

ANALISIS PERENCANAAN BANGUNAN PENGAMAN PABNTAI (SEAWALL) DI PANTAI KETAPANG PULAU RUPAT, KABUPATEN BENGKALIS, PROVINSI RIAU

Muhammad Fikry¹, Anang Bakhtiar² dan Anita Rahmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang e-mail:
22001051098@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang e-mail:
anang.bakhtiar@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang e-mail:
anita.rahmawati@unisma.ac.id

ABSTRACT

This research designs a mound-type seawall as a technical solution to address abrasion at Ketapang Beach, Rupert Island, a strategic tourism area threatened by erosion. The main objective is to design effective and stable seawall dimensions by analyzing hydrodynamic forces and verifying its safety. The research methodology applies a quantitative approach, processing primary data from field surveys and secondary hydrometeorological data from a 10-year period (2014-2023). The analysis includes forecasting the 50-year return period design wave using the Fisher-Tippett method, tidal analysis with the Admiralty method, and dimension design using Hudson's Formula. Structural stability was then manually analyzed and validated with GeoStudio (Slope/W) software. The research results yielded a seawall design with a crest height of 3.00 m, a base width of 14.00 m, a crest width of 2.00 m, and a main armor layer stone weight of 544 kg. Stability analysis indicates the design is very safe, with a factor of safety against overturning (F_o) of 19.05 and against sliding (F_s) of 11.41, both meeting the minimum requirements. Numerical validation with GeoStudio confirmed the design's safety with a Factor of Safety (FOS) of 1.825. As all results meet the feasibility standards,

Kata Kunci: *Seawall, Beach Abrasion, Hydrodynamic Analysis, Structural Stability.*

1. LATAR BELAKANG

1.1. Latar Belakang

Aktivitas manusia dan pembangunan di daerah pantai serta faktor alam seperti gelombang, pasang surut dan arus dapat menimbulkan dampak negatif di daerah pantai dengan erosi pantai. Erosi pantai juga dapat mengakibatkan timbulnya masalah seperti, mundurnya garis pantai dan rusak nya fasilitas yang ada pada daerah pesisir [1]

Analisis gelombang dalam perencanaan pelabuhan diperlukan untuk memprediksi tinggi gelombang di perairan pelabuhan dan menilai kebutuhan akan pemecah gelombang atau struktur pelindung pelabuhan. Gelombang sangat penting bagi para perencana pelabuhan. Gelombang dibagi menjadi berbagai jenis berdasarkan gaya yang menghasilkannya.

Gelombang yang paling relevan dari daftar terakhir, selama pekerjaan perencanaan di Pelabuhan, adalah gelombang yang disebabkan oleh gaya angin dan pasang surut [2]

1.2. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah diperlukan agar penulisan skripsi ini terfokus dan mudah dipahami sesuai dengan tujuan penelitian

1. Terjadinya abrasi di pantai Ketapang yang mengakibatkan kerusakan infrastruktur di sekitar wilayah pantai, seperti kios-kios dan jalan utama yang terdekat.
2. Terjadi perubahan iklim yang
3. meningkatkan tinggi gelombang laut serta abrasi pantai.
4. Adanya perubahan garis pantai yang diakibatkan pasang surut laut.

1.3. Rumusan masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa besar gaya yang diberikan Bangunan Pengaman Pantai (*seawall*) pada tinggi gelombang rencana (HWS)?
2. Berapa Dimensi bangunan Pengaman Pantai (*Seawall*) yang aman?
3. Bagaimana Stabilitas gaya geser danguling yang terjadi pada bangunan Pengaman Pantai (*Seaawall*) yang direncanakan?

1.4. Batasan masalah

Berikut ini adalah keterbatasan penelitian saat ini, dibandingkan dengan aspek luas struktur pemecah gelombang.

1. Tidak merencanakan Metode Pelaksanaan Pekerjaan
2. Pengaruh gempa tidak diperhitungkan
3. Pengaruh sedimentasi tidak diperhitungkan
4. Tidak memperhitungkan Anggaran Biaya
5. Tidak menghitung analisis sedimentasi

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peta Batimetri dan Topografi

Untuk memahami relief permukaan bumi secara utuh, kita menggunakan dua peta yang berbeda. Peta batimetri secara spesifik memvisualisasikan kondisi dasar laut, menyajikan data mengenai kedalamannya. Di sisi lain, peta topografi merepresentasikan bentuk permukaan daratan, lengkap dengan informasi ketinggian dan posisi fitur-fitur penting di suatu lokasi.

2.2. Angin

Hembusan angin di lautan merupakan tenaga utama yang membangkitkan gelombang. Data angin yang terkumpul kemudian dianalisis dengan membaginya menurut arah dan kecepatannya. Arah angin ditentukan dalam delapan penjurut utama, sementara kecepatannya diukur dalam satuan knot, lalu frekuensi kejadiannya dihitung dalam persentase.

2.3. Fetch

Panjang *fetch* dihitung menggunakan *software* bantu seperti *Google Maps* dan *AutoCAD* untuk mendapatkan estimasi yang

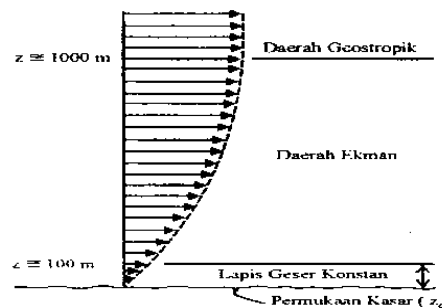
lebih akurat. Perhitungan *fetch* efektif dilakukan dengan metode berikut:

1. Menentukan arah angin dominan dan menarik garis *fetch* hingga bertemu dengan daratan.
2. Apabila garis *fetch* mengarah ke laut lepas, maka dianggap memiliki panjang maksimal 200 km.

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

2.4. Gelombang

Pada dasarnya, gelombang laut adalah bentuk pergerakan energi yang sumber utamanya adalah angin. Oleh karena itu, dalam peramalan gelombang, data angin permukaan menjadi sangat krusial. Data ini diolah untuk mendapatkan Faktor Stres Angin (UA), yang menggambarkan seberapa besar "dorongan" energi angin ke permukaan laut. Setelah dikoreksi, nilai UA inilah yang digunakan sebagai salah satu variabel kunci untuk memprediksi tinggi dan periode gelombang. Distribusi kecepatan angin di atas permukaan laut.



Gambar 1. Distribusi Vertical Kecepatan Angin

Persamaan yang lebih sederhana berikut dapat digunakan untuk memperkirakan pengaruh kecepatan angin terhadap gelombang.

$$U(10) = U(y) \left(\frac{10}{y} \right)^{1/7}$$

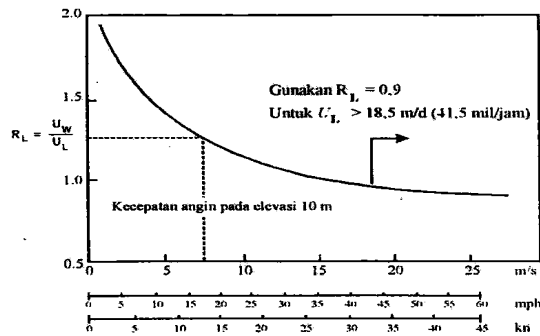
a. Koreksi durasi (t1)

Koreksi ini dilakukan untuk mendapatkan kecepatan angin rata-rata untuk durasi angin dapat dicari dengan persamaan (SPM,1984)

$$t1 = 1609/U10$$

b. Koreksi lokasi (RL)

Pada pengukuran angin yang dilakukan di daratan ditransformasikan menjadi data angin, $RL = U_w/U_L$.



Gambar 2. Hubungan Kecepatan Angin Dilaut Dan Didarat

c. Koreksi stabilitas (RT)

Koreksi stabilitas dilakukan apabila terdapat perbedaan temperatur air laut dan udara. Jika nilai perbedaan temperatur tidak diketahui maka nilai $RT = 1,1$ (SPM, 1984).

d. Nilai angin terkoreksi

Besarnya nilai kecepatan angin terkoreksi dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini:

$$U = RT \times RL U(10)$$

e. Wind stres faktor (UA)

Pembangkitan gelombang memiliki variable Wind-stress factor (Faktor Tengahan Angin). UA dapat dihitung dari kecepatan angin setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan angin, dengan persamaan :

$$UA = 0,71U^{1,23}$$

2.5. Gelombang Pecah

Saat gelombang bergerak dari lautan dalam menuju perairan pantai yang lebih dangkal, gelombang tersebut akan pecah. Proses pecahnya gelombang ini dapat dibedakan menjadi beberapa tipe, yang paling umum adalah spilling, plunging, dan surging.

Untuk memprediksi seberapa tinggi gelombang saat pecah (H_b), salah satu rumus yang sering digunakan adalah rumus empiris dari Goda (1975).

$$\frac{H_0}{gt^2}$$

2.6. Fluktuasi Muka Air Laut

Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter sangat penting di dalam perencanaan bangunan pantai.

Pasang surut adalah fenomena naik dan

turunnya permukaan air laut. Untuk menganalisis pasang surut di lokasi perencanaan, digunakan Metode *Admiralty*. Perhitungan ini menghasilkan nilai amplitudo (A) dan kelambatan fase (g°) yang digunakan untuk menentukan jenis pasang surut.

$$HHWL = S_0 + (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1)$$

$$MHWL = S_0 + (M_2 + K_1 + O_1)$$

$$MSL = Z_0$$

$$MLWL = S_0 - (M_2 + K_1 + O_1)$$

$$LLWL = S_0 - (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1)$$

2.7. Perhitungan Dimensi Seawall

Bangunan pelindung pantai seperti *seawall* memiliki peranan penting untuk melindungi garis pantai dari abrasi, hempasan gelombang, dan intrusi air laut. Salah satu jenis bangunan yang umum digunakan adalah *mound seawall*, yaitu struktur yang dibangun menggunakan tumpukan batu alam dengan susunan berlapis.

Menurut buku Teknik Pantai Bambang Triatmodjo (2012) dalam bukunya *Teknik Pantai*, perhitungan dimensi *mound seawall* mempertimbangkan beberapa komponen utama yaitu Lebar puncak *seawall* (B_c), Tebal lapis pelindung luar (*Armor Layer*), Tebal lapis pelindung kedua (*Under Layer*), Berat dan diameter batu pelindung (Menggunakan rumus Hudson), *Toe Protection* (Pelindung kaki bangunan), Tinggi *seawall* (Elevasi Mercu)

2.8. Perhitungan dan Pengujian Stabilitas Struktur Seawall (Geser dan Guling)

Seawall merupakan bangunan pelindung pantai yang dirancang untuk mengatasi ancaman abrasi, erosi, dan dampak gelombang laut.

Rumus Faktor Keamanan Geser

$$FS_{geser} = \frac{\sum R}{\sum H}$$

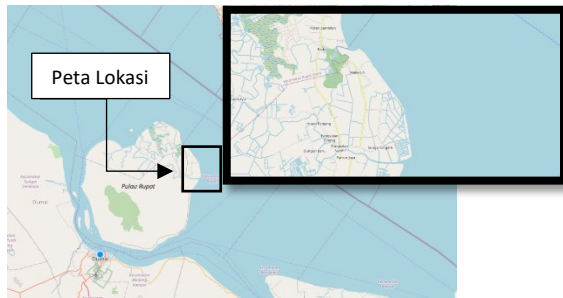
Rumus Faktor Keamanan Guling

$$F_{oguling} = \frac{\sum M_R}{\sum M_o}$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Pantai Ketapang, Pulau Rupat, Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau. Wilayah ini dipilih karena mengalami abrasi pantai yang signifikan.



Gambar 3. Peta lokasi Pulau Rupert, Pantai Ketapang

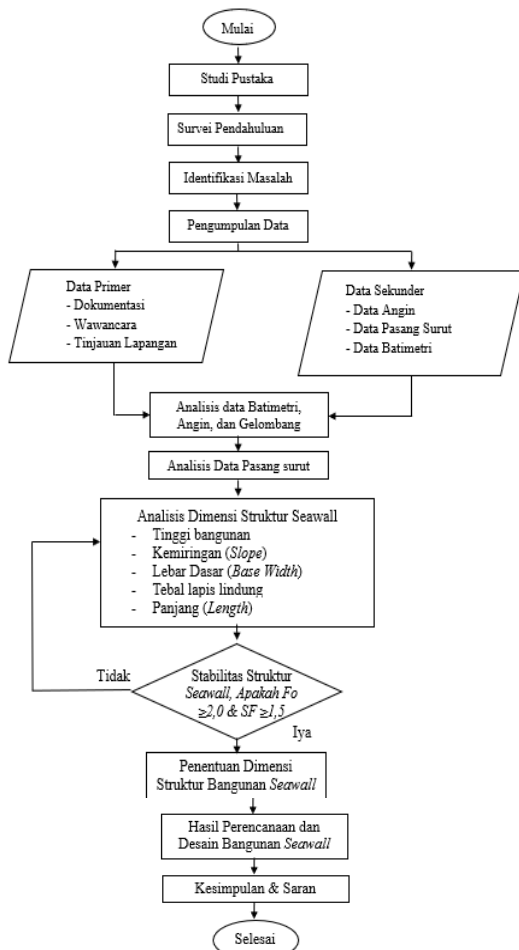
Data yang dikumpulkan langsung dari survei lapangan meliputi:

- Dokumentasi Lokasi Penelitian

Data yang diperoleh dari instansi terkait, antara lain:

- Peta Lokasi dan topografi
- Data Angin 10 Tahun dari ECMWF
- Data Gelombang dari ECMWF
- Data Pasang surut BMKG Stasiun Meteorologi Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru

3.2. Bagan Alir



Gambar 4 Bagan Alir Penelitian

3.3. Analisis Data

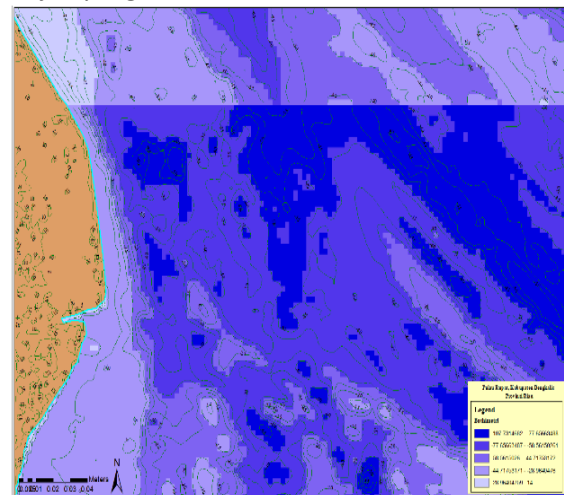
Hasil pengolahan data angin disajikan secara visual dalam format mawar angin (windrose). Dengan metodologi yang serupa, data gelombang juga dapat divisualisasikan dalam bentuk mawar gelombang (waverose) melalui tahapan berikut:

- Pengelompokan Data: Melakukan klasifikasi data gelombang secara simultan berdasarkan parameter arah angin dan kategori tinggi gelombang.
- Analisis Frekuensi Kejadian: Menghitung distribusi frekuensi dalam bentuk persentase untuk setiap kelas yang telah dikelompokkan, yang kemudian hasilnya ditabulasikan.
- Data pasang surut dianalisis melalui tahapan, menguraikan komponen-komponen pasang surut fluktuasi muka air akibat pasang surut menjadi sembilan komponen-komponen harmonik penyusunnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Peta Batimetri dan Topografi

Kondisi permukaan tanah di lokasi perencanaan Pantai Ketapang, Pulau Rupert, mencakup data ketinggian dan letak berbagai objek yang terlihat di area tersebut.



Gambar 5. Peta Batimetri

4.2. Pengolahan Data Angin

Pengolahan data Angin dilakukan menggunakan data angin yang diambil dari Stasiun Bandara Internasional Sultan Syarif Kasim II, data yang diambil dari tahun 2014-2023.

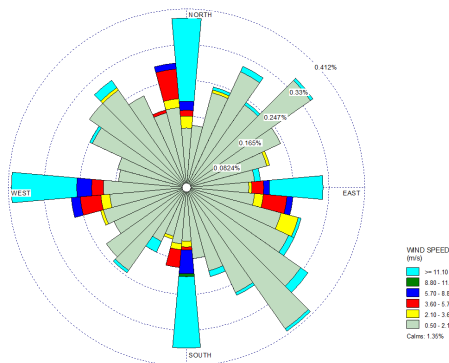
Tabel 1. Data Angin

Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Tahun												
2014	7.8	5.6	2.1	1,6	5.1	6.1	7	8.5	8.5	6.8	2.4	4.4
2015	7.3	4.7	2.6	0.4	6	6.9	8.1	8.2	8.3	7.2	2.1	3.9
2016	1.4	3.8	2.2	3.1	3.8	4.1	6.2	5.5	3.9	3.3	0.7	6.5
2017	5.3	5.8	2.9	0.1	5	5.2	6	7.3	6.5	3.6	2.1	4.4
2018	5.3	3.8	3.7	2.8	5.6	5.9	7.1	7.1	6.6	7.7	1	3.7
2019	5.8	2	4.3	0.8	5.1	6.3	5.4	6.5	6.3	6.8	6.5	2,1
2020	4.9	4.5	1.9	1.6	3.4	5.7	6.3	5.4	6.1	5	1.6	4.6
2021	5.6	4.9	3	2	3.5	2.4	4.3	3.9	3.5	6.2	1.6	5.1
2022	6.6	5.4	2.7	1.6	2	3.1	4.8	4.1	5.7	1.9	1.6	4.3
2023	5.9	6.5	4.4	4.6	5.1	3.9	4.1	4.2	4.2	3.1	3.9	3.6

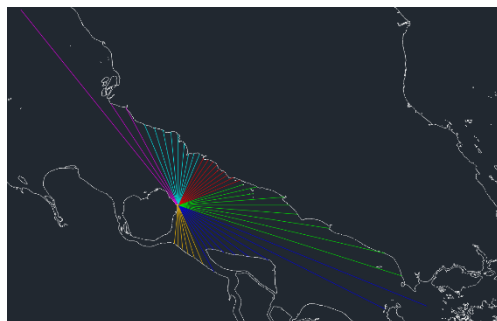
Tabel 2. Persentase Angin

Kecepatan Angin	Arah Angin								Total (%)
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	
0 - 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 - 9	1.7	1.7	2.5	0.8	0.8	0	0	0	7.5
10 -14	13	4.2	9.2	5	4.2	0.8	2	5.8	43.4
15 - 19	8.3	1.7	4.2	4.2	5	0.8	1	5	30
20 - 24	2.5	1.7	0.8	0	2.5	0.8	3	2.5	13.3
25 - 29	0	1.8	0	0.8	0.8	0.8	0	0	4.2
30	0.8	0	0	0	0.8	0	0	0	1.6
Total (%)	26	11	17	11	14	3.2	5	13	100

Untuk kemudahan dan kecepatan dalam membaca data, informasi angin biasanya disajikan dalam bentuk diagram windrose.



Gambar 6 Mawar Angin (Wind Rose)



Gambar 7 Garis Panjang Fetch

Berdasarkan persentasi kejadian angin, arah datangnya dan mawar angin didapatkan kejadian dari arah *North* 26%, disusul masing-masing dari *East* 17%, *South* 14%, *North West*

13%*North East* 11%, *South East* 11%, *West* 5%, dan berdasarkan mawar Pantai ini membentangi dari selatan ke utara, sehingga angin yang berpotensi membangkitkan gelombang di lokasi ini datang dari arah Utara, Barat, dan Barat Daya.

Tabel 3. Data Panjang Fetch

$\cos \alpha$	$\cos \alpha$	xi		xi $\cos \alpha$
		Cm	Km	
21	0.9336	0.4374	4.374	4.0835
18	0.9511	0.4485	4.485	4.2655
15	0.9659	0.4539	4.539	4.3843
12	0.9781	0.4359	4.359	4.2637
9	0.9877	0.4406	4.406	4.3518
6	0.9945	0.4424	4.424	4.3998
3	0.9986	0.4418	4.418	4.4119
0	1	0.43	4.3	4.3
3	0.9986	0.4373	4.373	4.367
6	0.9945	0.4362	4.362	4.3381
9	0.9877	0.4631	4.631	4.5740
12	0.9781	0.5011	5.011	4.9015
15	0.9659	0.5027	5.027	4.8557
18	0.9511	0.5955	5.955	5.6635
21	0.9336	0.5541	5.541	5.173
Total	14.619	7.0205	70.2050	68.619

Dimana untuk mendapat kan nilai *Feff* efektif di gunakan rumus:

$$Feff = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

$$Feff = \frac{68,619}{14,619} = 4,694$$

4.3. Analisis Data Gelombang

Tinggi dan periode gelombang di hitung berdasarkan formula SPM (*share protection manual*) 1984 Vol.1 sebagai berikut:

$$H = 5.112 \times 10^{-4} \times U_A \times F^{0.5}$$

$$T_o = 6.238 \times 10^{-2} \times (U_A \times F)^{0.33}$$

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \quad U_A = 0.71 \times U_W^{1.23}$$

$$H_S = 1.24 \times H_{rms} \quad H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i^2}$$

$$T_{avg} = \sum \frac{T_o}{N} \quad H_{avg} = \sum \frac{H_o}{N}$$

Untuk analisis gelombang ini, digunakan pendekatan teori gelombang linier. Teori fundamental ini pertama kali dirumuskan oleh Airy pada tahun 1845.

1. Dari data angin yang tersedia, tentukan UL dengan cara mencari kecepatan maksimum angin yang terjadi. Tentukan pula 2 atau lebih kecepatan aningn yang akan digunakan sebagai UL dalam perhitungan kecepatan minimum, dan kecepatan rata-rata. Konversikan ke satuan m/s.

UL = 22.834 knot = 11.737 m/s (kolom 1)

UL = 38.830 knot = 19.958 m/s (kolom 2)

UL = 73.811 knot = 37.938 m/s (kolom 3)

2. Gambar 9 menunjukkan grafik hubungan antara RL (sumbu y) dan UL (sumbu x). Untuk menemukan nilai RL, kita bisa mencari titiknya dari nilai UL yang diketahui lalu menghitungnya dengan sebuah persamaan

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} = \frac{22.242}{11.737} = 1.895$$

Maka, $U_W = R_L \times U_L$, kita dapatkan nilai U_W yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

$$U_w = U_L \times R_L$$

$$= 11.737 \times 1.895$$

$$= 22.242$$

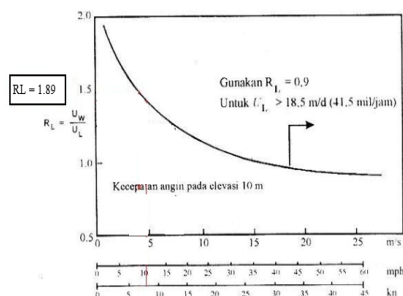
3. Lalu hitung U_A dengan persamaan

$$U_A = 0,71 \times U_W^{1,23}$$

$$= 0,71 \times 22.242$$

$$= 157.860$$

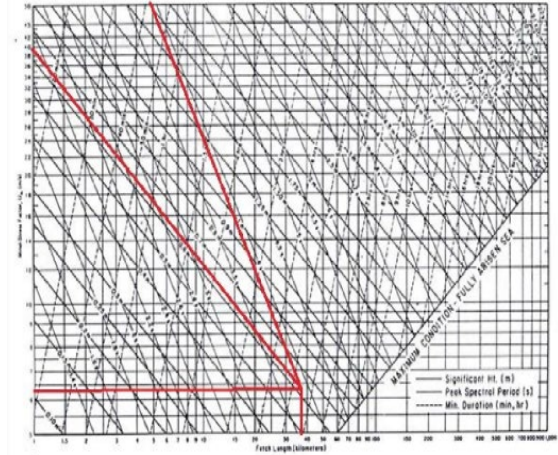
4. Perhitungan Tabel data, untuk mempermudah perhitungan dengan rumus-rumus sebelumnya, bisa menggunakan bantuan *softwerw Excel* dan disusun dalam grafik dibawah



Gambar 8. Grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat

Dari grafik dlat dapat nilai $R_L = 1,89$

5. Grafik peramalan gelombang dapat dimanfaatkan untuk mencari tahu nilai dari U_A , fetch, tinggi, dan juga periode gelombang.



Gambar 9. Grafik peramalan gelombang

$U_A = 157.860 \text{ m/dt}$

Maka dari grafik peramalan gelombang diperoleh tinggi dan periode gelombang sebagai berikut :

Tinggi gelombang (H) = 0.550 m

Periode gelombang (T) = 2.764 det

Tabel 4. Data Gelombang Signifikan

Tahun	Bulan	Kec Max	Arah	H	T
		Knot		(m)	(dtk)
2018	Des	137.639	Barat	0,694	15.621
2019	Apr	153.832	Barat	0,688	19.362
2022	Mar	147.392	Timur	0,688	18.126
2020	Mar	129.285	Barat	0,681	15.358
2023	Des	143.836	Barat	0,661	20.962
2016	Mar	129.951	Barat	0,624	23.363
2014	Des	121.540	Utara	0,618	22.003
2015	Jan	104.081	Utara	0,617	17.267
2021	Mar	53.865	Utara	0,609	6.458
2017	Feb	87.864	Barat	0,608	14.158

Maka di dapatkan kejadian gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan terjadi pada tahun 2018 bulan Mei dengan tinggi gelombang (H) 0,694 m dan periode gelombang (T) 15.621 detik.

Tabel 5. *Hsm ym periode ulang gelombang Metode Fisher typpet type*

No. Urut M	Hsm	p	ym	HsmYm	ym ²	(h-h)	hsm	hsm-hsm
1	0.694	0.945	2.866	1.989	8.214	1.070	0.64880	0.045
2	0.688	0.846	1.787	1.230	3.194	1.060	0.64880	0.039
3	0.688	0.747	1.232	0.848	1.518	1.060	0.64880	0.039
4	0.681	0.648	0.836	0.569	0.699	1.050	0.64880	0.032
5	0.661	0.549	0.513	0.339	0.263	1.019	0.64880	0.012
6	0.624	0.451	0.227	0.141	0.051	0.962	0.64880	-0.025
7	0.618	0.352	-0.044	-0.027	0.002	0.953	0.64880	-0.031
8	0.617	0.253	-0.318	-0.196	0.101	0.951	0.64880	-0.032
9	0.609	0.154	-0.626	-0.381	0.392	0.939	0.64880	-0.040
10	0.608	0.055	-1.063	-0.646	1.129	0.937	0.64880	-0.041
Jumlah	6.488	5.000	5.410	3.865	15.564	10.000		
	0.649		0.541		1.556			

Tabel 6. *Hsr periode ulang gelombang Metode Fisher typpet type*

Periode Ulang (Tahun)	yr (tahun)	Hsr (m)	Sigma nr	Sigma r	Hs -128 Sigma r (m)	Hs +1.28 Sigma r (m)
2	0.367	1.080	0.095	0.317	0.675	1.486
5	1.500	-1.721	0.389	1.296	-3.381	-0.062
10	2.250	-3.576	0.584	1.945	-6.066	-1.087
25	3.199	-5.920	0.829	2.765	-9.459	-2.381
50	3.902	-7.659	1.012	3.373	-11.976	-3.342
100	4.600	-9.385	1.193	3.976	-14.474	-4.295
Jumlah (sum)		-0.272				

Tabel 7. *Hsm ym periode ulang gelombang Metode Weibul.*

No. Urut M	Hsm	p	ym	HsmYm	ym ²	(h-h)	hsm	hsm-hsm
1	0.694	0.945	4.195	2.911	17.595	1.070	0.64880	0.045
2	0.688	0.846	2.710	1.864	7.344	1.060	0.64880	0.039
3	0.688	0.747	1.992	1.371	3.968	1.060	0.64880	0.039
4	0.681	0.648	1.514	1.031	2.293	1.050	0.64880	0.032
5	0.661	0.549	1.155	0.764	1.335	1.019	0.64880	0.012
6	0.624	0.451	0.868	0.542	0.753	0.962	0.64880	-0.025
7	0.618	0.352	0.628	0.388	0.395	0.953	0.64880	-0.031
8	0.617	0.253	0.423	0.261	0.179	0.951	0.64880	-0.032
9	0.609	0.154	0.243	0.148	0.059	0.939	0.64880	-0.040
10	0.608	0.055	0.083	0.050	0.007	0.937	0.64880	-0.041
Jumlah (sum)	6.488	5.000	13.810	9.329	33.927	10.000		
Rata-rata	0.649		1.381		3.393			

Tabel 8. *Hsr periode ulang gelombang Metode Weibul.*

Periode Ulang (Tahun)	yr (tahun)	Hsr (m)	Sigma nr	Sigma r	Hs -128 Sigma r (m)	Hs +1.28 Sigma r (m)
2	1.005	2.683	0.484	1.615	0.616	4.750
5	2.333	-4.493	1.125	3.750	-9.292	0.307
10	3.337	-9.921	1.609	5.364	-16.787	-3.055
25	4.665	-17.09	2.250	7.499	-26.696	-7.498
50	5.670	-22.52	2.734	9.114	-34.191	-10.860
100	6.674	-27.95	3.219	10.729	-41.686	-14.221
		-0.793				

Tabel 9. *Pasang Surut*

	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A Cm	9.82	10.50	4.53	2.80	7.47	3.95	0.32	0.12	0.21	1.38
g °	0.00	-133.94	319.32	313.30	188.91	21.19	131.41	-305.12	319.32	188.91

Setelah di lakukan perhitungan nilai H_{sr} dengan periode ulang 50 tahun, maka di dapat nilai H_{sr} menggunakan metode *fisher typpet type* adalah 0.272 m.

4.4. Gelombang Pecah

Gelombang pecah dihitung dengan menggunakan rumus:

$$g \text{ grafitasi } 9,81 \text{ m/s}^2 \text{ maka:}$$

$$gt^2 = g \times t = 9,81 \times (15.62)^2 = 239 \text{ m}$$

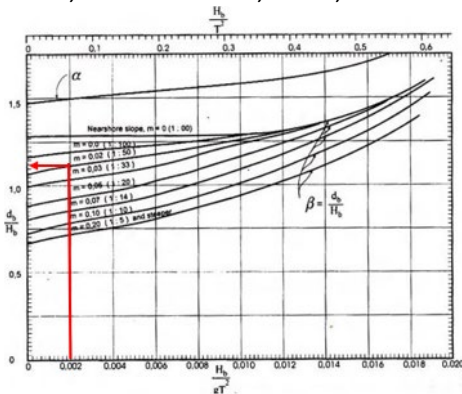
Maka di hitung menggunakan rumus:

$$\frac{H_0}{gt^2} = \frac{0.272}{239} = 0,005$$

Dari perhitungan di atas lalu di masukan dalam grafik H_b/H_0 , $H_b = 1,28 \times 0.272 = 0.495\text{m}$
Menentukan kedalaman gelombang pecah

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{0.495}{9,81 \times 15.62^2} = 0,002$$

Dari perhitungan diatas kemudian dimasukan kedalam grafik, maka di dapat nilai $db/H_b = 1,15$ maka $db = 1,15 \times 0,495 = 0.57 \text{ m}$

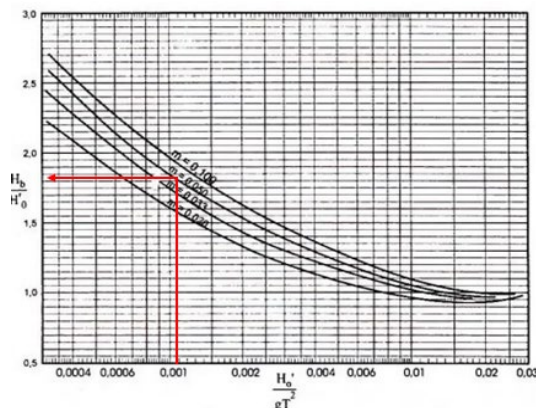


Gambar 10 Hubungan alpa dan H_b/gt^2

Sumber: Buku Teknik Pantai Bambang

4.5. Analisis Data Pasang Surut

Untuk mendapatkan konstanta harmonis pasang surut, digunakan data selama 29 hari dengan interval pencatatan per jam.



Gambar 11 Hubungan H_b/H_0 dan H_0/gt^2

Seluruh data tersebut kemudian diolah menggunakan metode Admiralty. Pasang surut disebabkan oleh gaya tarik gravitasi bulan dan matahari. Untuk mengetahui karakteristik pasang surut di Pantai Ketapang digunakan metode *Admiralty*, yang hasilnya dianalisis dengan rumus *Formzahl*.

Zo Berdasarkan definisi Australia yaitu *Indian spiring low water*, maka:

$$Z_o = AM2 + AS2 + AN2 + AK2 + AK1 + A01 + AP1 + AM4 + AMS4$$

$$Z_o = 10.5 + 4.53 + 2.80 + 0.21 + 7.47 + 3.95 + 1.38 + 0.32 + 0.1 = 32.1 \text{ cm} - 0.31 \text{ m}$$

$$MSL = Z_o = 0.31 \text{ m}$$

$$ATT = Z_o + [AM2 + AS2 + AK1 + A01]$$

$$ATT = 32.1 + [10.5 + 4.53 + 7.47 + 3.95] = 58.5 \text{ cm} - 0.58 \text{ m}$$

Tipe pasang surut pantai Ketapang menggunakan rumus *formzahl*:

$$F = \frac{AK1 + A01}{AM2 + AS2} = \frac{7.47 + 3.95}{10.5 + 4.53} = \frac{11.42}{15.03} = 0.76$$

Maka kriteria pasang surut adalah tipe campuran, dominan pasang surut semidiurnal, $0.25 < f \leq 1.50$

Mean Sea Level pasang surut adalah 0.31 cm di ambil dari nilai Z_o .

Muka air tinggi rerata (*High Water Neap*, HWN)

$$Z_o + (AM2 + AS2) = 32.1 + (10.5 + 4.53) = 46.32 \text{ cm} - 0.46 \text{ m}$$

Muka air rendah rerata (*Low Water Neap*, LWN)

$$Z_o - (AM2 + AS2) = 32.1 - (10.5 + 4.53) = 26.07 \text{ cm} - 0.26 \text{ m}$$

Muka air tinggi tertinggi (*High Water Spring*, HWS)

$$HWS = Z_o + ((AM2 + AS2) + (AK1 + A01))$$

$$= 32.1 + ((10.5 + 4.53) + (7.47 + 3.95)) = 57.74 \text{ cm} - 0.58 \text{ m}$$

Muka air rendah terendah (*Low Water Spring*, LWS)

$$LWS = Z_o - ((AM2 + AS2) - (AK1 + A01))$$

$$= 32.1 - ((10.5 + 4.53) + (7.47 + 3.95)) = 4.84 \text{ cm} - 0.05 \text{ m}$$

Pasang tinggi astronomi (*High Astronomical Tide*, HAT)

$$HAT = ((Z_o + (\Sigma A1)))$$

$$= 62.57 \text{ cm} - 0.63 \text{ m}$$

Surut rendah astronomi (*Low Astronomical Tide*, LAT)

$$LAT = ((Z_o - (\Sigma A1)))$$

$$= 0.00 \text{ cm} - 0.00 \text{ m}$$

Besar Tunggang pasang surut di pantai Ketapang Pulau Rupert ditentukan dengan cara penjumlahan ($HAT - LAT$) adalah sebagai berikut

$$TR = HAT - LAT$$

$$= 62.57 - 0.00$$

$$= \text{cm} - 0.63 \text{ m}$$

4.6. Tinggi Muka Air Rencana

$$\begin{aligned} \text{DWL} &= \text{HWS} + \Delta h + \text{SLR} \\ &= 0.58 + 1.072 + 0,4 \\ &= 2.052 \text{ m} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan gelombang rencana *seawall* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} ds &= \text{DWL} = 2.05 \text{ m} \\ \text{HD} &= 0,78 \times ds \\ \text{HD} &= 0,78 \times 2.05 = 1.60 \text{ m} \end{aligned}$$

4.7. Perhitungan Dimensi Seawall

$$\begin{aligned} \text{Elevasi merchu} &: \text{DWL} + \text{Ru} + \text{tinggi jagaan} \\ &: 2.05 + 0.68 + 0,5 \\ &: 2.73 \text{ m} \sim 3 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 10. Jenis Lapis Pelindung

Jenis Lapis Pelindung	KD
Batu alami beraturan (kubus)	6.0 - 8.0
Batu alami bersudut kasar (acak)	2.5 - 3.0
Beton <i>Antifer</i> (struktur khusus)	8.0 - 15.0

Butir lapis lindungnya dihitung dengan rumus Hudson

$$\begin{aligned} W_1 &= \frac{2,6 \times (1.66)^3}{3.0 \times (2.536 - 1)^3 \times 2} \\ &= \frac{2,6 \times 4.574}{3.0 \times 3,623 \times 2} = \frac{11.829}{21,738} \\ &= 0.54 \text{ ton} \sim 544 \text{ kg} \end{aligned}$$

Lapis Pelindung Luar (t1)

$$t1 = 2 \times 1.10 \left(\frac{0.54}{2.6} \right)^{\frac{1}{3}} = 1.30 \text{ m}$$

Lapis Pelindung kedua (t2)

$$W_2 = \frac{W_1}{10} = \frac{0.54}{10} = 0.054 \text{ ton} \sim 54 \text{ kg}$$

$$t2 = 2 \times 1.10 \left(\frac{0.054}{2.6} \right)^{\frac{1}{3}} = 0.60 \text{ m}$$

Lapis core layer

$$W_3 = \frac{W_1}{100} = \frac{0.54}{100} = 0.005 \text{ ton} \sim 5 \text{ kg}$$

Lebar puncak *Seawall* adalah sebagai berikut:

$$B_c = 3.0 \times 1.10 \times \left(\frac{0.54}{2.6} \right)^{\frac{1}{3}} = 1.95 \sim 2 \text{ m}$$

Lebar dasar *Seawall* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} B &= 2\text{m} + 2(2 \times 3) = 2\text{m} + 2(6\text{m}) \\ &= 2\text{m} + 12\text{m} = 14\text{m} \end{aligned}$$

Tinggi *Toe Protection* (T_{toe})

Tebal lapis rata-rata (r)

$$r = \frac{t1 + t2}{2} = \frac{1.30 + 0.60}{2} = 0.95 \text{ m} \sim 1 \text{ m}$$

$$T_{toe} = r = 1 \text{ m}$$

Lebar *Toe Protection* (B_{toe})

$$B_{toe} = 3 \times H_D = 3 \times 0.78 = 2.34 \text{ m}$$

Berat Butir *Toe Protection* (W_{toe})

$$(W_{toe}) = \frac{2.6 \times 1.66^3}{4.93(2.53 - 1)^3} = \frac{11.89}{17.65}$$

$$= 0.673 \text{ ton} \sim 673 \text{ kg}$$

$$W = 0,5 \times 673 = 336 \text{ kg}$$

Maka berat butir *toe protection* (W) = 336 kg

4.8. Analisis Stabilitas Lereng Bangunan

Seawall

Mencari Nilai (B_{dasar})

$$\begin{aligned} B_{dasar} &= B_{Puncak} + 2n H_{seawall} \\ &= 2 + 2(2)(3) = 14 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik berat struktur diasumsikan di tengah lebar dasar:

$$\begin{aligned} M_{penahan} &= W_{total} \times \frac{B_{dasar}}{2} \\ &= 202.8 \times \frac{14}{2} = 608.4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Gaya dorong gelombang P_w Rumus :

$$\begin{aligned} P_w &= 0,5 \times \gamma_w \times H_3^2 = 0,5 \times 10,25 \times 2.080 \\ &= 10.66 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Momen guling:

$$\begin{aligned} M_{guling} &= P_w \times H = 10.66 \times 3 \\ &= 31.98 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Faktor Keamanan Guling

$$F_o = \frac{M_{penahan}}{M_{guling}} = \frac{608.4}{31.93} = 19,05$$

Maka hasil $F_o = 19,05 \geq 2$, struktur aman terhadap guling.

Gaya Dorong Gelombang (P_w)

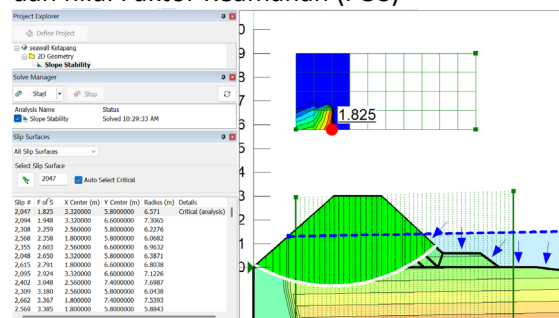
$$\begin{aligned} P_w &= 0,5 \times \gamma_w \times H_3^2 = 0,5 \times 10,25 \times 2.080 \\ &= 10.66 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Faktor Keamanan Geser

$$F_s = \frac{R}{T} = \frac{121.68}{10.66} = 11.41$$

Maka hasil $F_s = 11.41 \geq 1,5$, struktur aman terhadap geser.

Dan juga di perkuat dengan Hasil Simulasi Visual Model numerik menggunakan GeoStudio memberikan visualisasi bidang longsor kritis dan nilai Faktor Keamanan (FOS)



Gambar 12 Hasil Run Analisis Geoslope

Dari hasil analisis metode *Bishop* Nilai *critical* FOS adalah (1,825 > 1,5) maka desain lereng bangunan *seawall* yang direncanakan dinyatakan stabil dan aman terhadap risiko longsor pada kondisi muka air rencana.

