

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Batimetri

Batimetri berasal dari Bahasa Yunani, terdiri dari kata “*bathos*” yang berarti kedalaman dan “*metry*” yang berarti pengukuran. Oleh karena itu, batimetri merupakan pengukuran kedalaman dan pemetaan bentuk dasar laut (Thurman and Trujillo, 2004; IHO, 2008). Pengetahuan tentang batimetri sangat penting untuk berbagai penggunaan, seperti perkiraan tsunami, keselamatan navigasi (Jakobsson *et al.*, 2003), serta tujuan politik dan perdagangan (Wöfl *et al.*, 2019). Data batimetri memperdalam pemahaman mengenai struktur atau susunan dasar laut. Selain itu, data batimetri juga sebagai sumber data yang dapat memberikan informasi mengenai titik awal penentuan kedalaman perairan, kelerengan, dan geomorfologi (Febrianto *et al.*, 2015). Gambar 2.1 menunjukkan peta Pulau Bawal Kabupaten Ketapang.



Gambar 2.1 Pulau Bawal Kabupaten Ketapang

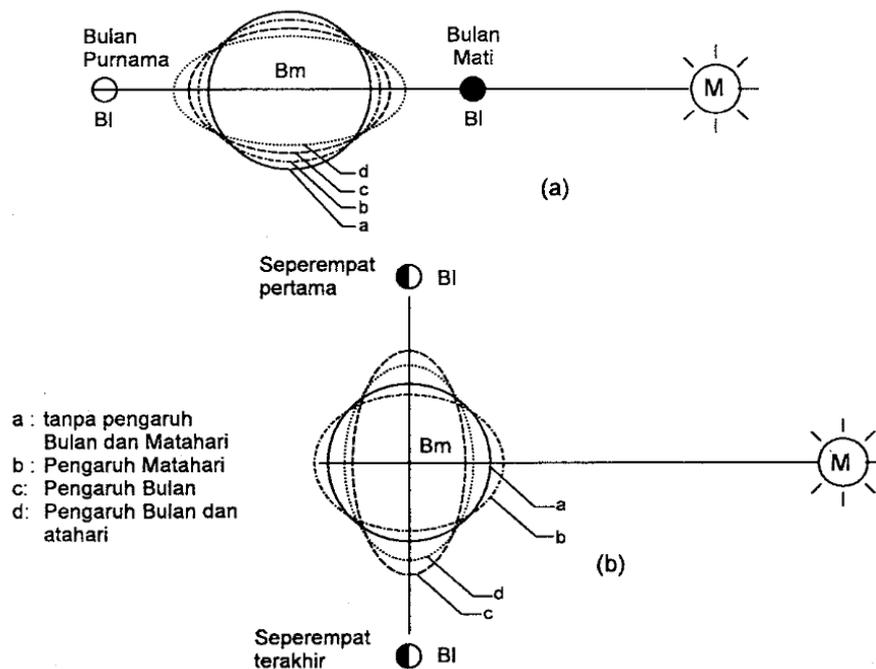
Data batimetri dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi potensi resiko, monitoring perubahan dasar laut dari waktu ke waktu (Chiocci *et al.*, 2011), memodelkan sirkulasi laut (Thompson and Sallée, 2012; Gula *et al.*, 2015). Selain itu, data batimetri diperlukan dalam pembangunan infrastruktur laut seperti pemasangan kabel dan pipa (Clark *et al.*, 2017; Ellis *et al.*, 2017), penambangan dasar laut (Hein *et al.*, 2009), serta mengatasi tantangan terkait perubahan iklim (Stocker *et al.*, 2013; Fenty *et al.*, 2016). Data batimetri dapat diolah dengan menggunakan metode interpolasi sehingga menghasilkan suatu peta (Curtarelli *et al.*, 2015; Lubczonek *et al.*, 2021).

## 2.2 Pasang Surut

Pasang surut adalah fenomena naik turunnya permukaan air laut secara berkala (Thurman and Trujillo, 2004) karena adanya kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik matahari, bumi, dan bulan terhadap massa air laut (Dronkers, 1964; Pariwono, 1989; Triatmodjo, 2009). Adanya gaya tarik bulan dan matahari membuat lapisan air yang berbentuk bola menjadi elips. Posisi bumi-bulan-matahari berubah setiap saat karena peredaran bumi dan bulan pada orbitnya. Revolusi bulan terhadap bumi ditempuh selama 29,5 hari. Setiap tanggal 1 dan 15, posisi bumi-bulan-matahari berada pada satu garis lurus, sehingga gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi saling memperkuat. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya pasang purnama. Sedangkan, pada tanggal 7 dan 21, posisi bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku terhadap bumi, maka gaya tarik bulan terhadap bumi saling mengurangi. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya pasang perbani (Triatmodjo, 2009).

Pengetahuan mengenai pasang surut sangat bermanfaat dalam mempelajari karakteristik perairan (Lindawati *et al.*, 2018), penentuan alur pelayaran kapal (Lisnawati *et al.*, 2013), penangkapan ikan, pembangunan pelabuhan dan bangunan pantai, pengembangan wilayah pesisir, serta penanggulangan bencana (Thurman and Trujillo, 2004). Dalam pembangunan suatu pelabuhan, elevasi muka air pasang sangat penting dalam menentukan elevasi puncak pemecah gelombang atau *breakwater* dan dermaga. Sedangkan muka air surut berperan

dalam menentukan kedalaman alur pelayaran (Winarno, 2012). Kedudukan bumi-bulan-matahari, pasang purnama dan pasang perbani dapat dilihat pada Gambar 2.2.

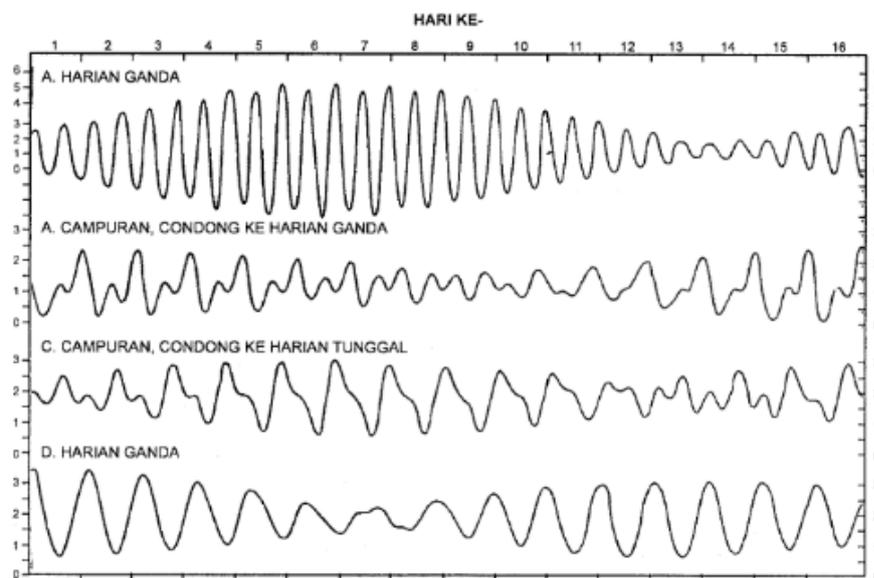


Gambar 2.2 Kedudukan bumi-bulan-matahari saat (a) pasang purnama dan (b) pasang perbani (Triatmodjo, 2009)

Pasang surut pada dasarnya sangat panjang, dimana panjang gelombangnya diukur dalam ribuan kilometer dan tingginya <15 meter. Gaya tarik gravitasi matahari dan bulan menghasilkan pasang surut air laut, sehingga mempengaruhi setiap partikel air dari permukaan hingga bagian laut terdalam. Kondisi atau tipe pasang surut di setiap wilayah sangat bervariasi, dipengaruhi oleh topografi dasar laut (Thurman and Trujillo, 2004) yang dinyatakan dalam bilangan *Formzahl* (Lanuru, 2011).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, tipe pasang surut yang terjadi di beberapa perairan di Kalimantan Barat, seperti perairan Sungai Kapuas Kecil, Jungkat, Kubu Raya dan Selat Karimata adalah diurnal (Nurdianti *et al.*, 2016; Suryani *et al.*, 2016), perairan Pulau Lemukutan dan Batu Burung adalah

campuran condong harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*) (Suryani *et al.*, 2016; Syamsudin *et al.*, 2019), perairan Kuala Mempawah adalah campuran condong harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) (Solom *et al.*, 2020). Pola pasang surut dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Pola pasang surut selama 15 hari (Nontji, 1987)

### 2.3 Tipe Pasang Surut

Secara umum, selama satu hari, sebagian besar wilayah mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dengan ketinggian yang tidak sama. Thurman and Trujillo (2004), menjelaskan tiga tipe pasang surut (Gambar 2.4), yaitu:

1. Pasang surut diurnal

Merupakan tipe pasang surut yang memiliki satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari, dengan periode waktu 24 jam 50 menit.

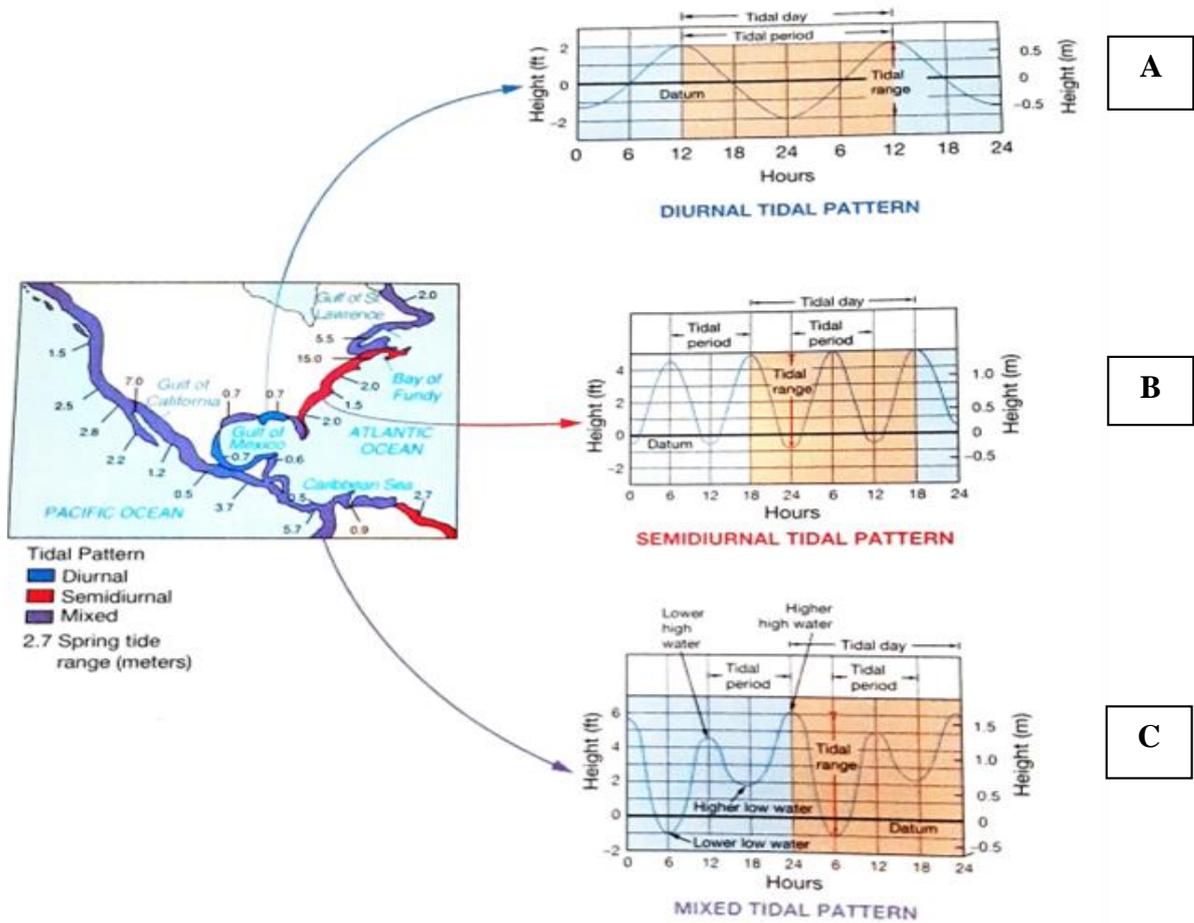
2. Pasang surut semi diurnal

Merupakan tipe pasang surut yang memiliki dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari, dengan tinggi yang hampir sama dan terjadi secara teratur. Tipe pasang surut ini terjadi dengan periode waktu 12 jam 25 menit.

3. Pasang surut campuran (*mixed tidal pattern*)

Tipe ini memiliki karakteristik yang condong pada tipe diurnal (*mixed tide prevailing diurnal*) dan semi diurnal (*mixed tide prevailing semidiurnal*).

Secara umum, tipe pasut ini memiliki periode waktu 12 jam 25 menit, tetapi dapat juga memiliki periode waktu 24 jam 50 menit.



Gambar 2.4 Tipe-tipe pasang surut (a) diurnal (b) semi-diurnal (c) campuran (Thurman and Trujillo, 2004)

## 2.4 Bilangan *Formzahl*

Bilangan *formzahl* adalah pembagian antara amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama. Menurut Yuwono (1994), tipe-tipe pasang surut dapat diketahui dengan menggunakan angka pasang surut (*tide of number*) atau bilangan *formzahl* (F) sebagai berikut:

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2} \quad (2.1)$$

Keterangan:

- F : Angka pasang surut (bilangan *formzahl*)  
 AK<sub>1</sub> : Amplitudo dari komponen pasang surut K<sub>1</sub>  
 AO<sub>1</sub> : Amplitudo dari komponen pasang surut O<sub>1</sub>  
 AM<sub>2</sub> : Amplitudo dari komponen pasang surut M<sub>2</sub>  
 AS<sub>2</sub> : Amplitudo dari komponen pasang surut S<sub>2</sub>

Klasifikasi pasang surut dilakukan sebagai berikut:

- $F \leq 0,25$  : pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*)  
 0,25-1,5 : pasang surut campuran condong harian ganda (*mix tide prevailing semidiurnal*)  
 1,5-3,0 : pasang surut campuran condong harian tunggal (*mix tide prevailing diurnal*)  
 $F \geq 3$  : pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

## 2.5 Karakteristik Gelombang Laut

Holthuijsen (2007) menjelaskan bahwa gelombang laut adalah pergerakan naik dan turunnya air laut dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/ grafik sinusoidal. Gelombang laut terjadi akibat adanya gaya pembangkit yang terjadi di laut. Gaya pembangkit tersebut terutama berasal dari arah dan kecepatan angin, batimetri (Arianty, 2017), pelongsoran dasar laut, atau lalu lintas kapal (Sunarto, 2003), gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari atau yang disebut dengan gelombang pasang surut (Nichols and Williams, 2009). Karakteristik gelombang umumnya dapat digunakan dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan pelayaran guna untuk pengembangan pembangunan daerah pesisir (Arianty, 2017).

Gelombang laut memiliki dimensi yaitu periode gelombang, panjang gelombang, tinggi gelombang dan cepat rambat gelombang Holthuijsen, (2007). Periode gelombang berkisar 1-30 detik diklasifikasikan sebagai gelombang gravitasi yang dibangkitkan oleh angin (Kinsman, 1965). Tinggi gelombang signifikan diperoleh dari rata-rata 1/3 tinggi gelombang individu tertinggi yang

terjadi selama periode waktu tertentu (Bidiot, 2016). Berkurangnya kedalaman laut menyebabkan panjang serta kecepatan gelombang laut juga semakin berkurang. Sedangkan tinggi gelombang laut bertambah tinggi (Davis and Dolan, 1993).

## 2.6 *Chart Datum*

*Chart datum* merupakan suatu titik atau bidang referensi berupa permukaan terendah air laut, dimanfaatkan sebagai acuan kedalaman pada pembuatan peta laut atau prediksi pasang surut (Ongkosongo, 1989; IHO, 2017). *Chart datum* juga disebut sebagai titik nol pada *survei* hidrografi (Samuel, 2012). NOS (*National Ocean Service*) Amerika Serikat mendefinisikan *chart datum* berdasarkan karakteristik pasang surut lokal. Di beberapa daerah pasang surut campuran, *chart datum* didefinisikan sebagai rata-rata terendah dari dua air surut setiap hari (MLLW atau *Mean of the Lower of the two Low Waters*). Di beberapa daerah pasang surut semi diurnal, definisi *chart datum* sebagai rata-rata air terendah pada saat pasang surut purnama (MLWS atau *Mean Low Water Springs*), dan di tempat lain didefinisikan sebagai air terendah yang mungkin terjadi (*Lowest Possible Low Water*) (Pugh, 1996).

Beberapa model *chart datum* (Gambar 2.5) yang umum digunakan, antara lain:

### 1. *Lowest Possible Low Water*

Datum tersebut digunakan untuk pembuatan peta laut di Perancis. Level ini tidak dapat diuraikan secara eksak oleh rumus harmonik, tetapi dirumuskan sebagai berikut:

$$CD = S_0 - (M_2 + S_2 + K_2) \quad (2.2)$$

Keterangan:

$S_0$  : Kedudukan Muka Laut Rata-Rata (MSL)

CD : Kedudukan *chart datum*

$M_2, S_2, K_2$  : Amplitudo komponen pasang surut  $M_2, S_2, K_2$

## 2. *Indian Springs Low Water (ISWL)*

Merupakan datum yang pertama kali diperkenalkan oleh Sir G. Darwin pada saat melakukan observasi pasang surut di India. Bidang ini ditentukan dengan rumus, sebagai berikut:

$$CD = So - (M_2 + S_2 + K_1 + O_1) \quad (2.3)$$

Keterangan:

So : Kedudukan Muka Laut Rata-Rata (MSL)

CD : Kedudukan *chart datum*

$M_2, S_2, K_1, O_1$  : Amplitudo komponen pasang surut  $M_2, S_2, K_1,$  dan  $O_1$

## 3. *Mean Springs Low Water (MSLW)*

Merupakan rata-rata air terendah pada saat pasang surut purnama, dinyatakan dalam rumus berikut:

$$CD = So - (M_2 + S_2) \quad (2.4)$$

Keterangan:

So : Kedudukan Muka Laut Rata-Rata (MSL)

CD : Kedudukan *chart datum*

$M_2, S_2$  : Amplitudo komponen pasang surut  $M_2, S_2$

4. *Chart Datum* definisi DISHIDROS, digunakan sebagai acuan dalam pembuatan peta laut di Indonesia.

$$CD = So - \sum_{i=1}^n A_i \quad (2.5)$$

Keterangan:

So : Kedudukan Muka Laut Rata-Rata (MSL)

CD : Kedudukan *chart datum*

$A_i$  : Amplitudo 7 komponen pasut utama yaitu ( $O_1$ ,  $P_1$ ,  $K_1$ ,  $M_2$ ,  $N_2$ ,  $S_2$ ,  $K_2$ )

5. *Chart datum* menurut definisi *International Hydrographic Organization* (IHO), didasarkan atas penentuan sebuah bidang yang serendah mungkin, dirumuskan sebagai berikut:

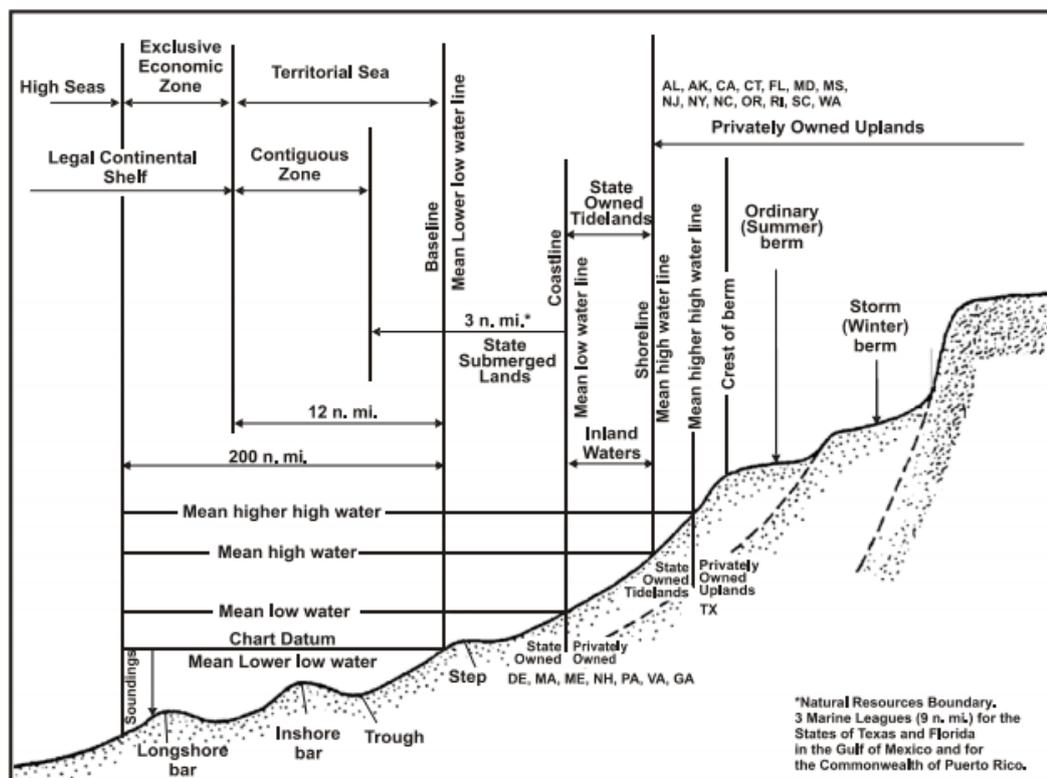
$$CD = So - \sum_{n=1}^n A_i \quad (2.6)$$

Keterangan:

$So$  : Kedudukan Muka Laut Rata-Rata (MSL)

$CD$  : Kedudukan *chart datum*

$A_i$  : Amplitudo komponen pasut yang dihasilkan dari analisis pasut sesuai dengan panjang data pengamatan



Gambar 2.5 *Chart datum* (Hicks, 2006)

## 2.7 *Single Beam Echosounders (SBEs)*

*Single Beam Echosounders* (SBEs) merupakan alat ukur kedalaman air yang menggunakan pancaran tunggal sebagai pengirim dan pengiriman sinyal gelombang suara. *Echosounders* merupakan salah satu teknologi hidroakustik yang memanfaatkan perambatan gelombang suara untuk mendeteksi suatu objek di dasar perairan. Informasi mengenai dasar perairan atau target penelitian didapatkan dari amplitudo sinyal pantul (*echo*). *Single-beam* ini memiliki susunan *transducers* yang dapat menghasilkan (*transmitter*) dan menerima (*receiver* atau *transceiver*) sinyal akustik. *Transducer* tersebut terpasang pada lambung kapal atau sisi bantalan kapal. Alat ini akan mengirimkan suatu sinyal akustik dengan frekuensi tinggi yang terkandung di dalam *beam* (pancaran) yang secara langsung melepaskan gelombang suara di bawah kolom air pada kapal (Simmonds and MacLennan, 2005; Kementerian Perhubungan, 2018).



Gambar 2.6 *Single Beam Echosounders* (Hamuna, 2014)

Kedalaman dasar laut ditentukan dengan mengukur setengah dari dua arah waktu tempuh gelombang suara yang dikirim menuju dasar laut dan kembali ke pengirim (Mayer, 2006). *Single Beam* (Gambar 2.6) ini termasuk alat yang mudah digunakan akan tetapi informasi yang didapatkan hanya area yang dilewati oleh kapal saja (Kementerian Perhubungan, 2018).

$$d = \frac{TWT \times V}{2} \quad (2.7)$$

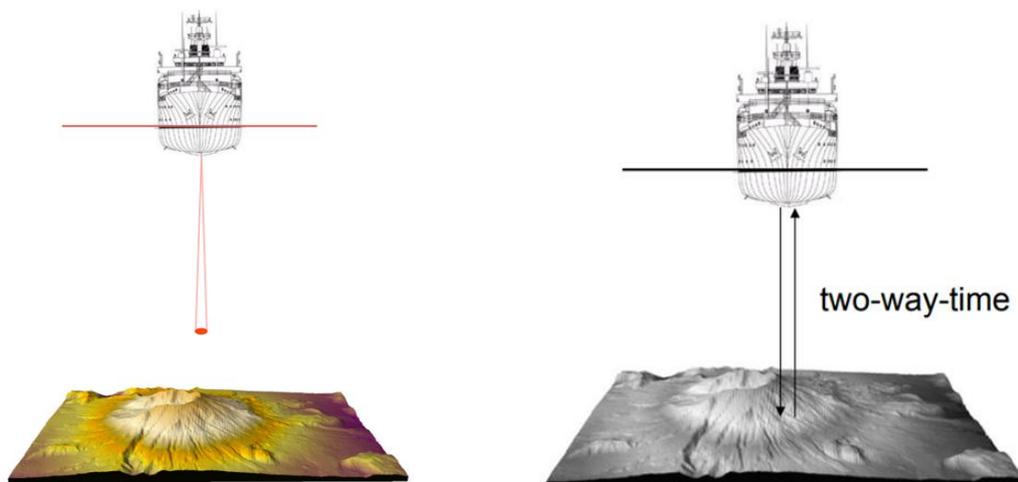
Keterangan:

$d$  : Kedalaman dasar laut

TWT : Waktu tempuh dua arah

$V$  : Rata-rata kecepatan terdengar secara vertikal

*Single Beam Echosounders* telah banyak diaplikasikan dalam menentukan data batimetri pembangunan suatu pelabuhan (Khomsin *et al.*, 2020), alur lalu lintas kapal (Febrianto *et al.*, 2015), pengembangan pembangunan sektor perikanan dan kelautan (Sayyid *et al.*, 2020), komposisi dasar laut seperti padang lamun (Ferretti *et al.*, 2015) dan terumbu karang (Hamuna *et al.*, 2014), serta kondisi kedalaman di beberapa perairan (Dewi *et al.*, 2015; Pangestu *et al.*, 2020). Cara kerja *single beam* Gambar 2.7.

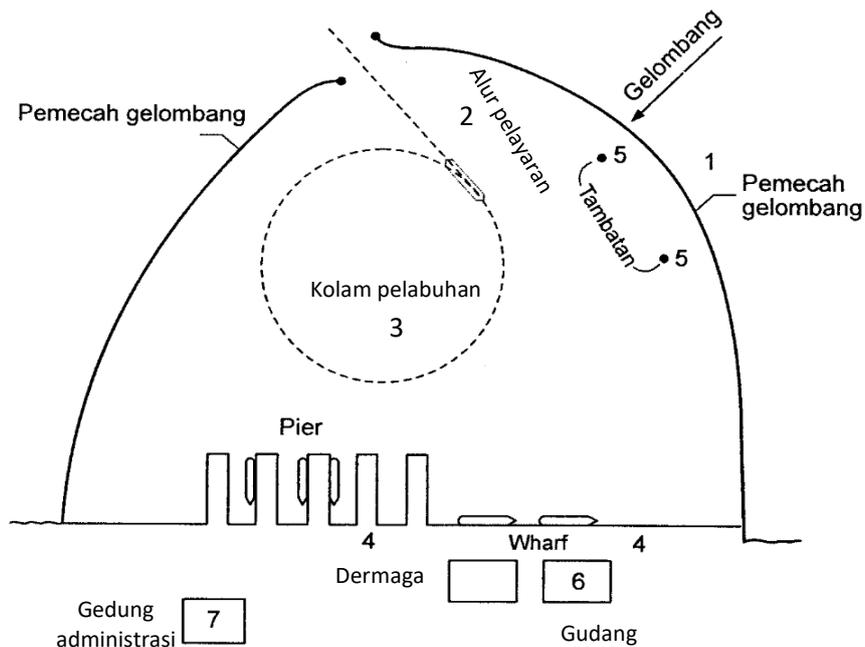


Gambar 2.7 Cara kerja *Single Beam Echosounders*

## 2.8 Pelabuhan dan Alur pelayaran

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 31 Tahun 2021, pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan perusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang

pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra- dan/ atau antar moda transportasi. Pelabuhan harus dilengkapi dengan fasilitas seperti pemecah gelombang, dermaga, peralatan tambatan, peralatan bongkar muat barang, gudang-gudang, perkantoran untuk maskapai pelayaran, pengelola pelabuhan, serta alur pelayaran (Gambar 2.8) (Supriadi *et al.*, 2014).



Gambar 2.8 Bangunan pada pelabuhan secara umum (Triadmodjo, 2009)

Berdasarkan fungsinya, terdapat empat tipe utama pelabuhan yaitu pelabuhan perikanan, pelabuhan militer, pelabuhan wisata, dan pelabuhan niaga. Setiap jenis pelabuhan memerlukan pertimbangan desain perencanaan dan manajemen masing-masing secara optimal. Perlindungan struktur bangunan dan menjaga kondisi garis pantai merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan dalam suatu pembangunan pelabuhan (Diab *et al.*, 2017; Breitkopf and Coelho, 2010). Secara umum, struktur bangunan pelabuhan dirancang untuk memelihara fungsi pelabuhan dengan meningkatkan stabilitas kapal selama kegiatan pendaratan dan bongkar muat (Kamphuis, 2006).

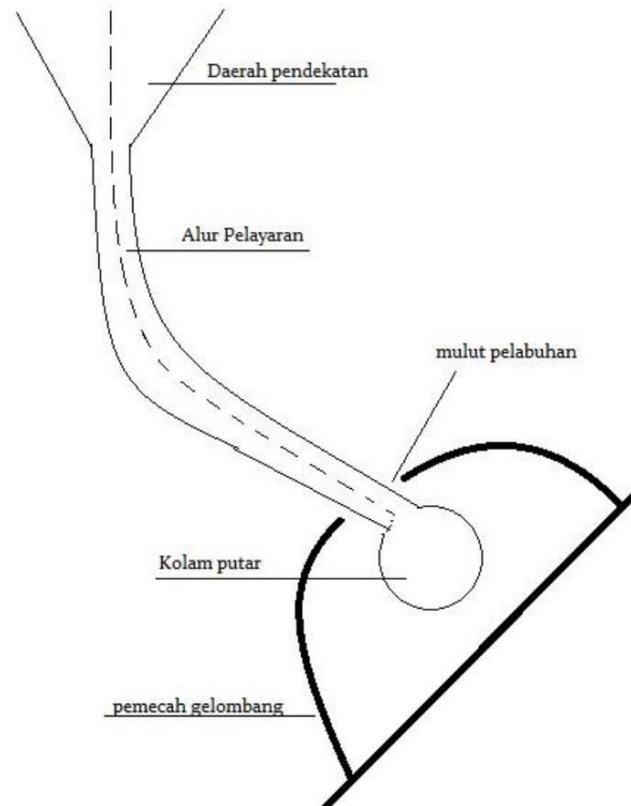
Sebelum melakukan kegiatan pembangunan pelabuhan maka perlu dilakukan untuk melakukan survei hidro-oseanografi. Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 129 Tahun 2016, survei hidrografi adalah kegiatan-kegiatan

pengukuran dan pengamatan yang dilakukan di wilayah perairan dan sekitar pantai untuk menggambarkan sebagian atau keseluruhan permukaan bumi, terutama yang digenangi air, pada suatu bidang datar (kertas petak yang disajikan dalam bentuk informasi titik-titik kedalaman, garis kontur kedalaman dan titik-titik tinggi serta berbagai keragaman di atas dan di bawah permukaan laut. Selain itu, suatu perencanaan pelabuhan, perlu mempertimbangkan beberapa faktor penting antara lain kedalaman air, pasang surut, arus, kondisi meteorologi dan topografi perairan. Hal tersebut bertujuan supaya pembangunan dapat berjalan secara efektif, pengoperasian pelabuhan khususnya alur pelayaran berjalan lancar, serta fasilitas-fasilitas pelabuhan berfungsi dengan baik. Informasi mengenai kedalaman perairan (batimetri) berkaitan dengan ukuran kapal terbesar yang akan berlabuh dan melakukan bongkar muat barang di pelabuhan. Sedangkan kondisi pasang surut berpengaruh terhadap alur pelayaran serta bangunan dan fasilitas yang ada di pelabuhan seperti dermaga (Mandi, 2015).

Kedalaman perairan merupakan salah satu faktor penting yang harus diperhatikan dalam pembangunan pelabuhan. Kedalaman perairan berkaitan dengan fungsi pelabuhan dan alur pelayaran kapal khususnya yang memiliki dimensi/ukuran yang besar (Galor, 2007). Selain itu, kedalaman perairan juga berpengaruh terhadap pemilihan jenis/tipe pemecah gelombang (*breakwater*). Tipe *breakwater* yang digunakan dapat menjadi faktor utama dalam menentukan biaya konstruksi bangunan pelabuhan. Biaya konstruksi akan bertambah dengan meningkatnya kedalaman air di lokasi pemecah gelombang (Hu *et al.*, 2006).

Alur pelayaran adalah perairan yang dari segi kedalaman, lebar, dan bebas hambatan pelayaran lainnya dianggap aman dan selamat untuk dilayari kapal angkutan laut (Peraturan Menteri Perhubungan, 2011). Alur pelayaran digunakan untuk mengarahkan kapal yang akan keluar/masuk ke kolam pelabuhan. Alur pelayaran harus mempunyai kedalaman dan lebar yang cukup atau sesuai dengan *draft* kapal pada saat muatan penuh sehingga dapat dilalui kapal-kapal yang akan menggunakan pelabuhan (Mandi, 2015). Faktor yang mempengaruhi pemilihan karakteristik alur masuk ke pelabuhan adalah keadaan *traffic* kapal, keadaan geografi dan meteorologi di daerah alur, sifat-sifat fisik dan variasi dasar saluran,

fasilitas-fasilitas bantuan yang diberikan pada pelayaran, karakteristik maksimum kapal yang menggunakan pelabuhan, serta kondisi pasang surut, arus dan gelombang (Triatmodjo, 2009). Alur pelayaran pelabuhan dapat dilihat pada Gambar 2.9



Gambar 2.9 Alur pelayaran pada pelabuhan (Djunarsjah *et al*, 20018)