

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia memiliki garis pantai terpanjang kedua setelah Kanada yang mencapai sekitar 108.000 km. Wilayah pesisir ini sangat potensial untuk pengembangan, terutama dalam pembangunan infrastruktur yang dapat mendukung kebutuhan masyarakat, seperti dermaga dan pelabuhan.

Pantai merupakan area yang dinamis karena merupakan titik pertemuan dan interaksi antara tiga elemen kompleks: lautan, daratan dan udara. Wilayah pantai selalu mengalami proses penyesuaian yang berlangsung terus-menerus untuk mencapai keseimbangan alami terhadap pengaruh eksternal dan internal, baik yang bersifat alami maupun buatan. Faktor-faktor alami yang memengaruhi pantai meliputi gelombang, arus, angin, aliran sungai, kondisi vegetasi pantai, serta aktivitas tektonik dan vulkanik. Sementara itu, faktor non-alami mencakup intervensi manusia yang meliputi pemanfaatan area pantai untuk berbagai keperluan seperti perikanan, industri, pelabuhan, pariwisata, pertanian, kehutanan, pertambangan dan pemukiman.

Wilayah pantai di Indonesia sangat penting dan intensif dimanfaatkan untuk berbagai macam kegiatan manusia. Namun, pengaruh gelombang, arus, dan pasang surut secara terus-menerus dapat menimbulkan masalah seperti erosi, abrasi, dan akresi di daerah pantai.

Gelombang merupakan gerakan naik dan turun air yang bergerak secara tegak lurus terhadap permukaan laut, membentuk pola atau grafik yang menyerupai sinusoidal. Energi gelombang laut biasanya dibangkitkan oleh berbagai faktor, seperti angin, pasang-surut, dan arus. Ketika gelombang datang menghantam pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang menyebabkan tinggi gelombang tidak menentu. Akhirnya, gelombang tersebut pecah dan melepaskan energinya yang mengakibatkan daerah pantai rentan terhadap perubahan bentuk.

Bangunan pantai merupakan infrastruktur yang dibangun di garis pantai untuk melindungi wilayah pesisir dan darat dari kerusakan yang disebabkan oleh gelombang laut dan erosi. Bangunan ini sering kali dirancang untuk meredam energi gelombang yang datang. Dengan adanya bangunan pantai, diharapkan wilayah sekitar pantai dapat terlindungi dan tetap stabil, sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat setempat.

Sesuai dengan fungsinya, ada tiga kelompok bangunan pantai. Yang pertama, konstruksi yang dibangun di pantai dan sejajar dengan garis pantai. Yang termasuk dalam kelompok ini adalah dinding pantai (*revetment*). Yang kedua, konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan menyambung ke pantai. Yang termasuk kelompok ini adalah groin dan *jetty*. Yang ketiga, konstruksi yang dibangun lepas

pantai dan kira-kira sejajar dengan garis pantai. Yang termasuk kelompok ini yaitu pemecah gelombang (*breakwater*) (Triatmodjo, 1999).

Bangunan pantai berdinding miring adalah struktur pelindung pantai yang memiliki permukaan miring, berbeda dengan dinding pantai (*seawall*) yang biasanya berbentuk dinding vertikal. Bangunan pantai berdinding miring memiliki keunggulan dalam meredam energi gelombang dan mengurangi limpasan air laut ke daratan. Namun, keberadaan struktur ini juga dapat menyebabkan fenomena gerusan lokal di kaki bangunan, terutama saat terjadi gelombang pecah. Oleh karena itu, desain dan konstruksi bangunan pantai berdinding miring harus mempertimbangkan faktor-faktor ini untuk menjamin efektivitas dan keamanannya dalam melindungi pantai dari erosi dan kerusakan.

Perencanaan bangunan pantai harus mempertimbangkan faktor-faktor oseanografi untuk menentukan ukuran struktur dan memprediksi kondisi lingkungan laut guna mengantisipasi beban yang diterima oleh struktur. Salah satu beban lingkungan yang krusial adalah gaya gelombang. Dalam perencanaan bangunan pantai, perencana harus menghitung dan mendesain stabilitas bangunan pantai dengan baik. Perhitungan tentang gaya gelombang sangatlah panjang. Untuk mempermudah perhitungan tersebut, perlu menggunakan metode eksperimental seperti pada penelitian ini. Penulis ingin mempersingkat perhitungan gaya gelombang dengan mengambil contoh kasus seperti model yang penulis buat secara eksperimental.

Maka dari itu, berdasarkan latar belakang di atas, penulis melakukan penelitian dengan judul **“Penentuan Gaya Gelombang Pada Dinding Kemiringan Tunggal Secara Eksperimental”**.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini dapat diuraikan dalam rumusan masalah sebagai berikut:

1. Seberapa besar pengaruh tinggi gelombang datang (H_i) terhadap panjang simpangan (Δx)?
2. Seberapa besar pengaruh periode gelombang (T) terhadap panjang simpangan (Δx)?
3. Seberapa besar pengaruh panjang simpangan (Δx) terhadap gaya gelombang (F)?
4. Seberapa besar pengaruh kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap gaya gelombang relatif (Fr)?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Setelah dirumuskan permasalahan yang ada pada latar belakang maka tujuan dari penelitian adalah:

1. Mengetahui besarnya pengaruh tinggi gelombang datang (H_i) terhadap panjang simpangan (Δx).
2. Mengetahui besarnya pengaruh periode gelombang (T) terhadap panjang simpangan (Δx).

3. Mengetahui besarnya pengaruh panjang simpangan (Δx) terhadap gaya gelombang (F).
4. Mengetahui besarnya pengaruh kecuraman gelombang (H/L) terhadap gaya gelombang relatif (Fr).

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dapat dijadikan sebagai acuan atau referensi bagi peneliti selanjutnya ataupun kontraktor dalam menghitung dan mendesain stabilitas bangunan pantai.

1.4 Definisi Gelombang

Gelombang adalah salah satu sumber energi yang berperan dalam pembentukan pantai, menciptakan arus, dan mengangkut sedimen ke arah pantai. Gelombang laut terbentuk dari permukaan laut yang berupa puncak gelombang dan lembah gelombang akibat gerakan berayun (oscillatory movement) yang disebabkan oleh tiupan angin, erupsi gunung api, pergeseran dasar laut, atau lalu lintas kapal. Gelombang laut memiliki karakteristik yang kompleks, seperti periode, kecepatan, dan jenis-jenis gelombang berdasarkan kedalaman laut, seperti gelombang air dalam, sedang, dan rendah.

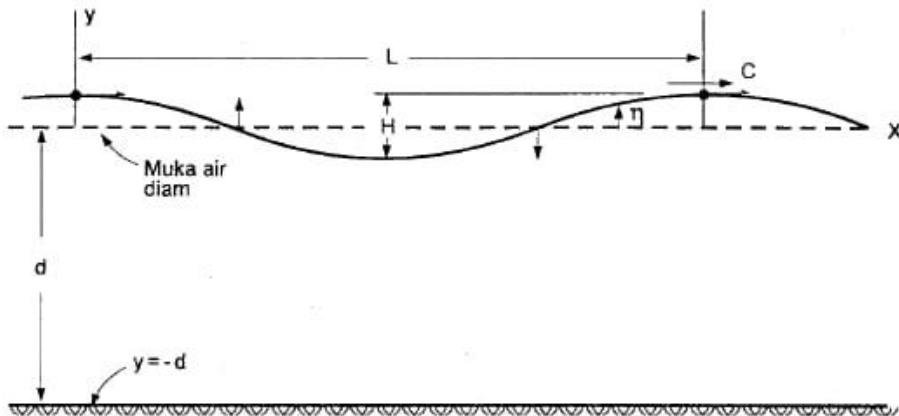
1.5 Teori Gelombang Airy

Teori Gelombang Airy, juga dikenal sebagai Teori Gelombang Linier atau Teori Gelombang Amplitudo Kecil, adalah teori yang paling sederhana dan pertama kali dikemukakan oleh Airy pada tahun 1845. Selain mudah dipahami, teori ini dapat digunakan sebagai dasar dalam merencanakan bangunan pantai. Teori Gelombang Airy dikembangkan berdasarkan persamaan Laplace yang berlaku untuk aliran yang tak berputar atau tak rotasi (irrotational flow), dengan mempertimbangkan kondisi batas di dasar laut dan di permukaan air. Dalam proses penurunan persamaan gelombang, terdapat beberapa asumsi yang digunakan, yaitu sebagai berikut:

1. Zat cair bersifat homogen dan tidak dapat dimampatkan, sehingga rapat massa adalah konstan.
2. Tegangan permukaan dianggap tidak ada.
3. Gaya Coriolis (akibat perputaran bumi diabaikan).
4. Tekanan air di permukaan tetap sama dan stabil.
5. Zat cair bersifat ideal, sehingga aliran yang terjadi tidak mengalami rotasi.
6. Dasar laut adalah datar, stabil, dan tidak permeabel, sehingga kecepatan vertikal di dasar laut adalah nol.
7. Amplitudo gelombang kecil terhadap panjang gelombang dan kedalaman air.
8. Gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penyebaran gelombang, sehingga gelombang ini memiliki dua dimensi.

Pada Gambar 1. Menggambarkan sebuah gelombang dalam sistem koordinat x - y . Fluktuasi permukaan air bersifat periodik terhadap x dan t , serta merupakan gelombang sinusoidal yang bergerak maju ke arah sumbu x . Beberapa simbol yang digunakan dalam perhitungan gelombang Airy adalah:

- L : panjang gelombang (m)
 d : jarak antara muka air rerata dan dasar laut (m)
 a : amplitudo gelombang (m)
 h : tinggi (m)
 $\eta(x,t)$: fluktuasi muka air terhadap muka air diam (m)
 T : periode gelombang (dtk)
 C : kecepatan rambat gelombang, $\frac{L}{T}$
 k : angka gelombang, $\frac{2\pi}{L}$
 σ : frekuensi gelombang, $\frac{2\pi}{T}$



Gambar 1. Sketsa Teori Gelombang (Triatmodjo, 2012)

1.6 Karakteristik Gelombang

Menurut teori Airy, gerakan gelombang dipandang sebagai kurva sinus harmonis (sinusoidal progressive wave), dan dapat dijelaskan secara geometris (Triatmodjo, 2012) berdasarkan:

1. Tinggi Gelombang (H), merupakan jarak vertikal antara puncak dan lembah gelombang dalam satu periode gelombang. Ini merupakan ukuran amplitudo gelombang, yang menunjukkan seberapa besar simpangan gelombang dari posisi kesetimbangan. Semakin tinggi gelombang, semakin besar amplitudo dan energi yang terkandung dalam gelombang tersebut.
2. Panjang Gelombang (λ), merupakan jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan atau dua lembah gelombang yang berurutan. Ini merupakan jarak yang ditempuh oleh satu siklus gelombang. Panjang gelombang biasanya diukur dalam satuan meter, sentimeter, atau nanometer tergantung pada jenis gelombang yang diamati.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_0}\right) \quad (1)$$

Dengan:

L : panjang gelombang (m)

g : percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

L_0 : panjang gelombang laut dalam (m)

d : kedalaman air (m)

3. Persamaan (1) dapat diselesaikan dengan metode iterasi untuk menentukan panjang gelombang pada suatu kedalaman dengan memasukkan panjang gelombang awal (L_0) menggunakan persamaan berikut:

$$L_o = 1,56T^2 \quad (2)$$

Dengan:

L_0 : Panjang Gelombang Laut Dalam (m)

T : Periode (dtk)

4. Jarak antara muka air rata-rata dan dasar laut (d) atau kedalaman laut. Ketiga parameter tersebut digunakan untuk menentukan parameter gelombang lainnya, seperti:
- Kemiringan gelombang (*wave steepness*): H/L
 - Ketinggian relatif (*relative height*) = H/d
 - Kedalaman relatif (*relative depth*) = d/L
5. Parameter penting lainnya seperti:
- Amplitudo gelombang (A), biasanya diambil setengah tinggi gelombang ($\frac{H}{2}$)
 - Periode gelombang (T), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara 2 puncak gelombang (*wave crest*).
 - Frekuensi (f), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap perdetik. Frekuensi berbanding terbalik dengan periode, $f = \frac{1}{T}$. Satu periode gelombang dapat juga dinyatakan dalam ukuran sudut (Θ) = 2π .

1.7 Persamaan Gelombang

Menurut (Triatmodjo, 1999), teori gelombang amplitudo kecil dapat diturunkan dari *persamaan kontinuitas* untuk aliran tak rotasi (*Persamaan Laplace*) yaitu :

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \quad (3)$$

dengan :

$$u = \frac{\partial \phi}{\partial x} \quad \text{dan} \quad v = \frac{\partial \phi}{\partial y}$$

Kondisi batas di dasar laut dari persamaan tersebut adalah kecepatan vertikal nol.

$$v = \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0 \quad \text{di } y = -d \quad (4)$$

Kondisi batas pada permukaan diperoleh dari persamaan *Bernoulli* untuk aliran tak mantap.

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{1}{2}(u^2 + v^2) + gy + \frac{p}{\rho} = 0 \quad (5)$$

Dengan :

g : percepatan gravitasi (m/det²)

p : tekanan (Kg/cm²)

ρ : rapat massa zat cair (Kg/m³)

Apabila persamaan (3) dilinierkan dengan mengabaikan u^2 dan v^2 , dan pada permukaan $y = \eta$, serta mengambil tekanan di permukaan adalah nol (tekanan atmosfer), maka persamaan *Bernoulli* menjadi :

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \Big|_{y=\eta}$$

Dengan menganggap bahwa gelombang adalah kecil terhadap kedalaman, maka kondisi batas di $y = 0$ adalah kira-kira sama dengan di $y = \eta$. Dengan anggapan tersebut maka kondisi batas pada permukaan adalah :

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \Big|_{y=0} \quad (6)$$

Persamaan yang diselesaikan adalah sebagai berikut :

1. Persamaan *Laplace* :

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0$$

2. Kondisi batas persamaan tersebut adalah :

$$v = \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0 \quad \text{di } y = -d$$

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \Big|_{y=0}$$

Persamaan tersebut diselesaikan untuk mendapatkan nilai φ . Berdasarkan nilai φ yang diperoleh tersebut, sifat-sifat gelombang seperti fluktuasi muka air, kecepatan rambat gelombang, kecepatan partikel, dan sebagainya dapat diturunkan. Penyelesaian *persamaan diferensial* tersebut memberikan hasil berikut ini.

$$\varphi = \frac{ag}{\sigma} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) \quad (7)$$

Dengan:

φ : potensial kecepatan

g : percepatan gravitasi

σ : frekuensi gelombang

k : angka gelombang

d : kedalaman laut

y : jarak vertikal suatu titik yang ditinjau terhadap muka air diam

x : jarak horizontal

t : waktu

1.8 Kecepatan Rambat dan Panjang Gelombang

Komponen vertikal kecepatan partikel pada permukaan air v adalah $v = \frac{\partial \eta}{\partial t}$, dimana η diberikan oleh persamaan (6), sehingga :

$$v = \frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \left(-\frac{1}{g} \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right) = -\frac{1}{g} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} \quad (8)$$

Karena $v = \partial y / \partial t$, maka persamaan (8) dapat ditulis:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{1}{g} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} \quad (9)$$

Apabila nilai φ dari persamaan (7) disubstitusikan ke dalam persamaan (9), maka akhirnya didapat :

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{ag}{\sigma} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) \right] &= -\frac{1}{g} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left[\frac{ag}{\sigma} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) \right] \\ \frac{ag}{\sigma} k \frac{\sinh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) &= -\frac{1}{g} \frac{ag}{\sigma} (-\sigma^2) \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) \\ \frac{agk}{\sigma} \frac{\sinh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) &= a\sigma \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) \end{aligned} \quad (10)$$

Untuk gelombang amplitudo kecil, nilai y di permukaan adalah sama dengan di muka air diam, sehingga $y = 0$; dan persamaan di atas menjadi :

$$\sigma^2 = gk \tanh(kd) \quad (11)$$

Oleh karena $\sigma = kC$, maka persamaan (11) menjadi :

$$C^2 = \frac{g}{k} \tanh(kd) \quad (12)$$

Jika nilai $k = 2\pi/L$ disubstitusikan ke dalam persamaan (12), didapat :

$$C^2 = \frac{gL}{2\pi} \tanh(kd) \quad (13)$$

Persamaan (13) menunjukkan laju penjalaran gelombang sebagai fungsi kedalaman air (d) dan panjang gelombang (L). Jika nilai $k = \sigma/C = (2\pi/T)/C$ disubstitusikan ke dalam persamaan (12), akan didapat nilai C sebagai fungsi T dan d .

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (14)$$

Dengan memasukkan nilai $k = 2\pi/L$ dan $C = L/T$ ke dalam persamaan (14) akan diperoleh panjang gelombang sebagai fungsi kedalaman.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (15)$$

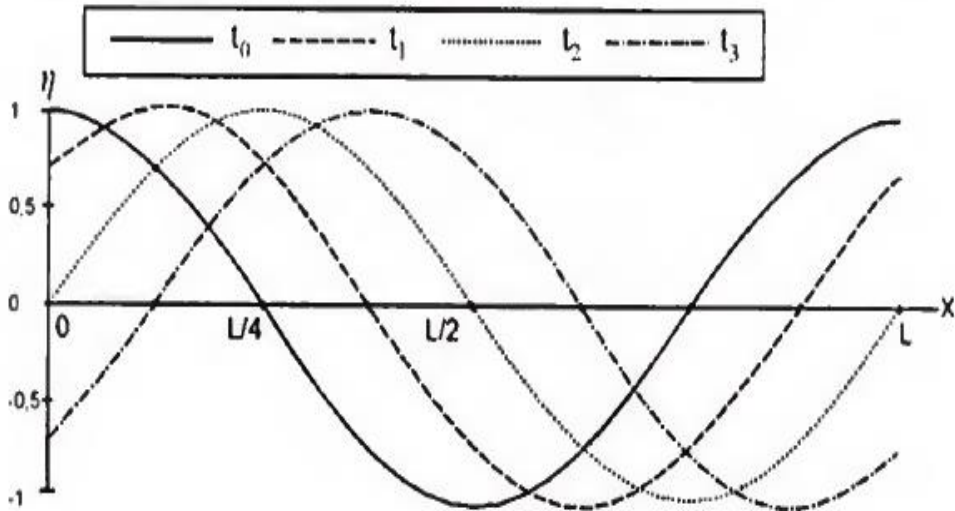
Jika kedalaman air dan periode gelombang diketahui, maka dengan cara iterasi atau coba banding maka akan didapatkan nilai panjang gelombang L .

1.9 Fluktuasi Muka Air

Profil atau fluktuasi muka air gelombang mencakup berbagai aspek diantaranya adalah tinggi muka air, kedalaman dan kecepatan aliran. Gelombang yang menjalar menuju pantai mengalami perubahan bentuk termasuk gelombang pecah yang dipengaruhi oleh kedalaman laut dan kemiringan gelombang. Selain itu, fenomena seperti wave set-up dan wave set-down juga berkontribusi pada fluktuasi muka air di daerah pantai. Profil muka air dapat dihitung dengan Persamaan 16.

$$\eta = a \cos (kx - \sigma t) \quad (16)$$

Rumus di atas menunjukkan bahwa fluktuasi muka air adalah periodik terhadap x dan t , dan merupakan gelombang *sinusoidal* dan *progresif* menjalar dalam arah x positif. Gambar 2 adalah bentuk dari persamaan (16) untuk 4 nilai t yaitu $t_0 = 0$, $t_1 = T/8$, $t_2 = T/4$, $t_3 = 3T/8$; dengan T adalah periode gelombang. Penjalaran tersebut terlihat dengan bergesernya puncak gelombang, sementara partikel air tetap pada posisi yang sama dan hanya bergerak naik-turun.



Gambar 2. Profil muka air karena adanya gelombang

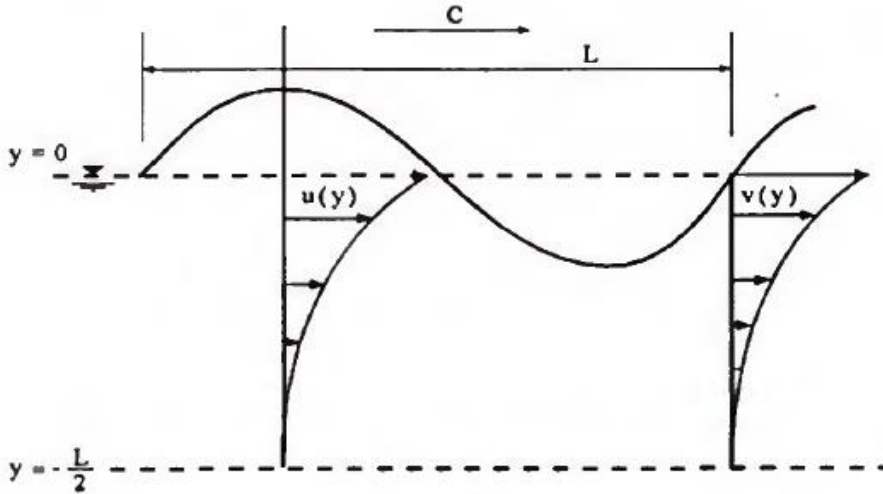
1.10 Kecepatan dan Percepatan Partikel Zat Cair

Mempelajari gaya gelombang perlu diketahui kecepatan dan percepatan partikel untuk berbagai kedalaman dan waktu (y dan t). Komponen horizontal dan vertikal kecepatan partikel air (dan v) adalah:

$$u = \left(\frac{\pi H}{T} \right) \frac{\cosh k(d + y)}{\sinh kd} \cosh(kx - \sigma t) \quad (17)$$

$$v = \left(\frac{\pi H}{T} \right) \frac{\sinh k(d + y)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma t) \quad (18)$$

Persamaan (20) dan (21) menunjukkan komponen kecepatan orbit partikel zat cair di dalam gelombang pada kedalaman y yang harmonik terhadap x dan t . Untuk nilai $\theta = (kx - \sigma t)$ tertentu, fungsi *hiperbolik* (*cosh* dan *sinh*) berkurang secara *eksponensial* dengan bertambahnya nilai y , yang menyebabkan komponen kecepatan berkurang dengan bertambahnya kedalaman. Gambar 3 menunjukkan pengurangan komponen kecepatan untuk nilai θ tertentu.



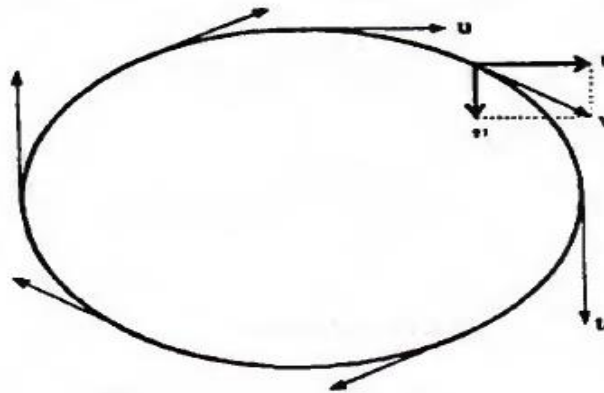
Gambar 3. Distribusi kecepatan partikel pada kedalaman (Triatmodjo, 1999)

Komponen horizontal dan vertikal percepatan partikel zat cair (a_x dan a_y) adalah:

$$a_x = \left(\frac{2\pi^2 H}{T^2} \right) \frac{\cosh k(d + y)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma t) \quad (19)$$

$$a_y = \frac{\partial v}{\partial t} = - \left(\frac{2\pi^2 H}{T^2} \right) \frac{\sinh k(d + y)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t) \quad (20)$$

Gambar 4 adalah perubahan kecepatan (percepatan) horizontal dan vertikal untuk beberapa waktu t dan pada kedalaman $y = 0,0 \text{ m}$.



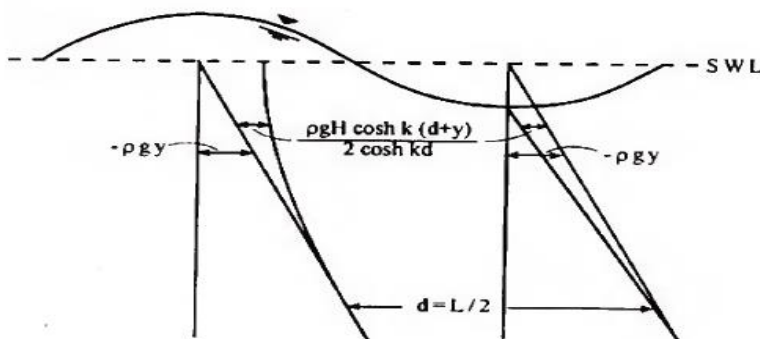
Gambar 4. Kecepatan gerak partikel (Triatmodjo, 1999)

1.11 Tekanan Gelombang

Tekanan yang disebabkan oleh gelombang adalah gabungan dari tekanan hidrostatik dan tekanan dinamis yang bisa dihitung dengan rumus :

$$p = -\rho g y + \left(\frac{\rho g H}{2} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \cos(kx - \sigma t) \quad (21)$$

Pada ruas kanan suku pertama dari persamaan (21) adalah tekanan hidrostatik dan suku berikutnya adalah tekanan dinamis yang disebabkan oleh percepatan partikel.



Gambar 5 memperlihatkan bentuk tekanan yang ditimbulkan oleh gelombang.

Gambar 5. Distribusi tekanan vertikal gelombang di laut dalam (Triatmodjo, 1999)

1.12 Klasifikasi Gelombang menurut Kedalaman Relatif

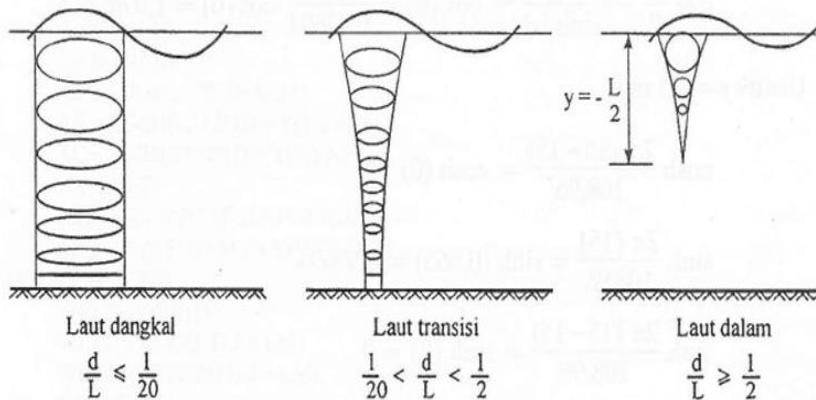
Berdasarkan kedalaman relatif tempat gelombang bergerak, gelombang dapat dibagi menjadi tiga kategori: gelombang laut dangkal, gelombang laut transisi, dan gelombang laut dalam. Pembagian ini ditentukan oleh rasio antara kedalaman dan panjang gelombang (d/L).

Tabel 1. Batasan gelombang air dangkal, transisi dan dalam.

Kategori Gelombang	d/L	$2\pi d/L$	$\tanh(2\pi d/L)$
Laut Dalam	$> 0,5$	$> \pi$	≈ 1
Laut Transisi	$0,05 - 0,5$	$0,25 - \pi$	$\tanh(2\pi d/L)$
Laut Dangkal	$< 0,05$	$< 0,25$	$2\pi d/L$

Sumber: Perencanaan Bangunan Pantai (Triatmodjo, 2012)

Saat gelombang bergerak dari laut dalam menuju laut dangkal, partikel-partikel air yang membentuk gelombang mengalami perubahan bentuk selama penjalaran. Gambar berikut menggambarkan bentuk partikel air yang terdapat dalam gelombang saat bergerak dari laut dalam menuju laut dangkal.



Gambar 6. Gerak orbit partikel zat cair di laut dangkal, transisi dan dalam (Triatmodjo, 2010)

1.13 Gelombang Berdiri Parsial

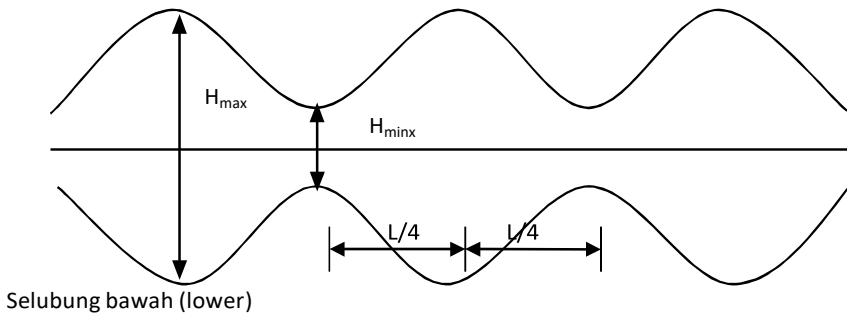
Ketika gelombang yang bergerak melewati suatu penghalang, gelombang tersebut akan dipantulkan kembali oleh penghalang tersebut. Jika pemantulan terjadi secara sempurna, di mana seluruh gelombang yang datang dipantulkan kembali, maka tinggi gelombang di depan penghalang akan kurang dari dua kali tinggi gelombang yang datang, dan keadaan ini disebut gelombang berdiri parsial. Salah satu contoh gelombang parsial adalah ketika gelombang yang mengenai pantai atau pemecah gelombang (breakwater) mengalami pemantulan energi yang tidak sempurna.

Jika sebuah gelombang yang mengalami pemantulan tidak sempurna mengenai suatu penghalang, maka tinggi gelombang datang (H_i) akan lebih besar

dibandingkan dengan tinggi gelombang yang dipantulkan (H_r). Periode gelombang yang datang dan yang dipantulkan adalah sama, sehingga panjang gelombangnya juga akan sama (Dean dan Dalrymple, 2000).

Akibat dari pemantulan yang tidak sempurna, tidak terdapat node yang sebenarnya pada profil gelombang tersebut. Profil gelombang untuk gelombang berdiri parsial ini dapat dilihat pada Gambar 7.

Selubung atas (upper envelope)



Gambar 7. Profil Gelombang Berdiri Parsial (Triatmodjo, 1999)

Untuk memisahkan antara tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang yang direfleksikan, dapat dituliskan dalam bentuk berbeda seperti berikut:

$$h_r = \frac{H_i}{2} (\cos kx \cdot \cos St + \sin kx \cdot \sin St) + \frac{H_r}{2} \left(\cos(kx + e) \cos St \sin \frac{kx}{e} \sin St \right) \quad (22)$$

$$h_r = \left(\frac{H_i}{2} \cos kx + \frac{H_r}{2} \cos(kx + e) \right) \cos St + \left(\frac{H_i}{2} \sin kx - \frac{H_r}{2} \sin(kx + e) \right) \sin St \quad (23)$$

Dengan menganalisis persamaan (22) dan (23), diperoleh elevasi maksimum dan minimum muka air untuk gelombang berdiri sebagian sebagai berikut (Paotonan. C, 2006):

$$H_i = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \quad (24)$$

$$H_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{2} \quad (25)$$

Ketika gelombang mengenai suatu penghalang, sebagian dari gelombang tersebut akan ditransmisikan. Gelombang yang berhasil melewati penghalang akan mengalami fenomena yang serupa dengan saat bertabrakan dengan penghalang. Jika gelombang yang ditransmisikan terhalang oleh suatu penghalang, maka tinggi gelombang transmisi (H_t) dapat dihitung menggunakan rumus:

$$H_{tmax} = \frac{H_i + H_r}{2} \quad (26)$$

$$H_{tmin} = \frac{H_i + H_r}{2} \quad (27)$$

$$H_t = \frac{(H_{max})t + (H_{min})t}{2} \quad (28)$$

Dengan: H_t = Tinggi gelombang transmisi (m)

Oleh karena itu, dalam eksperimen di laboratorium, pengukuran dilakukan di beberapa titik, baik di depan model maupun dibelakang model untuk menentukan tinggi gelombang maksimum dan minimum. Selanjutnya, dengan memanfaatkan persamaan (25) hingga (27), tinggi gelombang datang, refleksi dan transmisi dapat dihitung.

1.14 Bangunan Pantai

Bangunan pantai merupakan infrastruktur penting yang dibangun di garis pantai untuk melindungi daratan dari erosi, banjir, dan dampak gelombang laut. Erosi pantai dapat menyebabkan kerugian yang signifikan, termasuk kerusakan pada daerah pemukiman dan fasilitas umum. Salah satu cara untuk mengatasi erosi pantai adalah dengan menggunakan struktur pelindung pantai yang berfungsi untuk meredam energi gelombang di lokasi tertentu. Namun, banyak penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan material batu alam untuk struktur pelindung pantai cenderung tidak ramah lingkungan dan menjadi tidak ekonomis, terutama di daerah pantai yang kesulitan mendapatkan material tersebut. Berikut cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai:

1. Memperkuat pantai atau melindungi pantai agar mampu menahan kerusakan karena serangan gelombang.
2. Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai.
3. Reklamasi dengan menambah suplai sedimen ke pantai.

Perlindungan dari kerusakan pantai sangat penting dan dapat dilakukan melalui metode alami maupun dengan membangun struktur pelindung pantai. Bangunan pelindung pantai diklasifikasikan dalam tiga macam kelompok, yaitu:

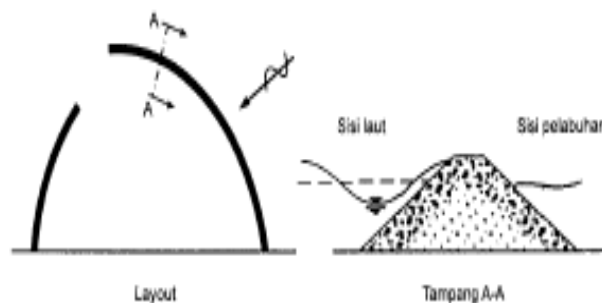
1. Konstruksi yang dibangun di pantai dan sejajar dengan garis pantai. Yang termasuk dalam kelompok ini adalah dinding pantai (*revetment*).
2. Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan menyambung ke pantai. Yang termasuk kelompok ini adalah *groin* dan *jetty*.
3. Konstruksi yang dibangun lepas pantai dan kira-kira sejajar dengan garis pantai. Yang termasuk kelompok ini yaitu pemecah gelombang (*breakwater*).

1.15 Pemecah Gelombang

1.15.1 Pengertian Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang atau dikenal juga sebagai pemecah ombak atau bahasa Inggris *breakwater* adalah prasanana yang dibangun untuk memecahkan ombak/gelombang, dengan menyerap sebagian energi gelombang. Pemecah gelombang harus didesain sedemikian rupa sehingga arus laut tidak menyebabkan pendangkalan karena pasir yang ikut dalam arus mengendap di kolam pelabuhan (Rabung et al., 2017). Bila hal ini terjadi maka pelabuhan perlu dikeruk secara reguler. Perlindungan oleh pemecah gelombang terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di sisi dalam perairan pelabuhan yang dilindungi di belakang bangunan yang biasa disebut *leeward side* (Mandi, 2015).

Pemecah gelombang adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang. Bangunan ini memisahkan daerah perairan dari laut bebas, sehingga perairan pelabuhan tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang besar di laut. Daerah perairan dihubungkan dengan laut oleh mulut pelabuhan dengan lebar tertentu, dan kapal ke luar / masuk pelabuhan melalui celah tersebut. Dengan adanya pemecah gelombang ini daerah perairan pelabuhan menjadi tenang dan kapal bisa melakukan bongkar muat barang dengan mudah (Triatmodjo, 2010).



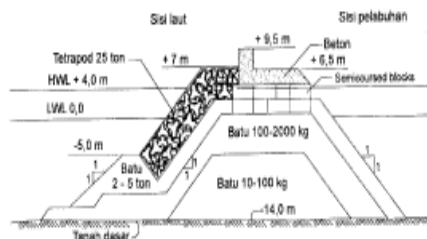
Gambar 8. Layout dan pemecah gelombang sisi miring (Triatmodjo, 2010)

Tujuan utama membangun pemecah gelombang adalah untuk melindungi kolam pelabuhan terhadap gangguan gelombang. Pemecah gelombang harus mampu menahan gaya-gaya gelombang yang bekerja (Triatmodjo, 2010)

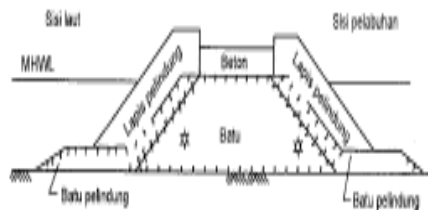
1.15.2 Tipe Pemecah Gelombang

Menurut Triatmodjo (2010), pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu:

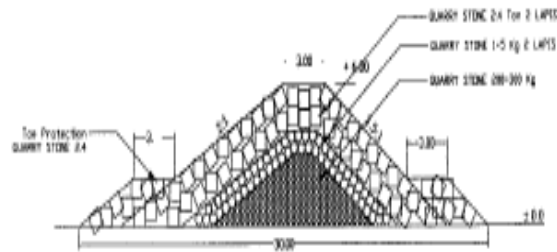
- a. Pemecah gelombang dengan sisi miring; termasuk dalam kelompok pemecah gelombang dengan sisi miring adalah pemecah gelombang dari tumpukan batu alam, blok beton, gabungan antara batu pecah dan blok beton, batu buatan dari beton dengan bentuk khusus seperti tetrapod, quadripods, tribars, dolos dan sebagainya. Bagian atas pemecah gelombang biasanya juga dilengkapi dinding beton yang berfungsi menahan limpasan air di atas bangunan.



Gambar 9. Pemecah gelombang sisi miring

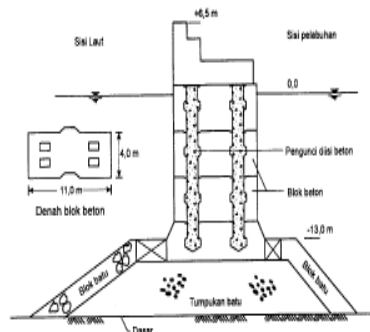


Gambar 10. Pemecah gelombang dengan lapis lindung *tetrapod*

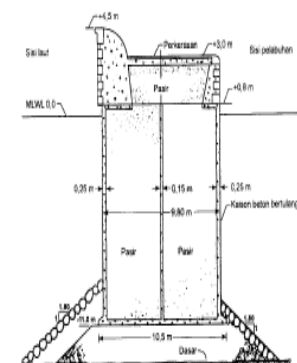


Gambar 11. Pemecah gelombang dengan lapis pelindung blok beton

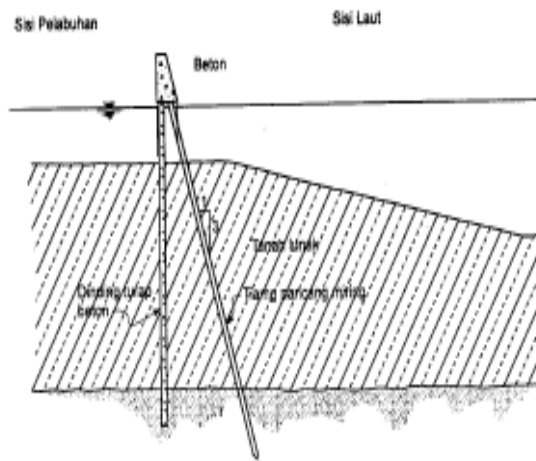
- b. Pemecah gelombang dengan sisi tegak; termasuk dalam tipe ini adalah dinding blok beton massa yang disusun secara vertikal, kaisan beton, sel turap baja yang di dalamnya diisi batu, dinding turap baja dan sebagainya.



Gambar 12. Pemecah gelombang sisi tegak dari blok beton

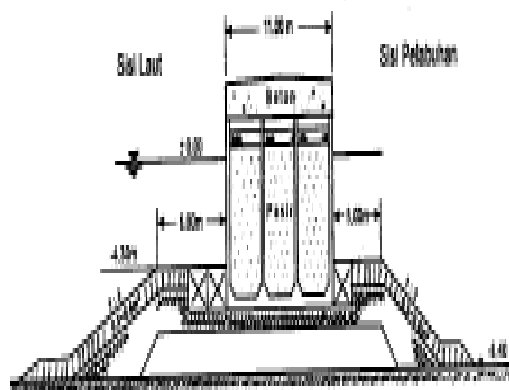


Gambar 13. Pemecah gelombang sisi tegak dari *kaisan*



Gambar 14. Pemecah gelombang dari turap

- c. Pemecah gelombang campuran; tipe ini merupakan gabungan dari tipe pertama dan kedua dimana pembuatan pemecah gelombang sisi miring dan sisi tegak tidak ekonomis pada kedalaman air yang besar.



Gambar 15. Pemecah gelombang campuran

Keuntungan dan kerugian dari ketiga tipe pemecah gelombang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Keuntungan dan kerugian tipe pemecah gelombang

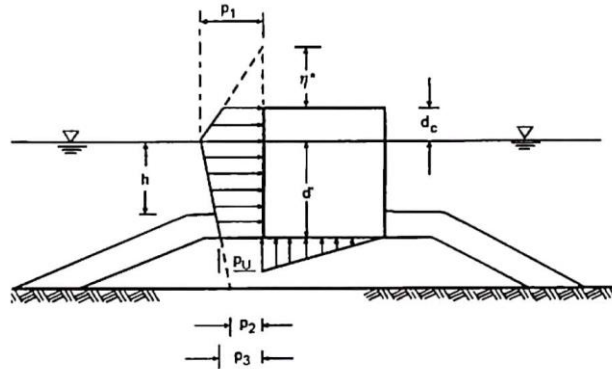
Tipe	Keuntungan	Kerugian
Pemecah Gelombang Sisi Miring	Elevasi puncak bangunan rendah Gelombang refleksi kecil Kerusakan berangsur-angsur Perbaikan mudah Murah	Dibutuhkan jumlah material besar Pelaksanaan pekerjaan lama Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan besar Lebar dasar besar
Pemecah Gelombang Sisi Tegak	Pelaksanaan pekerjaan cepat Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil Luas perairan pelabuhan lebih besar Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga Biaya perawatan kecil	Mahal Elevasi puncak bangunan tinggi Tekanan gelombang besar Kesulitan saat perbaikan Diperlukan peralatan berat Erosi pada kaki pondasi
Pemecah Gelombang Campuran	Pelaksanaan pekerjaan cepat Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil Luas perairan pelabuhan besar	Mahal Diperlukan peralatan berat

Sumber : Perencanaan Pelabuhan (Triatmodjo, 2010)

1.16 Gaya Gelombang pada Dinding Vertikal

Gelombang yang datang secara tegak lurus ke dinding vertikal akan menghasilkan gaya-gaya yang besarnya bergantung pada karakteristik gelombang tersebut. Jika tinggi gelombang yang datang tidak terlalu besar, gelombang itu akan dipantulkan oleh dinding dan membentuk gelombang berdiri (standing wave, clapotis) di depan struktur tersebut. Tekanan gelombang akan bervariasi seiring dengan fluktuasi permukaan air. Namun, jika tinggi gelombang cukup besar sehingga pecah saat mengenai dinding vertikal, akan timbul tekanan kejut akibat hempasan massa air yang menghantam dinding. Kedua kondisi gelombang ini menghasilkan tekanan yang berbeda pada bangunan (Triatmodjo, 1999).

Goda (1985) memberikan rumus untuk menghitung tekanan gelombang pada dinding vertikal. Rumus ini dapat digunakan dalam untuk berbagai kondisi gelombang. Distribusi tekanan gelombang yang diberikan oleh rumus Goda yang berbentuk trapesium akan dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 16. Tekanan gelombang pada pemecah gelombang sisi tegak

Beberapa notasi dalam Gambar 16 adalah:

d : kedalaman air di depan pemecah gelombang

h : kedalaman di atas lapis pelindung dari fondasi tumpukan batu

d' : jarak dari elevasi muka air rencana ke dasar tampang sisi tegak

d_c : jarak dari 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 dinding vertikal

p_u : tekanan ke atas pada dasar dinding vertikal

Tekanan gelombang pada permukaan dinding vertikal diberikan oleh rumus-rumus berikut ini:

$$p_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) (\alpha_1 + \alpha_2 \times \cos^2 \beta) \gamma_o H_{max} \quad (29)$$

$$p_2 = \frac{p_1}{\cosh(2\pi d/L)} \quad (30)$$

$$p_3 = a_3 p_1 \quad (31)$$

dengan:

$$a_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right\}^2 \quad (32)$$

$$a_2 = \min \left\{ \frac{d_{bw} - h}{3d_{bw}} \left(\frac{H_{max}}{1} \right)^2 \frac{2d}{H_{max}} \right\} \quad (33)$$

$$a_3 = 1 - \frac{d'}{d} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh \frac{2\pi d}{L}} \right\} \quad (34)$$

Dimana:

d_{bw} : kedalaman air di lokasi yang berjarak $5H_s$ ke arah laut dari pemecah gelombang

β : sudut antara arah gelombang datang dan garis tegak lurus pemecah gelombang, yang biasanya diambil 15° .

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

$$\eta^* = 0,75(1 + \cos \beta)H_{max} \quad (35)$$

Di dalam rumus Goda tersebut digunakan tinggi gelombang rencana yang nilainya adalah $H_{max} = 1,8 H_s$ dan periode gelombang maksimum adalah sama dengan periode gelombang signifikan. Tekanan apung dihitung berdasarkan berat air laut yang dipindahkan oleh pemecah gelombang. Sedang tekanan ke atas yang bekerja pada dasar pemecah gelombang mempunyai bentuk (distribusi) segitiga, dengan tekanan p_u pada kaki depan bangunan dan nol pada kaki belakang bangunan. Tekanan ke atas dihitung dengan rumus berikut:

$$p_u = \frac{1}{2}(1 + \cos \beta)a_1a_3\gamma_oH_{max} \quad (36)$$

1.17 Model Fisik dan Analisis Dimensi

1.17.1 Model Fisik

Studi laboratorium pada umumnya dinamakan model fisik karena menggunakan reproduksi miniatur dari sebuah sistem fisik. Selain model fisik, ada juga model numerik yaitu representasi matematis dari sebuah sistem fisik (Ajiwibowo, 2012). Skala dasar untuk sembarang model fisik adalah skala geometris yaitu nisbah antara dimensi panjang dalam model dan prototipe. Pemilihan skala geometris tergantung pada sistem fluida yang akan diteliti dan bergantung pada ketersediaan ruang di laboratorium untuk membuat model. Selain itu persyaratan kesamaan dinamis dapat dipakai untuk menentukan skala model yang lain. Hal ini diperlukan untuk mendapatkan model yang memenuhi kesetaraan

dinamis sehingga pengukuran yang dilakukan pada model dapat digunakan untuk menentukan harga-harga dalam prototipe.

Untuk memenuhi kesetaraan dinamis (*Dynamic Similarity*) disyaratkan menggunakan hukum model gravitasi bahwa di dalam model, sebagaimana pada prototipe, tetap terjadi aliran air yang kendalikan oleh gaya-gaya gravitasi dan inersia. Akar dari perbandingan antara gaya inersia dan gaya berat disebut *angka Froude*, $F_r^2 = \frac{F_I}{F_G} = \frac{\rho V^2 L^2}{\rho L^3 g} = \frac{V^2}{gL}$ atau

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gL}} \quad (37)$$

Dimana :

Fr = bilangan Froude tidak berdimensi

V = kecepatan zat cair (m/det)

L = panjang karakteristik misalnya kedalaman (m)

g = percepatan gravitasi (m/det²)

Agar model dan prototipe serupa, maka bilangan *Froude* pada prototipe harus sama dengan model :

$$Fr_m = Fr_p$$

$$\frac{V_m}{\sqrt{L_m g}} = \frac{V_p}{\sqrt{L_p g}}$$

$$\frac{V_p^2}{V_m^2} = \frac{L_p}{L_m}$$

Jika skala kecepatan $V_r = V_p / V_m$ dan skala panjang $L_r = L_p / L_m$ maka berlaku hubungan $V_r^2 = L_r$ atau $V_r = L_r^{1/2}$. Dengan mengambil λ sebagai faktor skala panjang, maka :

$$\text{Skala Panjang, } L_r = \frac{L_p}{L_m} = \lambda$$

$$\text{Skala Kecepatan, } V_r = \frac{V_p}{V_m} = \sqrt{\frac{L_p}{L_m}} = \sqrt{\lambda}$$

$$\text{Skala waktu, } T_r = \frac{L_r}{V_r} = \frac{\lambda}{\sqrt{\lambda}} = \sqrt{\lambda}$$

$$\text{Skala gaya, } F_r = \frac{V_p L_p^3}{V_m L_m^3} = \lambda^3$$

$$\text{Skala percepatan, } a_r = \frac{g_p}{g_m} = 1$$

1.17.2 Analisis Dimensi

Konsep dasar analisa dimensi adalah menyederhanakan jumlah variabel terpisah yang tercakup dalam suatu sistem fisik tertentu menjadi grup variabel tak berdimensi dengan jumlah yang lebih kecil. Susunan grup variabel dipilih sedemikian rupa sehingga masing-masing grup menggambarkan karakteristik fisik yang signifikan (Ajiwibowo, 2012). Variabel dapat dibedakan berdasarkan dimensinya menjadi:

1. Geometrik dengan dimensi L .
2. Kinematik dengan dimensi L, T
3. Dinamik dengan dimensi M, L, T
4. Variabel tak berdimensi

Teori analisa dimensi adalah murni matematika dimensi dan kuantitas yang terdiri dari metode pembentukan variabel-variabel yang signifikan ke dalam grup yang tak berdimensi. Dalam tulisan ini, teori analisa dimensi yang digunakan adalah *Metoda Buckingham*. Metode ini menyatakan bahwa kuantitas fisik sejumlah n dengan dimensi dasar r secara umum dapat disusun menjadi hanya $(n - r)$ grup dimensi independen yang dikenal dengan nisbah (*ratio*) π .

Penggunaan *theorem* π *Buckingham* perlu diperhatikan urutan langkah sebagai berikut:

1. Mereduksi data
 - a. Buat daftar semua variabel fisik yang terkait dalam suatu sistem berdasarkan tipenya.
 - b. Pilih semua dimensi yang dipakai, FLT atau MLT
 - c. Pilih kelompok dasar dari karakteristik variabel aliran sebagai berikut:
 - a) B_G , variabel geometris
 - b) B_K , variabel kinematis
 - c) B_D , variabel dinamis
 - d. Selebihnya dari ketiga dimensi tersebut dipakai lambang "A" dimulai dari A_1 .
2. Turunkan nisbah π
Tuliskan persamaan dasar untuk masing-masing nisbah π , jumlah nisbah π sama dengan jumlah A.

$$\pi_1 = (B_G)^{x_1} (B_K)^{y_1} (B_D)^{z_1} (A_1)$$

$$\pi_2 = (B_G)^{x_2} (B_K)^{y_2} (B_D)^{z_2} (A_2)$$

$$\pi_n = (B_G)^{x_n} (B_K)^{y_n} (B_D)^{z_n} (A_n)$$

Eksponen pada persamaan di atas bisa disetarakan dengan menulis persamaan dimensi dan memberi harga eksponen x, y, z untuk tiap-tiap nisbah π .

3. Nisbah π dikonversikan dalam bentuk praktis.
Teori Buckingham π menyatakan bahwa sembarang nisbah π dapat dinyatakan sebagai fungsi nisbah π lainnya.

$$f(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n) = 0$$

Persamaan di atas merupakan penyederhanaan dari pernyataan fungsional, yang dapat ditulis dalam bentuk lain yaitu :

$$\pi_2 = f(\pi_1, \pi_3, \dots, \pi_n)$$

Persamaan ini menyatakan bahwa π_2 merupakan suatu fungsi dari π_1, π_3 sampai π_n tetapi belum menyatakan bentuk fungsinya. Bentuk fungsinya hanya dapat ditentukan berdasarkan analisis eksperimental.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidrolika Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan waktu rencana penelitian 2 bulan.



Gambar 17. Lokasi Penelitian (Sumber: Google Earth)

2.2 Bahan dan Alat

2.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan adalah material untuk merakit atau membuat model fisik yang akan diuji terdiri dari:

1. Lembaran akrilik bening dengan tebal 8 mm.
2. Lem silikon tube.
3. Rel dan roda
4. Sekrup
5. Pegas dan penyangga
6. Beban dengan berat bervariasi 0,5 Kg, 1 Kg dan 2 Kg
7. Tali untuk mengikat beban

2.2.2 Alat yang Digunakan

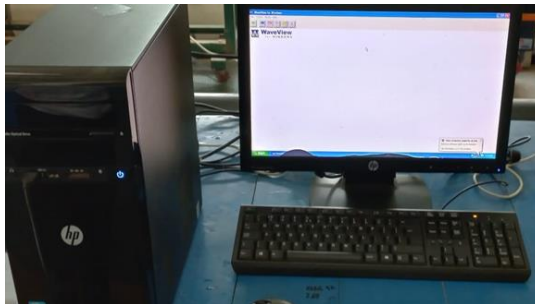
Peralatan yang digunakan sebagian besar adalah fasilitas laboratorium yang akan dipaparkan sebagai berikut:

1. Saluran pembangkit gelombang (*wave tilting flume*) dengan panjang 15 m, lebar 0,3 m dan tinggi 0,45 m. Flume ini dilengkapi dengan bak penampungan air panel kontrol, unit pembangkit gelombang, peredam dan bak penampungan air.



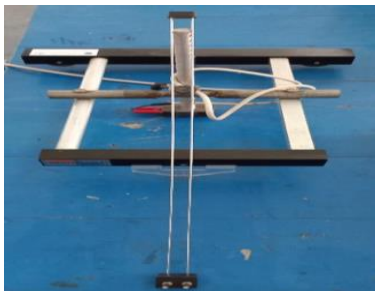
Gambar 18. Saluran pembangkit gelombang (*Armfield S6 MKII tilting flume*)

2. Komputer yang telah dilengkapi dengan *software oscilloscope*.



Gambar 19. *Unit Personal Computer dan Software oscilloscope.*

3. Batang sensor wave probe yang digunakan untuk mendeteksi sinyal mekanik, seperti fluktuasi permukaan air yang bergerak naik turun. Prinsip kerjanya melibatkan penangkapan sinyal dan mengubah nilai resistansi menjadi sinyal atau pulsa yang kemudian dikirim ke monitor gelombang.



Gambar 20. Set sensor wave probe dan penyangga.

4. Wave monitor digunakan untuk menampilkan sinyal analog yang diterima oleh batang sensor wave probe. Fungsi utamanya adalah untuk mengatur posisi sinyal agar berada di tengah atau pada posisi nol dalam software oscilloscope.



Gambar 21. Wave monitor dilengkapi dengan kabel penghubung.

5. Data acquisition yang berfungsi untuk mengumpulkan dan mengkonversi sinyal mekanik menjadi sinyal listrik sehingga dapat diproses oleh *software oscilloscope*.



Gambar 22. Data acquisition.

6. Stopwatch untuk mengukur periode gelombang secara manual.
7. Alat tulis dan alat pertukangan.
8. Kamera untuk dokumentasi foto dan video.

2.3 Metode dan Rancangan Penelitian

Jenis Penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental, dimana kondisi-kondisi diatur dan dibuat oleh peneliti berdasarkan literatur-literatur terkait. Tujuan utamanya adalah untuk menyelidiki hubungan antara variabel atau parameter serta mengetahui seberapa besar pengaruhnya. Penelitian ini dilakukan dengan cara memberikan perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental.

Pada penelitian ini digunakan dua sumber data, yaitu:

1. Data Primer, data yang dikumpulkan secara langsung dari simulasi model fisik yang dilakukan di laboratorium.

2. Data Sekunder, data yang diperoleh dari sumber-sumber seperti literatur dan hasil penelitian yang sudah ada. Ini termasuk data yang dikumpulkan di laboratorium maupun di tempat lain yang relevan dengan model bangunan pantai yang akan diuji.

Sebelum melakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan perancangan model berdasarkan variabel yang akan diteliti dengan uraian sebagai berikut:

1. Studi literatur dan penelitian terdahulu tentang penggunaan saluran pembangkit gelombang digunakan sebagai dasar untuk merancang atau mendesain model uji. Penentuan skala model berdasarkan pertimbangan fasilitas dan alat yang ada di laboratorium serta mengikuti rancangan penelitian serupa, seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Skala model yang digunakan pada penelitian

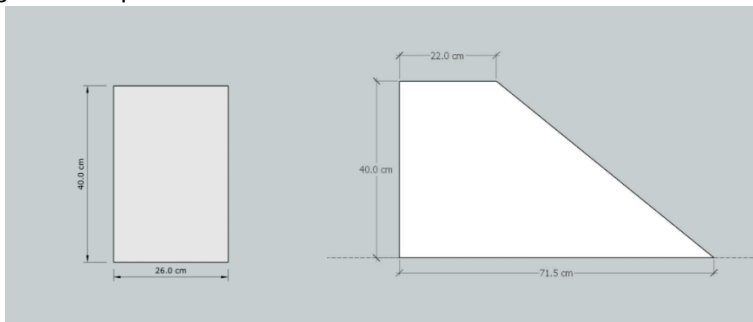
Variabel	Notasi	Skala
Skala panjang	n_L	20
Skala waktu	n_T	$\sqrt{20}$
Skala kecepatan	n_V	$\sqrt{20}$
Skala percepatan	n_a	1
Skala gaya	n_F	20^3

2. Penentuan parameter atau variabel yang dipakai terdiri dari variabel bebas/independen dan tak bebas/dependen dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Variasi parameter/variabel gelombang dan model uji

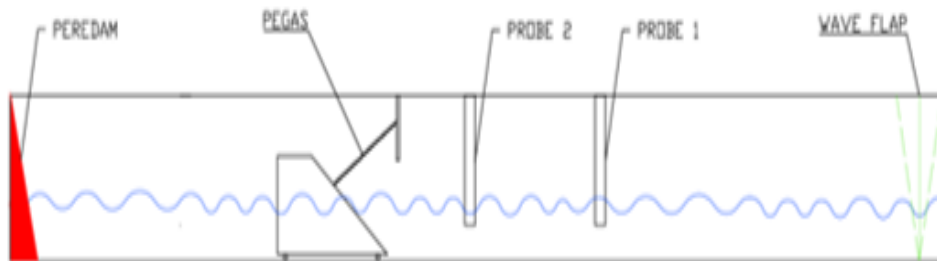
Jenis variasi	Jumlah variasi
Kemiringan model uji	tetap
Tinggi gelombang datang (H_i)	15 variasi
Periode gelombang (T)	5 variasi
Kedalaman air (d)	tetap
Skala stroke (St)	3 variasi
Berat model	tetap

3. Model yang digunakan adalah model breakwater sisi miring dengan sudut kemiringan 45° seperti Gambar 23.



Gambar 23. Tampak depan, samping dan isometri model breakwater sisi miring

4. Penempatan model breakwater dan alat perekam fluktuasi muka air pada saluran pembangkit gelombang diperlihatkan pada Gambar 24.



Gambar 24. Sketsa penempatan model dan alat perekam gelombang

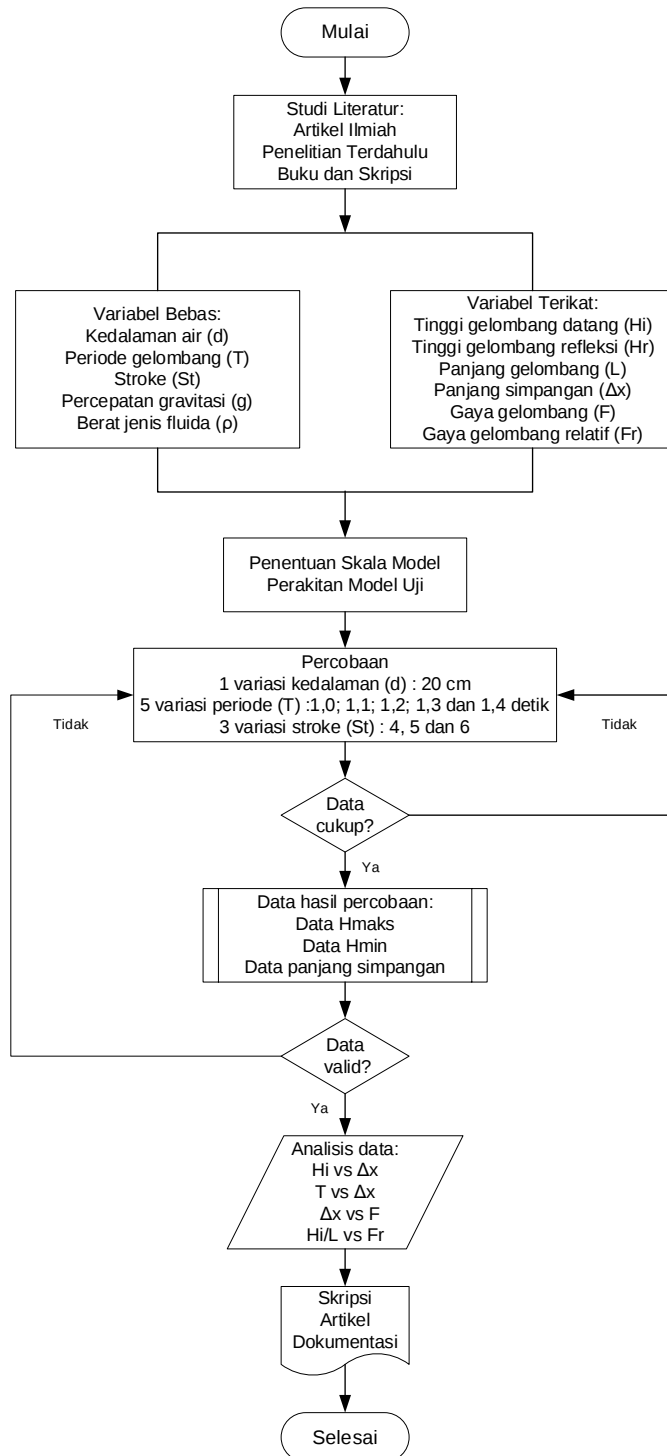
2.4 Pelaksanaan Penelitian

Secara garis besar, prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Model bangunan pantai dimasukkan dan diletakkan dengan cara direkatkan diatas rel menggunakan lem pada dasar flum. Jarak antara rel dengan pinggir flum adalah 2 cm.
2. Setelah cukup kuat menempel di dasar flum, kemudian mengatur probe sensor perekam gelombang.
3. Mengalirkan air dari bak penampungan sampai dengan kedalaman 20 cm.
4. Mengatur dan mempersiapkan software oscilloscope di komputer, serta mengatur pengaturan jumlah sampel, frekuensi, dan periode gelombang secara manual sesuai rencana yang telah ditetapkan.
5. Setelah semua persiapan selesai, aktifkan unit pembangkit gelombang melalui panel kontrol. Kegiatan merekam gelombang di software oscilloscope dilakukan ketika gelombang mulai menyentuh wave probe terakhir, yaitu wave probe 3.
6. Setelah selesai merekam sesuai dengan durasi yang ditentukan sebelumnya maka unit pembangkit gelombang dimatikan kemudian data hasil rekaman berupa data CSV dan Print Screen disimpan di komputer.

2.5 Parameter Pengamatan

Rangkuman penjelasan yang menjelaskan proses penelitian dari awal sampai akhir diringkas dalam bentuk diagram alir penelitian seperti terlihat pada Gambar 25.



Gambar 25. Bagan alir penelitian

