

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Gelombang laut merupakan salah satu fenomena yang memiliki peranan penting dalam dinamika pantai dan lautan. Selain menjadi salah satu sumber utama energi dinamis di lautan, gelombang laut juga memengaruhi berbagai aspek kehidupan di wilayah pesisir, seperti transportasi sedimen, perlindungan pantai, mitigasi bencana, serta pembangunan infrastruktur pesisir. Interaksi gelombang dengan pantai memiliki dampak signifikan terhadap proses erosi, akresi, dan stabilitas pantai, yang pada gilirannya memengaruhi ekosistem pesisir dan aktivitas manusia di sekitarnya (Holthuijsen, 2007). Sehingga memahami bagaimana gelombang berubah ketika mendekati pantai, atau dikenal sebagai transformasi gelombang, menjadi salah satu fokus utama dalam penelitian.

Transformasi gelombang di wilayah pesisir sangat penting untuk dipahami dalam konteks perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan. Transformasi gelombang mencakup perubahan karakteristik gelombang laut seperti tinggi gelombang, arah gelombang dan periode gelombang saat gelombang bergerak dari laut dalam menuju pantai. Perubahan ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti topografi dasar laut, kedalaman perairan, dan struktur pantai (Zhang et al., 2024; Marengo & Canals, 2025). Studi menunjukkan bahwa dinamika ini sangat menentukan distribusi energi gelombang yang akhirnya memengaruhi erosi, sedimentasi, dan kestabilan struktur pantai (Ancilotti et al., 2025). Oleh karena itu, pemahaman terhadap proses transformasi gelombang sangat krusial sebagai dasar perencanaan pembangunan dan mitigasi risiko bencana di wilayah pesisir (Mentaschi et al., 2023).

Transformasi gelombang melibatkan berbagai proses fisik, termasuk refraksi, shoaling, dan dissipasi energi akibat friksi dasar laut. Proses refraksi menyebabkan gelombang membelok mengikuti kontur dasar laut, sementara shoaling meningkatkan tinggi gelombang ketika kedalaman air berkurang. Dissipasi energi terjadi akibat gesekan antara gelombang dan dasar laut, yang mengurangi energi gelombang sebelum mencapai pantai. Ketika energi gelombang mencapai batas tertentu, gelombang akan pecah, menghasilkan dissipasi energi yang signifikan. Proses pecahnya gelombang ini sangat penting karena memengaruhi distribusi energi di sepanjang pantai, yang berdampak pada perlindungan wilayah pesisir dari ancaman gelombang ekstrem (Massel, 1996; Battjes & Janssen, 1978).



matematika dan numerik menjadi pendekatan utama dalam transformasi gelombang. Model *Refraksi-Shoaling-Friction* digunakan untuk menganalisis bagaimana refraksi, shoaling, dan dissipasi akibat friksi dasar laut memengaruhi dinamika gelombang. Model ini mampu memetakan perubahan karakteristik gelombang berdasarkan parameter lingkungan seperti kedalaman air dan kekasaran dasar laut. Sementara itu, *Battjes-Jansen Model* difokuskan pada dissipasi energi akibat pecahnya gelombang.

pecahnya gelombang dan telah terbukti akurat dalam memprediksi karakteristik gelombang di wilayah pantai (Battjes & Janssen, 1978).

Penelitian ini memiliki dampak aplikatif yang penting, karena dalam penerapan untuk menentukan tinggi gelombang dan gelombang pecah hanya menggunakan parameter-parameter yang sederhana dan mudah dihitung dan diterapkan. Model yang dihasilkan mudah untuk dipahami dan diimplementasikan, terutama dalam mendukung mitigasi risiko bencana gelombang tinggi, perencanaan pembangunan infrastruktur pesisir, dan pengelolaan wilayah pesisir yang berkelanjutan.

Meski kedua model ini telah banyak digunakan, terdapat kesenjangan penelitian terkait bagaimana integrasi kedua model tersebut dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang dinamika transformasi gelombang secara keseluruhan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis transformasi gelombang menggunakan kombinasi *Refraksi-Shoaling-Friction Model* dan *Battjes-Jansen Model*. Dengan pendekatan ini, diharapkan penelitian dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman transformasi gelombang di berbagai kondisi pesisir. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya relevan bagi pengembangan ilmu kelautan, tetapi juga bagi pengelolaan sumber daya pesisir secara praktis.

## 1.2 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dan manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1.2.1 Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan tinggi ( $H$ ), Periode ( $T$ ) dan sudut gelombang  $\theta$  dilaut dangkal
- 2) Menganalisis perbedaan transformasi gelombang pada *Refraksi-Shoaling-Friction Model* dan *Battjes-Jansen Model*

### 1.2.2 Manfaat


Penelitian mengenai analisis transformasi gelombang menggunakan *Refraksi-Shoaling-Friction Model* dan *Battjes-Jansen Model* memiliki manfaat yang sangat penting dalam memperbaiki akurasi prediksi tinggi gelombang, perencanaan infrastruktur bangunan pemecah ombak, mitigasi bencana pesisir, dan pengelolaan lingkungan pesisir. Penelitian ini juga memberikan kemudahan dalam implementasi sehingga dengan data-data dan parameter perhitungan menjadikan penelitian ini cukup sederhana. Hasil model ini dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang bagaimana gelombang berubah selama penjarannya dan bagaimana fenomena tersebut dapat dimanfaatkan untuk aplikasi praktis dalam berbagai bidang, diijakan lingkungan.



### 1.3 Studi Kasus

Adapun studi kasus dan penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya terdapat di

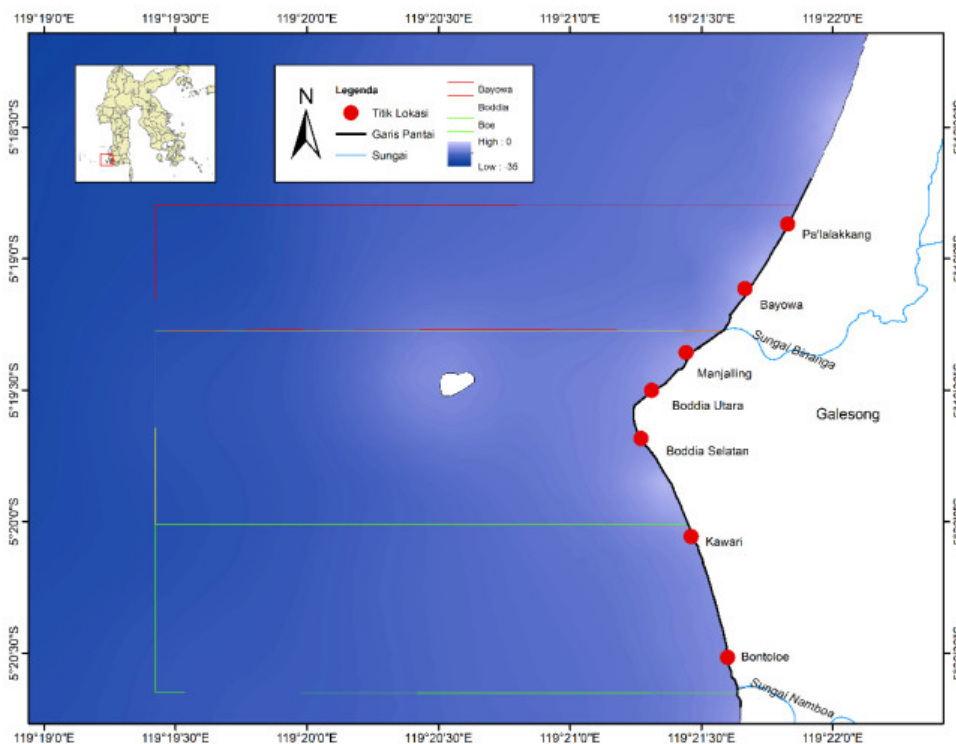
**Tabel 1.** Studi kasus

Peneliti	Lokasi Penelitian	Jenis Transformasi Gelombang	Temuan Penting
<b>Magdalena-Pujaprasetya (2014)</b>	-	Refraksi dan Shoaling (RS)	Dengan membandingkan koefisien refraksi dan shoaling secara analitis dan numerik menunjukkan kesesuaian dan skema numerik yang dapat mensimulasikan fenomena yang terfokus pada gelombang yang disebabkan oleh ambang bawah ( <i>submerged shoal</i> ).
<b>Baharuddin, et al. (2009)</b>	Pantai Bau-Bau	Refraksi, Shoaling, dan Difraksi (RSD).	Pola transformasi gelombang yang mengalami proses refraksi, shoaling, dan difraksi sampai terjadinya gelombang pecah disebabkan oleh bentuk dan karakteristik pantai Bau-Bau yakni terdiri dari pantai yang menghadap arah barat yang lebih terbuka (laut bebas) dan pantai yang menghadap arah utara yang semi terbuka (Teluk dan Selat Buton).
<b>Kurniadi-Windupranata (2017)</b>	Teluk Pelabuhan Ratu, Sukabumi	Refraksi, Refleksi, Interferensi, dan Shoaling	Hasil analisis simulasi menunjukkan transformasi gelombang, yaitu refraksi, refleksi, shoaling dan interferensi gelombang. Gelombang ekstrim terjadi dari hasil interferensi gelombang dan model numerik tetap stabil pada kondisi ekstrim ini. Model numerik SWASH terbukti dapat memodelkan kondisi hidrodinamika ekstrim pada batimetri ekstrim dengan baik.
<b>Battjes-Janssen (1978)</b>	-	Disipasi energi gelombang	Dalam pemodelan memprediksi disipasi energi gelombang acak yang pecah di pantai. Fokus utama model ini adalah pada disipasi energi gelombang dan variabel tinggi gelombang yang berubah saat mendekati pantai.
	Breakwater di PLTU arangkandri, Cilacap	Refraksi, difraksi, friksi gelombang, gelombang pecah, penyebaran amplitudo gelombang nonlinier dan alur pelabuhan.	Menjelaskan mengenai gelombang knoidal yang dibahas dalam transportasi sedimen dimana friksi gelombang merujuk pada gesekan antara dasar laut dengan air yang bergerak akibat gelombang. Proses yang melibatkan friksi gelombang lebih aplikatif, dan dapat digunakan untuk menganalisis transport sedimen.

## BAB II METODE PENELITIAN

### 2.1 Lokasi Penelitian

Secara geografis, pantai Galesong Kabupaten Takalar terletak antara  $-5^{\circ}18'38,40''$  sampai  $5^{\circ}20'42,989''$  LS dan  $119^{\circ}20'27,537''$  sampai  $119^{\circ}22'3,209''$  BT. Pantai Galesong merupakan kawasan pesisir yang berbatasan dengan Selat Makassar di sebelah barat hingga barat daya dan Laut Flores di sebelah timur. Sepanjang 4 km wilayah pantai dibagi menjadi 7 titik lokasi untuk menentukan arah datang gelombang. 7 titik terdiri dari Pa'lalakkang, Bayowa, Manjalling, Boddia Utara, Boddia Selatan, Kawari, dan Bontoloe. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Peta lokasi Penelitian

### 2.2 Pengumpulan Data



Administrasi Indonesia  
 Administrasi Indonesia yang menampilkan rupa bumi Indonesia  
[s://tanahair.indonesia.go.id/](http://tanahair.indonesia.go.id/)  
 Google Earth  
 Data satelit diperoleh dari *software google Earth*

Data angin yang digunakan merupakan data sekunder yang tersedia pada situs web NOAA <https://cds.climate.copernicus.eu/> yang memuat informasi kecepatan dan arah angin lokasi penelitian yang diukur pada ketinggian 10 meter.

#### 4. Data Batimetri

Data batimetri yang digunakan merupakan data sekunder yang tersedia pada situs resmi Badan Informasi Geospasial yang memuat informasi nilai kedalaman perairan pada lokasi penelitian. Sumber data diakses pada <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/batnas> yang memuat informasi nilai kedalaman perairan lokasi penelitian yang disajikan dalam bentuk peta kontur kedalaman.

### 2.3 Pengolahan Data

Adapun tahapan pengolahan data dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung fetch efektif pada lokasi penelitian.
2. Melakukan pengolahan data batimetri.
3. Menghitung sudut tegak lurus dan sudut sejajar pantai.
4. Melakukan *pre-processing* data, yakni mempersiapkan dan menyusun data.
5. Melakukan pengolahan data angin
6. Memodelkan data menggunakan *Excel* untuk melihat grafik data.

#### 2.3.1 Menghitung fetch efektif

Menghitung fetch efektif dilakukan dengan cara memasukan data batas administrasi indonesia pada *software Autocad*. Kemudian ditentukan arah dan panjang fetch dari lokasi penilitan . Data yang di peroleh dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos\beta}{\sum \cos\beta} \quad (1)$$

Keterangan:

$F_{eff}$  = Panjang fetch Efektif (Km)

$X_i$  = Panjang segmen Fetch yang diukur dari titik konservasi gelombang (km)

$\cos\beta$  = Deviasi pada kedua sisi dari arah angin dengan besar  $6^\circ$  (derajat)

#### 2.3.2 Pengolahan Data Batimetri

Data batnas yang digunakan merupakan data sekunder yang tersedia pada situs resmi Badan Informasi Geospasial yang memuat informasi nilai kedalaman perairan pada pantai Galesong. Data Batimetri kemudian di *input* pada *Software Arcgis* dan *software* geospasial untuk menentukan jarak lokasi penelitian dari *offshore* *input* yang dihasilkan adalah Kontur kedalaman dan Jarak dari *shore Distance* lokasi penelitian



#### Input Sejajar Pantai dan Sudut Tegak lurus Pantai

Pantai merujuk pada sudut antara garis pantai dan garis yang sejajar dengan arah datang gelombang. Untuk menentukan sudut sejajar pantai menggunakan data citra satelit yang diperoleh dari *software Google Earth* untuk

diketahui *view* lokasi penelitian. Kemudian ditentukan sudut tegak lurus pantai dari 7 titik lokasi penelitian, kemudian ditarik garis tegak lurus dari masing-masing lokasi penelitian dari tiga arah angin dominan.

### 2.3.4 Pengolahan Data Angin

Data angin diperoleh dari NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) dengan titik pengambilan data : *Latitude* -5.3418 *Longitude* 119.36. Data angin yang diperoleh berupa data kecepatan dan arah angin pada rentang waktu 10 tahun (2014–2023). Data angin yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan *Software Python* untuk memperoleh persentase kejadian kecepatan dan arah angin. Data angin yang telah dikelompokkan menjadi 3 arah dominan datangnya angin digunakan untuk menggambarkan *wind rose* tahunan dan musiman di pantai Galesong.

Data angin digunakan untuk memprediksi tinggi dan periode gelombang yang datang dari laut lepas menuju pantai galesong dengan menambahkan data fetch sebagai parameter penting. Karena data angin yang kita peroleh diukur pada ketinggian 10 meter maka tidak perlu dilakukan koreksi ketinggian terhadap kecepatan angin, tetapi perlu dilakukan koreksi durasi dan koreksi stabilitas. Prediksi Tinggi gelombang signifikan dilaut dalam ( $H_{s,o}$ ) dan periode gelombang ( $T_p$ ) di laut lepas dilakukan dengan menggunakan metode CEM (USACE,2003):

$$H_{s,o} = \frac{U_*^2}{g} \times (4.13 \times 10^{-2}) \left( \frac{gF}{U_*} \right)^{1/2} \quad (2)$$

$$\frac{gT}{U_*} = 0.651 \left( \frac{gF}{U_*^2} \right) \quad (3)$$

Dimana:

$$U_*^2 = C_D U_{10}^2 \quad (4)$$

$$C_D = 0.001 (1.1 + 0.035 U_{10}) \quad (5)$$

Keterangan:

- $H_{s,o}$  = Tinggi gelombang signifikan laut lepas (m)
- $T_p$  = Periode gelombang (detik)
- $g$  = Percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)
- $F$  = Fetch (m)
- $U_{10}$  = Kecepatan angin yang diukur pada ketinggian 10 m (m/det<sup>2</sup>)
- $U_*^2$  = Kecepatan angin terkoreksi



### ata Gelombang

ng laut lepas terbentuk oleh angin, maka gelombang akan ntai. Pada penelitian ini transformasi gelombang menuju pantai ggunakan 2 Model perhitungan gelombang dengan pengaruh shoaling, refraksi dan gesekan dasar laut untuk ction Model dan Battjes-Jansen Model. Untuk menerapkan

model ini, profil dasar normal ke pantai harus diketahui. Kondisi-kondisi batas lepas pantai harus diketahui (Prasetyo and Pratiwi 2021).

### Refraksi-Shoaling-Friction Model.

Dengan asumsi pantai yang lurus dan seragam dan kontur kedalaman yang sejajar, sehingga kedalaman air di *breakerline* dapat diperkirakan menggunakan persamaan berikut (modul *Simple Coast*):

$$h_{br} = [(H_{s,0}^2 C_o \cos\theta_o) / (\alpha \gamma_{br}^2 g)^{0.5}]^{0.4} \quad (6)$$

Dimana:

$$H_{s,0} = \frac{U_*^2}{g} \times (4.13 \times 10^{-2}) \left(\frac{gF}{U_*}\right)^{1/2} \quad (7)$$

$$C_o = L_o/T \quad (8)$$

$$L = L_o \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right) \quad (9)$$

$$L_o = 1.56 T^2 \quad (10)$$

Keterangan:

$\cos\theta_o$  = Sudut Datang gelombang di laut dalam (derajat)

$h_{br}$  = Kedalaman laut di *breakerline* (m)

$\alpha$  = Koefisien kalibrasi = 1.8

$\gamma_{br}$  = Breaking coefficient based on 5% breaking 0,78 (Tetapan)

$L$  = Tinggi gelombang (m)

$L_o$  = Tinggi gelombang laut dalam (m)

Untuk menentukan tinggi gelombang pada kedalaman h digunakan persamaan (USACE,2003) dan persamaan ini juga digunakan dalam modul *Simple Coast* sebagai berikut :

$$H_{br} = \gamma h_{br} \quad (11)$$



$$H_{s,x} = K_{s,x} K_{r,x} K_{f,x} H_{s,o} \quad (12)$$

Dimana:

$$K_{s,x} = \left[ \left( \frac{n_o}{n_x} \right) \left( \frac{C_o}{C_x} \right) \right]^{0.5} \quad (13)$$

$$n = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{2kh}{\sin(2kh)} \right] \quad (14)$$

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \left( \frac{2\pi h}{L} \right) \quad (15)$$

$$K_{r,x} = [\cos\theta_o / \cos\theta_x]^{0.5} \quad (16)$$

$$K_{f,x} = [1 / (1 + \alpha H_{s,o} x)]^{0.3} \quad (17)$$

$$\alpha = f_w \omega^3 / [3 \pi g n C \{\sin(kh)\}^3] \quad (18)$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T_p} \quad (19)$$

Keterangan:

- $K_{s,x}$  = Faktor Shoaling pada jarak x dari offshore (m)
- $K_{r,x}$  = Faktor Refraksi pada jarak x dari offshore (m)
- $K_{f,x}$  = Faktor Friksi pada jarak x dari offshore (m)
- $x$  = Jarak dari offshore
- $C_o$  = Cepat Rambat gelombang laut dalam (m/s)
- $C$  = Cepat Rambat gelombang (m/s)
- $n$  = Koefisien
- $\alpha$  = Koefisien Alfa
- $\omega$  = Kecepatan angin terkoreksi

Sudut gelombang dihitung dengan menggunakan persamaan (Sakka et al. 2010) :

$$\sin\theta_{br} = \left( \frac{c_{br}}{c_o} \right) \sin\theta_o \quad (20)$$

Keterangan:

- $\sin\theta_{br}$  = Sudut Datang gelombang di breakerline (Derajat)

Metode penentuan transformasi gelombang menggunakan *Refraksi-Shoaling-Friction Model* juga memperhitungkan beberapa parameter yang dihitung seperti



$$S_{w,s} = 0.2 H_{br} \quad (21)$$

$$S_w = 0.3 \gamma H_{br} \quad (22)$$

$$\bar{S}_{w,s} = 0.5 S_w \quad (23)$$

$$h_{s,s} = h + S_l > h_{br} h + o \quad (24)$$

$$H_{Relatif} = H_s/h_{s,s} \quad (25)$$

$$W_s = H_s/L \quad (26)$$

$$W_s,max = \frac{0.14}{\tanh(kh)} \quad (27)$$

$$D_h = Max \left( \left\{ (5/16) n H_{br} - 0.375 n^2 h_{s,s} \right\} / \{1 + 0.375 n^2\}^0 \right) \quad (28)$$

Keterangan:

- $S_{w,s}$  = Nearshore wave set-up di Surf Zone (m)
- $S_w$  = Wave set-up near waterline (m)
- $\bar{S}_{w,s}$  = Rata-rata wave set-up di Surf zone (m)
- $h_{h,s}$  = Kedalaman air dengan surge dan set-up (m)
- $H_{Relatif}$  = Tinggi gelombang relatif (m/s)
- $W_s$  = Wave Stepness
- $W_{s,max}$  = Max. Wave Stepness
- $D_h$  = Set-up Estimate

### Battjes-Jansen Model

Battjes-Jansen Model (1987) mengusulkan model disipasi energi untuk gelombang pecah akibat gelombang acak. Menurut teori Battjes, semua gelombang yang pecah pada kedalaman tertentu memiliki ketinggian yang sama dengan  $H_{MAX}$ . Dalam perhitungan tinggi gelombang Nilai  $H_{MAX}$  diberikan oleh kriteria tipe Miche yang menyatakan bahwa tinggi gelombang pecah maksimum dibatasi oleh hubungan antara Panjang gelombang dan kedalaman air:

$$H_{max} = \left( \frac{0.88}{k^{-1}} \right) \tanh \left( \frac{\gamma kh}{0.88} \right) \quad (29)$$

Keterangan:

- $H_{max}$  = Tinggi gelombang maximum
- $k$  = Bilangan gelombang ( $k = 2\pi/L$ ), L= Panjang Gelombang (m)
- $h$  = Kedalaman air (m)
- $\gamma$  = Koefisien Gelombang Pecah = 0.7

Kedalaman air ( $h$ ) adalah 9 utama yang mempengaruhi propagasi gelombang. Dalam perhitungan ini, kedalaman dapat dikoreksi dengan mempertimbangkan pasang surut dan setup gelombang, yaitu:

$$h_s = h + S_{MSL-TIDE} \quad (30)$$

$$H_{new,s} = h + h/ \quad (31)$$



: Pasang Surut terhadap MSL (input)  
man air efektif yang memperhitungkan pasang surut (m)

Sudut datang gelombang terhadap garis pantai mempengaruhi pola refraksi gelombang. Nilai sudut gelombang ditentukan dengan menentukan sudut datang gelombang terhadap garis sejajar pantai yang kemudian di lihat dari tiga arah dominan gelombang datang. Nilai ini dapat berubah saat gelombang bergerak ke perairan yang lebih dangkal akibat perubahan kedalaman. Untuk melihat perubahan arah dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\theta_x = \sin\left(\frac{C_{br}}{C_0}\right) \sin\theta_0 \quad (32)$$

Keterangan:

- $\theta_x$  = Sudut datang gelombang pada lokasi x (derajat)
- $C_{br}$  = Cepat rambat gelombang di breakerline (m/s)
- $C_0$  = Cepat rambat gelombang dilaut dalam (offshore) (m/s)
- $\sin\theta_0$  = Sudut datang gelombang di Offshore (derajat)

Tinggi gelombang RMS ( $H_{rms}$ ) adalah tinggi rata-rata kuadrat dari gelombang dan merupakan parameter penting dalam analisis gelombang. Dalam model ini,  $H_{rms}$  dihitung menggunakan persamaan berikut dari distribusi tinggi gelombang di lokasi penelitian.

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i^2} \quad (33)$$

Keterangan:

- $H_{rms}$  = Tinggi gelombang RMS (m)
- $N$  = Tinggi Gelombang Individu (m)
- $H_i$  = Jumlah Gelombang yang diukur

Tinggi gelombang signifikan dalam model ini berkaitan dengan tinggi gelombang RMS, dengan persamaan sebagai berikut:

$$H_{sig} = 1,41 + H_{RMS} \quad (34)$$

Sementara itu, tinggi gelombang RMS dapat dihitung menggunakan persamaan berikut dimana persamaan ini memperhitungkan efek transformasi gelombang akibat kedalaman yang berubah-ubah. Di mana  $yy$  bergantung pada kemiringan dasar laut,  $C$  merupakan kecepatan gelombang, adalah  $n$  parameter non-linearitas gelombang, dan  $\theta$  menunjukkan sudut propagasi gelombang. (Holthuijsen, 2007):

$$H_{RMS} = \left(\frac{yy}{n} \cdot \frac{c}{\cos\theta_x}\right)^{0.5} \quad (35)$$



$$yy = \cos 30^\circ \cdot n \cdot c \cdot H_{RMS} \quad (36)$$

gelombang RMS (m)  
 eter yang bergantung pada kemiringan dasar laut  
 en (Parameter non-linearitas gelombang)

Dalam model Battjes-Jansen, disipasi energi gelombang juga dihitung berdasarkan perubahan tinggi gelombang RMS, dinyatakan dalam persamaan:

$$dh = \left( n_x H_{RMS,x}^2 (1 + \cos\theta_x^0) n_o H_{RMS,o}^2 (1 + \cos\theta_x^0) \right)^2 \quad (37)$$

Keterangan:

- $dh$  = Disipasi energi gelombang dalam bentuk tinggi gelombang
- $H_{rms,x}$  = Tinggi gelombang RMS pada lokasi x
- $H_{rms,o}$  = Tinggi Gelombang RMS pada lokasi awal (Offshore)
- $n_o, n_x$  = Koefisien pada lokasi x dan awal

Kecepatan partikel fluida dalam gelombang juga dihitung dalam model ini. Kecepatan horizontal partikel dalam fluida diberikan oleh:

$$U = \pi \frac{H_{RMS,o}}{T} (\sinh(kh)) \quad (38)$$

Keterangan:

- $U$  = Kecepatan partikel dalam arah horizontal
- $\sinh(kh)$  = Fungsi sinus hiperbolik yang memperhitungkan kedalaman air

*Friction Coefficients* ( $f_w, f_c$ ) atau Koefisien gesek dasar laut berpengaruh terhadap disipasi energi gelombang. Koefisien gesek ini menentukan sejauh mana dasar laut mempengaruhi disipasi energi gelombang. Dua jenis koefisien gesek digunakan dalam perhitungan Battjes Janssen Model:

Koefisien gesek gelombang:

$$f_w = \exp \left( -6 + 5.2 \left( \frac{\hat{A}}{k_S} \right)^{-0.19} \right) \quad (39)$$

Koefisien gesek dasar laut:

$$f_c = 0.242 \left( \log \left( \frac{12h}{k_S} \right) \right)^{-2} \quad (40)$$

Sehingga untuk menghitung kecepatan transportasi energi gelombang yang dipengaruhi oleh disipasi energi akibat gesekan dasar laut dan interaksi non-linear dapat menggunakan persamaan berikut:



$$\sin\theta \cdot H_{RMS}^2) - n(\cos\theta \cdot \sin\theta \cdot H_{RMS}^2) \cdot \left( \frac{g}{8K \cdot D_x f_w^{0.5} f_c^{0.5} U} \right) \quad (41)$$

en gesek dasar laut akibat gelombang  
 en gesek akibat arus  
 atan transportasi energi gelombang (m/s)

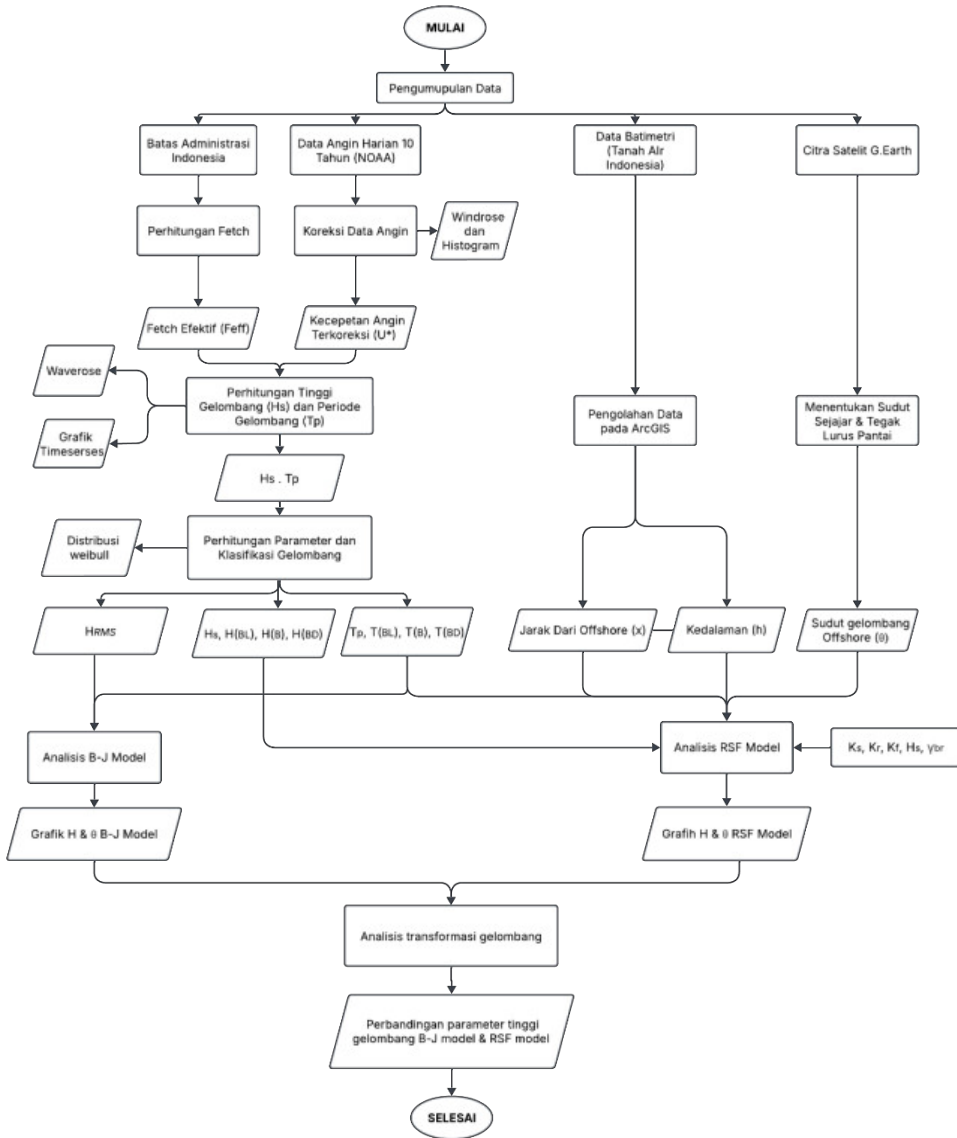
$K$	= Faktor disipasi gelombang
$D_x$	= Ukuran grid (Jarak perambatan gelombang dalam arah x (m))
$A$	= Amplitudo gerakan partikel air
$k_s$	= Kekasaran dasar laut

Probabilitas gelombang pecah ( $Q_b$ ) dalam model ini dihitung dengan persamaan berikut. Dimana persamaan ini menunjukkan hubungan antara tinggi gelombang RMS dan tinggi gelombang maksimum untuk menentukan seberapa banyak gelombang yang akan pecah (Salmon and Holthuijsen 2011) :

$$\frac{1-Q_b}{\ln(Q_b)} = -\left(\frac{H_{RMS}}{H_{max}}\right) \quad (42)$$



### 2.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

