PERENCANAAN *BREAKWATER* SEBAGAI PELINDUNG PANTAI DI HILIR SUNGAI CILIWUNG

Studi Kasus: Abrasi di Kawasan Ancol

(Breakwater Planning As Coast Guard In The Lower Ciliwung River Abrassion Case Study: In Ancol Area)

Rizky Faisal Azmi[1], Dwi Ariyani[1]
[1]Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pancasila, Jakarta, Indonesia
E-mail: dwi.ariyani@univpancasila.ac.id

Diterima 6 Maret 2023, Disetujui 14 April 2023

ABSTRAK

Pantai adalah batas tempat bertemunya laut dan daratan pada saat pasang tertinggi. Dari perspektif negara, pantai memainkan peran penting dalam menentukan batas laut negara dan melindungi sumber daya laut. Daerah pesisir dapat tererosi, menyebabkan garis pantai menyusut ke daratan dan menimbulkan beberapa masalah serius bagi masyarakat dan biota laut yang tinggal di sepanjang pantai. Pantai di kawasan Ancol mengalami proses erosi pantai yang sangat tinggi karena faktor alam (abrasi) dan faktor antropologis (penggarapan kembali). Keadaan akhir erosi pantai di kawasan Ancol menggunakan analisis citra *Google Earth*. Perubahan luas lahan dihitung melalui interpretasi visual menggunakan teknik *screen digitizing*. Aplikasi yang digunakan adalah *Google Earth* dan ArcGIS. Dalam studi ini kami meninjau struktur tahan gelombang yang ada. Salah satu cara untuk menguranginya adalah dengan membangun dinding penahan dermaga itu sendiri tujuannya untuk mengurangi tingkat keausan wilayah yang lebih tinggi. Dari hasil studi didapatkan 2 alternatif bentuk breakwater yang direncanakan yaitu tetrapod dan dinding penahan sisi miring, dari hasil analisa perhitungan didapatkan tinggi *breakwater tetrapod* yaitu 1.0146 m dan tinggi *breakwater* sisi miring 2,55 m.

Kata Kunci: Garis Pantai, Abrasi, Pemecah Gelombang

ABSTRACT

A beach is the boundary where the sea and land meet at high tide. From a national perspective, coasts define the maritime boundaries of a country and play an important role in protecting marine resources. Coastal areas will be eroded and the coastline will recede inland, creating serious problems for people living along the coast and marine life. The beaches of Ancol area are experiencing a very strong process of beach erosion due to natural factors (wear) and anthropological factors (recultivation). The final state of coastal erosion in the Ancol area is based on image analysis from Google Earth. Land area change is calculated by visual interpretation using screen digitization technology. Applications used are Google Earth and ArcGIS. In this study we review existing wave-resistant structures. One way to reduce this is to build the retaining wall of the wharf itself in order to reduce the wear and tear of the higher areas. From the study results, it was found that there were 2 alternative forms of the planned breakwater, namely the tetrapod and the sloping retaining wall. From the results of the calculation analysis, the height of the tetrapod breakwater was 1.0146 m and the height of the sloping breakwater was 2.55 m.

Keywords: *Coastline, Abrasion, Breakwater*

PENDAHULUAN

Garis Pantai (*coastline*) adalah batas pertemuan antara bagian laut dan daratan pada saat terjadi air laut pasang tertinggi. Suatu negara, garis pantai memiliki fungsi yang penting dalam penetapan batas laut negara dan perlindungan terhadap sumber daya kelautan. Peralihan laut dan daratan di wilayah pesisir menjadikan kondisi terbut terdapat tekanan dari berbagai aktivitas dan foemena yang terjadi di daratan maupun laut yang salah satunya menyebabkan terjadinya abrasi. Fenomena abrasi dapat dipengaruhi oleh pembangunan pemukiman, alih fungsi lahan dan sebagainya [1].

Dewasa ini erosi pantai atau yang disebut juga abrasi meningkat di berbagi daerah di Indonesia. Abrasi yaitu proses terjadinya pengikisan daratan oleh gelombang sehingga menyebabkan hanyutnya substrat dan berkurangnya luas darata [2]. Abrasi dapat terjadi karena kuatnya arus dan ombak dan banyaknya sungai yang berkawasan ke laut dapat menjadi faktor penyebab terjadinya abrasi dan berbubahnya garis pantai [3]. Salah satu kawasan yang terdampak abrasi terjadi di pesisir DKI Jakarta. Wilayah pesisir DKI Jakarta merupakan suatu daerah yang menjadi salah satu kawasan yang mengalami abrasi[4]. Kawasan tersebut, selain dimanfaatkan untuk pemukiman warga setempat juga dimanfaatkan sebagai destinasi wisata, pemerintahan, industri dan lain sebagainya. Ancaman abrasi dipesisir DKI Jakarta menjadi permasalahan yang harus diperhatikan karena dapat merubah garis pantai yang ada di wilayah tersebut[5].

Terjadinya perubahan garis pantai dipengaruhi oleh proses-proeses yang terjadi di daerah sekitar pantai, dimana pantai selalu berdaptasi dengan berbagi kondisi yang terjadi [6]. Salah satu penyebab terjadinya perubahan garis pantai adalah arus laut dan ombak laut yang terus-menerus menghantam bibir pantai. Selain itu, juga disebabkan oleh adanya pantai yang relatif datar[7].

Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalah abrasi yang menyebabkan berubahnya garis pantai yaitu dengan mengaplikasikan metode vegetatif dan sipil teknis. Metode vegetatif dapat dilakukan dengan menanam mangrove sebagai sabuk vegetasi yang mampu menahan erosi dan meningkatkan desain ekowisata. Metode sipil teknis yaitu dengan menggunakan dinding pemecah gelombang atau yang disebut (*Breakwater*). Jenis breakwater dibedakan menjadi pemecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai. Bangunan jenis yang pertama banyak digunakan sebagai pelindung pantai pencegah abrasi untuk mekanisme pelindung pantai berperan untuk memecah gelombang energi yang terbentuk sehingga menyebabkan di belakang dinding pemecah gelombang menjadi tenang[8]. Bangunan tipe kedua bisanya digunakan di daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang. Sehingga kapal-kapal dapat merapat ke dermaga untuk melakukan kegiatan manikan menurunkan penumpang ataupun bongkar muat barang.

Melihat pentingnya pencegahan abrasi di pesisir DKI Jakarta maka pada penelitian ini akan membahas terkait perencanaan pelindung pantai di kawasan Ancol yang merupakan hilir sungai Ciliwung.

Dari permasalahan tersebut maka perlu dilakukan penelitian terkait perencanaan bangunan pantai pencegah abrasi di Kawasan Ancol. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk merencanakan bangunan pencegah abrasi di hilir sungan Ciliwung dengan menggunakan *breakwater* di Kawasan Ancol.

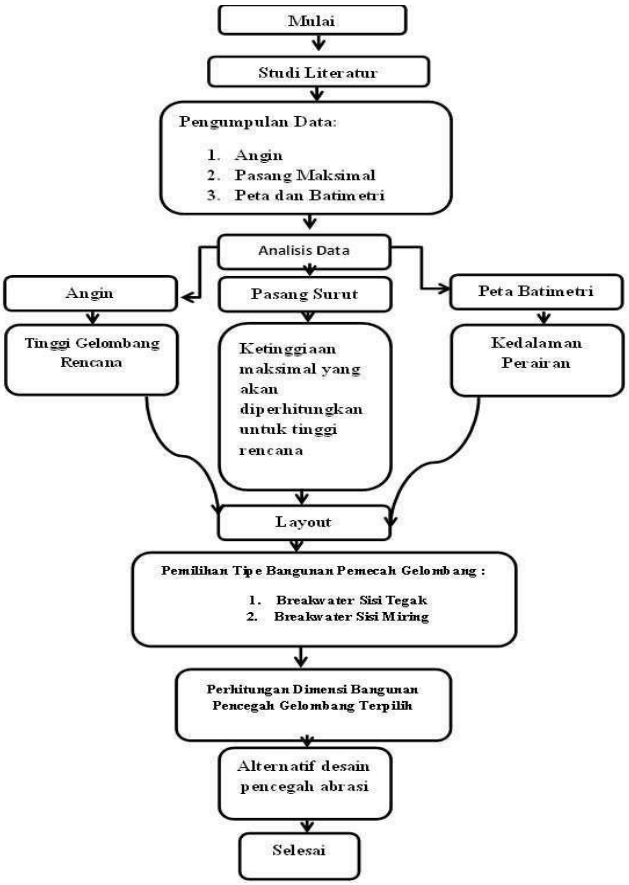
METODE

Lokasi penelitian yang berada di kawasan perumahasan di daerah Ancol.

Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Analisis dilakukan dengan dua metode yaitu dengan menggunakan metode kualitafiuntuk melihat karakteristik fisik Kawasan Ancol. Sedangkan, analisis peramalan gelombang, penentuan lokasi potensial dan desain bangunan dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Adapun data yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Kecepatan angin yang diambil pada tahun 2019-2021 dengan menggunakan data dari Pusat Meteorologi Maritim BMKG
2. Ketinggan pasang maksimal yang diambil pada tahun 2019 – 2021 data yang diambil dari Dinas PSDA DKI Jakarta
3. Topografi dan Batimetri yang diambil datanya dari Pusat Hidro-Oseanografi TNI AL (PUSHIDROSAL)



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Angin

Angin adalah salah satu unsur pembentuk gelombang yang lebih dominan. Dalam memperkirakan gelombang menggunakan data hasil dari lokasi yang akan diukur di atas permukaan laut danatau di darat di dekat lokasi peramalan, kemudian di konversi menjadi data angin laut. Perolehan data angin dapat ditemukan pada stasiun meteorologi terdekat danatau Bandar udara terdekat. Dalam pengukuran kecepatan angin dilakukan di atas daratan, sedangkan penggunaan rumus pembangkit gelombang data, angin, yang, digunakan yang ada di permukaan laut. Dan karena itu sangat perlu transformasi data angin di atas daratan terdekat dari lokasi pengujiaan menjadi data angin di atas permukaan laut.

Rumus perhitungan kecepatan angin peramalan gelombang yang akan digunakan adalah:

$U = R_T \,.\, 0R_L.\, (U10)_L$ ……(1)

Keterangan:

R_T = Koreksi akibat perbedaan suhu diantara udara dan air

R_L = Koreksi terhadap hasil catatan pengukuran angin yang dilakukan di darat

$(U10)_L$ = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas permukaan tanah (*Land*) .

Gelombang

Gelombang dilaut dibedakan menjadi beberapa jenis tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang ini dihasilkan dari gaya tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik gravitasi benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi.

Umumnya pembentuk gelombang di alam sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis. Beberapa penggambaran teori tentang gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil dimana pertama kali dikemukakan oleh Airy pada tahun 1845.

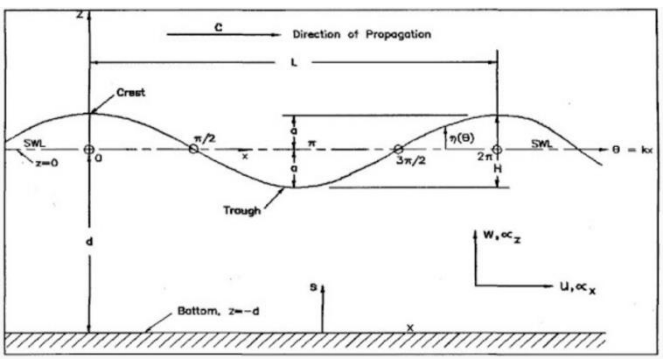
Gambar 3. menunjukkan suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat x-y. Gelombang menjalar pada arah sumbu x. Beberapa notasi yang digunakan adalah:

d : Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (kedalaman laut)
η : Fluktuasi muka air terhadap muka air diam
a : Amplitudo
H : Tinggi gelombang
L : Panjang gelombang
T : Periode gelombang
C : Kecepatan rambat gelombang = L/T
k : Angka gelombang = 2π/L
σ : Frekuensi gelombang = 2π/T

Tabel 1. Parameter Gelombang di Laut Dalam, Transisi dan dangkal

Keterangan	Gelombang dilaut dangkal	Gelombang di laut transisi	Gelombang di laut dalam
d/L	$d/L \geq ½$	$1/20 < d/L < 1/2$	$d/L \leq 1/20$
Tanh (2πd/L)	$\approx 2\pi d/L$	Tanh (2πd/L)	≈ 1
Cepat rambat gelombang	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gL}{2\pi}\tanh\left[\frac{2\pi d}{L}\right]$	$C = C_o = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
Panjang Gelombang	$L = T\sqrt{gd}$	$L = \frac{gT^2}{2\pi}\tanh\left[\frac{2\pi d}{L}\right]$	$L = L_o = \frac{gT^2}{2\pi} = 1{,}56T^2$

Berdasarkan kedalaman relative perbandingan antara kedalaman air dan Panjang gelombang (d/L), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu gelombang dilaut dangkal, gelombang dilaut transisi; gelombang di laut dalam. Perbedaan dari masing-masing gelombang akan dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar 3. Sketsa Definisi Gelombang[7]

Karakteristik Tipe Pantai

Karakteristik pantai yang dimaksudkan untuk mengetahui karakter dan fisik pantai, baik genetik maupun perubahan yang diakibatkan oleh kegiatan dan aktivitas manusia. Pembagian karakteristik pantai tersebut akan dikelompokkan ke dalam tipe-tipe pantai yang dibuat berdasarkan pada pembagian pantai oleh

Dolan (1975), yaitu dengan memperhatikan parameter litologi, topografi dan morfologi, vegetasi dan proses dominan.

Pembagian tersebut secara integratif akan menempatkan tipe-tipe pantai dengan ciri-ciri tersendiri, sehingga kondisi ini akan dapat mencerminkan daya dukung dan arah perkembangan kawasan pantai di masa yang akan datang [9].

Pantai Tipe 1

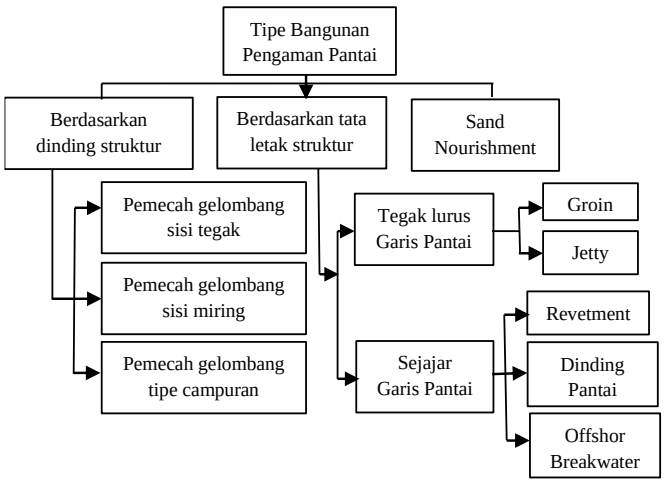
Pantai tipe 1 ini dicirikan oleh pantai berpasir putih yang merupakan hasil rombakan dari batugamping terumbu, bentukan topografi karst, dengan relief tinggi dan membentuk tebing - tebing curam, garis pantai berkelok membentuk teluk (*embayment beach*) dan tanjung kecil.

Pantai Tipe 2

Pantai tipe 2 ini dicirikan oleh sedimen penyusun berupa pasir abu-abu kehitaman yang merupakan hasil rombakan dari batuan produk gunungapi. Morfologi landai dengan relief rendah. Bentuk garis pantai lurus, dicirikan oleh adanya gumuk- gumuk pasir yang terdapat di muka pantai. Kemiringan pantai relatif curam, berm yang lebar dan panjang pantai yang lebih dari 200 meter. Pada pantai tipe 2 ini, penduduk memanfaatkan lahan pantai sebagai daerah kunjungan wisata, namun penduduk mendirikan bangunan wisata dan pemukiman relatif jauh dari garis pantai dan berada di belakang gumuk pasir. Gumuk pasir tersebut dapat bertindak sebagai pelindung alami yang dapat mereduksi energi gelombang. Vegetasi penutup adalah pandan pantai, tumbuhan menjalar dan semak.

Bangunan Pengaman Pantai

Bangunan pengaman pantai berdasarkan klasifikasi dinding struktur dan tata letak struktur. Jenis dan macam bangunan pengaman pantai digambarkan melalui skema pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Penentuan Bangunan Pengaman Pantai

Pemecah Gelombang Sisi Tegak

Bangunan sisi tegak, yang terbuat dari dinding blok beton dan susunan secara vertikal, kaisson beton, tumpukan buis beton, dinding turap baja yang di dalamnya diisi batu, dan sebagainya. memberikan rumus untuk menghitung tekanan gelombang pada dinding vertikal sebagai berikut:

$$p_1 = \frac{1}{2}(1+cos\beta)(\alpha 1+\alpha 2 cos 2\beta)\gamma_0 H_{max} \quad \text{.....(1)}$$

$$p_2 = \frac{1}{cosh(2\pi d/L)} \quad \text{.....(2)}$$

$$p_3 = \alpha_3 p_1 \quad \text{.....(3)}$$

dengan:

$$\alpha 1 = 0{,}6 + \frac{1}{2}\left\{\frac{4\pi d/L}{sinh(4\pi d/L)}\right\}^2 \quad \text{.....(4)}$$

$$\alpha 2 = min\left\{\frac{dbw-h}{3d_{bw}}\left(\frac{H_{max}}{h}\right)^2, \frac{2d}{Hmax}\right\} \quad \text{.....(5)}$$

$$\alpha 3 = 1 - \frac{d'}{d}\left\{1 - \frac{1}{cosh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}\right\} \quad \text{.....(6)}$$

Elevasi maksimum di mana tekanan gelombang bekerja diberikan oleh rumus berikut:

$$\eta* = 0{,}75(1+cos\beta)H_{max} \quad \text{.....(7)}$$

Di dalam rumus Goda digunakan tinggi gelombang rencana dengan nilai:

$HHmax$ = 1,8Hs dan periode gelombang maksimumnya sama dengan periode gelombang signifikan.

Tekanan ke atas dihitung dengan rumus berikut:

$$pu = \frac{1}{2}(1+cos\beta)_1\alpha_3\gamma_0 H_{max} \quad \text{.....(8)}$$

Gaya gelombang dan momen yang ditimbulkan oleh gelombang terhadap kaki pemecah gelombang vertikal dengan menggunakan rumus berikut:

$$R_m = \frac{1}{2}(p1+p3)' + \frac{1}{2}(p1+p4)dc* \quad \text{.....(9)}$$

$$M_m = \frac{1}{6}(2p1+p3)'^2 + \frac{1}{6}(p_1+p_4)d' d_c* + 1\,6\,(p_1+2p_4)dc*2 \quad \text{...(10)}$$

dengan:

(x) = $p_1(1 - d_c/\eta*) : \eta* > d_c$

0 : $\eta* \le d_c$

d_c* = min{$\eta*$, d_c}

Gaya angkat dan momennya terhadap ujung belakang kaki bangunan adalah:

$$U = \frac{1}{2} P_u B \quad \text{.....(11)}$$

$$M_U = \frac{2}{3} UB \quad \text{.....(12)}$$

Keterangan:

d = Kedalaman air di depan pemecah gelombang

h = Kedalaman di atas lapis pelindung dari pondasi tumpukan batu

d' = Jarak dari elevasi muka air rencana ke dasar

tampang sisi tegak
d_c = Jarak antara elevasi muka air rencana dan puncak bangunan
η^* = Elevasi maksimum dari distribusi tekanan gelombang terhadap muka air
p_1 = Tekanan maksimum yang terjadi pada elevasi muka air rencana
p_2 = Tekanan yang terjadi pada tanah dasar
p_3 = Tekanan yang terjadi pada dasar dinding vertikal
p_u = Tekanan ke atas pada dasar dinding vertikal
min {a,b} = Nilai yang lebih kecil dari a dan b
d_{bw} = Kedalaman air di lokasi yang berjarak 5Hs ke arah laut dari pemecah gelombang
β = Sudut antara arah gelombang datang dan garis tegak lurus pemecah gelombang, biasanya diambil 15°
B = Lebar dasar bangunan vertikal

Pemecah Gelombang Sisi Miring

Bangunan dengan sisi miring yang terbuat dari tumpukan batu yang disusun dalam beberapa lapis dengan ukuran batu tertentu, dan akan menjadi sebuah lapisan yang berfungsi sebagai saringan untuk dibagiaan bawahnya. Seperti pada gambar berikut, pemecah 28 gelombang terbuka kearah laut pada satu sisi, sedangkan sisi lainnya berada kearah daerah terlindung. Pemecah gelombang terdiri dari beberapa lapis berikut ini:

1. Lapisan pelindung utama (*Primary Cover Layer*), lapis paling luar akan menerima langsung serangan gelombang. Berat unit lapis lindung harus cukup besar agar stabil terhadap hantaman gelombang.
2. Lapis pelindung sekunder (*Secondary Cover Layer*), lapis paling luar berada pada elevasi lapisan bawah pelindung utama. Lapisan lindung memiliki berat lebih kecil daripada lapis lindung utama.
3. Lapis bawah pertama (*First Underlayer*), lapisan berada pada dalam dari lapis lindung utama dan lapis sekunder.
4. Lapis bawah kedua (*Second Underlayer*), lapis berada pada dalam dari lapis bawah kedua.
5. Inti (*Core*), bagian lapisan paling dalam dari pemecah gelombang.
6. *Bedding L*ayer, bagiaan lapis yang berperan sebagai alas untuk timbunan batu di atasnya.
7. Pelindung tumit, memiliki peranan untuk melindungi dari pengikisan pada kaki bangunan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pantai di Kawasan Ancol

Karakteristik pantai kawasan Ancol berada di tipe pantai 1 dikarenakan pantai kawasan ancol merupakan tempat wisata dan sekaligus dermaga untuk nelayan dan masyarakat yang memiliki kapal pribadi dan di dekat kawasan ancol adanya perumahan penduduk. Pantai kawasan Ancol ini berfungsi sebagai pelabuhan yang berhilir mudiknya kapal yang mengantarkan wisatawan ke pulau-pulau wisata yang berada di sekitar Jakarta.

Tabel 2. Karakterisitik Pantai di Kawasan Ancol

No	Karakteristik Pantai	Pantai Tipe I	Pantai Tipe II
1	Pantai di Kawasan Ancol memiliki bentuk garis pantai berupa teluk dan berkantong pantai	Ada	Tidak Ada
2	Kemiringan pantai realatif landau dan panjang painta relatif sempit	Ada	Tidak Ada
3	Kawasan Ancol memiliki garis pantai yang berkelok atau embayment beach	Ada	Tidak Ada
4	Pasir di Kawasan Ancol memiliki warna yang kecoklatan cenderung kea rah warna putih	Ada	Tidak Ada

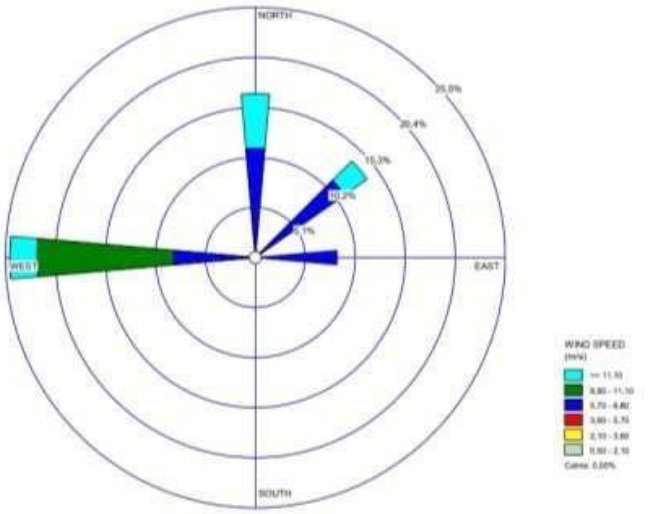
Tabel 3. Analisa Windrose

THN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
2017	W	W	N	N	C	N	C	C	C	N	N	W
2018	W	W	W	E	E	NE	NE	N	NE	NE	NE	W
2019	W	C	W	C	C	C	C	C	E	C	C	C

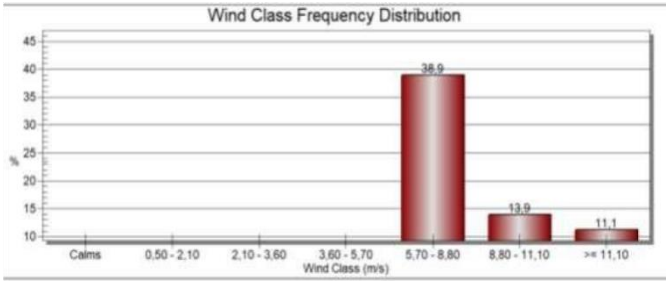
Keterangan:
W : *West*
N : *North*
C : *Calm*
E : *East*
NE : *North East*

Dari data meteorologi yang di daperoleh dari stasiun BMKG Tanjung Priuk periode 2017 – 2019 dapat diketahui bahwa arah angin dominan pada stasiun ini adalah ke arah W (Barat).

Analisa Fetch



Gambar 5. Diagram *Fetch*



Gambar 6. *Wind Class Frequency Distribution*

Dari grafik fetch diatas yang di daperoleh dari aplikasi WR PLOT dapat diketahui bahwa arah angin dominan pada stasiun ini adalah ke arah W (Barat) dengan kecepatan angin di dominasi 5.7 – 8.8 m/s sebesar 38.9 %.

Perhitungan Fetch Rerata Efektif

Keterangan:

$$Feff = \frac{\sum Xi \cos a}{\sum \cos a} \quad \text{……(13)}$$

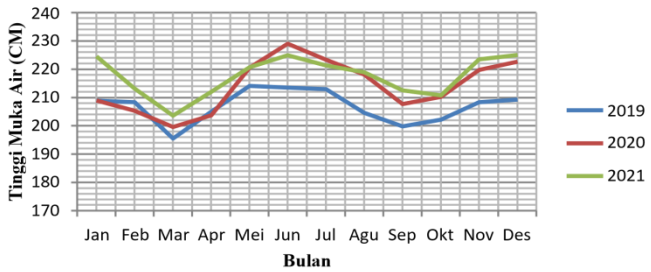
Feff : *Fetch* rerata efektif
Xi : Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*
α : Sudut deviasi pada kedua sisi dari arah angin

$$Feff = \frac{\sum 220 \times \cos 90}{\sum \cos 90}$$

Feff = 1

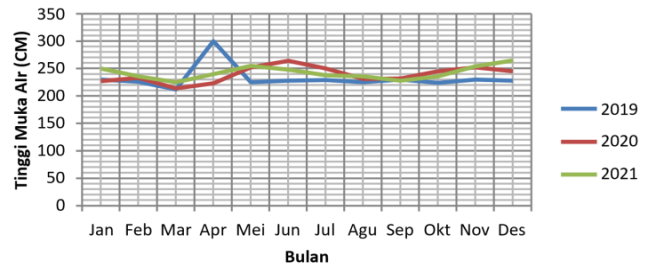
Jadi, *Fetch* rerata efektifnya adalah 1

Penentuan Titik Pecah Gelombang



Gambar 7. Grafik Pasang Surut Rata-rata kawasan Ancol

Tinggi muka air laut rata-rata maksimal terjadi pada tahun 2020 bulan Juni dengan ketinggian 229 cm.



Gambar 8. Grafik Pasang Surut Maksimal kawasan Ancol

Tinggi muka air laut maksimal tertinggi terjadi pada tahun 2019 bulan April dengan ketinggian 300 cm.

Gambar 9. Titik Pecah Gelombang

Keterangan:
: Lokasi Perencaan *Breakwater*

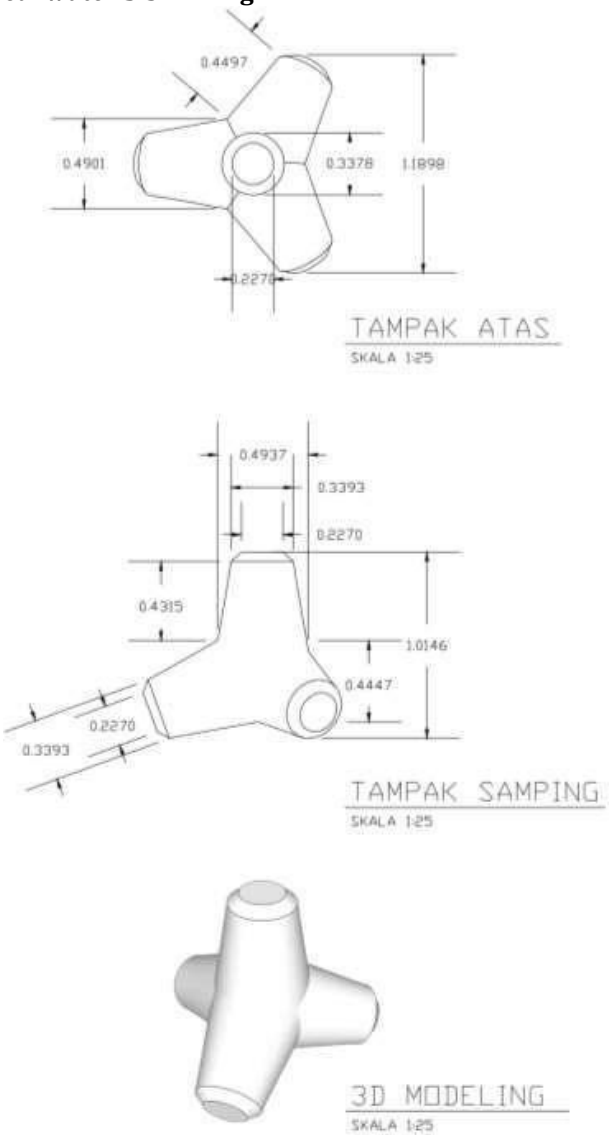
Titik pecah gelombang berjarak 1,421 meter dari pantai dikarenakan di daerah penelian adalah berupa teluk dan gelombang pecah di daerah tersebut. Titik yang dilingkari merah adalah titik pecah gelombang.

Alternatif Pencegah Abrasi

Pencegahan abrasi disuatu wilayah dapat dialakukan dengan banyak alternatif yang bisa digunakan dan disesuaikan dengan kondisi lingkungan yang terjadi erosi. Di daerah Indonesia banyak yang menggunakan alternatif yaitu menggunakan tanaman bakau tetapi tidak semua daerah bisa menggunakan tanaman bakau sebagai pencegah abrasi dikarenakan kondisi ekologi dan kondisi lingkungan yang berbeda, salah satu alternatif lainnya adalah menggunakan *Groin, Jetties* (dermaga), *Breakwater* dan banyak cara lain untuk menghentikan laju abrasi di lokasi penelitian.

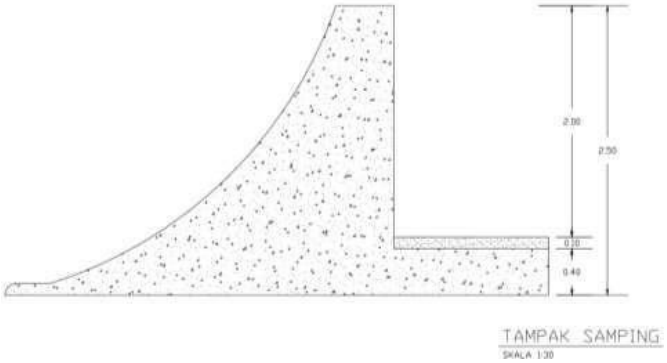
Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalah abrasi yang menyebabkan berubahnya garis pantai yaitu dengan mengaplikasikan metode vegetatif dan sipil teknis. Metode vegetatif dapat dilakukan dengan menanam mangrove sebagai sabuk vegetasi yang mampu menahan erosi dan meningkatkan desain ekowisata. Metode sipil teknis yaitu dengan menggunakan dinding pemecah gelombang atau yang disebut (*Breakwater*). *Breakwater* dibedakan menjadi 2(dua) yaitu pemecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai. Bangunan yang pertama banyak digunakan sebagai pelindung pantai pencegah abrasi dengan cara memecah energi gelombang sehingga menyebabkan di belakang dinding pemecah gelombang menjadi tenang [13]. Bangunan tipe kedua bisanya digunakan di daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang. Sehingga kapal-kapal dapat merapat ke dermaga untuk melakukan kegiatan manikan menurunkan penumpang ataupun bongkar muat barang .

***Breakwater* Sisi Miring**



Gambar 10. Desain 3D modeling perencanaan *breakwater*

Dikarenakan arah gelombang di Kawasan Ancol adalah tegak lurus maka disarankan untuk membangun *breakwater* sisi miring dengan menggunakan Tetrapod[11]. Tetrapod dapat memecah kaki gelombang yang memiliki arah tegak lurus dan sangat efektif digunakan untuk menjadikan *breakwater* menjadi salah satu solusi yang bisa di implementasikan di lokasi penelitian. Tetrapod yaitu salah satu alternatif untuk menangani abrasi yang terjadi karena akibat cuaca dan gelombang pantai. Struktur ini berfungsi untuk memperkuat struktur pantai yang berlaku seperti tembok yang berfungsi sebagai pemecah gelombang[12][13]. Tetrapod terbuat dari beton dan bentuknya yaitu tetrahedral untuk mendisipasi gaya dari gelombang yang diterima oleh *tetrapod*. Struktur ini mempertahankan posisinya dengan cara *interlocking.* Cara *interlocking* bekerja dengan cara saling mengunci antara satu tetrapod satu dengan *tetrapod* lainnya.



Gambar 11. Tampak Samping Dinding Penahan Pantai

***Breakwater* Sisi Tegak**

Salah satu alternatif lain adalah dengan menggunakan dinding pemecah gelombang sisi tegak. Pemecah gelombang tipe ini digunakan dengan ditempatkan di kedalaman lebih besar daripada tinggi gelombang. Syarat terbentuknya bangunan ini adalah apabila tanah dasar mempunyai daya dukung besar dan tahan terhdap erosi. Pemecah gelombang ini dapat dibuat dengan material blok-blok beton massa yang disususn dengan cara vertikal, kaison beton, turap beton ataupun menggunakan baja.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis data di Pantai Diancol dicirikan oleh pantai Tipe 1, yaitu pantai berpasir putih yang tersusun dari batu kapur dengan pecahan karang, topografi formasi karst dengan ketinggian tinggi dan tebing curam, teluk berkelok-kelok membentuk pantai (pantai putih) dan kaki bukit kecil.

Cara menentukan lokasi yang tepat adalah dengan cara melihat kondisi di lapangan dan mencari kondisi yang dikira perlu di bangun dinding pemecah gelombang. tempat yang menurut peneliti perlu dibangun ada di bagian perumahan yang berada di sekitar Kawasan Ancol dikarenakan itu bisa menyebabkan abrasi yang sangat merugikan bagi masyarakat sekitar untuk lokasi bisa di lihat di gambar 9.

Ada dua alternatif yang dapat ditawarkan oleh peneliti yaitu pemasangan dinding pemecah gelombang sisi miring dalam bentuk *tetrapod* dan yang kedua adalah bangunan pemecah gelombang sisi tegak. Alternatif yang peneliti sarankan adalah dengan menggunakan dinding pemecah gelombang *tetrapod* (gambar10) dan perlu penanganan yang cepat agar abrasi tidak semakin parah untuk jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih atas dukungan dan bantuan semua pihak dalam kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] N. F. T. Rizal, T. Jansen, and A. H. Thambas, “Perencanaan Pemecah Gelombang (Breakwater) Di Daerah Pantai Desa Saonek Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat,” *J. Sipil Statik Vol.9*, vol. 9, no. 4, pp. 717–724, 2021.

[2] M. Y. Arifandi and Suharjoko, “Rancang Bangun

Material Penyusun Breakwater Berbentuk Polypod," *J. Sains dan Seni*, vol. 10, no. 1, 2021.

[3] M. A. Naiborhua, Y. N. Purnawanti, and S. D. Kumalasaric, "Design and Construction of Sloping Breakwater," *J. Tek. Transp.*, vol. 1, no. 2, pp. 106–120, 2020.

[4] Y. Setio, P. I. Dewa, K. Kerta, W. Sarpono, and P. Widodo, "Analisis Upaya Mitigasi Pemerintah Jakarta Utara untuk Menanggulangi Bencana Banjir Rob Guna Mendukung Keamanan Nasional," *J. Kewarganegaraan*, vol. 6, no. 4, pp. 6952–6956, 2022.

[5] R. C. K and R. D. Supriharjo, "Mitigasi Bencana Banjir Rob di Jakarta Utara," *J. Tek. POMITS*, vol. 2, no. 1, pp. 25–30, 2013.

[6] S. R. Wardhani, B. Rochaddi, and Purwanto, "STUDI MODEL FISIK STABILITAS DESAIN BREAKWATER TERHADAP HEMPASAN GELOMBANG DI PANTAI GLAGAH YOGYAKARTA," *J. OSEANOGRAFI*, vol. 2, no. 1, pp. 57–65, 2013.

[7] P. N. Nyoman, A. Diputra, Gede, and J. Made, "Coastal protection work for Batu Mejan Beach , Bali," *MATEC Web Conf.*, vol. 276, pp. 1–21, 2019.

[8] S.-W. KIM and K.-D. SUH†, "Reliability analysis of breakwater armor blocks : Case study in Korea," *Japan Soc. Civ. Eng.*, vol. 52, no. 4, pp. 331–350, 2014.

[9] R. E. Saputra, T. Masruroh, I. T. Husodo, and F. Yudaningrum, "Re – design breakwater pelabuhan kartini jepara," *J. Gyratory*, vol. xx, no. xx, pp. 1–10, 2018.

[10] A. S. Bawono, R. Indianto, I. D. Atmanto, and B. Pardoyo, "Re-Design Dan Penanganan Breakwater Di Pelabuhan Batang," *J. KARYA Tek. SIPIL*, vol. 3, no. 4, pp. 890 – 908, 2014.

[11] O. Nourani and M. B. Askar, "Comparison of the Effect of Tetrapod Block and Armor X block on Reducing Wave Overtopping in Breakwaters," *Open J. Mar. Sci.*, vol. 7, no. September, pp. 472–484, 2017.

[12] A. J. Fabião1, Trigo-Teixeira2, and M. A. V. C. Araújo, "Hydraulic Stability of Tetrapod Armour Layers . Physical Model Study," *6th SCACR – Int. Short Course/Conference Appl. Coast. Res.*, vol. 1, no. June, pp. 1–10, 2013.

[13] S. K. Park, A. A. Dodaran, C. S. Han, and M. E. M. Shahmirzadi, "Effects of vertical wall and tetrapod weights on wave overtopping in rubble mound breakwaters under irregular wave conditions," *Int. J. Nav. Arch. Ocean Eng*, vol. 6, no. 1, pp. 947–964, 2014.