

## Analisis Stabilitas Lereng Pada Perencanaan *Seawall* di Pantai Slamaran, Pekalongan

Syakirah Nadhifah Rizqi Sopyan\*, Sugeng Widada, Agus Anugroho Dwi Suryoputro dan Aris Ismanto

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia  
Email: \* syakirahnadhifah@students.undip.ac.id

### Abstrak

Perencanaan pembangunan *seawall* yang dilakukan pada Pantai Slamaran dilakukan agar dapat mengurangi dampak erosi yang terjadi Pantai Slamaran. Dalam proses perencanaannya, perlu dilakukan analisis stabilitas lereng agar mengetahui potensi longsor rotasi pada bangunan *seawall*. Tujuan dilakukan penelitian ini adalah menganalisis nilai faktor keamanan yang akan menunjukkan keadaan lereng yang akan direncanakan. Pada penelitian ini, analisis dilakukan pada dua rancangan kemiringan yang berbeda, yaitu perbandingan kemiringan 1:1,5 dan perbandingan kemiringan 1:2 di keadaan *Highest High Water Level* (HHWL) dan *Lowest Low Water Level* (LLWL). Berdasarkan hasil analisis, rancangan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:1,5 menunjukkan keadaan lereng kritis. Hal ini dibuktikan dengan hasil nilai faktor keamanan sebesar 1,332 pada keadaan HHWL dan 1,368 pada keadaan LLWL. Sementara itu, rancangan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:2 menunjukkan lereng stabil. Hal ini dibuktikan dengan nilai faktor keamanan lereng sebesar 1,906 pada keadaan HHWL dan 1,921 pada keadaan LLWL. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa rancangan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:2 memiliki potensi longsor rotasi yang lebih kecil dibandingkan rancangan *seawall* dengan perbandingan 1:1,5.

**Kata kunci:** *Seawall*, Faktor Keamanan, Stabilitas Lereng, Slamaran, Pekalongan

### Abstract

#### *Analysis of Slope Stability in Seawall Planning at Slamaran Beach, Pekalongan*

The *seawall* development planning carried out on Slamaran Beach was carried out in order to reduce the impact of erosion that occurred on Slamaran Beach. In the planning process, it is necessary to analyze slope stability in order to determine the potential for rotational avalanches in *seawall* buildings. The purpose of this research is to analyze the value of the safety factor, which will indicate the state of the slope that will be planned. In this study, the analysis was carried out on two different slope designs, namely a slope ratio of 1:1,5 and a slope ratio of 1:2 in the states of the *Highest High Water Level* (HHWL) and the lowest low water level (LLWL). Based on the results of the analysis, the *seawall* design with a slope ratio of 1:1,5 indicates a critical slope. This is evidenced by the results of the safety factor values of 1,332 at the HHWL and 1,368 at the LLWL. Meanwhile, the *seawall* design with a slope ratio of 1:2 shows a stable slope. This is evidenced by the value of the slope safety factor of 1,906 at the HHWL and 1,921 at the LLWL. From these results, it can be concluded that the *seawall* design with a slope ratio of 1:2 has a smaller potential for rotational landslides than the *seawall* design with a ratio of 1:1,5.

**Keywords:** *Seawall*, safety factor, slope stability, Slamaran, Pekalongan

### PENDAHULUAN

Pantai Slamaran di Kelurahan Krapyak Lor, Kecamatan Pekalongan Utara, Kota Pekalongan telah banyak mengalami perubahan garis pantai akibat erosi, Beberapa bangunan tembok pantai yang ada telah rusak akibat hempasan gelombang sehingga tidak berfungsi secara optimal. Menurut Yudowaty *et al.*, (2012), Pantai Slamaran mengalami erosi pada sisi timur pantai. Adanya angkutan sedimen sejajar pantai yang bergerak dari arah timur pantai kearah barat menyebabkan terjadinya erosi dan juga sedimentasi di sisi timur *jetty* (Kusli, 2008 dalam Yudowaty *et al.*, 2012).

*Seawall* merupakan struktur bangunan berbasis rekayasa keras. Artinya suatu kawasan pesisir yang terdapat *seawall* akan terlindungi dan mengurangi dampak erosi di kawasan pesisir (Surinati, 2014).

Dikarenakan *seawall* memiliki fungsi yang besar dalam perlindungan pantai, diperlukan analisa yang akurat dalam perancangannya. Memahami karakteristik gelombang pada daerah perencanaan merupakan salah satu tahapan dari penentuan dimensi *seawall* yang akan direncanakan. Karakteristik gelombang dapat ditentukan berdasarkan pengukuran gelombang di lapangan atau berdasarkan hasil peramalan gelombang dengan menggunakan angin dan fetch. Dengan menggunakan analisis deformasi gelombang (refraksi dan pendangkalan, difraksi dan gelombang pecah), beserta data elevasi muka air rencana dan peta batimetri dapat memprediksi karakteristik gelombang yang akan mempengaruhi dalam perencanaan dimensi *seawall* (Triatmodjo, 2006)

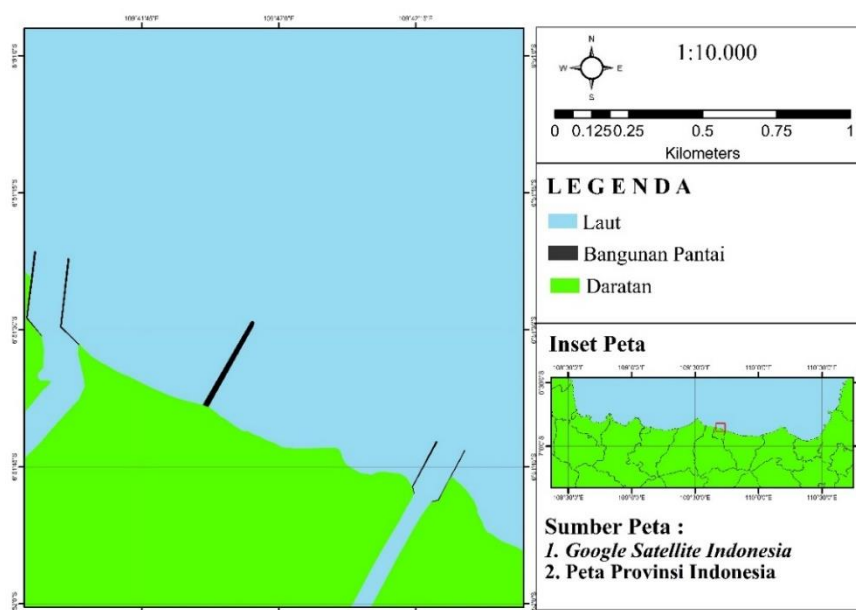
Kemudian, parameter lain yang perlu diperhatikan dalam perancangan *seawall* adalah dengan menganalisis kemantapan lereng yang terbentuk pada *seawall*. Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan dari lereng yang direncanakan. Dengan diketahuinya nilai faktor keamanan dari proses perencanaan pembangunan, dapat memastikan lereng yang terbentuk mempunyai resiko kelongsoran rotasi atau lereng yang cukup stabil (Indera *et al.*, 2015). Ketidakstabilan suatu lereng akan menyebabkan keruntuhan. Menurut Pangamenan *et al.*, (2014), terdapat dua jenis kelereng yang dapat mengalami keruntuhan, yaitu keruntuhan pada lereng alami dan keruntuhan pada lereng buatan. Pada penelitian ini, lereng yang akan dianalisa adalah lereng buatan yang terbentuk dari pembangunan *seawall*.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa stabilitas lereng pada *seawall* dengan menggunakan perbandingan kemiringan 1:1,5 dan 1:2 pada kondisi *Highest High Water Level* dan *Lowest Low Water Level*. Analisa yang dilakukan akan dibantu dengan menggunakan aplikasi Geostudio SLOPE W/18 dengan menggunakan Metode Bishop. Melalui pengolahan dengan menggunakan aplikasi Geostudio SLOPE W/18 akan diperoleh nilai faktor keamanan (FS) yang dapat menjelaskan keadaan lereng dari *seawall* yang akan direncanakan.

## MATERI DAN METODE

### Materi Penelitian

Penelitian dilakukan di Pantai Slamaran (Gambar 1). Materi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer (data utama) dan data sekunder (data pendukung). Data primer meliputi sampel tanah, data batimetri Perairan Slamaran, data gelombang Perairan Slamaran, data pasang surut Perairan Slamaran, dan sampel sedimen Pantai Slamaran. Sedangkan data sekunder sebagai penunjang data primer penelitian ini meliputi data angin tahun 2010 – 2020 wilayah perairan Slamaran yang didapatkan dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF).



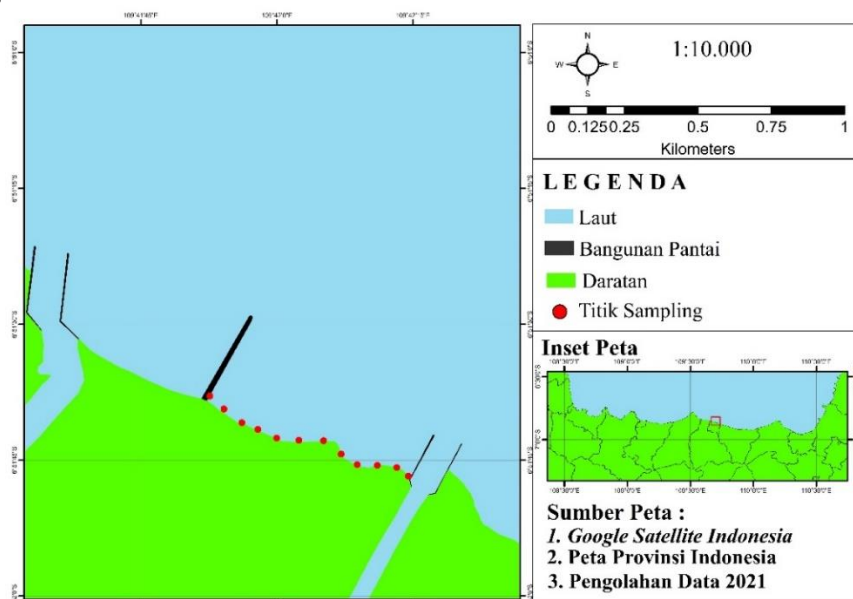
**Gambar 1.** Lokasi Penelitian

## Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kuantitatif merupakan pendekatan yang dimana mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data yang ada, dan penampilan dari hasil data yang sudah diolah menggunakan angka. Dalam penggunaan metode ini, variable penelitian yang ada difokuskan pada masalah-masalah terkini dan fenomena yang sedang terjadi. Sehingga bentuk hasil penelitian berbentuk angka-angka yang memiliki makna (Jayusman dan Shavab, 2020). Penelitian deskriptif merupakan penelitian yang dilakukan untuk menafsirkan suatu kejadian yang terjadi pada saat sekarang (Jayusman dan Shavab, 2020). Untuk sifat deskriptif pada penelitian ini ada menghitung nilai faktor keamanan untuk menganalisis potensi longsor pada lereng yang terbentuk di *seawall*.

## Pengolahan Sampel Sedimen

Pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan menggunakan *sediment core*. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel yaitu *purposive sampling method*. Penggunaan metode ini dilakukan agar sampel yang telah diambil dapat mewakili populasi dan memiliki ciri – ciri yang essensial. Sehingga, sampel yang ada dapat merepresentasikan dari populasi yang ada (Nasution, 2009). Dalam hal ini sampel sedimen diambil sebanyak 12 titik sampel sedimen yang dimana daerah sampling sedimen merupakan area yang direncanakan sebagai pembangunan *seawall*.



**Gambar 2.** Peta Titik Sampling Sedimen

Analisa butir sedimen dilakukan untuk mengetahui ukuran butir dari sampel sedimen di suatu wilayah. Dari besaran ukuran butir yang diketahui, dapat menentukan jenis sedimen yang di analisa. Proses analisa ukuran butir menggunakan metode *dry sieving* (pengayakan). Sebelum sampel melalui proses pengayakan, sampel sedimen harus dikeringkan dengan suhu 105°C pada oven dan melalui sinar matahari (Saputra *et al.*, 2017). Sampel yang sudah kering kemudian di ayak dengan menggunakan saringan bertingkat (*shieve shaker*) dengan ukuran saringan 4,75 mm, 1,70 mm, 850 µm, 250 µm, 150 µm, 0,063 mm (Wentworth, 1922 dalam Setiawan, 2013). Sampel yang tertinggal di setiap ukuran saringan ditimbang agar diperoleh persebaran distribusi ukuran dari setiap sampelnya (Sheppard, 1954 dalam Poerbandono dan Djunasjah, 2005 dalam Setiawan, 2013). Menurut Setiawan (2013), presentase fraksi butir sedimen dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Persen berat} = \frac{\text{berat fraksi } i}{\text{berat total sampel}} \times 100\%$$

Dimana:

Berat fraksi *i* = berat tiap-tiap fraksi ukuran butir (g)

## Pengolahan Data Pasang Surut

Pengukuran pasang surut dilakukan selama 15 hari, terhitung dimulai dari tanggal 21 Juni – 2 Juli 2020, perekaman tinggi muka air laut dilakukan menggunakan instrumen Tide Logger RBR Virtuoso. Penempatan lokasi stasiun terletak pada koordinat 6°51'33.052" LS dan 109°41'54.071"BT.

Data pasang surut yang didapatkan dari pengukuran lapangan diolah menggunakan metode *Admiralty*. Penggunaan metode *Admiralty* dalam pengolahan data lapangan dilakukan untuk mengetahui tipe pasang surut suatu perairan dengan menghitung dua komponen harmonik, yaitu komponen amplitudo dan keterlambatan fasa. Dalam proses pengolahan metode *Admiralty*, diperlukan perangkat lunak *Excel*, yang dimana dalam pengolahan tersebut akan menghasilkan komponen harmonik pasang surut yang disajikan dalam bentuk tabel (Mahatmawati *et al.*, 2009).

Menurut Fadilah *et al.*, (2014), komponen harmonik yang dihasilkan dari pengolahan *excel* digunakan sebagai nilai yang diperhitungkan untuk menentukan nilai *Formzahl*. Nilai *Formzahl* merupakan nilai yang dapat menentukan tipe pasang surut. Nilai ini didapatkan menggunakan rumus:

$$F = \frac{(O_1 + K_1)}{(M_2 + S_2)}$$

Keterangan:

F : bilangan *formzahl*

$O_1$  : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

$K_1$  : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari

$M_2$  : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

$S_2$  : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

Dimana hasil dari nilai *formzahl* akan menentukan tipe pasang surut suatu perairan. Berikut klasifikasi tipe pasang surut berdasarkan hasil perhitungan nilai *formzahl*:

**Tabel 1.** Klasifikasi Pasang Surut

No	Nilai <i>Formzahl</i>	Tipe Pasang Surut
1.	$0,00 < F \leq 0,25$	Pasang Surut Harian Ganda
2.	$0,25 < F \leq 1,50$	Pasang Surut Campuran Ganda
3.	$1,5 < F \leq 3$	Pasang Surut Campuran Tunggal
4.	$F > 3$	Pasang Surut Harian Tunggal

Sumber: Fadilah *et al.*, (2014)

Nilai komponen pasang surut yang didapatkan kemudian dapat digunakan dalam menentukan nilai elevasi muka air rencana dari suatu perairan. Menurut Fadilah *et al.* (2014), elevasi muka air rencana didapatkan dari perhitungan komponen pasang surut dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Mean Sea Level (MSL) =  $S_0$
2. Highest High Water Level (HHWL) =  $S_0 + Z_0$
3. Mean High Water Level (MHWL) =  $Z_0 + (M_2 + S_2)$
4. Lowest Low Water Level (LLWL) =  $S_0 - (M_2 + S_2 + N_2 + K_1 + O_1 + P_1 + M_4 + MS_4)$
5. Mean Lower Water Level (MLWL) =  $Z_0 - (M_2 + S_2)$
6. Muka Surutan ( $Z_0$ ) =  $M_2 + S_2 + N_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1 + M_4 + MS_4$

## Pengolahan Data Batimetri

Data batimetri yang didapatkan dari pengukuran lapangan perlu dilakukan koreksi pasang surut dan koreksi *transducer*. Koreksi ini dilakukan agar mendapatkan nilai kedalaman yang sebenarnya. Menurut Soeprapto (1999) dalam Rinaldy *et al.* (2014), koreksi pasang surut dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r_t = (TWL_t - (MSL + Z_0))$$

Dimana:

$r_t$	= Besarnya reduksi pada data pengukuran (kedalaman)
$TWL_t$	= Tinggi kedudukan muka laut pada waktu pengukuran
$MSL$	= Tinggi kedudukan muka air laut rata-rata
$Z_0$	= Tinggi kedudukan muka surutan

Setelah menyelesaikan koreksi pasang surut pada semua data kedalaman, langkah berikutnya adalah melakukan koreksi *transducer* untuk mengetahui nilai kedalaman sebenarnya. Menurut Soeprpto (1999) dalam Rindaly *et al* (2014), penyelesaian yang dapat dilakukan dalam mencari nilai kedalaman sebenarnya sebagai berikut:

$$D = dT - r_t$$

Dimana:

$D$	= Kedalaman sebenarnya
$d_T$	= Data kedalaman setelah penambahan terhadap nilai kedalaman transduser
$r_t$	= besarnya reduksi pada data pengukuran (kedalaman)

### Pengolahan Data Angin

Data angin yang diperoleh dari dari ECMWF diolah menggunakan metode *wind rose* dan metode SVENDRUP-MUNK-BRETCHEIDER (SMB). Penggunaan metode *wind rose* dilakukan untuk mendapatkan arah angin dan kecepatan angin pada suatu wilayah (Fadholi, 2013).

Metode SMB digunakan dalam penelitian ini untuk mendapatkan nilai panjang fetch dan kecepatan angin yang akan digunakan dalam menentukan nilai kenaikan muka air karena angin (*wind set up*). Perhitungan nilai panjang *fetch* dan kecepatan angin dilakukan dengan aplikasi bantuan *Easywave*.

### Pengolahan Data Gelombang

Pengukuran data gelombang dilakukan dengan metode akustik menggunakan alat *Acoustic Doppler Current Profiler* (ADCP pada koordinat 6°48'20,30" Lintang Selatan dan 109°42'58.54" Bujur Timur. Metode penggunaan alat ini yaitu dengan menembakkan gelombang akustik ke kolom air sehingga akan ditangkap oleh sensor pada ADCP lalu dapat didapatkan komponen gelombang yaitu periode dan tinggi gelombang. Pengamatan gelombang dilakukan selama 72 jam dengan pencatatan setiap 10 menit

Data gelombang yang didapatkan dari pengukuran lapangan kemudian dilakukan analisa untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) (Putri *et al.*, 2014). Nilai tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

1. Tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ )

$$H_s = \frac{(H_1 + H_2 + \dots H_n)}{n}$$

2. Periode gelombang signifikan ( $T_s$ )

$$T_s = \frac{(T_1 + T_2 + \dots T_n)}{n}$$

Sementara itu, untuk mendapatkan nilai  $n$  didapatkan dari pengolahan dengan rumus sebagai berikut:

$$n = 33,3\% \times \text{jumlah data}$$

Setelah mendapatkan nilai tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ), langkah selanjutnya adalah pengolahan untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang pecah ( $H_b$ ) dan kedalaman gelombang pecah ( $d_b$ ). Menurut Triatmodjo (2012), kedua nilai tersebut didapatkan dengan mengolah menggunakan beberapa persamaan. Persamaannya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung panjang gelombang dari laut dalam ( $L_0$ )

$$L_0 = 1,56 T^2$$

2. Menghitung kecepatan gelombang dari laut dalam ( $C_0$ )

$$C_0 = L_0 / T$$

3. Menghitung nilai  $d/L$ .

Nilai  $d/L$  yang didapatkan digunakan untuk menentukan klasifikasi gelombang menurut kedalaman relative. Nilai  $d/L$  didapatkan melalui interpolasi nilai  $d/L_0$  dengan menggunakan tabel C-1 yang terdapat pada SPM 1984. Menurut Triatmodjo (2012), hasil perhitungan  $d/L$  dapat dijadikan acuan untuk menentukan klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman perairan. Berikut adalah lasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman relative:

1. Gelombang di laut dangkal  $\frac{d}{l} \leq \frac{1}{20}$
2. Gelombang di laut transisi  $\frac{1}{20} < \frac{d}{l} < \frac{1}{2}$
3. Gelombang di laut dalam  $\frac{d}{l} \geq \frac{1}{2}$

## 4. Mencari nilai panjang gelombang (L)

$$L = d: d/L$$

## 5. Mencari nilai cepat rambat gelombang (C)

$$C = L/T$$

## 6. Mencari nilai koefisien pendangkalan (Ks).

Nilai koefisien pendangkalan didapatkan dari interpolasi nilai  $d/L_0$  dengan menggunakan nilai nilai yang terdapat table C-1 pada SPM 1984.

7. Menghitung tinggi gelombang ekuivalen ( $H'_0$ )

$$H'_0 = H_s/K_s$$

8. Menghitung nilai  $\frac{H_b}{H'_0}$  dengan menggunakan grafik hubungan antara nilai  $\frac{H_b}{H'_0}$  dan  $\frac{H'_0}{gT^2}$ .9. Menghitung nilai tinggi gelombang pecah ( $H_b$ )

$$H_b = \frac{H_b}{H'_0} \times H'_0$$

10. Menghitung nilai  $\frac{d_b}{H_b}$  dengan menggunakan grafik hubungan antara nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  dengan menggunakan nilai  $\frac{H_b}{gT^2}$ .11. Menghitung nilai kedalaman gelombang pecah ( $d_b$ )

$$d_b = \frac{d_b}{H_b} \times H_b$$

**Verifikasi Peramalan Gelombang**

Menurut Evans (1993), data peramalan dapat divalidasi menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$RMS = \sqrt{\frac{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \dots + \Delta x_n^2}{n}}$$

$$\Delta x_n = b_n - a_n$$

Dimana:

- $a_n$  = data lapangan
- $b_n$  = data peramalan
- $n$  = jumlah data

**Perhitungan Elevasi Muka Air Rencana**

Parameter elevasi muka air rencana merupakan salah satu parameter penting dalam perencanaan bangunan pantai. Dalam penentuan nilai elevasi muka air rencana ditentukan oleh pasang surut, tsunami, *wave set up*, *wind set up*, dan kenaikan muka air laut yang disebabkan oleh pemanasan global (Triatmodjo, 1999). Nilai elevasi muka air rencana didapatkan dari pengolahan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$DWL = HWL + Sw + \Delta h + SLR$$

Dimana:

- DWL* = Design Water Level
- HWL* = High Water Level
- Sw* = Wave set up
- $\Delta h$  = Wind set up
- SLR* = Sea Level Rise (kenaikan muka air laut karena pemanasan global)

*Wave set up* merupakan naiknya muka air yang disebabkan oleh gelombang datang dari laut dalam dan menyebabkan terjadinya fluktuasi muka air di dekat pantai terhadap muka air yang diam. Pada saat terjadi gelombang pecah, elevasi muka air rerata akan mengalami penurunan terhadap muka air diam yang kemudian akan membentuk permukaan air rerata miring ke atas kearah pantai (Triatmodjo, 1999). Nilai *wave set up* didapatkan dari pengolahan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Sw = 0,19 \left[ 1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b$$

Dimana:

- Sw* = wave set up (kenaikan muka air karena gelombang)
- $H_b$  = ketinggian gelombang pecah
- T* = periode gelombang

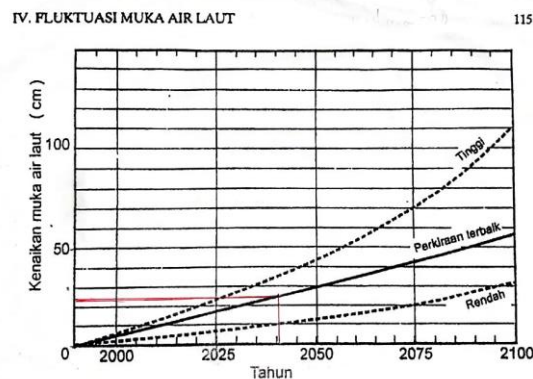
*Wind set up* merupakan fluktuasi muka air laut yang dibangkitkan oleh kecepatan besar (badai) yang terjadi di permukaan laut. Besar dan kecilnya nilai *wind set up* dipengaruhi oleh kecepatan angin, *fetch*, kedalaman air dan kemiringan dasar (Triatmodjo, 1999). Nilai *wind set up* dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta h = Fc \frac{V^2}{2gd}$$

Dimana:

- $\Delta h$  = kenaikan elevasi muka air karena badai (m)
- F* = panjang fetch (m)
- c* = konstanta =  $3,5 \times 10^{-6}$
- V* = kecepatan angin (m/d)
- d* = kedalaman air (m)
- g* = percepatan gravitasi ( $m/d^2$ )

*Sea Level Rise* (SLR) didapatkan dengan menggunakan grafik dari **Gambar 3** dengan asumsi bangunan *seawall* yang direncanakan dapat bertahan selama 20 tahun.



**Gambar 3.** Grafik Kenaikan Muka Air Laut (Triatmodjo, 1999)

**Perancangan Dimensi Bangunan Seawall**

Menurut Triatmodjo (1999), elevasi bangunan *seawall* diperoleh dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$El_{puncak} = DWL + R_u + 0,5$$

$$El_{bangunan} = Elevasi_{puncak} + Elevasi_{dasar laut}$$

Dimana:

$$DWL = Design\ Water\ Level$$

$$R_u = Run\ Up\ Gelombang$$

Nilai *run up* gelombang sangat menentukan elevasi dari bangunan pantai yang akan direncanakan (Triatmodjo, 1999). Besar kecilnya nilai *run up* gelombang dapat diketahui dengan menggunakan fungsi bilangan Irribaren. Berikut persamaan yang digunakan dalam menentukan bilangan Irribaren:

$$Ir = \frac{tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0,5}}$$

Dimana:

$$Ir = \text{bilangan Irribaren}$$

$$\theta = \text{sudut kemiringan bangunan pantai}$$

$$H = \text{tinggi gelombang di lokasi bangunan}$$

$$L_0 = \text{panjang gelombang di laut dalam}$$

Parameter tinggi gelombang pada lokasi bangunan ditentukan menggunakan perhitungan tinggi gelombang rencana. Menurut Triatmodjo (1999), tinggi gelombang rencana dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$H = K_s K_r H_0$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha}}$$

$$K_s = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}}$$

Dimana:

$$H = \text{tinggi gelombang rencana (m)}$$

$$H_0 = \text{tinggi gelombang laut dalam (m)}$$

$$L_0 = \text{panjang gelombang (m)}$$

$$K_s = \text{koefisien pendangkalan}$$

$$K_r = \text{koefisien refraksi}$$

Sementara itu, untuk lebar puncak pada bangunan *seawall* dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$B = n k \Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3}$$

Dimana nilai  $W$  merupakan nilai dari stabilitas batu lapis pelindung. Menurut Triatmodjo (1999), nilai dari stabilitas batu lapis lindung didapatkan dari persamaan sebagai berikut:

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot\theta}$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

Dimana:

$$W = \text{berat jenis batu pelindung}$$

$$\gamma_r = \text{berat jenis batu}$$

$$\gamma_a = \text{berat jenis air laut}$$

$$H = \text{tinggi gelombang rencana}$$

$$\theta = \text{sudut kemiringan sisi bangunan pantai}$$



- $K_D$  = koefisien stabilitas batu pelindung  
 $n$  = jumlah butir batu  
 $k\Delta$  = koefisien lapis

### Analisa Nilai Faktor Keamanan Lereng

Untuk mencari nilai faktor keamanan dalam pengolahan program *Geostudio*, dapat menggunakan fitur SLOPE/W. Dengan *Geostudio* SLOPE W/18 dapat menghitung nilai faktor keamanan suatu lereng dengan keadaan lereng yang tersusun batuan maupun tanah (Adi., 2018 dalam Haryadi *et al.*, 2019). Dalam proses analisa di program *Geostudio* SLOPE W/2018 terdapat beberapa metode yang ditawarkan dalam penyelesaian masalah. Salah satu metode yang ditawarkan adalah dengan metode Bishop. Dalam metode Bishop asumsi yang digunakan adalah besarnya gaya geser antar irisan adalah sama dengan nol ( $x=0$ ). Bidang runtuh yang dihasilkan dengan metode Bishop adalah berbentuk busur lingkaran (Indera *et al.*, 2018).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sampel Tanah

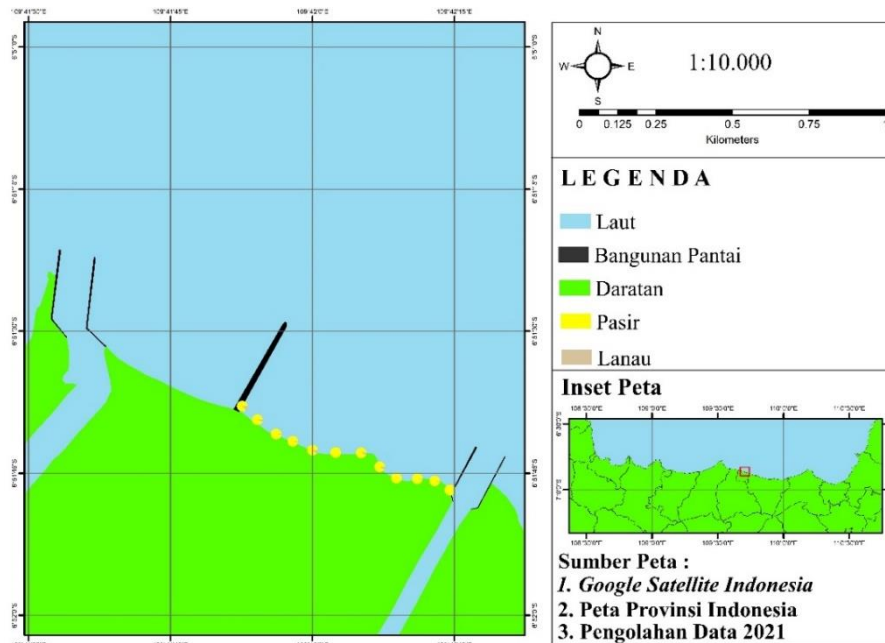
Sampel tanah merupakan salah satu parameter utama dalam menganalisa angka faktor keamanan. Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari penelitian BBWS Pemda Juan (2020). Berdasarkan analisa uji kuat geser langsung, diperoleh nilai kohesi sampel tanah yang akan digunakan dalam perencanaan pembangunan *seawall* sebesar 17,65 kPa dan sudut geser dalam sebesar 15°. Selain itu, untuk nilai massa jenis sampel tanah yang akan digunakan sebesar 17,16  $km/m^3$ .

### Sampel Sedimen

Analisa ukuran butir sedimen dilakukan untuk mengetahui jenis sedimen di Pantai Slamaran. Karakteristik jenis sedimen diperlukan sebagai salah satu parameter yang diperhitungkan dalam menganalisa stabilitas lereng. Berdasarkan analisa didapatkan jenis sedimen pada Pantai Slamaran adalah dominan pasir. Berikut hasil analisa ukuran butir yang tersaji dalam Tabel 2,

**Tabel 2.** Hasil Pengolahan Granulometri

Stasiun	Lintang	Bujur	Jenis Sedimen
1.	-6,860530°	109,697950°	Paiss
2.	-6,860930°	109,698380°	Pasir
3.	-6,861350°	109,698930°	Pasir
4.	-6,861560°	109,699420°	Pasir
5.	-6,861820°	109,700000°	Pasir
6.	-6,861890°	109,700680°	Pasir
7.	-6,861900°	109,701430°	Pasir
8.	-6,862310°	109,701970°	Pasir
9.	-6,862640°	109,702460°	Pasir
10.	-6,862659°	109,703075°	Pasir
11.	-6,862724°	109,703675°	Pasir
12.	-6,862990°	109,704030°	Pasir



Gambar 4. Peta Sebaran Sedimen Pantai Slamaran

**Data Pasang Surut**

Berdasarkan hasil analisis pasang surut selama 15 hari pada daerah penelitian, didapatkan nilai amplitudo dan fase komponen harmonic yang disajikan dalam Tabel

**Tabel 3.** Komponen Harmonik Pasang Surut Perairan Slamaran

	S0	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1	S4
A(cm)	1,67	0,079	0,151	0,05	0,247	0,043	0,009	0,003	0,128	0,033	0,033
g		230,99	91,09	73,66	347,84	145,53	307,12	80,49	229,09	128,26	2,43

Tipe pasang surut pada daerah penelitian didapatkan dari perhitungan komponen harmonik ntuk mendapatkan nilai Formzahl. Bilangan Formzahl yang didapatkan bernilai 1,26, Berdasarkan klasifikasi pasang surut oleh Fadilah *et al.* (2014), tipe pasang surut di daerah Perairan Slamaran adalah tipe pasang surut campuran condong tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*). Daerah yang memiliki tipe pasang surut campuran condong tunggal akan mengalami satu kali pasang dan satu kali surut. Tetapi, di beberapa waktu dapat juga terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan periode yang berbeda (Qhamariyah dan Yuwono., 2016).

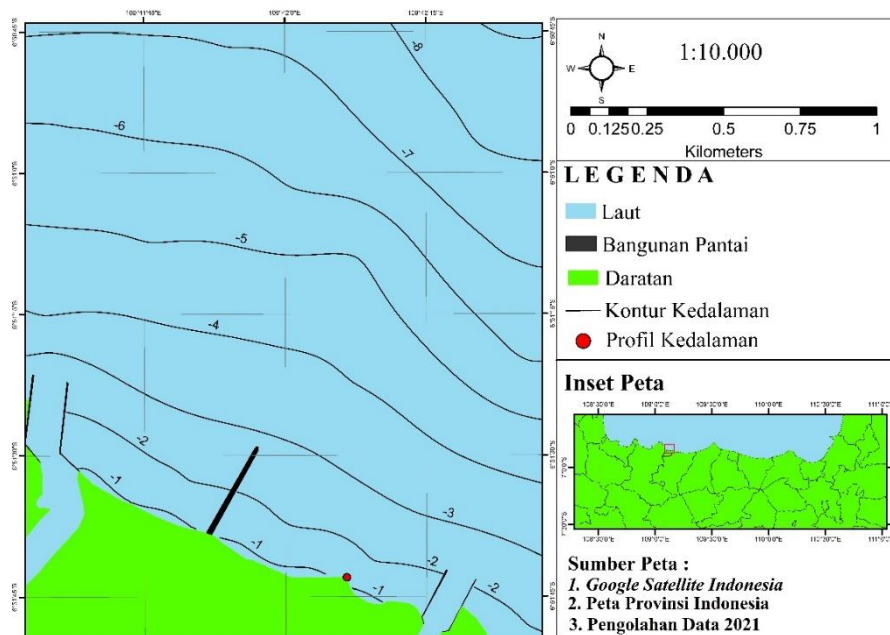
Selain mendapatkan nilai formzahl, perhitungan menggunakan komponen harmonik juga menghasilkan nilai kedudukan air laut yang disajikan dalam Tabel 4.

**Tabel 4.** Kedudukan Air Laut

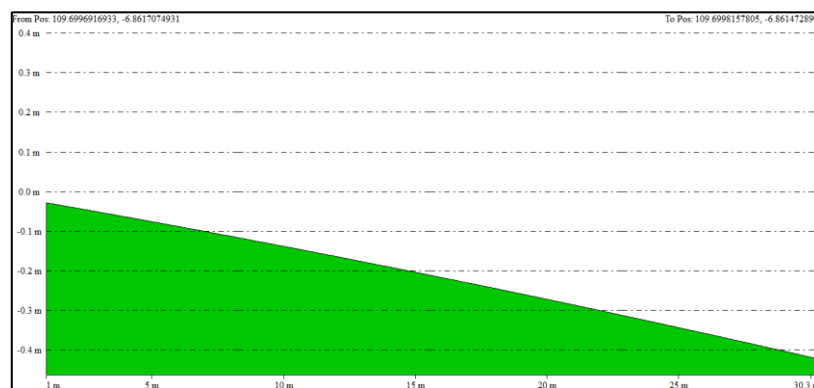
Kedudukan Air Laut	Amplitudo (m)
MSL ( <i>Mean Sea Level</i> )	1,67
HHWL ( <i>Highest High Water Level</i> )	2,41
LLWL ( <i>Lowest Low Water Level</i> )	0,89

**Data Batimetri**

Berdasarkan analisa kedalaman perairan di Perairan Slamaran, diperoleh nilai kedalaman perairan sebesar 1 – 8 meter. Letak perencanaan pembangunan *seawall* berada pada titik 1 meter dari garis pantai, yang dimana pada lokasi tersebut kedalaman perairannya adalah 0,057 meter. Berikut adalah penggambaran peta kedalaman Perairan Slamaran dengan menggunakan garis-garis kontur.



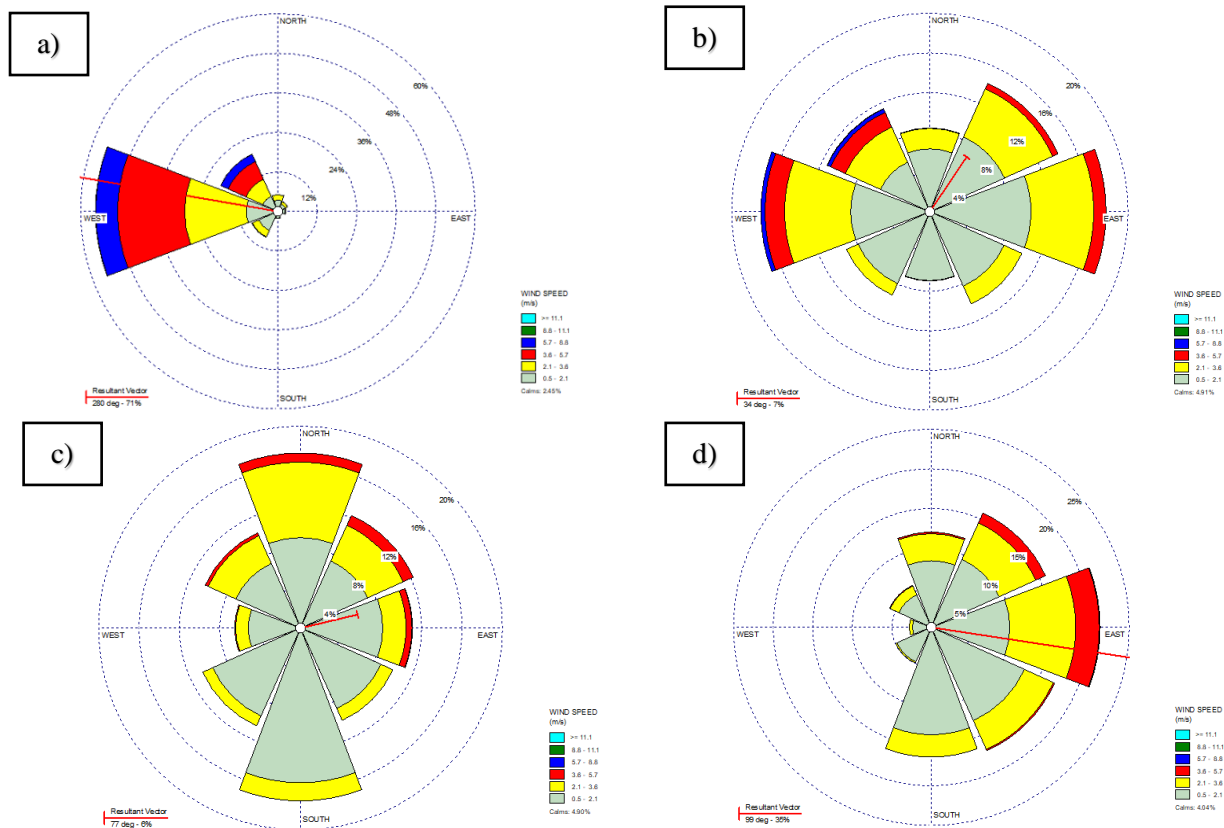
Gambar 5. Peta Kontur Kedalaman Perairan Slamaran



Gambar 6. Profil Kedalaman Lokasi Perencanaan Seawall

**Mawar Angin (Wind Rose)**

Berdasarkan analisa angin selama 11 tahun, didapatkan distribusi angin dalam berbentuk grafik windrose yang dibagi menjadi empat musim yang sesuai dengan musim di Indonesia. Pada musim barat, dari hasil analisa yang didapatkan bahwa angin dominasi berhembus dari arah barat laut ke arah tenggara dengan kecepatan yang dihasilkan sebesar 3,6 – 5,7 m/s. Pada musim peralihan 1, dari hasil analisa yang didapatkan bahwa angin dominasi berhembus dari arah timur laut ke arah barat daya dengan kecepatan yang dihasilkan sebesar 0,5 – 2,1 m/s. Pada musim peralihan 2, dari hasil analisa yang didapatkan bahwa angin dominasi berhembus dari arah timur laut ke arah barat daya dengan kecepatan yang dihasilkan 0,5 – 2,1 m/s. Sedangkan pada musim timur, dari hasil analisa yang didapatkan angin dominasi berhembus dari arah tenggara ke arah barat laut dengan kecepatan yang dihasilkan sebesar 0,5 – 2,1 m/s.



**Gambar 7.** Mawar angin pada a) musim barat, b) musim peralihan I, c) musim peralihan II, d) musim timur

**Pengukuran Gelombang Lapangan**

Hasil analisa terhadap data gelombang Perairan Slamaran, didapatkan nilai tinggi gelombang signifikan pada daerah penelitian sebesar 0,62 m. Sementara itu, untuk periode gelombang signifikan pada daerah penelitian adalah 6,50 s. Dari hasil analisa data gelombang, didapatkan juga nilai kedalaman relative Perairan Slamaran sebesar 0,315401, Menurut Triatmodjo (1999), Perairan Slamaran merupakan perairan laut transisi, yang dimana nilai d/l yang didapatkan lebih dari 0,05 namun tidak lebih dari 0,5.

**Peramalan Gelombang**

Berdasarkan analisa data angin dari tahun 2010 – 2020, dihasilkan nilai peramalan tinggi gelombang signifikan (Hs) dan periode gelombang signifikan (Ts) pada daerah Perairan Slamaran. Berikut merupakan tabel dari nilai tinggi gelombang signifikan (Hs) dan periode gelombang signifikan (Ts) yang sudah dikelompokkan berdasarkan pembagian musim di Indonesia.

**Tabel 5.** Tinggi Gelombang dan Periode Signifikan Hasil Peramalan

No	Musim	Hs (m)	Ts (s)
1,	Musim Timur	0,45	3,1
2,	Musim Peralihan 1	0,40	3,28
3.	Musim Barat	0,32	2,88
4.	Musim Peralihan 2	0,26	2,19

Berdasarkan hasil analisa, diperoleh nilai tinggi gelombang signifikan (Hs) dan tinggi gelombang signifikan (Hs) yang berbeda untuk setiap musimnya. Pada musim timur, dihasilkan tinggi gelombang signifikan (Hs) sebesar 0,45 m dengan periode gelombang sebesar 3,1 s. Untuk musim peralihan 1, dihasilkan nilai tinggi gelombang signifikan (Hs) sebesar 0,40 m dengan periode gelombang sebesar 3,28 s. Pada musim barat dihasilkan nilai tinggi signifikan (Hs) sebesar 0,32 m dengan periode sebesar 2,88 s. Kemudian, untuk

musim peralihan 2 diperoleh nilai tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) 0,26 m dengan periode sebesar 2,19 s. Berdasarkan analisa peramalan gelombang pada Perairan Slamaran, diperoleh nilai tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) tertinggi pada musim timur. Untuk itu, pada penelitian ini akan menggunakan nilai tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) pada Musim Timur dengan asumsi pada musim tersebut memiliki nilai tinggi gelombang tertinggi.

Melalui pengolahan nilai tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) dan periode gelombang signifikan ( $T_s$ ) dapat diketahui nilai gelombang pecah di lokasi penelitian. Berikut merupakan nilai gelombang pecah pada Perairan Slamran yang sudah dikelompokkan berdasarkan pembabian musim di Indonesia.

**Tabel 6.** Gelombang Pecah di Perairan Slamaran

No	Musim	$\alpha_0$ (°)	$H_b$ (m)	$d_b$ (m)	$\alpha_b$ (°)
1,	Musim Timur	0,56	0,66	0,59	34,05
2,	Musim Peralihan 1	0,31	0,58	0,53	17,81
3.	Musim Barat	0,49	0,45	0,40	29,59
4.	Musim Peralihan 2	0,53	0,34	0,33	31,76

Berdasarkan hasil analisa, diperoleh nilai tinggi gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah yang berbeda untuk setiap musimnya. Untuk Musim Timur diperoleh nilai tinggi gelombang pecah sebesar 0,66 m dengan kedalaman gelombangnya sebesar 0,59 m. Pada Musim Peralihan 1, nilai tinggi gelombang pecah diperoleh sebesar 0,58 m dengan kedalaman gelombang pecah 0,53 m. Untuk Musim Barat diperoleh nilai tinggi gelombang pecah sebesar 0,45 m dengan kedalaman gelombang pecah sebesar 0,40 m. Sementara itu, pada Musim Peralihan 2 diperoleh nilai tinggi gelombang pecah sebesar 0,34 m dengan kedalaman gelombang pecah sebesar 0,33 m. Berdasarkan hasil analisa peramalan gelombang dari ke empat musim, diperoleh nilai gelombang pecah terbesar terdapat pada Musim Timur. Oleh karena itu, pada penelitian digunakan nilai tinggi gelombang pecah pada musim timur dengan asumsi bahwa nilai gelombang tertinggi pada Musim Timur.

### Gelombang Rencana

Nilai gelombang rencana diperlukan sebagai salah satu parameter dalam menentukan nilai *run up* gelombang. Berdasarkan hasil pengolahan yang telah dilakukan, nilai gelombang rencana pada lokasi pembangunan *seawall* di Pantai Slamaran adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H &= K_s K_r H_0 \\ &= 0,92 \times 0,49 \times 0,46 \\ &= 0,21 \text{ m} \end{aligned}$$

### Verifikasi Peramalan Gelombang

Berdasarkan hasil analisa terhadap data peramalan gelombang, didapatkan nilai RMS (*Root Mean Error*) untuk data peramalan gelombang di Perairan Slamaran sebesar 0,099, Menurut Evans (1993), angka minimum untuk nilai verifikasi elevasi air laut adalah 0,1 m, Oleh karena itu, nilai peramalan gelombang dapat dikatakan sesuai berdasarkan Evnas (1993).

### Elevasi Muka Air Rencana

Dalam penentuan dimensi bangunan *seawall*, parameter elevasi muka air rencana merupakan salah satu parameter utama dalam perancangan bangunan. Dalam penentuan nilai elevasi muka air rencana terdapat beberapa parameter yang diperhitungkan, diantaranya adalah:

#### 1. Wave Set Up

$$\begin{aligned} Sw &= 0,19 \left[ 1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b \\ &= 0,19 \left[ 1 - 2,82 \sqrt{\frac{0,66}{0,0055}} \right] 0,66 \\ &= 0,0995 \end{aligned}$$

2. *Wind Set Up*

$$\begin{aligned}\Delta h &= Fc \frac{V^2}{2gd} \\ &= 104121 \times 0,000015 \frac{3,214}{2 \times 9,81 \times 2,41} \\ &= 0,105\end{aligned}$$

Dengan itu, nilai elevasi muka air rencana yang dihasilkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}DWL &= HWL + S_w + \Delta h + SLR \\ &= 2,41 + 0,0995 + 0,105 + 0,245 \\ &= 2,859 \text{ m}\end{aligned}$$

**Dimensi Bangunan Seawall**

Dalam perancangan dimensi bangunan *seawall* terdapat dua elemen utama yang perlu diperhitungkan, yaitu penentuan nilai elevasi bangunan dan lebar dari bangunan. Berikut merupakan perhitungan dalam penentuan nilai elevasi dan lebar *seawall* yang di rencanakan. Dalam penentuan dimensi *seawall* yang di rencanakan digunakan dua kemiringan yang berbeda, yaitu kemiringan 27° dan 30°.

1. **Kemiringan 1:1,5**

$$\begin{aligned}I_r &= \frac{tg\theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0,5}} \\ &= \frac{tg33,41}{\left(\frac{0,21}{9,26}\right)^{0,5}} \\ &= 6,38 = 6\end{aligned}$$

Bilang Iribaren yang dihasilkan dari sudut 33,41° adalah 6. Oleh karena itu, diperoleh nilai Ru/H sebesar 1,25. Sehingga:

$$\begin{aligned}\frac{R_u}{H} &= 1,25 \\ &= 1,25 \times 6,38 \\ &= 7,97 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga nilai elevasi *seawall* yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}El_{puncak} &= DWL + R_u + 0,5 \\ &= 2,859 + 7,97 + 0,5 \\ &= 11,13 \text{ m} \\ El_{bangunan} &= Elevasi_{puncak} - Elevasi_{dasarlaut} \\ &= 11,13 - (-0,03) \\ &= 11,16 \text{ m}\end{aligned}$$

Selain mencari nilai elevasi bangunan, dalam penelitian ini juga melakukan perhitungan dalam penentuan lebar *seawall*. Perlu diketahui, dalam perancangan *seawall* ini jenis batuan yang digunakan adalah batuan pecah. Sehingga, dalam penentuan lebar *seawall* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

1. **Stabilitas Lapis Lindung**

$$\begin{aligned}W &= \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot\theta} \\ &= \frac{2,5 \times (0,21)^3}{2 \times (2,4 - 1)^3 \cot 33,41} \\ &= 0,002\end{aligned}$$

## 2. Lebar Bangunan

$$\begin{aligned}
 B &= n k \Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \\
 &= 3 \times 1,15 \left[ \frac{0,002}{2,5} \right]^{1/3} \\
 &= 0,4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga elevasi bangunan *seawall* dengan kemiringan perbandingan 1:1,5 adalah 11,36 m dengan lebar bangunan sebesar 0,4 m

## 2. Kemiringan 1:2

$$\begin{aligned}
 Ir &= \frac{tg 25,41}{\left( \frac{0,21}{19,26} \right)^{0,5}} \\
 &= 3,19 = 3
 \end{aligned}$$

Bilang Irribaren yang dihasilkan dari sudut 25.41° adalah 3. Oleh karena itu, diperoleh nilai Ru/H sebesar 1,25. Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \frac{Ru}{H} &= 1,25 \\
 &= 1,25 \times 3,14 \\
 &= 3,99 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga nilai elevasi *seawall* yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 El_{puncak} &= DWL + R_u + 0,5 \\
 &= 2,859 + 3,99 + 0,5 \\
 &= 7,35 \text{ m} \\
 El_{bangunan} &= Elevasi_{puncak} - Elevasi_{dasarlaut} \\
 &= 7,35 - (-0,03) \\
 &= 7,38 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Selain mencari nilai elevasi bangunan, dalam penelitian ini juga melakukan perhitungan dalam penentuan lebar *seawall*. Perlu diketahui, dalam perencanaan *seawall* ini jenis batuan yang digunakan adalah batuan pecah. Sehingga, dalam penentuan lebar *seawall* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

## 1. Stabilitas Lapis Lindung

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \\
 &= \frac{2,5 \times (0,21)^3}{2 \times (2,4 - 1)^3 \cot 25,41} \\
 &= 0,011
 \end{aligned}$$

## 2. Lebar Bangunan

$$\begin{aligned}
 B &= n k \Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} \\
 &= 3 \times 1,15 \left[ \frac{0,011}{2,5} \right]^{1/3} \\
 &= 0,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga, dimensi *seawall* dengan kemiringan perbandingan 1:2 yaitu 7,38 m untuk perencanaan elevasi bangunan dengan lebar 0,7 m.

### Analisa Angka Faktor Keamanan Lereng

Dalam perancangan *seawall* di Pantai Slamaran, penelitian ini menggunakan dua sudut berbeda sebagai pembanding. Sudut kemiringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kemiringan dengan perbandingan 1:1,5 dan 1:2. Berikut angka faktor keamanan dari kedua perbandingan.

**Tabel 7.** Angka Faktor Keamanan Kemiringan

	1:1,5	1:2
<i>Highest High Water Level</i>	1,332	1,906
<i>Lowest Low Water Level</i>	1,368	1,921

Berdasarkan hasil model lereng pada kemiringan 1:1,5 di keadaan *Highest High Water Level* dengan diperoleh nilai sebesar 1,332, Sedangkan pada keadaan *Lowest Low Water Level* diperoleh angka sebesar 1,368. Untuk model dengan kemiringan 1:2 didapatkan nilai faktor keamanan pada keadaan *Highest High Water Level* yaitu 1,906. Sementara pada *Lowest Low Water Level*, nilai faktor keamanan yang diperoleh sebesar 1,921. Berdasarkan hasil analisa dari kedua perbandingan kemiringan, diperoleh bahwa lereng dengan perbandingan kemiringan 1:2 memiliki lereng yang lebih stabil

### PEMBAHASAN

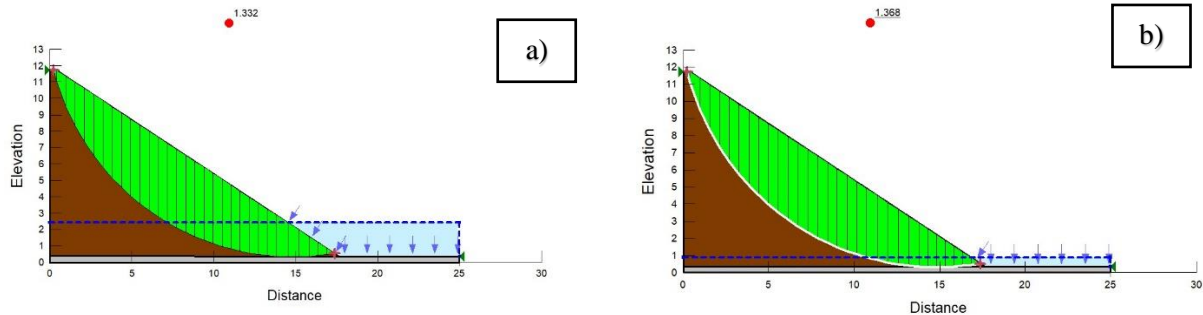
Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan, diperoleh rancangan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:1,5 menghasilkan nilai elevasi bangunan sebesar 11,36 m dan lebar bangunan sebesar 0,4 m. Dari rancangan *seawall* tersebut, diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,332 pada keadaan HHWL (Gambar 8a) dan 1,368 untuk keadaan LLWL (Gambar 8b). Jika di lihat dari kedua nilai faktor keamanan yang dihasilkan, nilai faktor keamanan pada saat *Highest High Water Level* menghasil nilai yang lebih kritis dibandingkan pada saat *Lowest Low Water Level*. Hal ini dikarenakan peningkatan/tingginya kadar air akan mengurangi ketahanan material yang menyebabkan terjadinya longsoran material.

Sementara itu, untuk rancangan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:2 menghasilkan nilai elevasi bangunan sebesar 7,38 m dan lebar bangunan sebesar 0,7 m. Dari rancangan *seawall* tersebut, diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 1,906 untuk keadaan *Highest High Water Level* (Gambar 9a) dan 1,921 pada keadaan *Lowest Low Water Level* (Gambar 9b). Jika di lihat dari kedua nilai faktor keamanan yang dihasilkan, nilai faktor keamanan pada saat *Highest High Water Level* menghasil nilai yang lebih kritis dibandingkan pada saat *Lowest Low Water Level*. Hal ini dikarenakan peningkatan/tingginya kadar air akan mengurangi ketahanan material yang menyebabkan terjadinya longsoran material.

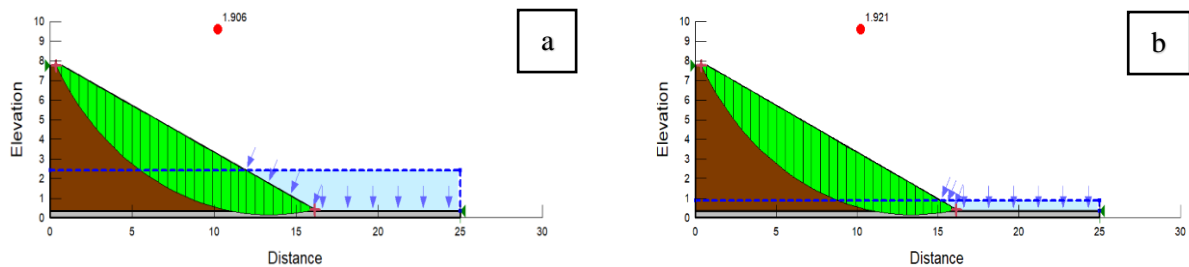
Menurut Pangemanan *et al.* (2014), lereng dapat dikatakan stabil jika memiliki nilai faktor keamanan <1,5. Berdasarkan hasil pengolahan dari kedua rancangan *seawall*, nilai faktor keamanan yang diperoleh dari kedua rancangan bangunan cukup bervariasi. Rancangan bangunan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:1,5 diperoleh nilai faktor keamanan yang kritis pada keadaan pada kedua kedudukan muka air laut dengan nilai faktor keamanan sebesar 1,332 dan 1,368. Kemudian, rancangan bangunan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:2 memiliki nilai faktor keamanan lereng yang stabil untuk kedua kedudukan muka air laut dengan nilai faktor keamanan yang dihasilkan sebesar 1,906 dan 1,921.

Diperolehnya nilai faktor keamanan yang stabil pada rancangan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:2 dikarenakan derajat kemiringan yang digunakan lebih kecil dibandingkan dengan rancangan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:1,5. Selain itu, faktor sudut kemiringan yang besar seperti penggunaan sudut kemiringan pada rancangan *seawall* pada perbandingan kemiringan 1:1,5 akan menghasilkan rancangan elevasi bangunan yang relative lebih tinggi. Hal ini dibuktikan dengan rancangan *seawall* pada perbandingan kemiringan 1:1,5 menghasilkan rancangan elevasi bangunan yang lebih tinggi yaitu sebesar 11.36 m. Menurut Pangemanan *et al.* (2014), semakin besar kemiringan dan tinggi dari lereng maka semakin kecil kemantapan dari lereng tersebut. Oleh karena itu, dari nilai faktor keamanan yang dihasilkan menunjukkan bahwa rancangan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:1,5 memiliki potensi longsoran rotasi yang lebih besar dibandingkan dengan rancangan perbandingan kemiringan 1:2.





**Gambar 8.** Kemiringan 1:1.5 pada keadaan a) HHWL dan b) LLWL



**Gambar 9.** Kemiringan 1:1.5 pada keadaan a) HHWL dan b) LLWL

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, rancangan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:1,5 menunjukkan keadaan lereng kritis. Hal ini dibuktikan dengan hasil nilai faktor keamanan sebesar 1,332 pada keadaan HHWL dan 1,368 pada keadaan LLWL. Sementara itu, rancangan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:2 menunjukkan lereng stabil. Hal ini dibuktikan dengan nilai faktor keamanan lereng sebesar 1,906 pada keadaan HHWL dan 1,921 pada keadaan LLWL). Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa rancangan *seawall* dengan perbandingan kemiringan 1:2 memiliki memiliki potensi longsor rotasi yang lebih besar dibandingkan rancangan *seawall* dengan perbandingan 1:1,5.

## DAFTAR PUSTAKA

- Evans, G. P. 1993. *A Framework for Marine and Estuarine Model Specification in The UK*. UK: Foundation For Water Research
- Fadholi, A. 2013. Analisis Data Angin Permukaan Di Bandara Pangkalpinang Menggunakan Metode Windrose. *J. Geogr.*, 10(2):112–122,
- Fadilah, Suripin, D. P. S. 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *Maspasri J.*, 6(1):1–12.
- K-Indera, R., Mina, E., dan B-Sevenuary. 2015. Analisis Stabilitas Lereng dan Perencanaan Soil Nailing dengan Software Geostudio 2007 (Studi Kasus Kampus Untirta Sindangsari). *J. Fondasi*, 4(1):1–12,
- Jayusman, I. dan Shavab, O. A. K. 2020. Aktivitas Belajar Mahasiswa Dengan Menggunakan Media Pembelajaran Learning Management System (Lms) Berbasis Edmodo Dalam Pembelajaran Sejarah. *J. Artefak*, 7(1):13.
- Kusuma, R. I., Mina, E. dan Ikhsan, I. 2016, Tinjauan Sifat Fisis Dan Mekanis Tanah (Studi Kasus Jalan Carenang Kabupaten Serang). *J. Fondasi*, 5(2):30–39,
- Mahatmawati, A.D., Efendy, M., Siswanto, A. D. 2009. Perbandingan Fluktuasi Muka Air Laut Rerata (Mlr) Di Perairan Pantai Utara Jawa Timur Dengan Perairan Pantai Selatan Jawa Timur. *J. Kelaut.*, 2(1):40–49.
- Nasution, R. (2003). *Teknik Sampling*. USU Digital Library
- Pangemanan, S. L. dan Turangan, O.B.S.A.E. 2014. Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland). *J. Sipil Statik*, 2(1): 22–28.

- Putri, R. W. B., Atmodjo, W dan Sugianto, D.N. 2014. Longshore Current Dan Pengaruhnya Terhadap Transport Sedimen Di Perairan Pantai Sendang Sikucing, Kendal. *J. Oseanografi*, 3(4):1199-33.
- Qhomariyah, L & Yuwono, Y. 2016, Analisa Hubungan antara Pasang Surut Air Laut dengan Sedimentasi yang Terbentuk (Studi Kasus : Dermaga Pelabuhan Petikemas Surabaya), *Jurnal Teknik ITS*, 5(1):3-5.
- Pangemanan, V.G.M. Turangan, A.E., & Sompie, O.B.A. 2014. Analisis Kestabilan Lereng Dengan Metode Fellenius (Studi Kasus: Kawasan Citraland sta.1000m). *J. Sipil Statik*, 2(1):22-28.
- N-Rinaldy, Y, Nugraha, L. dan Subiyanto, S. 2014. Analisis Pengukuran Batimetri Dan Pasang Surut Untuk Menentukan Kedalaman Kolam Pelabuhan ( Studi Kasus: Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya). *J. Geod. Undip*, 3(4):25-36,
- Setiawan, I. 2013. Studi Pendahuluan Klasifikasi Ukuran Butir Sedimen di Danau Laut Tawar, Takengon, Kabupaten Aceh Tengah, Provinsi Aceh. *DEPIK J. Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikan.*, 2(2):92-96,
- Surinati, D. 2014. Paradigma Giant Seawall. *Jurnal Oseana*, XXXIX:15-22,
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset
- Triatmodjo, B. 1999, *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Yudowaty, S. O., W. Atmodjo, dan S. Y. Wulandari. 2012, Studi Transpor Sedimen Di Pantai Slamaran Pekalongan. *J. Oceanogr.*, 1(2):197-196,