

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Proses terjadinya Gelombang

Gelombang laut bisa dibagi menjadi beberapa macam tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang yang terbentuk dipermukaan laut pada umumnya karena adanya proses alih energi dari angin kepermukaan laut, gelombang yang merambat ke segala arah membawa energi yang kemudian dilepaskan ke pantai dalam bentuk hampasan ombak. Rambatan gelombang ini bisa menempuh jarak ribuan kilometer sebelum mencapai suatu pantai. sebagai akibatnya, gelombang merupakan salah satu bentuk energi yang bisa membentuk pantai, serta mengakibatkan arus dan transpor sedimen pada arah tegak lurus di sepanjang pantai, dan mengakibatkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan faktor utama di dalam penentuan tata letak (layout) pelabuhan, alur pelayaran perencanaan bangunan pantai dan sebagainya. biasanya bentuk gelombang di alam sangat kompleks dan memiliki bentuk yang random (Triatmodjo, 1999).[18]

2.1.2 Pembangkit gelombang oleh angin

Angin yang bertiup di atas permukaan laut merupakan pembangkit arus dan juga pembangkit utama gelombang. Ada dua istilah yang digunakan untuk menggambarkan gelombang di laut yaitu "*Sea wave*" dan "*Swell*". *Sea wave* merupakan gelombang laut yang masih berada di dalam pengaruh angin dan bentuknya sangat tidak teratur sedangkan *swell* adalah gelombang yang lebih panjang dari *sea wave* dan sudah keluar dari pengaruh angin serta bentuknya sudah teratur. *Swell* dibentuk oleh gelombang-gelombang frekuensi atau panjang gelombangnya hampir sama.

Sifat-sifat gelombang dipengaruhi oleh faktor angin dan sedikitnya ada tiga faktor angin yang sangat berpengaruh yaitu sebagai berikut :

1. Kecepatan angin. Umumnya makin kencang angin yang bertiup, makin besar gelombang yang terbentuk dan gelombang ini mempunyai kecepatan yang tinggi dan panjang gelombang yang besar.

2. Lamanya angin bertiup. Tinggi, kecepatan dan panjang gelombang seluruhnya cenderung untuk meningkat sesuai dengan lamanya angin bertiup.
3. Jarak tanpa rintangan dimana angin sedang bertiup (dikenal sebagai fetch). Pentingnya fetch dapat digambarkan dengan membandingkan gelombang yang terbentuk pada kolom air yang relatif kecil seperti danau di daratan dengan yang terbentuk di lautan bebas. Gelombang yang terbentuk di danau dimana fetchnya kecil biasanya mempunyai panjang gelombang hanya beberapa sentimeter, sedangkan yang di lautan bebas dimana fetchnya lebih besar, sering mempunyai panjang gelombang sampai beberapa ratus meter (Azis, M. F. 2006)[1].

1. Distribusi kecepatan angin

Distribusi kecepatan angin di atas permukaan air laut berdasarkan elevasi terbagi ke dalam tiga daerah. Kecepatan angin konstan apabila berada pada 1000 meter di atas wilayah geostrofik. Selanjutnya, di bawah elevasi tersebut memiliki dua wilayah yang disebut Ekman yaitu berada pada elevasi 100 sampai dengan 1000 meter dan daerah terjadinya tegangan konstan yang berada pada elevasi 10 sampai 100 meter. Di kedua arah tersebut kecepatan dan arah angin dapat berubah berdasarkan elevasi, karena adanya gesekan di atas permukaan air laut dan memiliki perbedaan temperatur antara air dan udara (Manggotila, 2018).[9]

2. Data angin

Data angin digunakan untuk melakukan peramalan gelombang yaitu data pada permukaan air laut di daerah pembangkitnya. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran di atas permukaan laut (menggunakan kapal yang sedang berlayar) kemudian bisa juga dilakukan dengan pengukuran di daerah daratan dekat dengan lokasi peramalan lalu dikonveksi sebagai data angin laut. Kecepatan angin tersebut diukur menggunakan anemometer dan dinyatakan dengan

knot. Data angin setiap jam tersebut digunakan untuk mengetahui angin dengan kecepatan dan durasi tertentu, kecepatan angin maksimum, arah angin serta rerata angin harian (Manggotila, 2018).

3. Koreksi Kecepatan angin

Data angin digunakan untuk meramalkan gelombang laut didaerah pembangkitnya. Adapun koreksi kecepatan angin adalah sebagai berikut : (SPM, 1984)

a. koreksi elevasi

Data angin yang dapat digunakan untuk peramal gelombang merupakan kecepatan angin pada elevasi 10 meter dipermukaan air laut diam (*Still Water Level*). Kecepatan angin harus dikonversi ke dalam elevasi 10 meter apabila data kecepatan angin tidak diukur pada elevasi tersebut. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut : (Danial, 2008)

$$U(10) = U_z \left(\frac{10}{z} \right)^{\frac{1}{7}} \quad (2.1)$$

Keterangan :

$U(10)$: kecepatan angin pada elevasi 10 m

U_z : kecepatan angin pada elevasi z

z : elevasi kecepatan angin diukur dari muka air diam

b. koreksi durasi rata-rata kecepatan angin

Data kecepatan angin dari BMKG biasanya dicatat setiap jam, sehingga data yang diperoleh adalah data angin ekstrim dalam satu jam. Untuk melakukan peramalan gelombang, dilakukan pencatatan angin dengan durasi rata-rata satu jam (3600 detik) sehingga perlu dikoreksi dengan rumus berikut : (Danial, 2008)

Untuk $1 < t_i < 3600$

$$\frac{U_i}{U_{3600}} = 1.277 + 0.296 \tanh \left(0.9 \log_{10} \left(\frac{45}{t_i} \right) \right) \quad (2.2)$$

Untuk $3600 < t_i < 36000$

$$\frac{U_i}{U_{3600}} = -0.15 \log t_i + 1.5334 \quad (2.3)$$

Keterangan :

t_i : durasi angin yang ditentukan berdasarkan grafik fungsi kecepatan angin atau dapat dihitung dengan rumus :

$$t_i = \frac{1609}{U_i} \text{ (detik)} \quad (2.4)$$

Keterangan :

U_i : kecepatan angin hasil observasi

U_{3600} : kecepatan angin dengan durasi rata-rata satu jam

c. koreksi lokasi pengukuran kecepatan angin

Apabila kecepatan angin tidak diukur dari permukaan laut, tetapi dari daratan maka harus dikoreksi dengan persamaan berikut : (Danial, 2008)

$$RL = \frac{U_W}{U_L} \quad (2.5)$$

Keterangan :

U_W : kecepatan angin di atas permukaan air laut

U_L : kecepatan angin di darat

RL : grafik faktor lokasi (Triatmodjo, 1999)

1. Fetch

Menurut SPM 1984 merekomendasikan untuk membuat *fetch* sembilan buah dengan interval sudut 3° . Sehingga panjang *fetch* dapat dihitung sebagai berikut :

$$F = \frac{\sum^9 F_i}{9} \quad (2.6)$$

pada peramalan gelombang digunakan panjang fetch efektif yang dapat dihitung dengan persamaan berikut : (Danial, 2008)

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.7)$$

Keterangan :

F_{eff} : fetch rerata efektif

X_i : panjang segmen fetch ke-i

α : deviasi pada kedua sisi arah angin, dengan penambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi angin

2.1.3 Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang

Perkiraan untuk memperoleh tinggi gelombang dengan periode ulang diperlukan data gelombang dengan waktu yang relatif panjang. Data tersebut dapat berupa data hasil pengukuran langsung atau data gelombang prediksi berdasarkan analisis data angin. Dari setiap tahun pencatatan atau peramalan gelombang dapat ditentukan gelombang refresentatifnya. Dari data gelombang refresentatif tersebut diperkirakan gelombang yang diharapkan terlampaui satu kali dalam periode ulang tertentu. Misalnya pada $T=50$ tahun, menunjukkan bahwa gelombang yang diperkirakan 50 tahunan atau gelombang menggunakan periode ulang 50 tahun. Hal tersebut bukan berarti bahwa gelombang sekali dalam 50 tahun (Kurniawan, Rahmat,2021).[11]

Terdapat 2 metode yang digunakan untuk memprediksi gelombang dengan periode ulang tertentu, yaitu distribusi Gumbel (Fisher-Tipper Type I), dan distribusi Weibull (CERC,1984). Pada metode ini prediksi dilakukan untuk menentukan tinggi gelombang signifikan dengan berbagai periode ulang (Triatmodjo,1999).

Pada metode distribusi Gumbel (Fisher-Tipper Type I) data probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi dengan cara sebagai berikut :

(Triatmodjo,1999)

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0,44}{N_T} \quad (2.8)$$

Keterangan:

$P(H_s \leq H_{sm})$: nilai probabilitas dari tinggi gelombang ke m

H_s : tinggi gelombang signifikan

H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke m

m : nomor urut tinggi gelombang

N_T : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

Tinggi gelombang signifikan di berbagai periode ulang dapat dihitung dari fungsi probabilitas dengan rumus sebagai berikut :

$$H_{sr} = \hat{A}y_r + \hat{B} \quad (2.9)$$

Keterangan:

H_{sr} : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

\hat{A} dan \hat{B} : perkiraan dari parameter skala dan lokal yang didapat dari analisis regresi linear

$$y_r \quad : -\ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{LT_r} \right) \right) \quad (2.10)$$

$$y_m \quad : -\ln \{ -\ln F(H_s \leq H_{sm}) \} \quad (2.11)$$

Pada metode distribusi weibull (CERC,1982) perhitungan tinggi gelombang yang diperkirakan merupakan perkiraan tinggi gelombang ekstrim dengan cara yang sama dengan metode distribusi Gumbel (Fisher-Tipper Type I), namun ada perbedaan pada persamaan dan koefisien yang digunakan pada metode weibull yaitu sebagai berikut : (Triadmodjo, 1999).

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,22 \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{N_T + 0,2 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}} \quad (2.12)$$

Keterangan :

- $P(H_s \leq H_{sm})$: nilai probabilitas dari tinggi gelombang ke m
- H_s : tinggi gelombang signifikan
- H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke m
- m : nomor urut tinggi gelombang
- N_T : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan
- k : parameter bentuk

Tinggi gelombang signifikan pada beberapa periode ulang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$H_{sr} = \hat{A}y + \hat{B} \quad (2.13)$$

Keterangan :

H_{sr} : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r : periode ulang (tahun)

\hat{A} dan \hat{B} : perkiraan dari parameter skala dan lokal yang didapat dari analisis regresi linear

$$y_r = \frac{\ln(LT_r)}{r} \quad (2.14)$$

$$y_m = -\ln\{1 - P(H_s \leq H_{sm})\} \quad (2.15)$$

Untuk metode kerapatan teoritik person III perhitungan tinggi gelombang signifikan maksimum dapat diselesaikan dengan :
(Triadmodjo,1999)

a. Standar Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (H_{si} - H_{sbar})^2} \quad (2.16)$$

Keterangan :

n : 10 (jumlah data)

$\sum H_{si}$: jumlah tinggi gelombang signifikan 10 tahun

T : tahun peramalan gelombang

P : peluang

K : koefisien frekuensi

b. Koefisien Skew (CS)

$$C_s = \frac{n_2}{(n-1)(n-2)} \times \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{si} - H_{sbar})^3}{S^3} \quad (2.17)$$

c. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$C_k = \frac{n_4}{(n-1)(n-2)(n-3)} \times \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (H_{si} - H_{sbar})^4}{S^4} \quad (2.18)$$

2.1.4 Karakteristik gelombang

Menurut Lourens, P., & Isak, L. (2013). Karakteristik Gelombang Parameter penting untuk menjelaskan karakteristik gelombang adalah panjang gelombang (L), periode gelombang (T) kecepatan rambat (C) dan amplitudo (a). Teori Gelombang Amplitude Kecil dianggap bahwa tinggi gelombang adalah sangat kecil terhadap panjangnya atau kedalamannya, (Airy, 1845) (dalam Triatmodjo 1999) sehingga kecepatan rambat dan panjang gelombang adalah sebagai berikut:

Kecepatan rambat (C):

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \dots\dots\dots (2.19)$$

Panjang gelombang (L):

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan :

- C = kecepatan rambat (m/d)
- g = percepatan gravitasi (m/dt²)
- d = kedalaman laut (m)
- L = panjang gelombang (m)
- T = periode gelombang (detik)

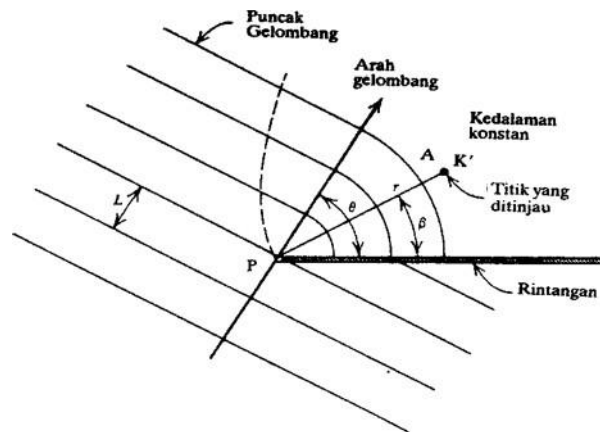
2.1.5 Transformasi Gelombang

Ketika gelombang menuju tepian pantai, gelombang mengalami beberapa proses perubahan tinggi gelombang. Diantaranya proses Pendangkalan (*wave shoaling*), proses refraksi (*refraction*), proses difraksi (*difraction*), atau proses pantulan (*reflection*) sebelum gelombang itu pecah (*wave breaking*) (Widi,1997). Proses pendangkalan adalah proses berkurangnya ketinggian gelombang akibat terjadinya perubahan kedalaman laut. Hal ini mengakibatkan berkurangnya kecepatan gelombang sehingga puncak gelombang yang berada pada perairan dangkal bergerak lebih

lambat dibandingkan dengan puncak gelombang diperairan dalam. Proses refraksi adalah proses berubahnya arah gerak puncak gelombang yang mengikuti kontur kedalaman laut. *Shoaling* dan refraksi sama-sama disebabkan oleh pendangkalan kedalaman laut. Sedangkan difraksi merupakan transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung atau pembelokan gelombang akibat adanya penghalang oleh pemecah gelombang dan pulau. Sehingga gelombang masuk ke daerah dibelakang penghalang tersebut. Transformasi gelombang dapat dilihat lebih jelas pada penjalaran gelombang pada laut dangkal.

2.1.6 Difraksi Gelombang

Menurut (Triatmodjo, 1999) dalam buku teknik pantai halaman 79, apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok pada sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung dibelakangnya seperti gambar 2.2, apabila tidak terjadi difraksi gelombang, wilayah pada belakang rintangan akan hening. namun karena adanya proses difraksi maka wilayah tersebut terpengaruh oleh gelombang datang. Transfer energi pada wilayah terlindung menyebabkan terbentuknya gelombang pada wilayah tersebut, meskipun tidak sebesar gelombang diluar wilayah terlindung. Tinggi gelombang berkurang di sepanjang puncak gelombang menuju wilayah terlindung. pengetahuan tentang difraksi gelombang ini penting di dalam memilih perencanaan pelabuhansertapemecah gelombang sebagai pelindung pantai. Tinggi gelombang serta arah datangnya gelombang sangat penting untuk menentukan arus dan mengangkut sedimen di wilayah pantai.



Gambar 2.1 Difraksi gelombang di belakang rintangan

Sumber : Buku Teknik Pantai 1999, Hal 79

Untuk mendapatkan koefisien difraksi dilakukan perbandingan antara H_A dan H_p .

$$H_A = K' \cdot H_p \dots\dots\dots (2.21)$$

$$K' = f(\theta, \beta, \frac{r}{L}) \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan :

H_A = Tinggi gelombang terdifraksi (m)

K' = Koefisien difraksi

H_p = Tinggi gelombang datang (m)

Dengan A adalah titik yang ditinjau di belakang rintangan dan P adalah ujung pemecah gelombang. Nilai $K' = f(\theta, \beta, r/L)$ untuk θ , β , dan r/L tertentu diberikan dalam gambar 2.3 yang di dasarkan pada penyelesaian matematis untuk difraksi cahaya (Panny and Price, 1952; dalam Sorensen, 1978). Difraksi gelombang ini analog dengan cahaya, sehingga gambar 2.3 juga dapat digunakan untuk memperkirakan pola garis puncak gelombang dan variasi gelombang yang mengalami difraksi.

Teori difraksi seperti yang dijelaskan di atas adalah untuk pemecah gelombang tunggal (Triatmodjo, 1999).

r/L	β (derajat)														r/L	β (derajat)													
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180	0		15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180		
	$\theta = 15^\circ$															$\theta = 105^\circ$													
1/2	0.49	0.79	0.83	0.90	0.97	1.01	1.03	1.02	1.01	0.99	0.99	1.00	1.00	1/2	0.28	0.28	0.29	0.32	0.35	0.41	0.49	0.59	0.72	0.85	0.97	1.01	1.00		
1	0.38	0.73	0.83	0.95	1.04	1.04	0.99	0.98	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1	0.20	0.20	0.24	0.23	0.27	0.33	0.42	0.56	0.75	0.95	1.06	1.04	1.00		
2	0.21	0.68	0.86	1.05	1.03	0.97	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2	0.14	0.14	0.13	0.17	0.20	0.25	0.35	0.54	0.83	1.08	1.03	0.97	1.00		
5	0.13	0.63	0.99	1.04	1.03	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	5	0.09	0.09	0.10	0.11	0.13	0.17	0.27	0.52	1.02	1.04	1.04	1.02	1.00		
10	0.35	0.58	1.10	1.05	0.98	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10	0.07	0.06	0.08	0.08	0.09	0.12	0.20	0.52	1.14	1.07	0.97	0.99	1.00		
	$\theta = 30^\circ$															$\theta = 120^\circ$													
1/2	0.61	0.63	0.68	0.76	0.87	0.97	1.03	1.05	1.03	1.01	0.99	0.95	1.00	1/2	0.25	0.26	0.27	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.60	0.73	0.87	0.97	1.00		
1	0.50	0.53	0.63	0.78	0.95	1.06	1.05	0.98	0.98	1.01	1.01	0.97	1.00	1	0.18	0.19	0.19	0.21	0.23	0.27	0.33	0.43	0.57	0.76	0.95	1.04	1.00		
2	0.40	0.44	0.59	0.84	1.07	1.03	0.96	1.02	0.98	1.01	0.99	0.95	1.00	2	0.13	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.16	0.55	0.83	1.07	1.03	1.00		
5	0.27	0.32	0.55	1.00	1.04	1.04	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	0.97	1.00	5	0.08	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.03	1.00		
10	0.20	0.24	0.54	1.12	1.06	0.97	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	10	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.13	0.29	0.52	1.13	1.06	0.98	1.00		
	$\theta = 45^\circ$															$\theta = 135^\circ$													
1/2	0.49	0.50	0.55	0.63	0.73	0.85	0.96	1.04	1.06	1.04	1.00	0.99	1.00	1/2	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.28	0.32	0.36	0.42	0.52	0.63	0.76	1.00		
1	0.38	0.40	0.47	0.59	0.76	0.95	1.07	1.06	0.98	0.97	1.01	1.01	1.00	1	0.18	0.17	0.18	0.18	0.19	0.21	0.23	0.28	0.34	0.44	0.59	0.78	1.00		
2	0.29	0.31	0.39	0.56	0.83	1.08	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00	1.00	2	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.37	0.56	0.84	1.00		
5	0.18	0.20	0.29	0.54	1.01	1.04	1.05	1.03	1.00	0.99	1.01	1.00	1.00	5	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.17	0.28	0.54	1.00	1.00		
10	0.13	0.15	0.22	0.53	1.13	1.07	0.96	0.98	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00	10	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.13	0.21	0.53	1.12	1.00		
	$\theta = 60^\circ$															$\theta = 150^\circ$													
1/2	0.40	0.41	0.45	0.52	0.60	0.72	0.85	1.13	1.04	1.06	1.03	1.01	1.00	1/2	0.23	0.23	0.24	0.25	0.27	0.29	0.33	0.38	0.45	0.55	0.68	0.83	1.00		
1	0.31	0.32	0.36	0.44	0.57	0.75	0.96	1.08	1.06	0.98	0.98	1.01	1.00	1	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.22	0.24	0.29	0.36	0.47	0.63	0.83	1.00		
2	0.22	0.23	0.28	0.37	0.55	0.83	1.08	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00	2	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15	0.18	0.22	0.28	0.39	0.59	0.86	1.00		
5	0.14	0.15	0.18	0.28	0.53	1.01	1.04	1.05	1.03	0.99	0.99	1.00	1.00	5	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.18	0.29	0.55	0.99	1.00		
10	0.10	0.11	0.13	0.21	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00	1.00	10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.13	0.22	0.54	1.10	1.00		
	$\theta = 75^\circ$															$\theta = 165^\circ$													
1/2	0.34	0.35	0.38	0.42	0.50	0.59	0.71	0.85	0.97	1.04	1.05	1.02	1.00	1/2	0.23	0.23	0.23	0.24	0.26	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.63	0.79	1.00		
1	0.25	0.26	0.29	0.34	0.43	0.56	0.75	0.95	1.02	1.06	0.98	0.98	1.00	1	0.16	0.16	0.17	0.17	0.19	0.20	0.23	0.26	0.32	0.40	0.53	0.73	1.00		
2	0.18	0.19	0.22	0.26	0.36	0.54	0.83	1.09	1.04	0.96	1.03	0.99	1.00	2	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.16	0.19	0.23	0.31	0.44	0.68	1.00		
5	0.12	0.12	0.13	0.17	0.27	0.52	1.01	1.04	1.05	1.03	0.99	0.99	1.00	5	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.20	0.32	0.63	1.00		
10	0.08	0.08	0.10	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00	10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08	0.11	0.11	0.21	0.58	1.00		
	$\theta = 90^\circ$															$\theta = 180^\circ$													
1/2	0.31	0.31	0.33	0.36	0.41	0.49	0.59	0.71	0.85	0.96	1.03	1.03	1.00	1/2	0.20	0.25	0.23	0.24	0.25	0.28	0.31	0.34	0.40	0.49	0.61	0.78	1.00		
1	0.22	0.22	0.24	0.28	0.33	0.42	0.56	0.75	0.96	1.07	1.03	0.99	1.00	1	0.10	0.17	0.16	0.18	0.18	0.23	0.22	0.25	0.31	0.38	0.50	0.70	1.00		
2	0.16	0.16	0.18	0.20	0.26	0.35	0.54	0.69	1.08	1.04	0.96	1.02	1.00	2	0.02	0.09	0.12	0.12	0.13	0.18	0.16	0.18	0.22	0.29	0.40	0.60	1.00		
5	0.10	0.10	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.05	1.02	0.99	1.00	5	0.02	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18	0.27	0.46	1.00		
10	0.07	0.07	0.08	0.09	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.99	1.01	1.00	10	0.01	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.13	0.20	0.36	1.00		

Gambar 2.2 Koefisien difraksi gelombang, K' , dari gelombang datang

Sumber : Google

2.1.7 Refraksi Gelombang

Refraksi gelombang atau disebut juga pembiasan gelombang merupakan peristiwa perubahan gelombang yang bergerak ke arah pantai dari kedalaman air yang dalam menuju kedalaman air yang dangkal atau gelombang yang mengenai/membentur suatu bangunan yang akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Refraksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidak-tenangan di dalam perairan pelabuhan. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu akan bisa menyerap energi gelombang lebih banyak dibanding bangunan tegak dan masif. Besar kemampuan suatu benda memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refraksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refraksi dan tinggi gelombang datang (Triatmodjo, 1999).

2.1.8 Gelombang Pecah

Gelombang pecah merupakan gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai yang mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pengaruh kedalaman mulai terasa pada kedalaman yang lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang gelombang pecah yang dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang (Triatmodjo, 1999).

Dilaut dalam dimana kemiringan gelombang maksimum yang mulai tidak stabil diberikan bentuk berikut : (Triatmodjo, 1999)

$$\frac{H_0}{L_0} = \frac{1}{7} = 0,142 \quad (2.23)$$

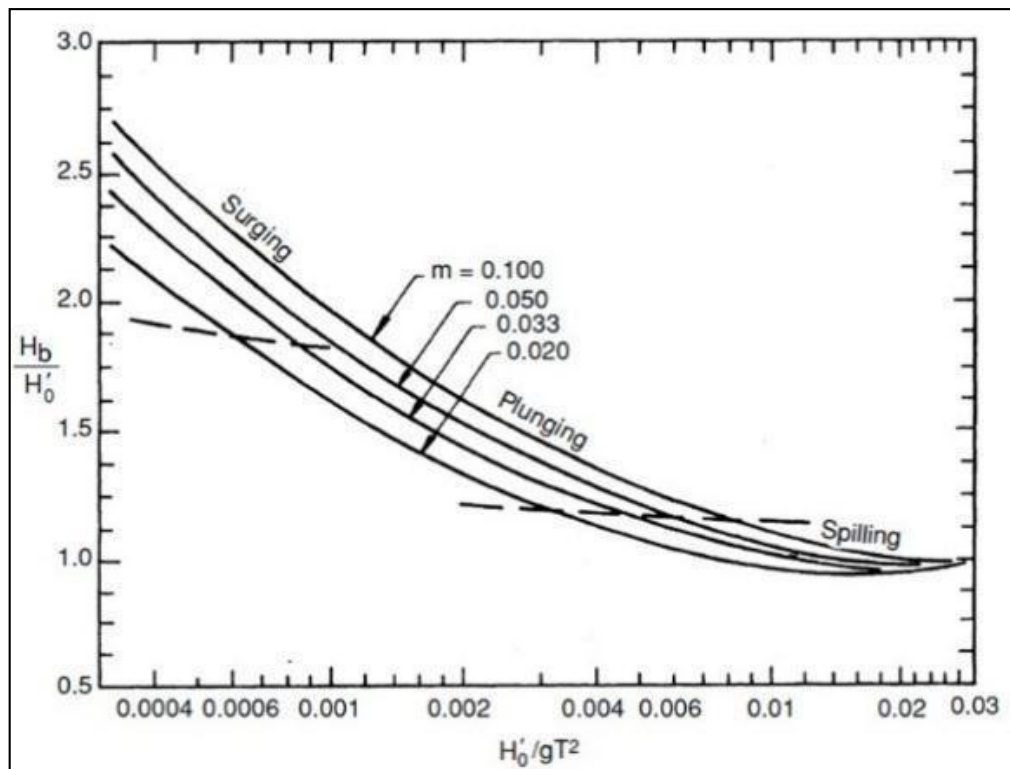
Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,3 \frac{H_b}{L_0}} \quad (2.24)$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,28 \quad (2.25)$$

Parameter H_b/H'_0 disebut dengan indek tinggi gelombang pecah.

Rumus (2.24) dan (2.25) tidak memberikan pengaruh kemiringan dasar laut terhadap gelombang pecah. Beberapa peneliti (Inversen, Galvin, Goda ;dalam CERC, 1998) membuktikan bahwa H_b/H_o' dan d_b/H_b dipengaruhi oleh kemiringan pantai dan kemiringan gelombang datang. Untuk menghitung tinggi dan kedalaman gelombang pecah pada kedalaman tertentu. Grafik yang diberikan dalam gambar 2.4 berikut ini :



Gambar 2.3 Penentuan kedalaman gelombang pecah

Sumber : Google

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu sebagai berikut :

1. Spilling

Spilling biasanya terjadi ketika gelombang memiliki kemiringan kecil menuju ke pantai yang datar (kemiringan kecil) Gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dengan proses gelombang pecah yang berangsur-angsur. Buih yang

terjadi pada puncak gelombang selama mengalami pecah dan meninggalkan lapisan buih pada jarak yang cukup panjang

2. Plunging

Apabila kemiringan gelombang dan dasar bertambah, maka gelombang akan pecah dan puncak gelombang akan memutar dengan massa air pada puncak gelombang yang akan terjun menuju ke depan. Energi yang dihasilkan dari gelombang pecah akan hancur dalam turbulensi, sebagian kecil akan dipantulkan pantai ke laut, dan tidak banyak gelombang baru terjadi pada air yang lebih dangkal.

3. Surging

Surging terjadi pada pantai yang memiliki kemiringan sangat besar yang biasanya terjadi pada pantai berkarang. Daerah gelombang pecah yang sangat sempit, dan sebagian besar energi gelombang tersebut dipantulkan kembali ke laut dalam. Gelombang pecah tipe ini sangat mirip dengan *plunging*, tetapi sebelum puncak gelombangnya terjun, dasar gelombang sudah pecah (Bambang Triatmojo, 1999 : 95).

2.1.9 Batimetri

Batimetri merupakan ilmu yang mempelajari kedalaman di bawah air dan studi tentang tiga dimensi lantai samudra atau danau, biasanya batimetri diperoleh dengan melakukan pengukuran dengan menggunakan *Singlebeam echosounder*. *Singlebeam echosounder* merupakan alat ukur kedalaman air yang menggunakan pancaran sinyal tunggal. Sebuah peta batimetri umumnya menampilkan *relief* lantai atau dataran dengan garis – garis kontur (*contour lines*) yang disebut kontur kedalaman (*depth contours* atau *isobath*) dan dapat memiliki informasi tambahan berupa informasi navigasi permukaan (Balai Pantai, 2014). Untuk mengetahui panjang

gelombang yang terjadi sesuai dengan kedalaman suatu perairan maka sangat diperlukan peta batimetri.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Sebelum penulis melakukan penelitian tentang “Studi Difraksi dan Refraksi Gelombang Akibat Pulau Temajo Terhadap Pelabuhan Kijing Kabupaten Mempawah Kalimantan Barat”, penulis melakukan kajian dari beberapa jurnal.

Berdasarkan penelitian Samulano, I., & Mera, M. (2011) “Refraksi Dan Difraksi Gelombang Laut Di Daerah Dekat Pantai Pariaman”[13] memberikan gambaran di perairan yang memiliki pulau-pulau, refraksi dan difraksi gelombang terjadi paling besar di samping kanan pulau-pulau pada sudut datang gelombang 45° dengan pembelokkan gelombang sebesar 109° terjadi di Pulau Tengah, dan di samping kiri pulau-pulau pada sudut datang gelombang 45° dengan pembelokkan gelombang sebesar 98° terjadi di Pulau Kasiak. Sedangkan pada sudut datang gelombang 0° , refraksi dan difraksi hampir sama besar pada kedua samping pulau-pulau kecil tersebut. Pada lokasi terjadinya refraksi dan difraksi gelombang menyebabkan tinggi gelombang lebih kecil dari tempat lain. Sementara itu, tinggi gelombang yang besar terjadi di depan semua pulau-pulau kecil tersebut dan dekat garis Pantai Pariaman.

Berdasarkan penelitian Lourens, P., & Isak, L. (2013) dengan judul “Analisa Karakteristik Gelombang untuk Pembangunan Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Eri Ambon”[8] Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan memahami karakteristik gelombang yang menghantam dinding pantai Dusun Erie – Desa Nusaniwe. Karakteristik gelombang diperoleh berdasarkan data angin yang dianalisa dengan Software Windrosedan metode Shore Protection Manualguna peramalan gelombang laut dalam sehingga tinggi gelombang ekstrim periode ulang tertentu dapat diketahui dengan menggunakan metode distribusi Gumbel dan simulasi model matematik menggunakan Software Surface-water Model System(SMS)versi 8.1. Hasil penelitian memperlihatkan Karakteristik gelombang yang dibangkitkan oleh angin diperoleh tinggi gelombang maksimum di laut dalam (H_o) 2,60 m, panjang gelombang (L) 35,679 m

dengan kecepatan rambat (C) 4,789 m/det pada periode (T) 6,70 detik dari arah Barat Daya.

Berdasarkan penelitian Rina Oktaviani Dzikrurianti dkk (2014) dengan judul “Studi Refraksi Dan Difraksi Gelombang Untuk Analisa Efektivitas Layout breakwater Di Pelabuhan Pendaratan Ikan Larangan, Kabupaten Tegal”[6] memberikan gambaran bahwa Gelombang memiliki peran penting dalam dinamika pantai dan pengelolaan wilayah pesisir seperti pembangunan pelabuhan dan bangunan pantai. Desain perlindungan kolam labuh terhadap gelombang menggunakan breakwater untuk menghasilkan perairan yang tenang dan aman bagi kapal berdasarkan sifat penjaran gelombang. Penelitian menggunakan metode deskriptif. Refraksi gelombang terjadi karena perubahan kedalaman mengakibatkan konvergensi gelombang. Difraksi terjadi ketika gelombang terhalang breakwater di mulut Pelabuhan Pendaratan Ikan Larangan. Breakwater dengan kedua ujung berbelok dan sedikit menutup kolam pelabuhan menghasilkan gelombang terkecil di pelabuhan.

Berdasarkan penelitian Radhina Amalia dkk (2014) dengan judul “Studi Refraksi Dan Difraksi Gelombang Pada Rencana Bangunan Pelabuhan Di Tanjung Bonang, Kabupaten Rembang”^c memberikan gambaran bahwa Dari hasil permodelan gelombang, gelombang mengalami difraksi di area pelabuhan sehingga terjadi pembelokan. Pada musim barat ketinggian gelombang 0,03 meter – 0,21 meter. Pada musim peralihan I ketinggian gelombang mencapai 0,03 meter – 0,18 meter. Pada musim timur ketinggian gelombang 0,02 meter – 0,13 meter dan pada musim peralihan II ketinggian gelombang 0,03 meter – 0,17 meter.

Berdasarkan penelitian Kapitan, R. (2014) dengan judul “Studi Difraksi Gelombang Menggunakan Persamaan Hiperbola”[7] memberikan gambaran bahwa Deformasi gelombang adalah perubahan sifat gelombang yang terjadi ketika ada gelombang bergerak merambat menuju ke pantai, salah satunya adalah difraksi. Difraksi gelombang terjadi bila gelombang yang datang terhalang oleh suatu penghalang yang dapat berupa bangunan pemecah gelombang (breakwater) maupun pulau. Akibatnya, gelombang akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk ke daerah terlindung di belakangnya.

Berdasarkan penelitian May Trio Vimeris dkk (2015) dengan judul “Kajian Refraksi-Difraksi dan Transformasi Penjalaran Gelombang Laut di Perairan pantai Tapak Paderi Kota Bengkulu”[14] memberikan gambaran bahwa gelombang mengalami difraksi akibat rintangan bangunan pantai Tapak Paderi, tinggi gelombang menurun terlebih dahulu akibat interferensi gelombang-gelombang yang terbentuk setelah adanya Gosong Patasembilan. Pada jalur pengamatan³, difraksi gelombang terjadi setelah melewati anak Gosong Patasembilan dan selanjutnya mengalami konvergensi di bentuk pantai tanjung.

Berdasarkan penelitian Ahmad Nur Huda dkk (2015) dengan judul “Studi Pola Transformasi Gelombang Di Perairan Kota Tegal”[3] memberikan gambaran bahwa Difraksi terjadi pada seluruh musim, gelombang yang menemui rintangan berupa bangunan pantai dibelokkan di sekitar ujung rintangan tersebut. Perbedaan proses difraksi pada setiap musim hanya pada sudut datang gelombang yang menabrak bangunan pantai tersebut. Efek Pendangkalan atau shoaling terlihat pada skenario musim timur. Gelombang datang dari arah timur laut. Terlihat gelombang bertambah tinggi kemudian menurun ketika kontur kedalaman bertambah.

Berdasarkan penelitian Javier Cezalipi dkk (2017) “Kajian karakteristik gelombang laut akibat pengaruh rencana pembangunan pelabuhan patimban, subang”[4] memberikan gambaran bahwa Pengaruh adanya pemecah gelombang berdasarkan skenario dengan pemecah gelombang dari hasil pemodelan gelombang pada setiap musim terlihat bahwa difraksi gelombang menyebabkan berkurangnya tinggi gelombang sehingga rencana pembangunan pemecah gelombang cukup baik karena mampu memperkecil nilai tinggi gelombang.

Berdasarkan penelitian Dewi, A., Purwanto, P., & Sugianto, D. N. (2018) dengan judul “Analisis Deformasi Gelombang Di Pulau Siberut Kabupaten Kepulauan Mentawai Sumatera Barat”[5] memberikan gambaran bahwa Perambatan gelombang dari perairan dalam menuju pantai terjadi proses deformasi hingga saat gelombang menerpa pantai terjadi transfer energi gelombang terhadap pantai sehingga menjadikan perubahan bentuk morfologi pantai sebagai respon. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan deformasi gelombang

di Pulau Siberut Kabupaten Kepulauan Mentawai Sumatera Barat. Karakteristik gelombang berdasarkan analisa peramalan data angin menggunakan metode SMB diketahui gelombang signifikan maksimum di laut dalam 2,89 m, panjang gelombang 59,55 m, dengan kecepatan rambat 2,68 m/detik pada periode 8,26 detik. Hasil analisa pada kedalaman laut 6 m, koefisien refraksi dan shoaling terjadi 0,62 dan 1,00, sedangkan tinggi gelombang yang diperoleh 1,79 m. Gelombang pecah akan terjadi pada kedalaman 2,95 m dengan tinggi gelombang pecah 2,06 m. Hasil simulasi model matematik 2D menunjukkan pola deformasi pada perairan Pulau Siberut disebabkan oleh bentuk dan karakteristik pantai. Refraksi terjadi pada seluruh skenario musim disebabkan oleh perubahan kedalaman laut, gelombang dari laut dalam mengalami pembelokan ketika memasuki perairan dangkal dan berubah tegak lurus dengan kontur dasar laut. Difraksi terjadi ketika gelombang bertemu dengan rintangan yang berada pada ujung selatan pulau Siberut yaitu Pulau Jujual, Pulau Sinyaunyu, Pulau Koraniki, Pulau Nyangnyang, Pulau Botiek, Pulau Karamajet, dan Pulau Mainu kemudian dibelokkan disekitar ujung rintangan.

Berdasarkan penelitian Imbar, S. E. (2020) dengan judul “Analisis Deformasi Gelombang Pada Pantai Minahasa Barat” [17] memberikan gambaran bahwa Gelombang laut menjadi salah faktor utama yang memicu terjadinya kerusakan pantai. Pantai Minahasa Barat merupakan kawasan wisata pantai yang cukup diminati dengan area bermain pasir yang cukup luas, namun berdasarkan pengamatan, pantai telah mengalami kerusakan diantaranya terjadi abrasi dan erosi. Jika dibiarkan abrasi akan menggerogoti area bermain pasir bahkan pemukiman warga. Deformasi gelombang adalah perubahan karakteristik gelombang seperti tinggi, periode, arah dan sebagainya. Deformasi gelombang yang sering dialami adalah gelombang pecah, difraksi, refraksi dan reflesi gelombang.