0.082
7	0.775	3.736	0.410	0.115	0.089	0.013	0.022	0.790	-0.015
8	0.775	3.736	0.320	-0.130	-0.101	0.017	0.022	0.714	0.061
9	0.570	3.305	0.230	-0.384	-0.219	0.148	0.123	0.636	-0.066
10	0.570	3.305	0.140	-0.675	-0.385	0.456	0.123	0.546	0.024
11	0.363	2.760	0.050	-1.095	-0.398	1.199	0.312	0.417	-0.054
Total	10.137		5.500	5.982	9.878	17.428	1.398	10.137	0.000
Rata-Rata	0.922	3.930	0.500	0.544	0.898	1.584	0.127	0.922	0.000

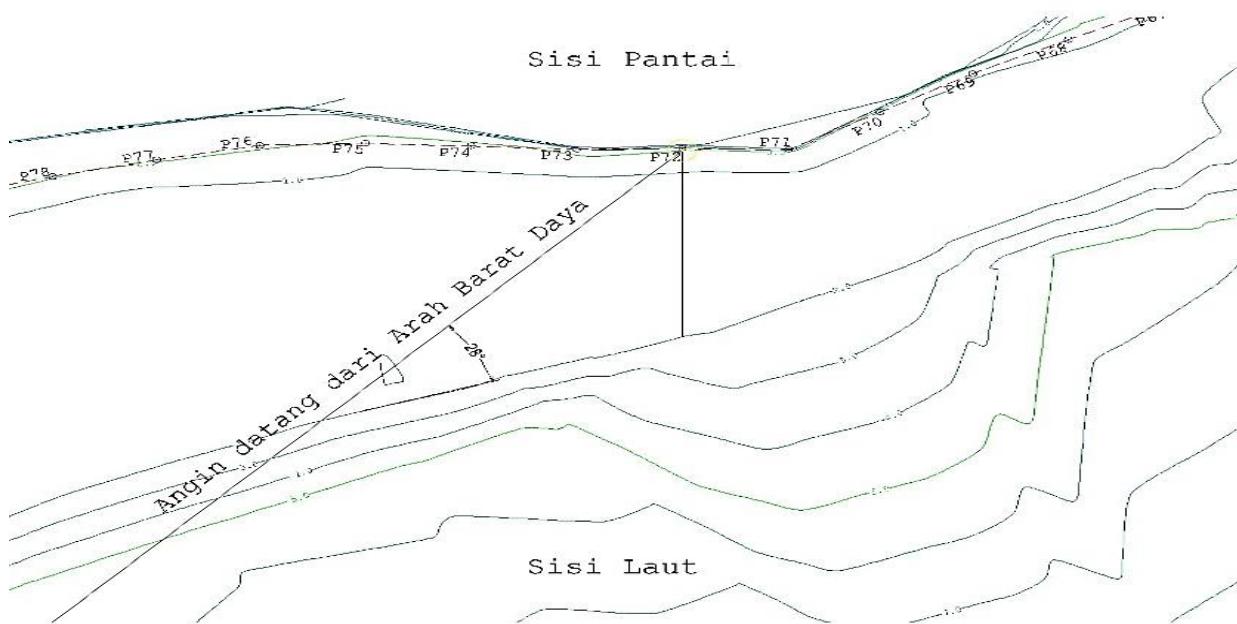
Tabel 7. Hasil perhitungan tinggi gelombang signifikan

Periode ulang (tahun)	y_r (tahun)	H_{sr} (m)	σ_{nr}	σ_r	$H_s - 1,28\sigma_r$ (m)	$H_s + 1,28\sigma_r$ (m)
2	0.367	0.867	0.320	0.120	0.714	1.020
5	1.500	1.216	0.535	0.200	0.960	1.472
10	2.250	1.447	0.728	0.272	1.099	1.796
25	3.199	1.739	0.989	0.370	1.266	2.213
50	3.902	1.956	1.188	0.444	1.388	2.524
100	4.600	2.171	1.387	0.519	1.507	2.835

Penentuan tinggi dan kedalaman gelombang pecah

Setelah mengetahui tinggi gelombang rencana signifikan (H_{sr}) selanjutnya menghitung tinggi

gelombang ekivalen dalam perhitungan gelombang pecah.



Gambar 6. Sudut datang gelombang

Tabel 8. Hasil perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah periode ulang

Periode ulang (tahun)	$H_s + 1,28r$ (m)	a	b	T	Lo	a_0	Kr	Ks	H'_0	Hb	db
2	1.020	6.387	0.843	4.171	27.142	28	0.939	1.307	1.252	1.058	1.297
5	1.472	6.387	0.843	4.830	36.391	28	0.939	1.307	1.807	1.490	1.856
10	1.796	6.387	0.843	5.229	42.662	28	0.939	1.307	2.204	1.793	2.261
25	2.213	6.387	0.843	5.685	50.416	28	0.939	1.307	2.716	2.179	2.791
50	2.524	6.387	0.843	5.993	56.025	28	0.939	1.307	3.098	2.464	3.195
100	2.835	6.387	0.843	6.278	61.476	28	0.939	1.307	3.480	2.746	3.604

Penentuan zona gelombang pecah

Untuk Periode Ulang 50 Tahun Dengan tinggi gelombang pecah (H_b) = 2,464 m dan kedalaman (d_b) = 3,195 m.

Pada kondisi SWL = 0,15 m maka,

Elevasi dasar laut = LWL - d_b = 0,15 - 3,195 = -3,045 m

Pada kondisi HWL = 2,21 m maka,

Elevasi dasar laut = HWL - d_b = 2,21 - 3,195 = -0,985 m

Perhitungan perencanaan pemecah gelombang

Pemecah gelombang sisi miring mempunyai sifat fleksibel. Kerusakan yang terjadi karena serangan gelombang tidak secara tiba – tiba (tidak fatal).

Didapatkan nilai H_b = 2,464 m dan d_b = 3,195 m pada peride ulang 50 tahun.

Elevasi puncak pemecah gelombang dihitung dengan persamaan (30) dengan kemiringan sisi pemecah gelombang diambil 1:2., I_r = 2,424 dan R_u = 2,621 m

Jenis lapis lindung yang pertama digunakan jenis batu pecah. Dihitung elevasi puncak pemecah gelombang dengan memperhitungkan tinggi kebebasan 0,5 m.

$$El_{Pem.Gel} = HWL + R_u + \text{tinggi kebebasan} \quad (33)$$

$$El_{Pem.Gel} = 0,985 + 2,621 + 0,5$$

$$El_{Pem.Gel} = 4,106 \text{ m}$$

Untuk lapis lindung *Tetrapod*:

$$\frac{R_u}{H} = 0,755$$

$$R_u = 0,755 \times 2,383 = 1,799 \text{ m}$$

$$El_{Pem.Gel} = HWL + R_u + \text{tinggi kebebasan} \quad (34)$$

$$El_{Pem.Gel} = 0,985 + 1,799 + 0,5$$

$$El_{Pem.Gel} = 3,284 \text{ m}$$

Untuk tinggi pemecah gelombang:

$$H_{Pem.Gel} = El_{Pem.Gel} - El_{Dsr.Laut} \quad (35)$$

$$H_{Pem.Gel} = 4,106 - (-3,08) = 7,186 \text{ m} \quad (\text{untuk lapis batu pecah})$$

$$H_{Pem.Gel} = 3,284 - (-3,08) = 6,364 \text{ m} \quad (\text{untuk lapis Tetrapod})$$

Karena di dekat lokasi pekerjaan banyak terdapat batu pecah, maka akan digunakan batu pecah

sebagai bahan yang memiliki berat jenis ($1,45 \text{ kg/m}^3$).

Uraian perhitungan sebagai berikut ($K_D = 2,4$):

Dengan menggunakan persamaan (31) dan (32) diperoleh $Sr = 1,411$ dan $W = 127,132 \text{ ton}$.

Didapat nilai $n=2$; $k_\Delta=1,02$ maka lebar puncak pemecah gelombang diuraikan sebagai berikut:

$$B = nk_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \quad (36)$$

$$B = 2 \times 1,02 \left(\frac{127,132}{1,45} \right)^{1/3}$$

$$B = 9,063 \text{ m}$$

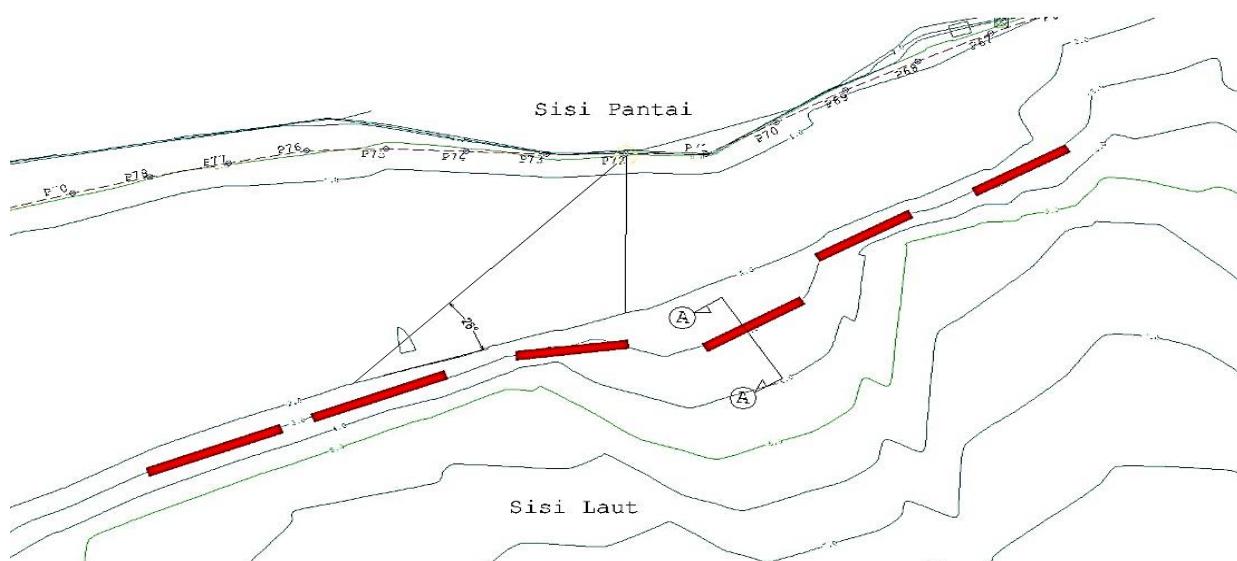
Tebal lapis lindung sebesar

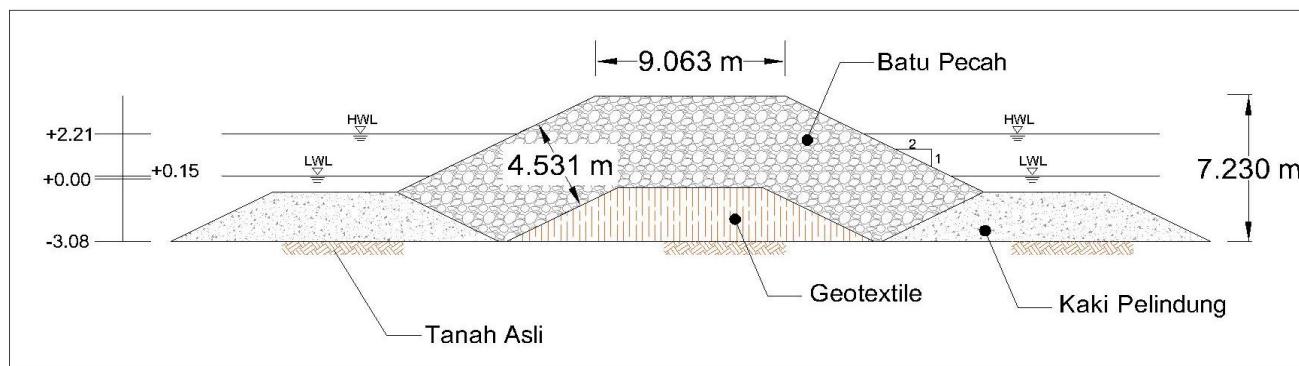
$$t = nk_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \quad (37)$$

$$t = 1 \times 1,02 \left(\frac{127,132}{1,45} \right)^{1/3}$$

$$t = 4,531 \text{ m}$$

Untuk gambar dimensi pemecah gelombang, dapat dilihat potongan melintang pada Gambar 7.





Gambar 9. Hasil perancangan dimensi pemecah gelombang

Pembahasan

Dimensi pemecah gelombang sisi miring sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
H_s &= 2,383 \text{ m} \\
d_s &= 3,080 \text{ m} \\
H_{pem.gel} &= 7,186 \text{ m} \text{ (untuk lapis lindung batu pecah)} \\
B &= 9,063 \text{ m} \\
t &= 4,531 \text{ m}
\end{aligned}$$

KESIMPULAN

Karakteristik angin yang datang ke Pantai Auki sebagian besar berasal dari arah Barat Daya dan kecepatan angin paling besar secara berulang berada pada bulan Februari 2008.

Karakteristik gelombang pada periode ulang 50 tahun, tinggi gelombang pecah (H_b) pada daerah bangunan adalah 2,464 m dan kedalaman gelombang pecah (d_b) = 3,195 m. Zona gelombang pecah berada pada elevasi -3,045 m sampai dengan -0,985 m.

Pemecah gelombang yang digunakan adalah pemecah gelombang sisi miring. Pemasangan pemecah gelombang berada pada kedalaman $d_s = 3,08 \text{ m}$ dan pada saat tinggi gelombang ($H_s = 2,383 \text{ m}$). Dengan lebar puncak pemecah gelombang $B = 9,063 \text{ m}$, tinggi pemecah gelombang $H = 7,186 \text{ m}$ (untuk lapis batu pecah) dan tebal lapisan utama ($t = 4,531 \text{ m}$)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sri W., Haryono, dan Bety P, 2011, "Perencanaan Bangunan Pemecah Gelombang Untuk Perencanaan Pelabuhan Teluk Sololo Kepulauan Halmahera Maluku", Jurnal Ilmiah Desain dan Konstruksi Vol.10, no.1
- [2] D. A. Karima dan B. Sarwono, 2017, "Perencanaan Bangunan Pemecah Gelombang di Teluk Sumbreng, Kabupaten Trenggalek," Jurnal Tek.ITS, Vol. 6, no. 2, doi: 10.12962/j23373539.v6i2.26701.
- [3] Restu W., Bambang,A.P., dan Shandi.I.S., 2018, "Perencanaan Pemecah Gelombang Sisi Miring di Pelabuhan Merak Dengan Menggunakan Batu Pecah dan Tetrapod", Fondasi : Jurnal Teknik Sipil, Vol.7, no.2.doi : http://dx.doi.org/10.36055/jft.v7i2.4078
- [4] Gunawan, 2014, "Analisis Gelombang Terhadap Struktur Bangunan Breakwater Tegak Pantai Tapak Paderi Bengkulu", Jurnal Teknik Sipil; Inersia, Vol.6, no.2, doi: 10.33369/ijts.6.2.21-30
- [5] I. Ichsan dan A. H. Suleman, 2018, "Analisis Perencanaan Break Water Dalam Penanganan Sedimentasi Pantai Di Desa Botubarani," Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng., vol. 1, no. 1, , doi: 10.32662/gojise.v1i1.158.
- [6] I Gede A.W.P., 2018, "Perencanaan Bangunan Pemecah Gelombang Tipe Groin Dengan Bahan Tetrapod di Pantai Jasri, Kabupaten Karangasem", Paduraksa, Vol.7, no.2, doi: https://doi.org/10.22225/pd.7.2.943.138-149