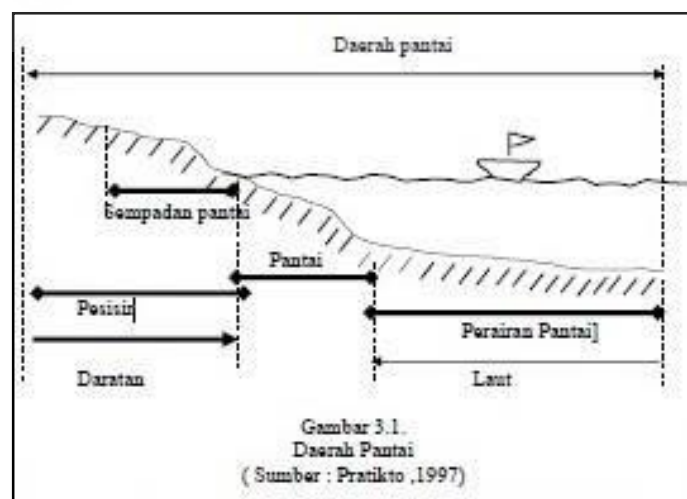


## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Pantai

Menurut (Triatmodjo,2012), ada dua istilah tentang kepantaian dalam Bahasa Indonesia yang sering rancu pemakaiannya, yaitu pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Penjelasan mengenai beberapa definisi tentang kepantaian ini dengan memperhatikan **Gambar 2.1**. Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedang pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi di bawahnya. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, di mana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Sempadan pantai adalah kawasan tertentu sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai. Kriteria sempadan pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya sesuai dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100 meter dari titik pasang tertinggi ke arah daratan.

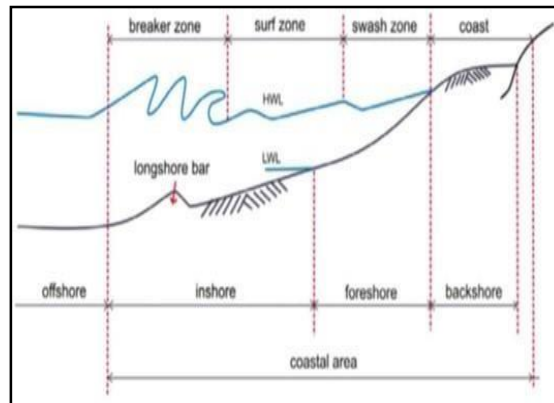


**Gambar 2.1** Definisi dan batasan pantai  
(Sumber : Triatmodjo,2012)

Secara alami pantai berfungsi sebagai :

- a) pembatas antara darat dan laut,
- b) tempat hidup biota pantai,
- c) tempat sungai bermuara,
- d) tempat saluran bermuara,
- e) tempat hunian nelayan,
- f) tempat wisata,
- g) tempat usaha dan
- h) tempat budidaya pantai.

Selain beberapa definisi yang telah disebutkan diatas, di dalam mempelajari teknik pantai juga perlu mengetahui beberapa definisi yang berkaitan dengan karakteristik gelombang di daerah sekitar pantai, seperti ditunjukkan dalam **Gambar 2.2** Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena pengaruh perubahan kedalaman laut. Berkurangnya kedalaman laut menyebabkan semakin berkurangnya panjang gelombang dan bertambahnya tinggi gelombang. Pada saat kemiringan gelombang (perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang) mencapai batas maksimum, gelombang akan pecah. Gelombang yang telah terpecah tersebut merambat terus ke arah pantai sampai akhirnya gelombang bergerak naik dan turun pada permukaan pantai (*uprush and downrush*). Garis gelombang pecah merupakan batas perubahan perilaku gelombang dan juga transport sedimen pantai. Daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut disebut dengan *offshore*, sedang daerah yang terbentang ke arah pantai dari garis gelombang pecah dibedakan menjadi 3 daerah yaitu *breaker zone*, *surf zone* dan *swash zone*. Daerah gelombang pecah (*breaker zone*) adalah daerah dimana gelombang yang datang dari laut (lepas pantai) mencapai ketidakstabilan dan pecah. Di pantai yang landai gelombang pecah bisa terjadi dua kali. *Surf zone* adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah dan batas naik-turunnya gelombang di pantai. Pantai yang landau mempunyai *surf zone* yang lebar. *Swash zone* adalah daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.



**Gambar 2.2** Definisi dan karakteristik gelombang di daerah pantai  
(Sumber : *Triatmodjo, 2012*)

Ditinjau dari profil pantai, daerah ke arah pantai dari garis gelombang pecah dibagi menjadi tiga daerah yaitu *inshore*, *forshore* dan *backshore*. Perbatasan antara *inshore* dan *foreshore* antara batasan antara air laut pada saat muka air rendah dan permukaan pantai.

## 2.2 Dermaga

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambahkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang (*Triatmodjo, 2010*), dermaga mempunyai beberapa jenis yaitu dermaga *quay wall*, dermaga *dolphin*, dan dermaga apung (*jetty*). Dermaga dapat dibedakan menurut lokasinya, yaitu:

### 2.2.1 Quay Wall

Dermaga dengan struktur yang sejajar pantai, berupa tembok yang berdiri di atas pantai, dan dapat dibangun dengan beberapa pendekatan konstruksi diantaranya *sheet pile* baja/beton, *caisson* beton atau *open filled structure*. Contoh dermaga *Quay Wall* dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



**Gambar 2.3** Contoh Dermaga *Quay Wall*  
(Sumber : [www.quaywall.com](http://www.quaywall.com))

### 2.2.2 Jetty (Dermaga Apung)

Dermaga digunakan untuk tempat menambat kapal pada suatu ponton yang mengapung di atas air. Digunakannya ponton adalah untuk mengantisipasi air pasang surut laut, sehingga posisi kapal dengan dermaga selalu sama, kemudian antara ponton dengan dermaga dihubungkan dengan suatu landasan/jembatan yang *flexibel* ke darat yang bisa mengakomodasi pasang surut laut. Contoh dermaga apung (*jetty*) dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



**Gambar 2.4** Contoh Dermaga Apung (*jetty*)  
(Sumber : [www.quay-jetty.com](http://www.quay-jetty.com))

### 2.2.3 Dolphin

Dermaga digunakan untuk tempat menambat kapal untuk melakukan bongkar muat dan bersandar kapal berupa *dolphin* diatas tiang pancang. Biasanya dilokasi dengan pantai yang landai, diperlukan jembatan *trestel* sampai dengan kedalaman yang dibutuhkan. Contoh dermaga berbentuk *dolphin* dapat dilihat pada **Gambar 2.5**



**Gambar 2.5** Contoh Dermaga *Dolphin*  
(Sumber : [www.dolphin-quay.com](http://www.dolphin-quay.com))

## 2.3 Pelabuhan

Pelabuhan (*port*) adalah daerah perairan yang terlindung terhadap gelombang, yang dilengkapi dengan fasilitas terminal laut meliputi dermaga dimana kapal dapat bertambat untuk bongkar muat barang, kran-kran (*crane*) untuk bongkar muat barang,

gudang laut (transito) dan tempat-tempat penyimpanan dimana kapal membongkar muatannya, dan gudang-gudang dimana barang-barang dapat di simpan dalam waktu yang lebih lama selama menunggu pengiriman ke daerah tujuan atau pengapalan (Triatmodjo,2010). Pelabuhan dapat dibedakan menjadi beberapa macam tergantung pada sudut tinjauannya, yaitu dari segi penyelenggaraannya, pengusahaannya, fungsi dalam perdagangan nasional, penggunaannya dan letak geografisnya.

### 2.3.1 Pelabuhan Perikanan

Pembangunan pelabuhan perikanan untuk menggali potensi sumberdaya perikanan laut akan memicu perkembangan perekonomian daerah terutama yang berkaitan dengan industri perikanan dan kelautan. Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 45 tahun 2014, pelabuhan perikanan dapat diklasifikasikan menjadi empat kelas berikut ini :

1. **Pelabuhan Perikanan kelas A**, yang selanjutnya disebut Pelabuhan Perikanan Samudera (PPS) ditetapkan berdasarkan kriteria teknis dan operasional, yang meliputi :
  - a) kriteria teknis, terdiri dari :
    - 1) mampu melayani kapal diperikanan yang melakukan kegiatan perikanan di perairan Indonesia, Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI), dan laut lepas;
    - 2) memiliki fasilitas tambat labuh untuk kapal perikanan berukuran sekurang-kurangnya 60 (enam puluh) GT;
    - 3) panjang dermaga sekurang-kurangnya 300 (tiga ratus) meter, dengan kedalaman kolam sekurang-kurangnya minus 3 (tiga) meter;
    - 4) mampu menampung kapal perikanan sekurang-kurangnya 100 (seratus) unit atau jumlah keseluruhan sekurang-kurangnya 6.000 (enam ribu) GT, dan
    - 5) memanfaatkan dan mengelola lahan sekurang-kurangnya 20 (dua puluh) Ha.
  - b) kriteria operasional, terdiri dari :
    - 1) ikan yang didaratkan sebagian untuk tujuan ekspor;

- 2) terdapat aktivitas bongkar muat ikan dan pemasaran hasil perikanan rata-rata 50 (lima puluh) ton per hari; dan
- 3) terdapat industri pengolahan ikan dan industri penunjang lainnya.

2. **Pelabuhan Perikanan Kelas B**, yang selanjutnya disebut Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) ditetapkan berdasarkan kriteria teknis dan operasional, yang meliputi:

a) kriteria teknis, terdiri dari:

- 1) mampu melayani kapal perikanan yang melakukan kegiatan perikanan di perairan Indonesia dan ZEEI ;
- 2) memiliki fasilitas tambat labuh untuk kapal perikanan berukuran sekurang-kurangnya 30 (tiga puluh) GT;
- 3) panjang dermaga sekurang-kurangnya 150 (seratus lima puluh) meter, dengan kedalaman kolam sekurang-kurangnya minus 3 (tiga) meter ;
- 4) mampu menampung kapal perikanan sekurang-kurangnya 75 (tujuh puluh lima) unit atau jumlah keseluruhan sekurang-kurangnya 2.250 (dua ribu dua ratus lima puluh) GT ; dan
- 5) memanfaatkan dan mengelola lahan sekurang-kurangnya 10 (sepuluh) Ha.

b) kriteria operasional, terdiri dari :

- 1) terdapat aktivitas bongkar muat ikan dan pemasaran hasil perikanan rata-rata 30 (tiga puluh) ton per hari; dan
- 2) terdapat industri pengolahan ikan dan industri penunjang lainnya.

3. **Pelabuhan Perikanan Kelas C**, yang selanjutnya disebut Pelabuhan Perikanan Pantai (PPP) ditetapkan berdasarkan kriteria teknis dan operasional, yang meliputi:

a) kriteria teknis, terdiri dari:

- 1) mampu melayani kapal yang melakukan kegiatan perikanan di perairan Indonesia;
- 2) memiliki fasilitas tambat labuh untuk kapal perikanan berukuran sekurang-kurangnya 10 (sepuluh) GT;
- 3) panjang dermaga sekurang-kurangnya 100 (seratus) meter, dengan kedalaman kolam sekurang-kurangnya minus 2 (dua) meter;

- 4) mampu menampung kapal perikanan sekurang-kurangnya 30 (tiga puluh) unit atau jumlah keseluruhan sekurang-kurangnya 300 (tiga ratus) GT; dan
  - 5) memanfaatkan dan mengelola lahan sekurang-kurangnya 5 (lima) Ha.
- b) kriteria operasional, terdiri dari:
- 1) terdapat aktivitas bongkar muat ikan dan pemasaran hasil perikanan rata-rata 5 (lima) ton per hari; dan
  - 2) Terdapat industri pengolahan ikan dan industri penunjang lainnya.
4. **Pelabuhan Perikanan Kelas D**, yang selanjutnya disebut Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) ditetapkan berdasarkan kriteria teknis dan operasional, yang meliputi:
- a) kriteria teknis terdiri dari:
- 1) mampu melayani kapal perikanan yang melakukan kegiatan perikanan di perairan Indonesia;
  - 2) memiliki fasilitas tambat labuh untuk kapal perikanan berukuran sekurang-kurangnya 5 (lima) GT;
  - 3) panjang dermaga sekurang-kurangnya 50 (lima puluh) meter, dengan kedalaman kolam sekurang-kurangnya minus 1 (satu) meter;
  - 4) mampu menampung kapal ikan sekurang-kurangnya 15 (lima belas) unit atau jumlah keseluruhan sekurang-kurangnya 75 (tujuh puluh lima) GT; dan
  - 5) memanfaatkan dan mengelola lahan sekurang-kurangnya 1 (satu) Ha.
- b) kriteria operasional yaitu terdapat aktivitas bongkar muat ikan dan pemasaran hasil perikanan rata-rata 2 (dua) ton per hari.

### 2.3.2 Kolam Pelabuhan

Kolam pelabuhan harus tenang, mempunyai luas dan kedalaman yang cukup, sehingga memungkinkan kapal berlabuh dengan aman dan memudahkan bongkar muat barang (*Triatmodjo, 2010*). Dimensi kolam pelabuhan ditentukan oleh bobot kapal rerata yang menggunakan pelabuhan. Kedalaman kolam pelabuhan dan lebar serta kadalaman alur pelayaran ditentukan berdasarkan ukuran kapal terbesar. Adapun dimensi kapal sesuai bobot kapal yang dapat dilihat pada **Gambar 2.6**. Selain itu tanah dasar harus cukup baik untuk bisa menahan anker dari pelampung penambat. Menurut Anonimous dalam Lubis, luas kolam pelabuhan dapat dihitung dengan rumus

berikut:

$$L = Lt + (3 \times n \times l \times b) \dots \dots \dots (2.1)$$

$$Lt = \pi \times l^2 \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

$L$  = luas kolam pelabuhan ( $m^2$ ),

$Lt$  = luas untuk memutar kapal ( $m^2$ ),

$n$  = jumlah kapal maksimum yang berlabuh,

$l$  = panjang kapal terbesar ( $m$ ),

$b$  = lebar kapal ( $m$ ),

$Lt$  = luas untuk memutar kapal, radius pemutarannya minimum satu kali panjang kapal terbesar ( $m^2$ ).

Bobot Kapal (GT)	Panjang Total $Loa$ (m)	Lebar $B$ (m)	Draft (m)
10	13,50	3,80	1,05
20	16,20	4,20	1,30
30	18,50	4,50	1,50
50	21,50	5,00	1,78
75	23,85	5,55	2,00
100	25,90	5,90	2,20
125	28,10	6,15	2,33
150	30	6,45	2,50

**Gambar 2.6** Dimensi kapal sesuai bobot kapal  
(Sumber : Bambang Triatmodjo, 2009)

**2.3.3 Kolam Putar**

Luas kolam putar yang digunakan untuk mengubah arah kapal minimum adalah luasan lingkaran dengan jari-jari 1,5 kali panjang kapal total ( $Loa$ ) dari kapal terbesar yang menggunakannya. Apabila perputaran kapal dilakukan dengan bantuan jangkar atau menggunakan kapal tunda, luas kolam putar minimum adalah luasan lingkaran dengan jari-jari sama dengan panjang total kapal ( $Loa$ ). Menurut (Triatmodjo, 2010) luas kolam putar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$A_p = \pi \times R^2 = \pi(2L)^2 \dots \dots \dots (2.3)$$



Keterangan :

$$\pi = 3,14,$$

$L$  = panjang total kapal ( $m$ ).

## 2.4 Survei Hidrooseanografi (*Hidroceanographic Survey*)

Survei hidrooseanografi dilakukan oleh PUPR untuk mendapatkan gambaran mengenai kondisi perairan setempat yaitu kondisi pasang surut, arus, dan gelombang. Sehubungan hal tersebut maka pekerjaan yang dilakukan dalam survei hidrooseanografi ini meliputi pengamatan pasang surut, pengukuran arus, dan gelombang.

### 2.4.1 Pengamatan Pasang Surut (*Tidal Observation*)

Pengamatan pasang surut dilaksanakan dengan membaca ketinggian air setiap satu jam. Pengukuran dilakukan pada tempat yang secara teknis memenuhi persyaratan, yaitu selalu terendam air walaupun saat air surut terendah. Kemudian diikatkan (*levelling*) ke patok tetap pengukuran topografi *Bench Mark* (BM). Seluruh tahap desain, konstruksi, dan monitoring selanjutnya terhadap pantai akan menggunakan acuan posisi patok BM dan elevasi ini. Elevasi penting untuk muka air tertinggi (*Highest Water Level*), muka air rata-rata (*Mean Sea Level*) dan muka air terendah (*Lowest Water Level*). Hal ini sangat bermanfaat sebagai acuan desain dan penempatan titik puncak bangunan dan titik terendah bangunan (*toe scouring*). Survei ini dilakukan pada 3 (tiga) lokasi yang berbeda sehingga dapat menggambarkan kondisi secara keseluruhan. Pasang-surut (pasut) *tidal* merupakan salah satu gejala alam yang tampak nyata di laut, yakni suatu gerakan vertikal (naik turunnya air laut secara teratur dan berulang-ulang) dari seluruh partikel massa air laut dari permukaan sampai bagian terdalam dari dasar laut. Gerakan tersebut disebabkan oleh pengaruh gravitasi (gaya tarik menarik) antara bumi dan bulan, bumi dan matahari, atau bumi dengan bulan dan matahari. Pasang-surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal, yakni dorongan ke arah luar pusat rotasi. Pasang-surut (pasut) di berbagai lokasi mempunyai ciri yang berbeda karena dipengaruhi oleh topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk dan sebagainya. Di beberapa tempat, terdapat beda antara pasang tertinggi dan surut terendah (rentang pasut), bahkan di Teluk Fundy (*Canada*) bisa mencapai 20 m. Proses terjadinya pasut memang merupakan proses yang sangat

kompleks, namun masih bisa diperhitungkan dan diramalkan. Pasut dapat diramalkan karena sifatnya periodik, dan untuk meramalkan pasut, diperlukan data amplitudo dan beda fasa dari masing-masing komponen pembangkit pasut. Ramalan pasut untuk suatu lokasi tertentu kini dapat dibuat dengan ketepatan yang cukup cermat (*Nontji, 2005*). Pasut tidak hanya mempengaruhi lapisan di bagian teratas saja, melainkan seluruh massa air yang bisa menimbulkan energi yang besar. Di perairan pantai, terutama di teluk atau selat sempit, gerakan naik turunnya muka air akan menimbulkan terjadinya arus pasut. Jika muka air bergerak naik, maka arus mengalir masuk, sedangkan pada saat muka air bergerak turun, arus mengalir ke luar. *Nontji (2005)* mengatakan bahwa pengetahuan mengenai pasut sangat diperlukan dalam pembangunan pelabuhan, bangunan di pantai dan lepas pantai, serta dalam hal lain seperti pengelolaan dan budidaya di wilayah pesisir, pelayaran, peringatan dini terhadap bencana banjir air pasang, pola umum gerakan massa air dan sebagainya.

#### **2.4.2 Pengukuran Arus (*Current Measurement*)**

Pengukuran arus dilakukan untuk mengetahui pola pergerakan dan sebaran arus pada 2 (dua) kondisi ekstrim yaitu saat pasang dan saat surut. Penempatan titik pengamatan ini disesuaikan dengan kondisi oseanografi lokal dan berdasarkan hasil studi pengamatan/survei pendahuluan (*reconnaissance survei*). Yang dilakukan adalah:

pengukuran distribusi kecepatan, dalam hal ini pengukuran dilakukan di beberapa kedalaman dalam satu penampang. Hasil yang diperoleh adalah besaran kecepatan dan arah arus pada kondisi pasang dan surut sehingga dapat diprediksi pola pergerakan sedimen di lokasi tersebut. Arus merupakan gerakan *horizontal* atau *vertical* dari suatu massa air sehingga massa air tersebut mencapai kestabilan. Gerakan tersebut merupakan resultan dari beberapa gaya yang bekerja dan beberapa faktor yang mempengaruhinya.

Terdapat dua gaya yang berperan dalam arus yaitu: gaya primer dan gaya sekunder.

Gaya primer berperan dalam menggerakkan arus dan menentukan kecepatannya. Gaya primer ini terdiri dari gravitasi, gesekan angin (*wind stress*), gaya dorong ke atas dan ke bawah (*bouyancy*), serta tekanan atmosfer. Gaya sekunder mempengaruhi arah gerakan dan kondisi aliran arus. Gaya sekunder meliputi gaya Coriolis dan gesekan lapisan air laut itu sendiri (*Pond and Pickard, 1983*). Selanjutnya, *Herunadi (1998)* menyebutkan fungsi arus dalam perairan salah satunya adalah untuk

perencanaan struktur pantai atau pelabuhan agar proses pengerjaannya efisien dan efektif serta menghasilkan daya tahan tinggi. Arus merupakan suatu besaran vektor yang memiliki arah dan kecepatan, dimana arah panah menunjukkan arah arus serta panjang anak panah menunjukkan besarnya kecepatan arus tersebut.

#### **2.4.3 Pengukuran Gelombang (*Wave Measurement*)**

Pengukuran gelombang adalah menempatkan alat *wave hunter* di posisi laut sehingga dapat diketahui besaran gelombang yang berpengaruh pada proses hidrodinamika di pesisir pantai. Hasil survei yang diperoleh adalah besaran tinggi gelombang dan periode gelombang yang akan berguna dalam penentuan pengaruh gelombang terhadap erosi yang terjadi di daratan. Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan sebagainya. Gelombang angin merupakan salah satu bentuk gelombang yang paling penting. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan 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 (*Triatmodjo, 1999*).

Parameter yang terpenting yang digunakan untuk menjelaskan suatu gelombang adalah tinggi dan panjang gelombang serta kedalaman perairan dimana gelombang tersebut merambat. Kecepatan rambat gelombang secara teoritis dapat ditentukan dari kualitas parameter tersebut.

Gelombang di alam jarang tampak persis sama dari satu gelombang ke gelombang yang lainnya. Juga tidak selalu menyebar ke arah yang sama. Seandainya suatu alat untuk mengukur elevasi muka air sebagai fungsi dari waktu ditempatkan pada suatu anjungan di tengah laut, akan diperoleh suatu rekaman data gelombang yang berbentuk acak.

#### 2.4.4 Batimetri

Survei Oseanografi yang dimaksud termasuk survei penentuan kedalaman dasar permukaan air (batimetri). Tujuan dari pekerjaan batimetri adalah untuk memetakan dasar laut, kontur pantai, rintangan-rintangan di laut (jika ada), dan situasi. Untuk itu harus dibuatkan suatu titik referensi yang terdapat di darat.

Pekerjaan survei batimetri ini akan meliputi pekerjaan :

1. pengikatan titik referensi ke *bench mark* yang terdekat,
2. pembuatan titik-titik tetap (*beacon*) di darat ataupun di laut yang kemudian digunakan sebagai pedoman untuk menentukan posisi kapal,
3. pengikatan titik tetap terhadap titik referensi,
4. pengukuran kedalaman sepanjang jalur sounding (*sounding lines*),
5. pengukuran pasang surut,
6. penggambaran.

Sebelum pekerjaan-pekerjaan tersebut dilaksanakan, terlebih dahulu harus dilakukan persiapan-persiapan secara seksama.

Pekerjaan persiapan adalah berupa :

1. mengumpulkan peta hidrografi dan topografi yang ada,
2. mencari titik *bench mark*,
3. memperkirakan lokasi dari titik referensi dan titik-titik pedoman (*beacon*),
4. memperkirakan jalur *sounding* dan jalur silang,
5. mempersiapkan peralatan yang dibutuhkan,
6. perijinan untuk melakukan survei dari pihak yang berwenang.

#### 2.5 Bangunan Pelindung Pantai

Pada umumnya bangunan pantai digunakan sebagai infrastruktur yang berfungsi sebagai pelindung pantai. Akibat pengaruh dari beberapa faktor seperti pasang surut air laut, akan mudah menggerakkan sedimen-sedimen di sekitar garis pantai, sehingga akan sering terjadi erosi pada pantai. Selain itu, di beberapa daerah yang memiliki *fetching* area yang cukup panjang mampu menghasilkan gelombang laut yang cukup besar, untuk itu perlu sebuah bangunan yang mampu meredam kekuatan dari gelombang laut yang mendekati pantai.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai :

1. memperkuat pantai agar mampu menahan serangan gelombang,
2. mengubah laju transport sedimen sepanjang pantai,
3. mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai,
4. reklamasi dengan menambah suplai sedimen ke pantai atau dengan cara lain.

Sesuai dengan fungsinya, bangunan pantai dibedakan dalam tiga kelompok yaitu :

1. konstruksi yang dibangun di pantai dan sejajar dengan garis pantai.  
Contohnya adalah *revetment*.
2. konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan sambung ke pantai. Contohnya adalah *groin* dan *jetty*.
3. konstruksi yang dibangun di lepas pantai dan sejajar dengan garis pantai.  
Contohnya *breakwater*.

### 2.5.1 *Breakwater*

*Breakwater* atau dalam hal ini pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Pemecah gelombang juga dapat membuat perairan disekitar pelabuhan menjadi tenang sehingga kapal dengan mudah bisa merapat ke pelabuhan untuk bersandar. Pemecah gelombang harus didesain sedemikian rupa agar tidak menimbulkan pendangkalan, karena jika terjadi pendangkalan maka harus dilakukan pengerukan sehingga memakan banyak waktu. Pemecah gelombang dibangun sebagai salah satu bentuk perlindungan pantai terhadap erosi dengan menghancurkan energi gelombang sebelum sampai ke pantai, sehingga terjadi endapan dibelakang bangunan. *Breakwater* merupakan bangunan air yang di rancang di lautan berfungsi untuk melindungi pantai dari gelombang. Secara umum *breakwater* dibagi menjadi dua yaitu *Nearshore Connected Breakwater* dan *Offshore Breakwater*.

#### 1. *Nearshore Connected Breakwater*

Pemecah gelombang ini memiliki struktur yang tersambung langsung dengan pantai atau daratan. Contoh *Nearshore Connected Breakwater* dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.



**Gambar 2.7** Contoh *Nearshore Connected Breakwater*  
 (Sumber : [www.shoreconnectedbreakwater.com](http://www.shoreconnectedbreakwater.com))

**2. Offshore Connected Breakwater**

Pemecah gelombang ini tidak terhubung dengan pantai namun dibangun dengan jarak tertentu dan dibuat secara sejajar dengan pantai. Contoh *Offshore Breakwater* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8** Contoh *Offshore Connected Breakwater*  
 (Sumber : [www.shoreconnectedbreakwater.com](http://www.shoreconnectedbreakwater.com))

**2.5.2 Desain Layout Breakwater**

Orientasi dari *breakwater* terhadap gelombang dan area yang akan diproteksi sangatlah menentukan keberhasilan fungsi dari breakwater, dan sejauh mana sistem *breakwater* akan berpengaruh terhadap lingkungan sekitar. Untuk mendesain *layout breakwater* maka perlu dilakukan perhitungan transformasi gelombang terlebih dahulu guna mengetahui lebar *surfzone*.

1. Perhitungan transformasi gelombang

$$L_o = 1,56 \times T^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$L = \frac{L_o}{d} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$C_o = 1,56 \times T \dots\dots\dots (2.6)$$

$$C = \frac{L}{T} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$K_r = \frac{\cos \alpha_0^{0.5}}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$H = K_r \times K_s \times H_o \dots\dots\dots (2.9)$$

$$Hb = 0,78 \times d \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

$d$  = kedalaman perairan ( $m$ ),

$L$  = panjang gelombang ( $m$ ),

$L_o$  = panjang gelombang di perairan dalam ( $m$ ),

$\alpha$  = sudut datang gelombang pada kedalaman “ $d$ ” yang ditinjau,

$\alpha_o$  = sudut datang gelombang perairan dalam,

$T$  = perioda gelombang ( ~~$m/s$~~ ),

$C$  = kecepatan rambat gelombang ( $m/s$ ),

$C_o$  = pecepatan rambat gelombang di perairan dalam ( ~~$m/s$~~ ),

$H$  = tinggi gelombang ( $m$ ),

$Hb$  = tinggi gelombang pecah ( $m$ ),

$K_r$  = koef. refraksi gelombang,

$K_s$  = koef. Pendangkalan yang di dapat dari tabel WIEGEL dan tergantung dari  $d/L_o$ .

## 2. Perhitungan desain *layout breakwater*

Menurut Horikawa dalam Hutagalung (2019), panjang breakwater ( $Lb$ ) adalah antara 40% sampai 60% dari lebar *surfzone* ( $Ls$ ), sedangkan jarak antar *breakwater* ( $Lg$ ) adalah sebesar 0,5  $Ls$  sampai 3  $Ls$ .

$$Lb = 50\% \times Ls \dots\dots\dots (2.11)$$

$$Lg = 1,75 \times Ls \dots\dots\dots (2.12)$$

Celah *breakwater* = Lebar kapal  $\times$  8 (untuk 2 jalur)

Keterangan :

$Lb$  = panjang breakwater ( $m$ ),

$Ls$  = lebar *surfzone* ( $m$ ),

$Lg$  = jarak antar breakwater ( $m$ ).

## 2.6 Model Hidrodinamika 2 Dimensi Horizontal

Menurut *Triatmodjo (1999)* model matematika merupakan penyelesaian numerik dari persamaan matematis yang menggambarkan fenomena alam yang berpengaruh. Fenomena alam ini dapat digambarkan dalam bentuk satu, dua atau tiga dimensi (1D, 2D, atau 3D). Salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk pemodelan hidrodinamika 2D adalah MIKE 21. MIKE 21 adalah suatu perangkat lunak rekayasa profesional yang berisi sistem pemodelan yang komprehensif untuk program komputer 2D *free surface flows*. MIKE 21 dapat diaplikasikan untuk simulasi hidraulika dan fenomena terkait di sungai, pantai maupun di laut. MIKE 21 terdiri atas beberapa modul, *Flow Model* dan *Boussinesq Waves* adalah modul yang digunakan pada tugas akhir ini. MIKE 21 *Flow Model* adalah sistem pemodelan untuk aliran permukaan bebas 2D. Model Aliran MIKE 21 dapat diterapkan untuk simulasi fenomena hidraulik dan lingkungan di danau, muara, teluk, wilayah pesisir, dan laut. Ini dapat diterapkan dimanapun, stratifikasi dapat diabaikan. Model *Boussinesq Waves*, MIKE 21 *Boussinesq Waves*, adalah model numerik canggih untuk perhitungan dan analisis gelombang periode pendek dan panjang di pelabuhan dan wilayah pesisir. Persamaan konservasi massa dan momentum yang diintegrasikan di atas vertikal, menggambarkan variasi aliran dan ketinggian air :

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (P) = 0 \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2+q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[ \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] + \Omega_p - fV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (P) = 0 \dots \dots \dots (3)$$

dimana :

$h(x, y, t)$  : kedalaman air [=  $\zeta - d$ ,  $m$ ],

$d(x, y, t)$  : kedalaman waktu air bervariasi [ $m$ ],

$\zeta(x, y, t)$  : elevasi permukaan [ $m$ ],



- $p, q(x, y, t)$  : kerapatan flux dalam arah  $x$  dan  $y$  [ $m^3/s/m$ ] =  $[uh, vh]$ ;  $[u, v]$  = kedalaman rata-rata kecepatan dalam arah  $x$  dan  $y$ ,
- $C(x, y)$  : chezy resistance [ $m^{1/2}/s$ ],
- $g$  : akselerasi karena gravitasi [ $m/s^2$ ],
- $f(V)$  : faktor gesekan angin,
- $V, V_x, V_y(x, y, t)$  : kecepatan angin dan komponen dalam arah  $x$  dan  $y$  [ $m/s$ ],
- $\Omega(x, y)$  : Coriolis parameter, latitude dependent [ $s^{-1}$ ],
- $P_a(x, y, t)$  : tekanan atmosfer [ $kg/m s^2$ ],
- $\rho_w$  : kepadatan air [ $kg/m^3$ ],
- $x, y$  : space coordinates [ $m$ ],
- $t$  : waktu [ $s$ ],
- $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$  : komponen tegangan geser efektif.

Persamaan yang digunakan pada model *bousinessq waves*, yaitu sebagai berikut :

$$n \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} = 0 \dots\dots\dots (4)$$

$$n \frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{P^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{PQ}{h} \right) + \frac{\partial R_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial R_{xy}}{\partial y} = F_x$$

$$n^2 gh \frac{\partial \xi}{\partial x} + n^2 P \left[ \alpha + \beta \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{h} + \frac{gP\sqrt{P^2 + Q^2}}{h^2 C^2} + n\Psi \right] = 0 \dots\dots\dots (5)$$

$$n \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{Q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{PQ}{h} \right) + \frac{\partial R_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial R_{xy}}{\partial x} = F_y$$

$$n^2 gh \frac{\partial \xi}{\partial y} + n^2 Q \left[ \alpha + \beta \frac{\sqrt{P^2 + Q^2}}{h} + \frac{gQ\sqrt{P^2 + Q^2}}{h^2 C^2} + n\Psi \right] = 0 \dots\dots\dots (6)$$

Di mana istilah dispersi *Bousinessq*  $\Psi_1$  dan  $\Psi_2$  didefinisikan oleh,

$$\Psi_1 \equiv -\left(B + \frac{1}{3}\right)d^2 (P_{xxt} + Q_{xyt}) - nBg d^3 (\xi_{xxx} + \xi_{yyt}) - dd_x \left( \frac{1}{3}P_{xt} + \frac{1}{6}Q_{yt} - nBg d^3 (\xi_{xx} + \xi_{yy}) \right) - dd_y \left( \frac{1}{6}Q_{xt} + nBg d^3 \xi_{xy} \right) \dots\dots\dots(7)$$

$$\Psi_2 \equiv -\left(B + \frac{1}{3}\right)d^2 (Q_{yyt} + P_{xyt}) - nBg d^3 (\xi_{yyy} + \xi_{xxt}) - dd_x \left( \frac{1}{3}Q_{yt} + \frac{1}{6}P_{xyt} + nBg d^3 (\xi_{yy} + \xi_{xx}) \right) - dd_y \left( \frac{1}{6}P_{xt} + nBg d^3 \xi_{xy} \right) \dots\dots\dots(8)$$

Subskrip  $x, y$  dan  $t$  masing-masing menunjukkan diferensiasi sehubungan dengan ruang dan waktu, dimana :

$P$  : kerapatan *fluks* dalam arah  $x$  [ $m^3/m/s$ ],

$Q$  : kerapatan *fluks* dalam arah  $y$  [ $m^3/m/s$ ],

$B$  : faktor dispersi *boussinesq*,

$F_x$  : tegangan horizontal dalam arah  $x$ ,

$F_y$  : tegangan horizontal dalam arah  $y$ ,

$x, y$  : koordinat kartesius [ $m$ ],

$t$  : waktu [ $s$ ],

$h$  : kedalaman air total ( $= d + \xi$ ) [ $m$ ],

$d$  : kedalaman air [ $m$ ],

$g$  : gravitasi [ $=9,81 m/s^2$ ],

$n$  : porositas,

$C$  : *chezy resistance number* [ $0,5 m^{-1/2}$ ],

$\alpha$  : koefisien resistensi untuk aliran laminar dalam media berpori,

$\beta$  : koefisien resistensi untuk aliran turbulen di media berpori,

$\xi$  : tingkat permukaan air di atas datum [ $m$ ].