



## Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Di Pantai Buloh Kecamatan Mandolang

Evanda Abiguna<sup>#a</sup>, Muhammad I. Jasin<sup>#b</sup>, Ariestides K. T. Dundu<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

<sup>a</sup>evaabiguna@gmail.com, <sup>b</sup>sanyjasin02@yahoo.com, <sup>c</sup>torry@unsrat.ac.id

### Abstrak

Pantai Buloh Kecamatan Mandolang merupakan kawasan strategis yang dilalui Jalan Trans Sulawesi serta dimanfaatkan sebagai lokasi aktivitas perikanan nelayan. Pantai ini mengalami Abrasi pada pesisir Pantai yang mengancam pemukiman dan infrastruktur pesisir. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan bangunan pengaman pantai sebagai upaya mitigasi abrasi. Analisis dilakukan dengan menentukan karakteristik gelombang rencana, elevasi muka air laut, serta parameter desain bangunan pantai. Berdasarkan hasil analisis, diperoleh tinggi gelombang rencana (HD) sebesar  $\pm 0,992$  m dengan periode gelombang sekitar 4,785 detik. Jenis bangunan pengaman yang dipilih adalah *Seawall* tipe *rubble mound* karena dinilai paling sesuai dengan kondisi lokasi dan hasil rekomendasi penelitian sebelumnya. Perencanaan pengaman pantai direncanakan dengan mengumpulkan data sekunder yang didapatkan dari BMKG Kota Bitung dan Pangkalan Utama TNI AL VIII Kairagi berupa data pasang surut, juga melalui *Software* penunjang seperti Global Mapper dan Arcgis yang menghasilkan model topografi dan batimetri. Data tersebut di analisis agar mendapatkan desain dari pengaman pantai yang diperlukan. Dari hasil analisis data didapatkan pengaman pantai tipe (*Hard*) jenis *Seawall* menggunakan tumpukan batu, dengan Tinggi Mercuri 6,7 m, Lebar Puncak 1,4 m, Lebar *Toe Protection* 2 m, serta Tinggi *Toe Protection* 1 m.

*Kata kunci: Pantai Buloh, bangunan pantai, Seawall*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Pantai Buloh di Sulawesi Utara, berlokasi di Desa Tateli Weru. Dihubungkan oleh jalan raya nasional Trans Sulawesi, pantai ini dulunya merupakan objek wisata, tetapi kini infrastruktur terancam oleh gelombang tinggi dan degradasi pantai. Penyebab utama kerusakan, termasuk erosi dan kerusakan bangunan, telah mengakibatkan perubahan garis pantai yang signifikan.

Masalah di pantai Buloh berkaitan dengan gelombang tinggi yang menyebabkan abrasi. Untuk melindungi pantai dan daratan dari gelombang, diperlukan struktur pelindung. Muka air pasang tertinggi di pantai ini adalah 3.41 meter, dengan tinggi gelombang paling dominan 1.38 meter dan arah angin dari barat laut. Apabila tidak dilakukan penanganan, abrasi diperkirakan akan terus berkembang sehingga mengancam jalan nasional, permukiman, dan aktivitas perikanan. Disarankan untuk membangun *Seawall* sebagai solusi yang tepat untuk menguatkan tebing pantai agar tahan terhadap gelombang.

Penelitian di Pantai Buloh telah mengidentifikasi kerusakan dan analisis gelombang serta merekomendasikan menangani dengan *Seawall*, namun belum dilakukan perencanaan teknis yang menghasilkan dimensi dan parameter desain bangunan pengaman pantai. Skripsi ini mengatasi kesenjangan tersebut dengan menyusun desain teknis *Seawall* secara kuantitatif, yang mencakup elevasi dan dimensi elemen pelindung yang diperlukan.

### 1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana perencanaan dimensi dan detail konstruksi *Seawall* yang sesuai untuk

pengamanan Pantai Buloh berdasarkan kondisi gelombang, pasang surut, dan karakteristik pantai setempat?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Menentukan jenis bangunan pengaman pantai yang sesuai berdasarkan karakteristik Pantai Buloh serta merencanakan dimensi bangunan pengaman yang memenuhi persyaratan teknis.

### 1.4. Manfaat Penelitian

Meningkatkan pemahaman di bidang teknik pantai, khususnya yang berkaitan dengan perencanaan dan desain bangunan pengaman pantai, sehingga hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif dalam upaya penanganan kerusakan pantai.

### 1.5. Batasan Masalah

Batasan Masalah yang diambil pada penelitian ini adalah:

- 1) Daerah penelitian hanya pada daerah Pantai Buloh Kecamatan Mandolang.
- 2) Data yang digunakan untuk perencanaan adalah Data Sekunder atau data yang sudah ada sebelumnya.
- 3) Penelitian tidak mencakup analisis stabilitas struktur secara rinci, analisis geoteknik, maupun perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB).
- 4) Bangunan pengaman yang dipilih berdasarkan penelitian sebelumnya yaitu bangunan *Seawall* untuk melindungi daratan dan infrastruktur dari banjir dan gelombang.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Lokasi Penelitian

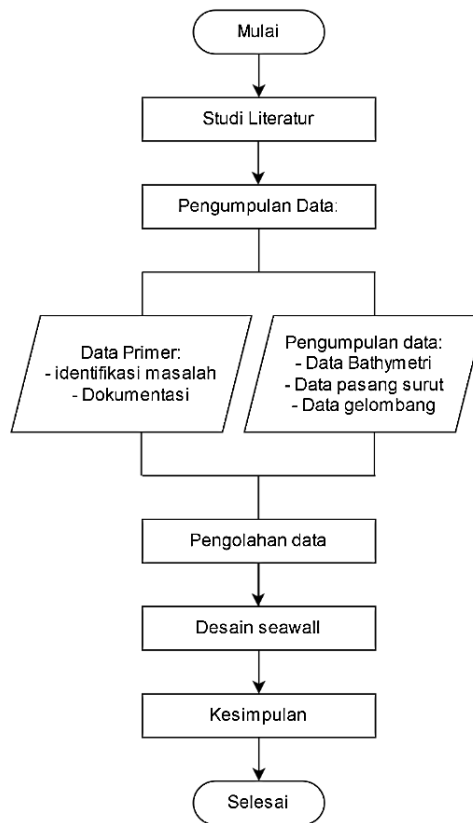
Lokasi Penelitian terletak di Pantai Buloh, Kecamatan Mandolang, Kabupaten Minahasa yang secara geografis berada di 1°26'06"N 124°44'18"E.



**Gambar 1** Lokasi Penelitian (*Google earth*)

### 2.2. Bagan Alir Penelitian

Metode penelitian pada Tugas Akhir ini disusun ke dalam suatu bagan alir. Bagan alir tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

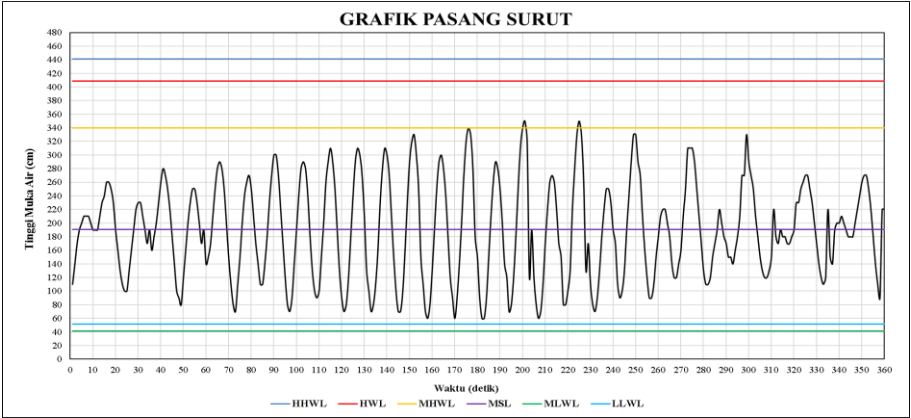
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Perhitungan Pasang Surut dengan Metode Admiralty

Hasil pengukuran pasang surut ditampilkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Hasil Pengukuran Pasang Surut  
(Rahasia, 2024)

| No | Tanggal     | Jam  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | Jumlah | Bacaan |            |
|----|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|------------|
|    |             | 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 | 6:00 | 7:00 | 8:00 | 9:00 | 10:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 | 15:00 | 16:00 | 17:00 | 18:00 | 19:00 | 20:00 | 21:00 | 22:00 | 23:00  | Bacaan | Rerata/jam |
| 1  | 1-Apr-2023  | 1,1  | 1,4  | 1,7  | 1,9  | 2,0  | 2,1  | 2,1  | 2,1  | 2,0  | 1,9  | 1,9   | 1,9   | 2,1   | 2,3   | 2,4   | 2,6   | 2,6   | 2,5   | 2,3   | 1,9   | 1,6   | 1,3   | 1,1   | 1,0    | 45,8   | 1,91       |
| 2  | 2-Apr-2023  | 1,0  | 1,3  | 1,6  | 1,9  | 2,2  | 2,3  | 2,3  | 2,1  | 1,9  | 1,7  | 1,6   | 1,6   | 1,8   | 2,0   | 2,3   | 2,6   | 2,8   | 2,7   | 2,5   | 2,2   | 1,8   | 1,4   | 1,0   | 0,9    | 45,5   | 1,90       |
| 3  | 3-Apr-2023  | 0,8  | 1,2  | 1,6  | 2,0  | 2,3  | 2,5  | 2,5  | 2,3  | 2,0  | 1,7  | 1,4   | 1,4   | 1,5   | 1,7   | 2,1   | 2,5   | 2,8   | 2,9   | 2,8   | 2,5   | 2,0   | 1,5   | 1,1   | 0,8    | 45,9   | 1,91       |
| 4  | 4-Apr-2023  | 0,7  | 1,1  | 1,5  | 2,0  | 2,4  | 2,6  | 2,7  | 2,5  | 2,1  | 1,7  | 1,3   | 1,1   | 1,1   | 1,4   | 1,8   | 2,3   | 2,7   | 3,0   | 3,0   | 2,7   | 2,2   | 1,7   | 1,2   | 0,8    | 45,6   | 1,90       |
| 5  | 5-Apr-2023  | 0,7  | 0,9  | 1,4  | 1,9  | 2,4  | 2,8  | 2,9  | 2,8  | 2,4  | 1,8  | 1,3   | 1,0   | 0,9   | 1,0   | 1,5   | 2,0   | 2,6   | 2,9   | 3,1   | 2,9   | 2,5   | 1,9   | 1,3   | 0,9    | 45,8   | 1,91       |
| 6  | 6-Apr-2023  | 0,7  | 0,8  | 1,2  | 1,8  | 2,4  | 2,9  | 3,1  | 3,0  | 2,7  | 2,1  | 1,5   | 1,0   | 0,7   | 0,8   | 1,1   | 1,6   | 2,3   | 2,8   | 3,1   | 3,0   | 2,7   | 2,1   | 1,5   | 1,0    | 45,9   | 1,91       |
| 7  | 7-Apr-2023  | 0,7  | 0,7  | 1,0  | 1,6  | 2,3  | 2,9  | 3,2  | 3,3  | 3,0  | 2,5  | 1,8   | 1,1   | 0,7   | 0,6   | 0,8   | 1,3   | 1,9   | 2,5   | 2,9   | 3,0   | 2,8   | 2,4   | 1,8   | 1,2    | 46     | 1,92       |
| 8  | 8-Apr-2023  | 0,9  | 0,6  | 0,9  | 1,4  | 2,0  | 2,7  | 3,2  | 3,4  | 3,3  | 2,8  | 1,2   | 1,5   | 0,9   | 0,6   | 0,6   | 0,9   | 1,5   | 2,1   | 2,6   | 2,9   | 2,8   | 2,5   | 2,0   | 1,4    | 44,7   | 1,86       |
| 9  | 9-Apr-2023  | 1,2  | 0,7  | 0,8  | 1,2  | 1,8  | 2,5  | 3,1  | 3,4  | 3,5  | 3,2  | 2,6   | 1,9   | 1,2   | 0,8   | 0,6   | 0,7   | 1,1   | 1,7   | 2,2   | 2,6   | 2,7   | 2,6   | 2,2   | 1,7    | 46     | 1,92       |
| 10 | 10-Apr-2023 | 1,5  | 0,8  | 0,8  | 1,0  | 1,5  | 2,2  | 2,8  | 3,3  | 3,5  | 3,3  | 2,9   | 1,3   | 1,7   | 1,1   | 0,8   | 0,7   | 0,9   | 1,3   | 1,8   | 2,2   | 2,5   | 2,5   | 2,3   | 1,9    | 44,6   | 1,86       |
| 11 | 11-Apr-2023 | 1,7  | 1,1  | 0,9  | 1,0  | 1,3  | 1,9  | 2,4  | 2,9  | 3,3  | 3,3  | 3,1   | 2,7   | 2,1   | 1,6   | 1,2   | 0,9   | 0,9   | 1,1   | 1,5   | 1,8   | 2,1   | 2,2   | 2,2   | 2,0    | 45,2   | 1,88       |
| 12 | 12-Apr-2023 | 1,8  | 1,4  | 1,2  | 1,2  | 1,3  | 1,6  | 2,1  | 2,5  | 3,1  | 3,1  | 3,3   | 2,9   | 2,5   | 2,1   | 1,7   | 1,3   | 1,1   | 1,1   | 1,2   | 1,5   | 1,7   | 1,9   | 2,0   | 2,0    | 45,6   | 1,90       |
| 13 | 13-Apr-2023 | 1,8  | 1,7  | 1,5  | 1,5  | 1,4  | 1,6  | 1,8  | 2,1  | 2,7  | 2,7  | 2,9   | 2,9   | 2,7   | 2,5   | 2,1   | 1,8   | 1,5   | 1,3   | 1,2   | 1,2   | 1,3   | 1,5   | 1,7   | 1,8    | 45,2   | 1,88       |
| 14 | 14-Apr-2023 | 1,7  | 1,9  | 1,8  | 1,8  | 1,7  | 1,7  | 1,8  | 1,9  | 2,3  | 2,3  | 2,5   | 2,6   | 2,7   | 2,7   | 2,5   | 2,3   | 2,0   | 1,7   | 1,4   | 1,2   | 1,1   | 1,2   | 1,3   | 1,5    | 45,6   | 1,90       |
| 15 | 15-Apr-2023 | 1,4  | 1,9  | 2,0  | 2,0  | 2,1  | 2,0  | 1,9  | 1,8  | 1,8  | 1,8  | 2,0   | 2,2   | 2,4   | 2,6   | 2,7   | 2,7   | 2,5   | 2,2   | 1,8   | 1,4   | 1,1   | 0,9   | 1,0   | 2,2    | 46,4   | 1,93       |



Gambar 3. Grafik Pasang Surut Pantai Buloh (Rahasia, 2024)

3.2. Penentuan Tipe Pasang Surut

Perhitungan tipe pasang surut yang ada di lokasi pengukuran, yaitu di Pantai Buloh, Kecamatan Mandolang, Kabupaten Minahasa berdasarkan data pasang surut yang tertera pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Tabel 2. Komponen Pasang Surut Hasil Analisis untuk Lokasi Penelitian di Pantai Buloh

|      | SO  | M2    | S2    | N2    | K1    | O1    | M4    | MS4   | K2    | P1    |
|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A cm | 191 | 98    | 52    | 15    | 26    | 27    | 1     | 9     | 14    | 8     |
| g°   | 0   | 456,9 | 359,0 | 356,0 | 144,7 | 324,4 | 905,9 | 434,4 | 359,0 | 144,7 |

$$F = \frac{K1+O1}{M2+S2} = \frac{26+27}{98+52} = 0,353$$

Pasang surut di pantai Buloh adalah pasang surut tipe Campuran Condong ke Harian Ganda (*Mixed Semi-Diurnal*) dengan nilai **F = 0,25 < 1,50** dimana **F=0,353**

3.3. Elevasi Muka Air

Hasil analisis elevasi muka air ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Elevasi Muka Air

| Elevasi Muka Air | Satuan | Data   |
|------------------|--------|--------|
| HHWL             | cm     | 441,33 |
| HWL              | cm     | 350,00 |
| MHWL             | cm     | 340,02 |
| MSL              | cm     | 190,62 |
| MLWL             | cm     | 51,67  |
| LLWL             | cm     | 41,22  |
| Z0               | cm     | 250,71 |

3.4. Tegangan Angin

Hasil perhitungan tegangan angin ditampilkan pada Tabel 4.



**Tabel 5.** Perhitungan Fetch Efektif Hasil dari Perhitungan Fetch Efektif dari Delapan Arah Mata Angin (Rahasia, 2024)

| PERHITUNGAN FETCH  |            |                  |                  |                 |                |                   |
|--------------------|------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------|
| Arah Mata Angin    | $(\alpha)$ | Jarak Sebenarnya | Jarak Sebenarnya | $F\cos(\alpha)$ | $\cos(\alpha)$ | $F_{eff}$<br>(km) |
|                    |            | (m)              | (km)             |                 |                |                   |
| UTARA<br>(N)       | -20        | 200000           | 200,000          | 187,939         | 0,940          | 79,708            |
|                    | -15        | 22127            | 22,127           | 21,373          | 0,966          |                   |
|                    | -10        | 21788            | 21,788           | 21,457          | 0,985          |                   |
|                    | -5         | 200000           | 200,000          | 199,239         | 0,996          |                   |
|                    | 0          | 20879            | 20,879           | 20,879          | 1              |                   |
|                    | 5          | 21429            | 21,429           | 21,347          | 0,996          |                   |
|                    | 10         | 20800            | 20,800           | 20,484          | 0,985          |                   |
|                    | 15         | 19301            | 19,301           | 18,643          | 0,966          |                   |
| TIMUR LAUT<br>(NE) | -20        | 1162             | 1,162            | 1,092           | 0,940          | 0,209             |
|                    | -15        | 769              | 0,769            | 0,743           | 0,966          |                   |
|                    | -10        | 0                | 0,000            | 0,000           | 0,985          |                   |
|                    | -5         | 0                | 0,000            | 0,000           | 0,996          |                   |
|                    | 0          | 0                | 0,000            | 0,000           | 1              |                   |
|                    | 5          | 0                | 0,000            | 0,000           | 0,996          |                   |
|                    | 10         | 0                | 0,000            | 0,000           | 0,985          |                   |
|                    | 15         | 0                | 0,000            | 0,000           | 0,966          |                   |
| TIMUR<br>(E)       | -20        | 0                | 0,000            | 0,000           | 0,940          | 0                 |
|                    | -15        | 0                | 0,000            | 0,000           | 0,966          |                   |
|                    | -10        | 0                | 0,000            | 0,000           | 0,985          |                   |
|                    | -5         | 0                | 0,000            | 0,000           | 0,996          |                   |
|                    | 0          | 0                | 0,000            | 0,000           | 1              |                   |
|                    | 5          | 0                | 0,000            | 0,000           | 0,996          |                   |
|                    | 10         | 0                | 0,000            | 0,000           | 0,985          |                   |
|                    | 15         | 0                | 0,000            | 0               | 0,966          |                   |
| TENGGAH<br>(SE)    | -20        | 0                | 0,000            | 0               | 0,940          | 0                 |
|                    | -15        | 0                | 0                | 0               | 0,966          |                   |
|                    | -10        | 0                | 0                | 0               | 0,985          |                   |
|                    | -5         | 0                | 0                | 0               | 0,996          |                   |
|                    | 0          | 0                | 0                | 0               | 1              |                   |
|                    | 5          | 0                | 0                | 0               | 0,996          |                   |
|                    | 10         | 0                | 0                | 0               | 0,985          |                   |
|                    | 15         | 0                | 0                | 0               | 0,966          |                   |
| SELATAN<br>(S)     | -20        | 0                | 0                | 0               | 0,940          | 0                 |
|                    | -15        | 0                | 0                | 0               | 0,966          |                   |
|                    | -10        | 0                | 0                | 0               | 0,985          |                   |
|                    | -5         | 0                | 0                | 0               | 0,996          |                   |
|                    | 0          | 0                | 0                | 0               | 1              |                   |
|                    | 5          | 0                | 0                | 0               | 0,996          |                   |
|                    | 10         | 0                | 0                | 0               | 0,985          |                   |
|                    | 15         | 0                | 0                | 0               | 0,966          |                   |
| BARAT DAYA (SW)    | -20        | 0                | 0                | 0               | 0,940          | 0                 |
|                    | -15        | 0                | 0                | 0               | 0,966          |                   |
|                    | -10        | 0                | 0                | 0               | 0,985          |                   |
|                    | -5         | 0                | 0                | 0               | 0,996          |                   |
|                    | 0          | 0                | 0                | 0               | 1              |                   |
|                    | 5          | 0                | 0                | 0               | 0,996          |                   |
|                    | 10         | 0                | 0                | 0               | 0,985          |                   |
|                    | 15         | 0                | 0                | 0               | 0,966          |                   |
| BARAT<br>(W)       | -20        | 0                | 0,000            | 0               | 0,940          | 135,5778          |
|                    | -15        | 0                | 0,000            | 0               | 0,966          |                   |
|                    | -10        | 13093            | 13,093           | 12,89409        | 0,985          |                   |
|                    | -5         | 200000           | 200,000          | 199,2389        | 0,996          |                   |
|                    | 0          | 200000           | 200,000          | 200             | 1              |                   |
|                    | 5          | 200000           | 200              | 199,2389        | 0,996          |                   |
|                    | 10         | 200000           | 200              | 196,9616        | 0,985          |                   |
|                    | 15         | 200000           | 200              | 193,1852        | 0,966          |                   |
| BARAT LAUT<br>(NW) | -20        | 200000           | 200,000          | 187,9385        | 0,940          | 200,000           |
|                    | -15        | 200000           | 200,000          | 193,1852        | 0,966          |                   |
|                    | -10        | 200000           | 200,000          | 196,9616        | 0,985          |                   |
|                    | -5         | 200000           | 200,000          | 199,2389        | 0,996          |                   |
|                    | 0          | 200000           | 200,000          | 200             | 1              |                   |
|                    | 5          | 200000           | 200,000          | 199,239         | 0,996          |                   |
|                    | 10         | 200000           | 200,000          | 196,962         | 0,985          |                   |
|                    | 15         | 200000           | 200,000          | 193,185         | 0,966          |                   |
|                    |            |                  |                  | Feff (total)    |                | 415,495           |
|                    |            |                  |                  | Feff (dominan)  |                | 0,209             |

**Tabel 6.** Rekapitulasi Arah, Tinggi dan Periode Dari Masing-Masing Fetch Berdasarkan Hindcasting Gelombang Tahun 2019-2023 (Rahasia, 2024)

| Bulan         | H - T   | Arah Datang Gelombang |       |       |       | Max Tiap Bulan |       |
|---------------|---------|-----------------------|-------|-------|-------|----------------|-------|
|               |         | NW                    | W     | -     | -     | Arah           | H - T |
| JANUARI       | H (m)   |                       |       |       |       |                | 0,000 |
|               | T (det) |                       |       |       |       |                | 0,000 |
| FEBRUARI      | H (m)   | 0,992                 |       |       |       | NW             | 0,992 |
|               | T (det) | 4,785                 |       |       |       |                | 4,785 |
| MARET         | H (m)   |                       |       |       |       |                | 0,000 |
|               | T (det) |                       |       |       |       |                | 0,000 |
| APRIL         | H (m)   |                       |       |       |       |                | 0,000 |
|               | T (det) |                       |       |       |       |                | 0,000 |
| MEI           | H (m)   |                       |       |       |       |                | 0,000 |
|               | T (det) |                       |       |       |       |                | 0,000 |
| JUNI          | H (m)   |                       |       |       |       |                | 0,000 |
|               | T (det) |                       |       |       |       |                | 0,000 |
| JULI          | H (m)   |                       |       |       |       |                | 0,000 |
|               | T (det) |                       |       |       |       |                | 0,000 |
| AGUSTUS       | H (m)   |                       |       |       |       |                | 0,000 |
|               | T (det) |                       |       |       |       |                | 0,000 |
| SEPTEMBER     | H (m)   |                       |       |       |       |                | 0,000 |
|               | T (det) |                       |       |       |       |                | 0,000 |
| OKTOBER       | H (m)   |                       |       |       |       |                | 0,000 |
|               | T (det) |                       |       |       |       |                | 0,000 |
| NOVEMBER      | H (m)   |                       |       |       |       |                | 0,000 |
|               | T (det) |                       |       |       |       |                | 0,000 |
| DESEMBER      | H (m)   |                       | 0,833 |       |       | W              | 0,833 |
|               | T (det) |                       | 4,337 |       |       |                | 4,337 |
| MAX TIAP ARAH | H (m)   | 0,992                 | 0,833 | 0,000 | 0,000 | NW             | 0,992 |
|               | T (det) | 4,785                 | 4,337 | 0,000 | 0,000 |                | 4,785 |

Berdasarkan rekapitulasi Tinggi Gelombang Signifikan (H) dan Periode Gelombang Signifikan (T) dari hasil Hindcasting Gelombang, didapatkan nilai Tinggi Gelombang Signifikan  $H = 0.992$  m, dan Periode Gelombang Signifikan  $T = 4.785$  detik dengan arah dominan Barat Laut (Northwest).

### 3.6. Analisa Transformasi Gelombang

Analisa transformasi gelombang berupa shoaling, refraksi dan gelombang pecah. Hasil analisis ditampilkan pada Tabel 7, Tabel 8 dan Tabel 9.

**Tabel 7.** Perhitungan Shoaling (Rahasia, 2024)

| Lo    | d/Lo  | d/L   | L      | no  | n     | Kr    | Ks    | H     |
|-------|-------|-------|--------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 35,54 | 0,281 | 0,295 | 33,885 | 0,5 | 0,591 | 1,03  | 0,887 | 0,907 |
| 32,75 | 0,244 | 0,262 | 30,557 | 0,5 | 0,623 | 1,043 | 0,86  | 0,814 |
| 29,18 | 0,171 | 0,201 | 24,899 | 0,5 | 0,704 | 1,096 | 0,833 | 0,743 |
| 26,16 | 0,076 | 0,12  | 16,731 | 0,5 | 0,852 | 1,272 | 0,918 | 0,867 |
| 31,26 | 0,032 | 0,074 | 13,541 | 0,5 | 0,935 | 1,532 | 1,235 | 1,641 |
| 37,37 | 0,013 | 0,046 | 10,841 | 0,5 | 0,973 | 1,86  | 1,771 | 5,403 |

**Tabel 8.** Perhitungan Refraksi (Rahasia, 2024)

| $a_0$   | d     | Ho    | T     | Lo     | d/Lo             | d/L    |
|---------|-------|-------|-------|--------|------------------|--------|
| 45      | 10    | 0,992 | 4,773 | 35,541 | 0,281            | 0,2951 |
| 42,3880 | 8     | 0,907 | 4,582 | 32,746 | 0,244            | 2,6181 |
| 38,9824 | 5     | 0,814 | 4,325 | 29,178 | 0,171            | 0,2008 |
| 32,4685 | 2     | 0,743 | 4,095 | 26,164 | 0,076            | 0,1195 |
| 20,0767 | 1     | 0,867 | 4,477 | 31,268 | 0,032            | 0,0739 |
| 8,5505  | 0,5   | 1,641 | 4,894 | 37,365 | 0,013            | 0,0461 |
| L       | Co    | C     | sin a | a      | cos $a_0$ /cos a | Kr     |
| 33,885  | 7,446 | 7,099 | 0,674 | 42,388 | 1,062            | 1,030  |
| 3,056   | 7,147 | 0,667 | 0,063 | 3,607  | 11,753           | 1,043  |
| 24,899  | 6,747 | 5,757 | 0,537 | 32,468 | 1,201            | 1,096  |
| 16,731  | 6,389 | 4,085 | 0,343 | 20,077 | 1,617            | 1,272  |
| 13,541  | 6,984 | 3,025 | 0,149 | 8,549  | 2,348            | 1,532  |
| 10,841  | 7,635 | 2,215 | 0,043 | 2,472  | 3,458            | 1,860  |

**Tabel 9.** Perhitungan Gelombang Pecah  
(Rahasia, 2024)

| H      | H'o    | H'o/gT <sup>2</sup> | m      | HB/H'o | Hb    |
|--------|--------|---------------------|--------|--------|-------|
| 0,9072 | 1,1181 | 0,005               | 0,0348 | 1,24   | 1,386 |
| 0,814  | 1,0543 | 0,0051              | 0,0354 | 1,29   | 1,36  |
| 0,7427 | 0,9775 | 0,0053              | 0,0345 | 1,27   | 1,241 |
| 0,8669 | 0,8092 | 0,0049              | 0,0335 | 1,28   | 1,036 |
| 1,6405 | 0,702  | 0,0036              | 0,0333 | 1,3    | 0,913 |
| 5,4028 | 0,9264 | 0,0039              | 0,0334 | 1,31   | 1,214 |

### 3.7. Perhitungan Gelombang Rencana

Apabila pantai relatif datar, maka tinggi gelombang pecah dapat ditentukan dengan rumus (CERC,1984):

$$H_s = 0,992 \text{ meter}$$

$$H_D = H_s = 0,992 \text{ meter}$$

Keterangan:

$H_s$  = Tinggi gelombang signifikan

### 3.8. Perhitungan Elevasi Mercu

$$\text{Elevasi Mercu} = DWL + Ru + Fb$$

Dimana :

DWL : *Design water level* (elevasi muka air rencana)

$R_u$  : *Run-up* gelombang (Rayapan gelombang) merupakan fungsi bilangan Iribarren ( $Ir$ )

$F_b$  : Tinggi jagaan direncanakan = 0,5 meter

*Run-up* gelombang

Direncanakan :

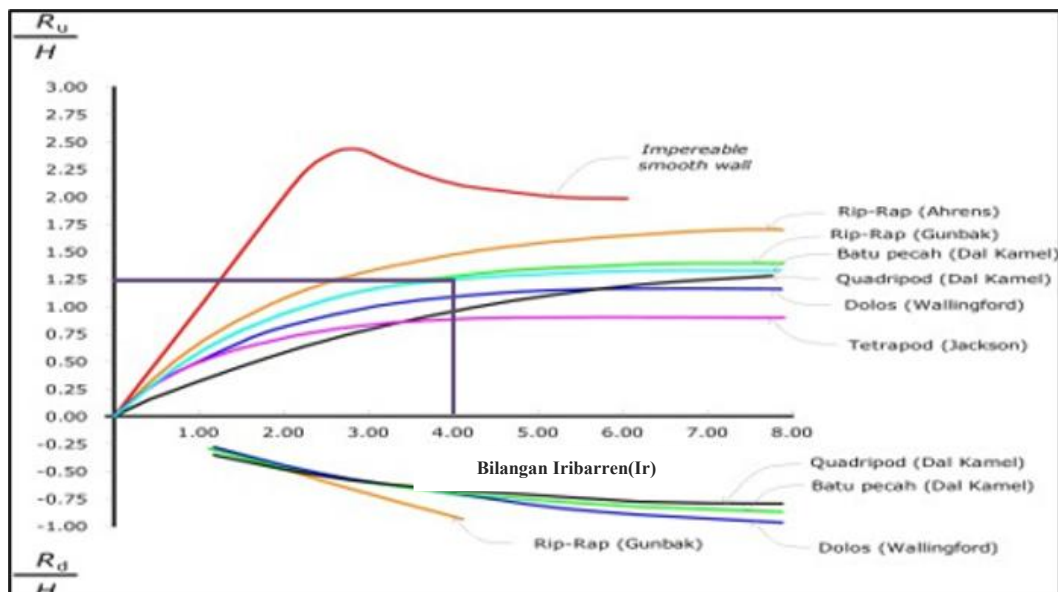
Jenis bangunan = *Rubble mound Seawall*

Lapis Lindung = Batu Alam

Tinggi Gelombang ( $H_D$ ) = 0,992 meter

$$L_o = 1,56 T^2 = 1,56 \times 4,785^2 = 35,72 \text{ m}$$

$$Ir = \frac{tg\theta}{\frac{H}{L_o}^{0,5}} = \frac{0,667}{\left(\frac{0,992}{35,72}\right)^{0,5}} = 4,00$$



**Gambar 5.** Grafik *Run-Up* Gelombang  
(SPM 84)

Bilangan Iribarren di atas, maka didapat :

$$\begin{aligned} Ru/H &= 1,25 & Ru &= 1,25 \times 0,992 = 1,240 \text{ m} \\ \text{Elevasi Mercu} &= \text{DWL} + Ru + \text{tinggi jagaan} = 5 + 1,240 + 0,5 = 6,7 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.9. Perhitungan Lapis Lindung

- Lapis lindung luar

$$W = \frac{2,65 \times 0,992^3}{2 \times \left(\frac{2,65}{1,03} - 1\right)^3} \times 1,5 = 0,577 \text{ ton} = 577 \text{ kilogram}$$

- Tebal Lapis Lindung :

Untuk nilai dari Koefisien Lapis ( $K_\Delta$ ) = 1,15

$$t1 = 2 \times 1,15 \left[ \frac{0,577}{2,65} \right]^{1/3} = 1,384 \text{ meter} \approx 1,4 \text{ meter}$$

- Lapisan pelindung kedua :

Berat butir :

$$\frac{W}{10} = \frac{0,577}{10} = 0,0577 \text{ ton} = 57,7 \text{ kilogram}$$

- Tebal Lapis Lindung :

$$t2 = 2 \times 1,15 \left[ \frac{0,0577}{2,65} \right]^{1/3} = 0,64 \text{ meter} \approx 0,65 \text{ meter}$$

- Berat batu lapis inti (*core*) :

$$\frac{W}{200} = \frac{0,577}{200} = 0,0029 \text{ ton} = 2,9 \text{ kilogram}$$

- Lebar Puncak *Seawall*

Lebar puncak *Seawall* untuk  $n = 2$  (minimum) dan koefisien lapis ( $K_\Delta$ ) = 1.15 maka B puncak:

$$B = n \times K_\Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} = 2 \times 1,15 \left[ \frac{0,577}{2,65} \right]^{1/3} = 1,4 \text{ m}$$

- Jumlah batu lapis lindung

Jumlah batu pelindung tiap satu satuan luas ( $10 \text{ m}^2$ ) dan porositas = 37, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$N = A \times n \times K_\Delta \left[ 1 - \frac{P}{100} \right] \times \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{1/3} = 10 \times 2 \times 1,15 \left[ 1 - \frac{37}{100} \right] \times \left[ \frac{0,577}{2,65} \right]^{1/3} = 9 \text{ Buah}$$

### 3.10. Toe Protection

Perhitungan tinggi *Toe Protection* dengan  $r$  (tebal lapis pelindung ( $r \sim 2H$ )) = 1,01 m, tinggi gelombang rencana  $H_d = 0,992 \text{ m}$ , maka:

Tinggi *Toe Protection* ( $t$ ) = 1,01 m

Lebar *Toe Protection* = Diambil  $B = 2H = 2 \times 0,992 = 2 \text{ m}$

Berat batu lapis lindung *Toe Protection* dipergunakan kira-kira setengah dari yang dipergunakan pada dinding tembok ( $0,5W$ ).

Berat butir *Toe Protection* =  $W_{\text{toe}} = 0,5 \times 0,577 = 0,2885 \text{ ton} = 288,5 \text{ kg} \approx 289 \text{ kg}$

Berikut tabel hasil perhitungan desain *Seawall*

**Tabel 10.** Hasil Perhitungan Desain *Seawall*

| Bagian <i>Seawall</i>       | Dimensi | Satuan |
|-----------------------------|---------|--------|
| Tinggi mercu                | 6,7     | m      |
| Lebar Mercu                 | 1,4     | m      |
| Lebar Bawah                 | 11,3    | m      |
| Berat Lapis Pelindung Luar  | 577     | Kg     |
| Berat Lapis Pelindung Kedua | 58      | Kg     |
| Berat Lapis Core Layer      | 2,9     | Kg     |
| Tebal Lapis Pelindung Luar  | 1,4     | m      |
| Tebal Lapis Pelindung Kedua | 0,6     | m      |
| Tinggi Toe Protection       | 1,0     | m      |
| Lebar Toe Protection        | 2,0     | m      |
| Berat Toe Protection        | 289     | Kg     |



## Referensi

- BPS. (2024). Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Utara. Retrieved from <https://sulut.bps.go.id/id>
- CERC. (1984). Shore Protection Manual, US Army Coastal Of Engineering Research Center (CERC). Washington.: (SPM 1984).
- Eryani, I. G. (2020). Karakteristik dan Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai. Denpasar: Warmadewa University Press.
- Faron V. H. Sumampouw, Arthur H. Thambas, M. Ihsan Jasin. (2023). Perencanaan Pengaman Pantai di Pantai Baho Kecamatan Likupang Barat. Tekno Vol. 21 No. 85.
- Fiorico Kahiking, Tommy Jansen, M.Ihsan Jasin. (2022). Studi Kerusakan Pantai di Pantai Buloh Kecamatan Mandolang Minahasa. Tekno Vol.20 No. 82.
- Irene Christie Hosang, Jeffry D. Mamoto, M. Ihsan Jasin. (2015). Studi Karakteristik Gelombang di Pantai Buloh Tateli Weru Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa. Tekno Vol. 13 No. 62.
- Muliati, Y. (2020). Rekayasa Pantai. Bandung: Itenas.
- PKLP. (2019). Pusat Pemetaan Kelautan dan Lingkungan Pantai. Retrieved from <https://big.go.id/content/produk/ebook-geospasial-2>
- Rahasia, B. (2024). Alternatif Penanganan Kerusakan Pantai Buloh Di Kecamatan Mandolang. Manado: Skripsi Program S1 Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi.
- Triadmodjo, B. (1996). Perencanaan Bangunan Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triadmodjo, B. (1999). Teknik Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triadmodjo, B. (2012). Perencanaan Bangunan Pantai. Yogyakarta: Beta Offset.
- Yuwono, N. (1982). Teknik Pantai. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM