

Analisis Abrasi Di Pantai Tanjung Merdeka Akibat Refraksi Gelombang

Nenny^{1*}, Andi Makbul Syamsuri¹, Fardiyansyah Yahya¹, Muhammad Wijdan Maulana¹

¹Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Jl. Sultan Alauddin No. 259, Makassar, 90221, Indonesia

*e-mail: nennykarim@unismuh.ac.id

(Received: 12 Agustus 2024; Reviewed: 19 September 2024; Accepted: 23 Oktober 2024)

Abstract

Analysis of Abrasion on Tanjung Merdeka Beach Due to Wave Refraction. Tanjung Layar Putih Beach is located in Tanjung Merdeka Village, Makassar City. From the results of Google Earth monitoring, in the last 5 years, Tanjung Layar Putih Beach has experienced changes in the area of the beach due to continuous abrasion. One way to prevent this is the need for knowledge about wave characteristics. The purpose of this study was to determine the refraction coefficient, breaking waves and to determine how much abrasion occurred. In this study, a survey of the research location, identification stage, data collection stage and data processing stage were carried out. Forecasting is calculated using the hindcasting method based on 5 years of wind data from BMKG Paotere to obtain the height and period of the waves that occur. From the results of the calculation, the maximum wave occurred in February 2023 with a wave height of $H = 2.10$ m with a wave period of $T = 5.13$ seconds. The refraction coefficient ranges from 0.959 to 0.998, the height of the breaking wave is 0.25 m to 1.71 m at a depth of 0.32 to 2.19 m.

Keywords: Refraction, Abrasion, Arcgis

Abstrak

Pantai Tanjung Layar Putih berada di kelurahan Tanjung Merdeka, Kota Makassar. Dari hasil pantauan google earth, 5 tahun terakhir ini Pantai Tanjung Layar Putih terjadi perubahan luas Pantai akibat abrasi yang terjadi terus menerus. Salah satu cara untuk melakukan pencegahan yaitu perlunya pengetahuan mengenai karakteristik gelombang. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar koefisien refraksi, gelombang pecah dan untuk mengetahui seberapa besar abrasi yang terjadi. Dalam penelitian ini dilakukan survey lokasi penelitian, tahap identifikasi, tahap pengambilan data dan tahap pengolahan data. Peramalan dihitung dengan metode hindcasting berdasarkan data angin selama 5 tahun dari BMKG Paotere untuk mendapatkan tinggi dan periode gelombang yang terjadi. Dari hasil perhitungan gelombang maksimum terjadi pada bulan februari 2023 dengan tinggi gelombang $H = 2,10$ m dengan periode gelombang $T = 5,13$ detik. Koefisien refraksi berkisar antara 0,959 sampai 0.998, tinggi gelombang pecah 0,25 m sampai 1,71 m pada kedalaman 0,32 sampai 2,19 m.

Kata Kunci: Refraksi, Abrasi, Arcgis

PENDAHULUAN

Wilayah pesisir mempunyai arti strategis karena dapat menarik berbagai macam pengguna karena wilayah ini berfungsi sebagai zona transisi antara ekosistem darat dan laut dan mempunyai potensi yang sangat kaya akan sumber daya alam dan jasa lingkungan (Yulius & Arifin, 2014). Sumber daya alam pesisir seringkali bersifat multiguna, artinya berbagai jenis aktivitas diperbolehkan untuk mengakses dan memanfaatkannya. Selain menjadi lokasi kegiatan wisata bahari, kawasan ini juga cocok untuk kegiatan perikanan. Sulawesi selatan sebagai wilayah pesisir, sehingga memiliki banyak Pantai yang dapat dijadikan sebagai wisata Bahari yang dapat menarik wisatawan dalam negeri maupun wisata mancanegara.

Salah satu wisata alam yang ada di Kota Makassar adalah Pantai Tanjung Layar Putih. Pantai Tanjung Layar Putih masih berada dalam satu kawasan yang sama dengan Pantai Tanjung Bayang, tepatnya di kelurahan Tanjung Merdeka, Kota Makassar. Dari hasil pantauan google earth, 5 tahun terakhir ini Pantai Tanjung Layar Putih terjadi perubahan luas Pantai akibat abrasi yang terjadi terus menerus (Kurniawan, 2022).

Kondisi bangunan breakwater yang berada di Pantai Tanjung Layar Putih telah mengalami kerusakan akibat dari gelombang laut. Karena bangunan breakwater memiliki fungsi untuk melindungi pantai dari gelombang laut yang dapat merusak tepi Pantai. Akibat dari kerusakan bangunan breakwater tersebut Pantai Tanjung Layar Putih mengalami abrasi. Abrasi dan akresi mengacu pada kerusakan garis pantai yang disebabkan oleh keluarnya material pantai seperti pasir atau tanah liat yang terus menerus terkena gelombang laut yang mengalami perubahan keseimbangan. Abrasi pantai dapat disebabkan oleh berbagai macam proses alam, antara lain proses hidrooseanografi yang bersumber dari laut, seperti pecahnya gelombang, variasi pola arus, angin, dan kejadian pasang surut (Munandar & Kusumawati, 2017).

Gelombang laut merupakan salah satu masalah atau faktor utama penyebab terjadinya kerusakan di Pantai Tanjung Layar Putih. Variasi ketinggian permukaan laut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain angin, aktivitas lempeng tektonik, pergerakan kapal, dan pasang surut permukaan laut.

Pendahuluan Gelombang laut memiliki beberapa dimensi yaitu Panjang gelombang, periode gelombang, tinggi gelombang dan cepat rambat gelombang. Menurut Bambang Triadmojo (1999), pengertian dari dimensi gelombang laut diatas adalah

- Tinggi gelombang (H) merupakan jarak antara puncak dan Lembah gelombang.
- Panjang gelombang (L) merupakan jarak antara titik tertinggi gelombang yang berurutan atau bisa juga dikatakan jarak antara dua lembah gelombang.
- Periode gelombang (T) merupakan waktu yang diperlukan dua puncak gelombang yang berurutan melewati suatu titik tertentu.
- Cepat rambat gelombang (C) merupakan pembagian Panjang gelombang (L) dengan periode gelombang (T) atau $C = L / T$

Gelombang yang pecah merupakan mekanisme yang sangat kompleks. Energi yang diberikan angin berkurang ketika gelombang pecah. Sebagian energi dialihkan ke laut, bergantung pada kemiringan pantai, semakin miring pantainya, semakin sedikit energi yang dibalikkan. Ketika pasir dan buih air tercampur dalam skala kecil, sebagian besar energi hilang sebagai panas (Parauba et al., 2016). Gelombang pecah dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu :

- Spilling merupakan gelombang pecah yang terjadi sebelum sampai ke dekat pantai.
- Plunging merupakan gelombang pecah dengan tipe hempasan yang berbentuk cekung ke arah pantai dan cembung ke arah laut lepas.
- Surging merupakan gelombang yang pecah tepat dipinggir pantai.

Menentukan panjang gelombang (L) menggunakan persamaan berikut :

$$L = \frac{gT^2}{\pi} \tan h \frac{(2\pi d)}{L_0} \dots \dots \dots (1)$$

Persamaan (1) dapat diselesaikan untuk menentukan panjang gelombang (L). Pada persamaan (1) diperlukan panjang gelombang awal (L_0) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$L_0 = 1,56T^2 \dots \dots \dots (2)$$

Kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dapat menggunakan rumus:

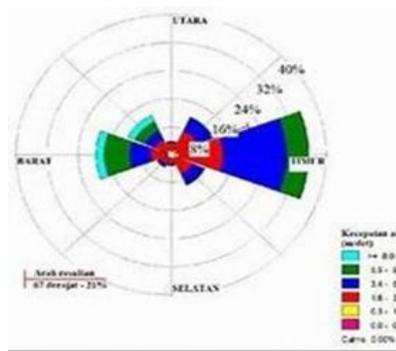
$$U_A = 0,71 \cdot U^{1,23} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

U_A = Faktor tegangan angin (m/s)

U = Kecepatan angin (m/s)

Data angin dalam beberapa tahun harus diolah dan disajikan dalam bentuk diagram yang disebut diagram mawar angin (wind rose)



Gambar 1. Contoh mawar angin (wind rose)

Fetch merupakan daerah dimana kecepatan dan arah angin adalah konstan. Jika perubahan arah angin tidak lebih dari 15°, maka masih dianggap konstan. Sama halnya dengan kecepatan angin yang masih dianggap konstan jika perubahannya tidak lebih dari 5 knot (2,5 m/dtk) terhadap kecepatan rerata. (Triatmodjo, 1999).

Waktu yang diperlukan untuk terbentuknya gelombang dibatasi oleh panjang *fetch* karena pengaruh angin. Sehingga mempengaruhi waktu untuk mentrasfer energi angin ke gelombang (Wattimena et al., 2018). Panjang *fetch* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

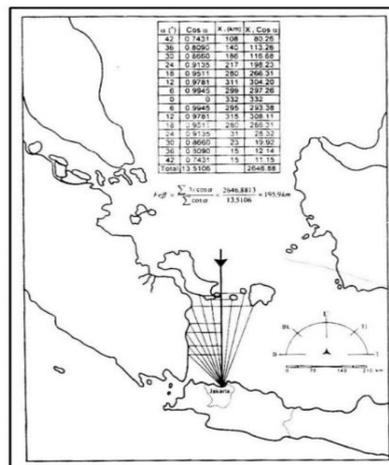
$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

F_{eff} = *fetch* rerata efektif

X_i = Panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

α = deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dimana menggunakan pertambahan 6° sampai sudut besar 42° pada kedua sisi angin



Gambar 2. Fetch (Triatmodjo,1999)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil perhitungan refraksi gelombang, gelombang pecah dan seberapa besar abrasi yang terjadi diakibatkan oleh refraksi gelombang dan gelombang pecah. Hal ini berdasarkan hasil pengamatan kondisi yang terjadi di Pantai Tanjung Layar Putih, telah terjadi abrasi yang diakibatkan oleh gelombang laut yang merusak tepi pantai.

METODE

Pada tahap ini peneliti mengidentifikasi permasalahan yang terdapat di lapangan untuk diangkat sebagai topik penelitian.

1. Tahap pengambilan data

Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data yaitu:

- a. Data primer yaitu pengumpulan data yang diperoleh dari hasil pengukuran secara langsung dilapangan.
- b. Data sekunder yaitu mengumpulkan data yang diperoleh dari stasiun BMKG Paotere untuk data angin, gelombang di Pantai Tanjung Layar Putih Kelurahan Tanjung Merdeka Kecamatan Tamalate Kota Makassar.

2. Tahap pengolahan data

Untuk tahap pengolahan data pada penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data Primer yang digunakan hasil pengukuran di lapangan berupa data baseline yang nanti akan dimasukkan kedalam aplikasi untuk panjang pantai yang digunakan. Data sekunder yang digunakan seperti data kedalaman laut untuk memperoleh data kemiringan pantai disetiap titik kedalaman laut. Data ini diperoleh dari peta batimetri nasional. Sedangkan data kecepatan angin dan data arah angin. Data tersebut akan diolah agar mengetahui peramalan tinggi dan periode gelombang maksimum. Data sekunder yang diperoleh berasal Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Paotere. Setelah mengolah data primer dan sekunder tersebut kemudian dimasukkan kedalam aplikasi Arcgis dengan program ArcMap.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data-data penelitian maka dihitung data refraksi atau pembiasan gelombang yaitu suatu peristiwa terjadinya perubahan arah gelombang yang bergerak ke arah pantai dari kedalaman air yang dalam menuju kedalaman air yang dangkal. Selain mempengaruhi arah gelombang, refraksi juga sangat berpengaruh terhadap tinggi gelombang dan distribusi energi gelombang di sepanjang pantai itu. Pada laut dalam dimana dasar laut yang mempunyai jarak sangat jauh dari permukaan maka pengaruh dasar laut terhadap pergerakan gelombang hampir tidak ada. Ketika gelombang yang berasal dari lautan dalam tersebut menuju atau bergerak ke arah perairan dangkal dimana faktor kedalaman laut menjadi semakin berperan dalam perambatannya maka apabila dilihat suatu garis puncak gelombang dan pada bagian puncak gelombang yang berada di laut yang lebih dangkal akan bergerak lebih lambat dibanding di laut yang lebih dalam sehingga akibatnya garis puncak gelombang akan mengalami pembelokan dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut/pantai.

Untuk nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos^0}{\cos \alpha}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

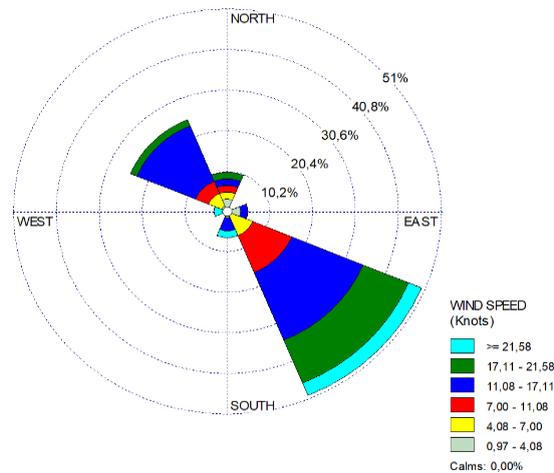
Kr = Koefisien Refraksi

Data angin yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Paotere. Data yang diperoleh adalah data angin tahun 2019 sampai dengan tahun 2023. Data angin tersebut dilakukan analisis untuk mendapatkan beberapa parameter meliputi, kecepatan rata-rata (knot), arah angin terbanyak (o), Kecepatan maksimum (knot), dan arah kecepatan angin maksimum (knot), yang akan disusun dalam bentuk tabel dengan pengelompokan data angin pada tahun 2019-2023 yang terdapat pada lampiran.

Tabel 1. Parameter kejadian arah angin

Notasi	Arah		Jumlah data	Presentase kejadian
	Derajat			
Utara (N)	0		6	10 %
Timur Laut (NE)	45		0	0 %
Timur (E)	90		3	5 %
Tenggara (SE)	135		30	50 %
Selatan (S)	180		4	6,7 %
Barat Daya (SW)	225		0	0 %
Barat (W)	270		2	3,3 %
Barat Laut (NW)	315		15	25 %
Total			60	100%

Berdasarkan data parameter kejadian arah angin yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Paotere, data tertinggi berada pada arah tenggara dengan jumlah 30 data dan presentase kejadian sebesar 50%, sedangkan data terendah berada pada arah barat dengan jumlah 2 data dan presentase kejadian sebesar 3,3%.



Gambar 3. Mawar angin dari tahun 2019 – 2023

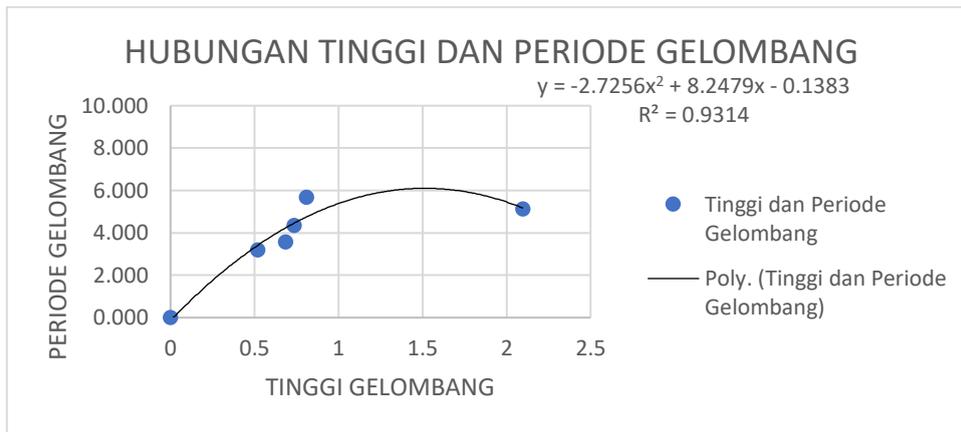
Berdasarkan Mawar angin yang diperoleh menampilkan parameter kecepatan angin tertinggi hingga terendah sesuai dengan arah angin yang diketahui berdasarkan data dari Stasiun Meteorologi Maritim Paotere.

Tabel 2. Rekapitulasi Data Fetch Lokasi Penelitian

ARAH	Fetch Efektif (Km)	Fetch Efektif (m)
UTARA (N)	179,163	179163
TIMUR LAUT (NE)	7,403	7403
BARAT DAYA (SW)	3,129	3129
BARAT (W)	57,470	57470
BARAT LAUT (NW)	200,00	200000

Berdasarkan data fetch lokasi penelitian menampilkan arah barat laut memiliki panjang fetch efektif tertinggi sebesar 200000 m sedangkan, arah barat daya memiliki panjang fetch efektif terendah sebesar 3129 m.

Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Apabila kecepatan tidak diukur pada ketinggian tersebut maka kecepatan angin perlu dikoreksi terhadap ketinggian (Pratikto. dkk, 2000). Berdasarkan analisis parameter gelombang, kemudian dibuatkan grafik hubungan tinggi dan periode gelombang untuk mendapatkan persamaan nilai y , sebagai berikut:



Gambar 4. Grafik hubungan antara tinggi gelombang dan periode gelombang

Grafik yang diperoleh menampilkan hubungan antara tinggi dan periode gelombang pada tahun 2019 hingga 2023, data yang digunakan adalah data tinggi tinggi dan periode gelombang maksimum. Data tersebut dibuat dalam bentuk grafik regresi linear sehingga didapatkan persamaan $y = -2,7256x^2 + 8,2479x - 0,1383$

Untuk menentukan panjang gelombang digunakan persamaan nilai $y = -2,7256x^2 + 8,2479x - 0,1383$ untuk menentukan periode gelombang digunakan metode hindcasting dengan rumus:

$$T_o = -2,7256 * H_o^2 + 8,2479 * H_o - 0,1383$$

$$T_o = -2,7256 * 2,1^2 + 8,2479 * 2,1 - 0,1383$$

$$T_o = 5,13 \text{ det}$$

Untuk periode gelombang pada bulan februari 2023 yaitu 5,13 detik, maka :

$$L_o = 1,56 * T_o^2$$

$$L_o = 1,56 * (5,13)^2$$

$$L_o = 41,05 \text{ m}$$

Tabel 3. Hasil Perhitungan Periode Dan Panjang Gelombang

Tinggi Gelombang (m)	Periode Gelombang (det)	Panjang Gelombang (m)
2,1	5,13	41,05
1,8	5,88	53,88
1,5	6,10	58,07
1,2	5,83	53,10
0,9	5,08	40,21
0,6	3,83	22,87
0,3	2,09	6,82

Hasil perhitungan periode dan panjang gelombang menampilkan tinggi gelombang maksimum sebesar 2,1 m dengan periode gelombang 5,13 detik dan panjang gelombang sebesar 41,05 m

Koefisien Refraksi

- Februari 2023

$$\frac{d}{L_o} = \frac{25}{41,05} = 0,61$$

Cari nilai d/L untuk nilai d/L_o = 0,61

Tabel 4. Pembacaan nilai d/L dan n

d/Lo	d/L	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cos \frac{2\pi d}{L}$	Ks	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0,6000	0,60063	3,7739	0,9989	21,763	21,786	0,997	0,0459	7,5477	948,21	948,2	0,5040
0,6100	0,61056	3,8363	0,9991	23,166	23,187	0,997	0,0431	7,6762	1074,3	1074,3	0,5036
0,6200	0,62051	3,8988	0,9992	24,660	24,681	0,997	0,0405	7,7975	1217,3	1217,0	0,5032

Sumber: Tabel L-1 Bambang Triatmojo, Teknik Pantai (hal.396)

Untuk d/Lo = 0,7800 (ditabel dilihat yang diberikan warna), di dapat nilai:

$$d/L = 0,61056$$

Maka L = 40,946 m

Cepat rambat gelombang :

$$Co = \frac{Lo}{T} = 8,003$$

$$C = \frac{L}{T} = 7,928$$

$\sin \alpha = \frac{C}{Co} \sin \alpha^0$, untuk $\alpha = 45^0$

$$= 0,705$$

$$\alpha = 44,8^0$$

maka nilai Koefisien refraksi (Kr) adalah:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos^0}{\cos \alpha}}$$

$$Kr = 0,998$$

Koefisien Shaoling

- Februari 2023

$$Ks = \sqrt{\frac{n_0 Lo}{nL}}$$

Dimana : $n_0 = 0,5$ (dilaut dalam)

$$Lo = 41,05 \text{ m}$$

Pada table didapat untuk nilai d/Lo = 0,61, diperoleh nilai n = 0,5036

$$Ks = \sqrt{\frac{0,5 \times 41,05}{0,5036 \times 40,946}}$$

$$Ks = 0,998$$

Setelah perhitungan koefisien refraksi dan koefisien shoaling, maka akan didapat nilai tinggi gelombang yang baru :

$$Ho' = Ho \times Kr \times Ks$$

$$= 2,1 \times 0,998 \times 998$$

$$= 2,092$$

Tabel 5. Hasil perhitungan koefisien refraksi dan koefisien shaoling

α^0	d	H	To	Lo	d/Lo	d/L	L	Co	C	Sin α	Kr
45	25	2.1	5.13	41.05	0.61	0.61056	40.946	8.003	7.982	0.705	0.998
44.8	20	1.8	5.88	53.88	0.37	0.37657	53.111	9.168	9.037	0.695	0.993
44.0	15	1.5	6.10	58.07	0.26	0.2766	54.230	9.517	8.889	0.649	0.973
40.5	10	1.2	5.83	53.10	0.19	0.21671	46.145	9.102	7.909	0.564	0.959
34.3	5	0.9	5.08	40.21	0.12	0.15813	31.620	7.920	6.228	0.444	0.960
26.3	1	0.6	3.83	22.87	0.04	0.08329	12.006	5.974	3.135	0.233	0.960
13.5	0.5	0.3	2.09	6.82	0.07	0.11394	4.388	3.262	2.099	0.150	0.992

α	K_s	H_0'	n
44.8	0.998	2.092	0.5036
44.0	0.968	1.730	0.5417
40.5	0.939	1.369	0.6076
34.3	0.920	1.059	0.6796
26.3	0.904	0.781	0.7776
13.5	1.018	0.586	0.9192
8.6	0.949	0.282	0.8627

Sumber: Hasil Perhitungan

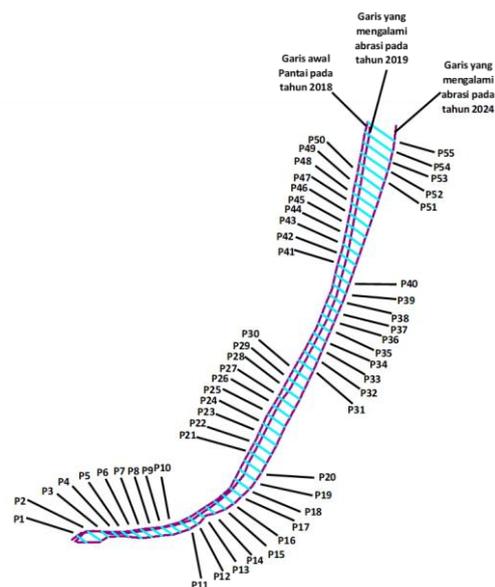
Untuk nilai d/L_0 dan d/L didapat secara manual pada tabel L-1 fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/L_0 dari buku Triadmodjo B. Dan pada tabel diatas dapat diketahui bahwa koefisien refraksi sebesar 0.959 hingga 0,998.

Untuk perhitungan gelombang pecah diperlukan data tinggi gelombang (H_0') dan panjang gelombang (L_0), lalu data tersebut dimasukkan kedalam rumus persamaan penentuan tinggi gelombang pecah (H_b) dan kedalaman gelombang pecah (db).

Tabel 6. Rekap hasil perhitungan gelombang pecah arah barat

H_0'	L_0	H_b	db
2,092	41,05	1,71	2,19
1,730	53,88	1,65	2,11
1,369	58,07	1,45	1,86
1,059	53,10	1,18	1,51
0,781	40,21	0,88	1,13
0,586	22,87	0,60	0,77
0,282	6,82	0,25	0,32

Berdasarkan hasil perhitungan gelombang pecah diperoleh tinggi gelombang pecah (H_b) maksimum sebesar 1,71 m dengan kedalaman gelombang pecah (db) sebesar 2,19 m sedangkan tinggi gelombang pecah (H_b) minimum sebesar 0,25 m dengan kedalaman gelombang pecah (db) sebesar 0,32 m. Setelah melakukan pengukuran secara langsung di lapangan dengan menggunakan GPS disepanjang garis pantai. Setiap patok yang ditempatkan pada bibir pantai diberikan jarak 10 meter antara patok yang satu dan yang lainnya. Lokasi pantai yang diteliti memiliki Panjang kurang lebih 540 meter dan terdapat 55 titik koordinat.



Gambar 5. Tampak keseluruhan hasil analisis garis pantai

Sepanjang 540 meter garis Pantai Tanjung Layar Putih dengan jumlah titik transect adalah 55 telah terjadi abrasi pantai. Abrasi terbesar pada pantai terjadi pada titik P50 sebesar 28,8 meter dan abrasi terkecil terjadi pada titik P4 sebesar 7,57 meter, untuk hasil besar abrasi yang terjadi dititik yang lain dapat dilihat pada tabel ke-21 mengenai rekap hasil analisis garis pantai menggunakan perangkat lunak Digital Shore Analysis System (DSAS).

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang ada dan mengacu pada teori-teori serta rumus-rumus, juga menggunakan data yang telah diambil secara langsung dilapangan atau lokasi penelitian dan data yang diberikan oleh BMKG, maka kami mengambil kesimpulan sebagai berikut : Berdasarkan perhitungan yang ada mengenai karakteristik gelombang, dengan analisis parameter gelombang pada tahun 2019-2023 didapatkan bahwa gelombang maksimum terjadi pada bulan february tahun 2023 di arah barat dengan tinggi gelombang (H) 2,1 meter, periode gelombang (T) 5,13 detik, Panjang gelombang (L) 41,05 meter. Untuk koefisien refraksi (K_r) diperoleh sebesar 0,959 - 0,998, dan tinggi gelombang pecah (H_b) maksimum sebesar 1,71 m pada kedalaman gelombang pecah (db) sebesar 2,19 m. Beserta hasil analisis perangkat lunak Digital Shore Analysis System (DSAS) terjadi abrasi pantai di 55 titik dengan panjang pantai 540 m. Abrasi terbesar terjadi di titik P50 dengan nilai 28,8 meter dan abrasi terendah terjadi di titik P4 dengan nilai 7,57 meter.

REFERENSI

- Anggara, P. D., Adrianto, D., Pranowo, W. S., & Alam, T. M. (2017). Analisis Karakteristik Gelombang Laut Guna Mendukung Data Informasi Operasi Keamanan Laut di Wilayah Laut Natuna dan Laut Natuna Utara: Analysis of Ocean Wave Characteristics to Support Marine Security Operation Information Data in the Natuna Sea and North Natuna Seas. *Jurnal Chart Datum*, 3(2), 107-131.
- Arief, M., Winarso, G., & Prayogo, T. (2011). Kajian perubahan garis pantai menggunakan data satelit Landsat di Kabupaten Kendal. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 8.
- CEM. 2011. *Coastal Engineers Manual*. Washington D.C.: Coastal Hydraulic Laboratory, US Army Corps of Engineers.
- Cempaka, A. (2012). *Perencanaan Pemecah Gelombang Pelabuhan Perikanan Pondok Mimbo Situbondo*, Jawa Timur.
- Dauhan, S. K., Tawas, H., Tangkudung, H., & Mamoto, J. D. (2013). Analisis karakteristik gelombang pecah terhadap perubahan garis pantai di Atep Oki. *Jurnal Sipil Statik*, 1(12).

- Hildayanti, A. (2019). Pola Pergerakan Wisatawan pada Kawasan Pariwisata Pantai Kota Makassar. *Jurnal Koridor*, 10(1), 27-34.
- Imbar, S. E. (2020). Analisis Deformasi Gelombang Pada Pantai Minahasa Barat. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1).
- Kapitan, R. (2014). Studi Difraksi Gelombang Menggunakan Persamaan Hiperbola. *Jurnal Rekayasa*, 18(2), 89-102.
- Kurniawan, I. (2022). Analisis Perubahan Luas Pantai Terabrasi di Tanjung Layar Putih, Makassar= Analysis of Abraded Beach Area Changes in Tanjung Layar Putih, Makassar (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Mulyabakti, C., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2016). Analisis Karakteristik Gelombang Dan Pasang Surut Pada Daerah Pantai Paal Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 4(9).
- Munandar, M., & Kusumawati, I. (2017). Studi analisis faktor penyebab dan penanganan abrasi pantai di wilayah Pesisir Aceh Barat. *Jurnal Perikanan Tropis*, 4(1), 47-56.
- MUZAKKAR, A. K. (2019). Studi Pengelolaan Objek Wisata Pantai Akkarena Sebagai Sarana Rekreasi Bagi Masyarakat Kota Makassar (Doctoral dissertation, UNIVERSITAS NEGERI MAKASSAR).
- Parauba, R., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2016). Analisis karakteristik gelombang pecah di pantai niampak utara. *Jurnal Sipil Statik*, 4(10).
- [PRWLSDNH] Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Nonhayati. 2004. *Wisata Bahari Di Kepulauan Spermonde Makassar*. Jakarta.
- Rabung, F., Muhiddin, A. B., Hatta, M. P., & Malik, S. (2015). Deformasi Gelombang di Pantai Makassar. Hasil Penelitian Teknologi Terapan, Prosiding.
- Supriyono, S., Pranowo, W. S., Rawi, S., & Herunadi, B. (2015). Analisa dan Perhitungan Prediksi Pasang Surut Menggunakan Metode Admiralty dan Metode Least Square (Studi Kasus Perairan Tarakan dan Balikpapan): Tide Prediction Analysis and Calculation Using Admiralty Method and Least Square Method (Case Study of Tarakan and Balikpapan Waters). *Jurnal Chart Datum*, 1(1), 9-20.
- Triatmodjo, B 1999. *Teknik pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta : Beta Offset.
- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wattimena, J. D., & Ayal, M. R. (2018). Analisis Perubahan Garis Pantai Desa Rutong Kota Ambon. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(2), 115-136.