



Analisis Stabilitas Pada Struktur Penahan Tanah (Studi Kasus Pantai Punaga Kabupaten Takalar)

Mustazim¹, Athira Afdaliah², Andi Makbul Syamsuri³, Kasmawati⁴

¹*Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia*

²*Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia*

³*Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia*

⁴*Program Studi Teknik Pengairan, Universitas Muhammadiyah Makassar, Indonesia*

*Email : mustazimalmunawwar@gmail.com

Abstract : Punaga Beach which located in Takalar Regency is frequently visited by tourists because it has a beautiful panorama. However, this tourist attraction also has problems that highly need attention. In certain seasons, this beach experiences increasingly severe coastal erosion problems due to strong waves and ocean currents. The impact of high tides that occur in several places causes coastal erosion and nearly damage the buildings. The purpose of this study was to determine the characteristics that occur at Punaga Beach and the effect of these characteristics on the stability of the revetment structure. This research was conducted at Punaga Beach, Mangarabombang District, Takalar Regency, South Sulawesi. The results of this study obtained the highest wave in 2022 was about 3.5 m and the toe protection stability value was obtained about 0.480. Therefore the toe protection stability number was about 90.5 which can be able to protect the revetment building from collapse.

Keywords: Wave Characteristics; Revetment; Toe Protection

1. PENDAHULUAN

Gelombang merupakan energi yang mampu menciptakan garis pantai, menyebabkan arus di laut serta memindahkan endapan di dalam air secara vertikal di sepanjang pantai. Gelombang atau ombak yang terdapat di lautan bisa dikelompokkan dalam beberapa jenis berdasarkan cara terbentuknya. Jenis-jenis gelombang tersebut termasuk gelombang yang dihasilkan oleh angin, gelombang pasang surut, gelombang yang muncul akibat dari pergerakan kapal hingga gelombang tsunami (Triatmodjo, 2014).

Terdapat beberapa tipe struktur pelindung pada pantai, contohnya adalah *break water* atau pemecah ombak, *groin*, *seawall* atau tembok laut, *jetty* hingga *revetment* dan lainnya. *Revetment* sendiri merupakan struktur yang dirancang di sepanjang garis pantai untuk melindungi daerah tersebut dari gelombang yang datang dan menghindari limpasan air atau *overtopping* ke wilayah daratan (Sudarsono, 2011). Struktur ini berfungsi untuk melindungi area daratan yang berada di bagian belakangnya. Dalam keadaan limpasan yang diperbolehkan, lebar puncak paling sedikit harus setara dengan lebar tiga buah batu yang diletakkan berdekatan. Sebaliknya,

Scoping area penelitian ini berlokasi di Pesisir Pantai Punaga, tepatnya di Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar, Provinsi Sulawesi Selatan, sekitar $\pm 26,6$ km di sebelah selatan ibu kota kabupaten (Amin dkk., 2022).

Penelitian ini memanfaatkan 2 jenis sumber data yakni data primer yang didapat pada area penelitian melalui pengamatan dan pencatatan mengenai situasi pantai dan keadaan struktur pelindung pantai atau *revetment* yang menjadi fokus penelitian. Sedangkan data sekunder yang diperlukan meliputi informasi tentang angin, data pasang surut serta rancangan teknis.

Metode yang dipakai pada penelitian ini merupakan metode pengamatan langsung di lapangan. Data yang telah dikumpulkan akan digunakan untuk menganalisis stabilitas struktur *revetment*nya.

2.1 *Windrose*

Windrose merupakan alat grafis yang digunakan untuk menggambarkan distribusi arah dan kecepatan mata angin pada lokasi tertentu dan selama periode waktu tertentu (Rachmanda dkk., 2022). Kecepatan rata-rata angin dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kecepatan rata - rata angin} = \frac{\text{Jumlah data angin}}{\text{Jumlah hari per tahun}}$$

2.2 *Fetch*

Fetch adalah jarak yang ditempuh gelombang sejak awal terbentuk hingga batas yang ditentukan oleh kontur tanah di sekeliling laut dan dipengaruhi oleh kecepatan angin yang cukup stabil (Bunganaen dkk., 2019). Jika jarak *fetch* semakin panjang, tinggi gelombangnya juga akan semakin meningkat. *Fetch* dihitung menggunakan rumus :

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

Dimana F_{eff} merupakan *fetch* rerata efektif, x_i merupakan panjang segmen *fetch* serta α yang merupakan deviasi 2 sisi dari arah mata angin dengan penambahan sudut 6 - 42 derajat.

2.3 *Hindcasting*

Hindcasting adalah metode untuk memprediksi gelombang atau arus yang akan datang dengan menggunakan informasi tentang angin dari masa lalu. Informasi angin bisa dimanfaatkan untuk mengukur ketinggian dan periode gelombang yang akan terjadi di lautan (Werdi dkk., 2020). *Hindcasting* dihitung menggunakan rumus :

$$R_L = \frac{U_W}{U_L}$$

Dimana R_L merupakan hubungan kecepatan angin di darat dan di laut, U_W merupakan

kecepatan angin di atas permukaan laut (m) dan U_L merupakan kecepatan angin di atas daratan (m).

2.4 Pasang Surut

Pasang surut adalah pergerakan air laut naik dan turun secara berkala akibat gravitasi bulan dan matahari terhadap bumi. (Nurqolis dkk., 2020). Pasang surut dihitung menggunakan rumus berikut :

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2}$$

Dimana F merupakan nilai Formzahl, $K1$ merupakan unsur pasut tunggal yang disebabkan oleh gaya tarik matahari, $O1$ merupakan unsur pasut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan, $M2$ merupakan unsur pasut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan $S2$ unsur pasut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

2.5 Toe Protection

Angka stabilitas dari *toe protection* diperoleh dari perbandingan antara $d1$ dengan d_s ($\frac{d1}{d_s}$). Angka stabilitas atau Ns^3 pada pondasi dan *toe protection* bisa memberikan pengaruh terhadap berat tiap-tiap batu yang digunakan pada pondasi dan *toe protection*. Semakin besar nilai ($\frac{d1}{d_s}$) maka nilai stabilitas atau Ns^3 nya juga akan semakin besar (Wattimena dkk, 2019).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Arah Angin Dan Kecepatan Angin

Data mengenai kondisi angin yang dipakai pada penelitian ini didapat melalui Stasiun Meteorologi Maritim Paotere Kota Makassar Sulawesi Selatan. Adapun titik koordinatnya adalah $5^{\circ}031'$ sampai $5^{\circ}0381'$ LS dan antara $199^{\circ}0221'$ sampai $119^{\circ}0391'$ BT. Tinggi elevasi stasiun dari permukaan tanah mencapai 5 meter. Data yang digunakan dibatasi hanya pada kisaran 4 tahun terakhir yakni tahun 2020 - 2023.

3.2 Perhitungan Mawar Angin (*Windrose*)

Data mengenai arah angin yang dipakai pada penelitian ini didapatkan dari catatan tahunan stasiun Meteorologi Maritim Paotere Kota Makassar terkhusus pada periode 2020 hingga 2024. Analisis data angin bertujuan untuk mengetahui berapa kecepatan rata-rata angin, arah angin yang paling sering terjadi serta arah angin pada saat kecepatan tertinggi. Perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$\text{Kecepatan rata – rata angin 2020} = \frac{\text{Jumlah data angin}}{\text{Jumlah hari per tahun}}$$

$$= \frac{1973,255}{365}$$

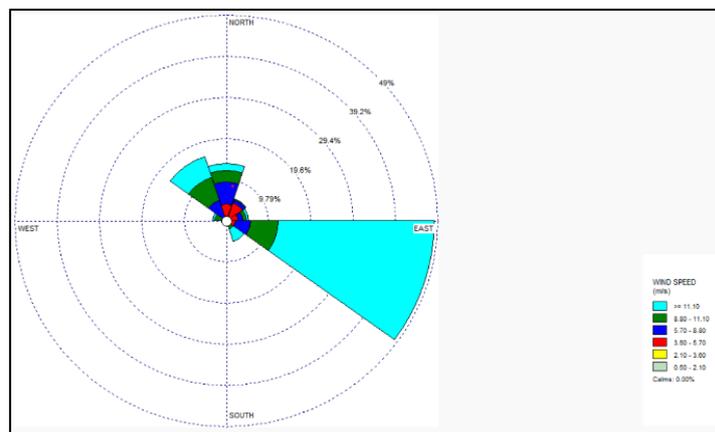
$$= 5,40 \text{ Knot}$$

Arah angin yang paling umum untuk tiap tahun bisa ditentukan dengan menentukan median atau data yang paling sering terjadi setiap tahunnya. Untuk mengetahui kecepatan maksimum serta arah kecepatan maksimum, perlu dilakukan analisis terhadap data tertinggi di setiap tahunnya.

Tabel 1. Data Arah Angin

Tahun	Angin			
	Kecepatan rata-rata (Knot)	Arah Terbanyak	Kecepatan Maksimum (Knot)	Arah Kecepatan Maksimum
2020	5,4	103	15.20	330
2021	5,71	167	15.39	320
2022	5,59	110	13.87	301
2023	5,66	111	15.15	326

Dari tabel 1 bisa dilihat jika arah angin saat mencapai kecepatan tertinggi setiap tahunnya menunjukkan peningkatan, terkecuali di tahun 2022 dimana adanya penurunan kecepatan angin yang terjadi sebesar 301. Sementara itu arah angina yang paling banyak terjadi di tahun 2021 yakni sebanyak 167.

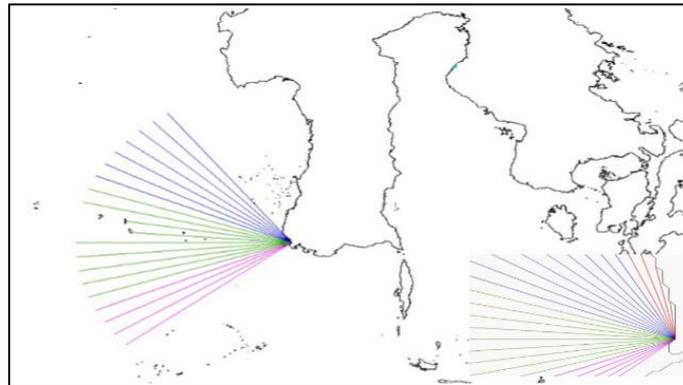


Gambar 2. Diagram *Windrose* Tahun 2020

3.3 Perhitungan *Fetch Effective*

Fetch merupakan area di mana gelombang terbentuk, yang diyakini memiliki kecepatan dan arah angin yang cukup stabil. *Fetch* dibatasi oleh kontur daratan yang

mengelilinginya. Panjang *fetch* adalah jarak di lautan yang dihadapkan oleh pulau tiap ujung. Gambar berikut menunjukkan metode untuk menentukan *fetch* yang efektif.



Gambar 3. Garis Panjang *Fetch* Lokasi Studi

Semua arah gelombang laut akan dihitung *fetch*nya dan disajikan dalam tabel dibawah ini

Tabel 2. Perhitungan *Fetch Effective* Arah Utara

	α	$\cos \alpha$	$X_i(\text{km})$	$X_i \cos \alpha$
UTARA	-20	0.939693	0.74	695.37
	-15	0.965926	1.44	1390.93
	-10	0.984808	2.71	2668.83
	-5	0.996195	3.77	3755.65
	Total	3.886.621		8510.79

Dari tabel 2 perhitungan *fetch effective* arah utara bisa diketahui dengan memakai perhitungan di bawah ini:

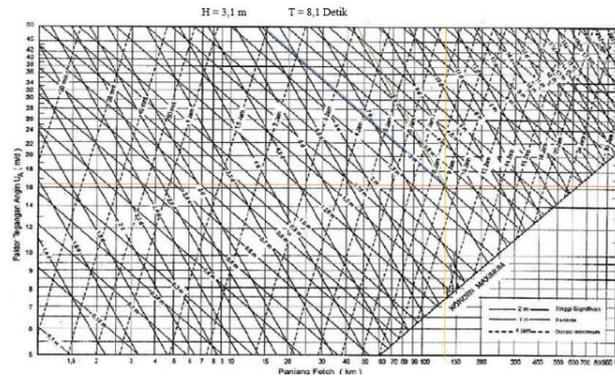
$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{8510,79}{3,886621} = 2,189 \text{ km} \rightarrow 2189 \text{ m}$$

3.4 Peramalan Tinggi Dan Periode Gelombang (*Hindcasting*)

Dalam meramalkan suatu gelombang lazimnya memakai kecepatan angin dengan data yakni di ketinggian 10 meter. Jika kecepatan tidak dianalisis di ketinggian 10 meter tadi maka dari itu dibutuhkan koreksi menggunakan rumus dibawah ini:

$$U(10) = Ud \left[\frac{10}{d} \right]^{1/7} \quad d < 20 \text{ m}$$

Nilai H dan T didapatkan dengan menghubungkan panjang *fetch* dengan nilai koreksi tegangan atau UA pada grafik *hindcasting* berikut ini:



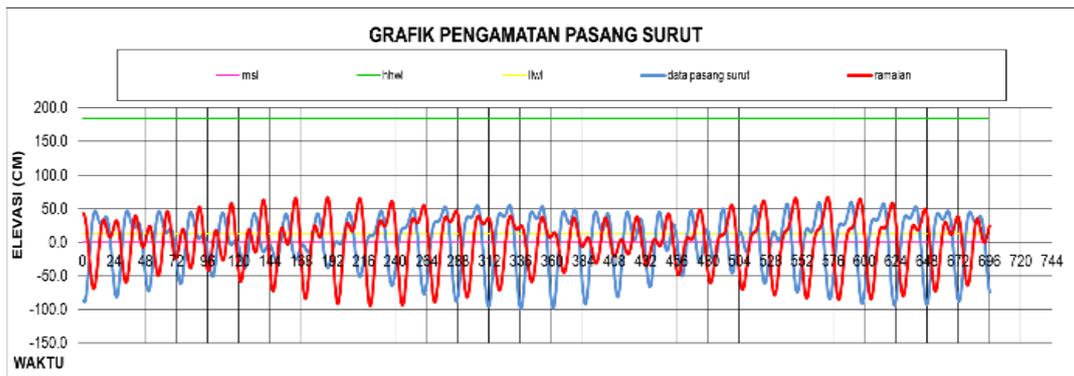
Gambar 4. Grafik Peramalan Gelombang Tahun 2020

Tabel 3. Rekap Tinggi Gelombang (H) Dan Periode Gelombang (T) Dalam Kurun Waktu 4 Tahun

Tahun	Tinggi Gelombang	Periode Gelombang
	H (Meter)	T (Detik)
2020	3.1	8.1
2021	3.4	8.4
2022	3.5	8.7
2023	3.2	8.2

3.5 Pasang Surut

Pasang surut adalah sebuah kejadian alam yang terjadi akibat perubahan level air laut yang disebabkan oleh interaksi antara gaya tarik gravitasi maupun tekanan permukaan yang berasal dari bulan, bumi serta matahari.



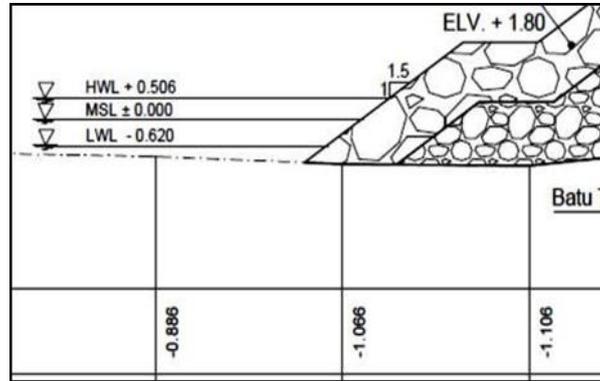
Gambar 5. Grafik Pasang Surut Pantai Punaga BMKG Paotere

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{35,4 + 19,7}{28,3 + 2,8} = 1,769 \text{ cm}$$

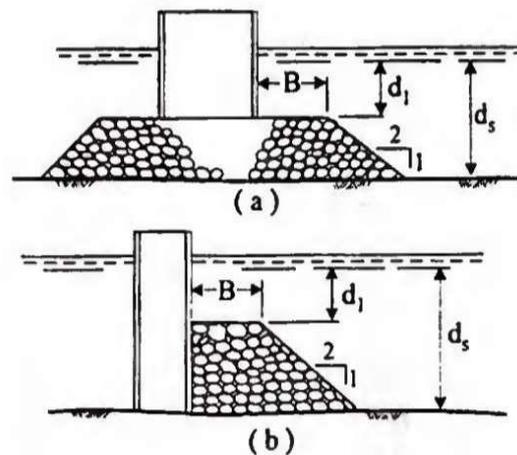
Dari nilai Formzhal yang diperoleh maka pasang surut penelitian ini masuk pada Mixed Tide Prevaling Diurnal atau pasang surut campuran condong harian tunggal. Artinya di dalam satu hari ada masing-masing 1 pasang dan surut yang terjadi. Akan tetapi

terkadang bisa saja ada masing-masing 2 pasang dan surut dengan elevasi serta durasi yang berbeda juga.

3.6 Analisis Stabilitas Pelindung Kaki Bangunan (*Toe Protection*)



Gambar 6. Penentuan Nilai d_s dan d_1 Pelindung Kaki Bangunan



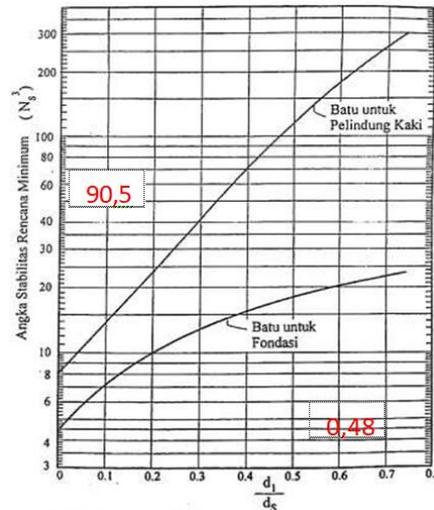
Gambar 7. Bangunan *Revetment*

Dari gambar diatas maka nilai d_s dan d_1 dapat ditentukan sebagai berikut :

$$d_s = HHWL + rerata = 0,847 + 1,138 = 1,985$$

$$d_1 = d_s - (d + 1,8) = 1,985 - (1,138 + 1,8) = 0,953$$

$$\left(\frac{d_1}{d_s}\right) = \left(\frac{0,953}{1,985}\right) = 0,480$$



Gambar 8. Grafik Angka Stabilitas Rencana Minimum (N_s^3)

Berdasarkan gambar 8, *toe protection revetment* pantai Punaga Kabupaten Takalar memiliki kedalaman rata-rata sebesar 1,138 m dengan nilai d_1/d_s sebesar 0,480. Dengan memplotkan nilai d_1/d_s dengan garis bantu diperoleh nilai stabilitas atau N_s^3 sebesar 90,5. Oleh Karena itu masih termasuk di dalam kategori aman dikarenakan stabilitasnya masih dibawah angka 300.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dapat disimpulkan sebagai bahwa karakteristik gelombang yakni tinggi gelombang (F) dan periode gelombang (T) masing-masing di tahun 2020 adalah 3,1 m dan 8,1 detik, tahun 2021 setinggi 3,4 m dengan periode 8,4 detik, tahun 2022 setinggi 3,5 m dengan periode 8,7 detik dan tahun 2023 setinggi 3,2 m dengan periode 8,2 detik. Dari hasil analisis maka pengaruh karakteristik gelombang terhadap stabilitas dapat merusak *revetment* yang ada karena dapat mengakibatkan erosi dan *overtopping*. Khususnya tinggi gelombang pada tahun 2022 yang mencapai 3,5 m. Sedangkan untuk pasang diperoleh nilai stabilitas pelindung kaki ($d_1/d_s = 0,480$), sehingga angka stabilitas pelindung kaki ($N_s^3 = 90,5$) tersebut dapat melindungi bangunan *revetment* dari keruntuhan.

REFERENSI

- Amin, S., Purawanto, & Nosakros, A. (2022). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Program Promosi Desa Wisata Pantai Punaga Berbasis Digital. *Jurnal Dinamika Pengabdian (JDP)*, *7*(2), 339–347
- Bunganaen, W., Manafe, W. M., & Nasjono, J. K. (2019). Karakteristik Gelombang Pecah Menggunakan Metode Hindcasting Di Pantai Namosain Kota Kupang. *Jurnal Teknik Sipil*, *8*(2), 215-226

- Diasa, I. W., Semarabawa, I. G. A. B., & Sukawati, N. K. S. A. (2024). Analisis Desain Revetment Batu Armor Dalam Penanggulangan Kerusakan Pantai Tegal Besar Di Kabupaten Klungkung. *Vastuwidya*, 7(1), 15-26
- Mawardin, A., Rizki, F., & Kurniati, E. (2021). Analisis Stabilitas Struktur Revetment Di Pantai Jempol Labuhan Sumbawa. *Hexagon Jurnal Teknik Dan Sains*, 2(1), 22–31
- Nurqolis, & Pratiwi, V. (2020). Analisis Penentuan Tata Letak Break Water Dengan Menggunakan Software Sms (Surface-Water Modeling System) Di Pulau Tidung Kepulauan Seribu. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 1(2), 89–99
- Rachmanda, F., Tugiono, S., Zakaria, A., & Herison, A. (2022). Analisis Stabilitas Breakwater Tenggelam Tipe Batu Pecah. *JRSDD*, 10(2), 385–394
- Saputra, I. A., Sarita, U., Muriadin, & Rustan, F. R. (2024). Analisis Stabilitas pada Bangunan Revetment Pantai Bangkutoko (Studi Kasus : Kelurahan Bangkutoko, Kecamatan Abeli, Kota Kendari). *Media Konstruksi*, 9(4), 199-204
- Sudarsono, B. (2011). Inventarisasi Perubahan Wilayah Pantai Dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus Kota Semarang). *Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Kerekayasaan*, 32(2), 162–169
- Sutrisno, J., Jasin, M. I., & Dundu, A. K. T. (2023). Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Di Desa Matani Satu Kecamatan Tumpa. *Jurnal Universitas Sam Ratulangi*, 21(85), 178–189
- Telussa, M. F., Joseph, C., & Dahoklory, C. F. (2022). Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Revetment Pada Pantai Wisata Kuako Kecamatan Amahai – Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Manumata*, 8(2), 96-105
- Tomi, M., Zakaria, A., Tugiono, S., & Kusumastuti, D. I. (2023). Analisis Stabilitas Bangunan Pengaman Pantai (Revetment) di Pantai Muli Lampung Selatan, *JRSSD*, 11(2), 387-398
- Triatmodjo, B. (2014). *Hidrologi Terapan 2nd Edition*. Yogyakarta: Beta Offset
- Triatmodjo, B. (2016). *Hidraulika I*. Yogyakarta: Beta Offset
- Wattimena, J. D., & Ayal, M. R. (2019). Analisis Perubahan Garis Pantai Desa Rutong Kota Ambon. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(2), 115–136
- Wardi, N. M. K., & Eryani, I. G. A. P. (2020). Alternatif Perencanaan Jetty Di Muara Tukad Pangi Kabupaten Badung. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 9(1), 102–113