

## BAB III DASAR TEORI

### 3.1 Tinjauan Umum

Dalam perencanaan suatu pekerjaan konstruksi dibutuhkan dasar teori agar dapat diketahui spesifikasi yang menjadi acuan dalam perhitungan dan pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

Dasar teori dibutuhkan juga untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi perencanaan tersebut, masalah-masalah yang akan dihadapi dan cara penyelesaian.

Untuk mendapatkan hasil yang terbaik dalam pelaksanaan suatu pekerjaan dituntut adanya perencanaan yang matang dengan dasar teori yang baik.

### 3.2 Macam - Macam Pelabuhan

Pelabuhan mempunyai arti yang luas terdapat dalam beberapa peraturan, diantaranya menurut :

- Undang-undang No. 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran.  
Pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan disekitarnya dengan batas-batas sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan perekonomian yang digunakan sebagai tempat berlabuhnya kapal, naik turunnya penumpang maupun bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi.
- Ensiklopedi Indonesia  
Pelabuhan adalah tempat kapal berlabuh, yang dilengkapi dengan los-los dan gudang-gudang besar serta pangkalan, dok dan *crane* yang berfungsi untuk membongkar dan memuat perbekalan, batubara dan sebagainya.
- Pelabuhan adalah perairan yang terlindung terhadap gelombang, yang dilengkapi dengan fasilitas terminal laut meliputi dermaga dimana kapal dapat bertambat untuk bongkar muat barang, kran-kran untuk bongkar muat

barang, gudang laut ( *transito* ) dan tempat-tempat penyimpanan dimana barang-barang dapat disimpan untuk waktu yang lebih lama selama menunggu pengiriman ke daerah tujuan atau pengapalan.

Pelabuhan dapat dibagi dalam beberapa kategori menurut fungsinya masing-masing, antara lain pelabuhan minyak, pelabuhan perikanan, pelabuhan barang, pelabuhan penumpang, pelabuhan militer dan pelabuhan campuran. Dalam hal ini yang akan kita bahas adalah pelabuhan perikanan saja.

### 3.2.1 Definisi Pelabuhan Perikanan

a. Menurut Direktorat Jendral Perikanan Departemen Pertanian RI ( 1981 )

Pelabuhan Perikanan adalah pelabuhan yang secara khusus menampung kegiatan masyarakat perikanan baik dilihat dari aspek produksi, pengolahan maupun aspek pemasarannya.

b. Menurut Departemen Pertanian dan Departemen Perhubungan ( 1996 )

Pelabuhan Perikanan adalah sebagai tempat pelayanan umum bagi masyarakat nelayan dan usaha perikanan, sebagai pusat pembinaan dan peningkatan kegiatan ekonomi perikanan yang dilengkapi dengan fasilitas di darat dan di perairan sekitarnya untuk digunakan sebagai pangkalan operasional tempat berlabuh, bertambat, mendaratkan hasil, penanganan, pengolahan, distribusi dan pemasaran hasil perikanan.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pelabuhan perikanan yaitu:

- Tempat tinggal ( perkampungan ) nelayan yang umumnya berdekatan dengan lokasi pelabuhan
- Tempat pelelangan ikan dan fasilitasnya
- Tempat persediaan air bersih dan suplai bahan bakar untuk kapal motor
- Bangunan fasilitas umum yang berhubungan dengan kepentingan nelayan.

### 3.2.2 Klasifikasi Pelabuhan Perikanan

Menurut Bambang Triadmodjo (2010), klasifikasi besar – kecil usaha pelabuhan perikanan dibedakan menjadi empat tipe pelabuhan, yaitu :

a. Pelabuhan Perikanan Tipe A (Pelabuhan Perikanan Samudera)

Pelabuhan perikanan tipe ini adalah pelabuhan perikanan yang diperuntukkan terutama bagi kapal – kapal perikanan yang beroperasi diperairan samudera yang lazim digolongkan ke dalam armada perikanan jarak jauh sampai ke perairan ZEEI ( Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia ) dan perairan Internasional, mempunyai perlengkapan untuk menangani ( *handling* ) dan mengolah sumber daya ikan sesuai dengan kapasitasnya yaitu jumlah hasil ikan yang didaratkan. Adapun jumlah ikan yang didaratkan minimum sebanyak 200 ton/hari atau 73.000 ton/tahun baik untuk pemasaran didalam maupun diluar negeri ( *ekspor* ). Pelabuhan perikanan tipe A ini dirancang untuk bisa menampung kapal berukuran lebih besar daripada 60 GT ( *Gross Tonnage* ) sebanyak sampai dengan 100 unit kapal sekaligus. Mempunyai cadangan lahan untuk pengembangan seluas 30 Ha.

b. Pelabuhan Perikanan Tipe B ( Pelabuhan Perikanan Nusantara )

Pelabuhan perikanan tipe ini adalah pelabuhan perikanan yang diperuntukkan terutama bagi kapal – kapal perikanan yang beroperasi diperairan nusantara yang lazim digolongkan kedalam armada perikanan jarak sedang ke perairan ZEEI, mempunyai perlengkapan untuk menangani dan atau mengolah ikan sesuai dengan kapasitasnya yaitu jumlah ikan yang didaratkan. Adapun jumlah ikan yang didaratkan minimum sebanyak 50 ton/hari atau 18.250 ton/tahun untuk pemasaran didalam negeri. Pelabuhan perikanan tipe B ini dirancang untuk bisa menampung kapal berukuran sampai dengan 60 GT ( *Gross Tonnage* ) sebanyak sampai dengan 50 unit kapal sekaligus. Mempunyai cadangan lahan untuk pengembangan seluas 10 Ha.

c. Pelabuhan Perikanan Tipe C ( Pelabuhan Perikanan Pantai )

Pelabuhan tipe ini adalah pelabuhan perikanan yang diperuntukkan terutama bagi kapal – kapal perikanan yang beroperasi diperairan pantai, mempunyai perlengkapan untuk menangani dan atau mengolah ikan sesuai dengan kapasitasnya yaitu minimum sebanyak 20 ton/hari atau 7.300 ton/tahun untuk pemasaran didaerah sekitarnya atau dikumpulkan dan dikirim ke pelabuhan perikanan yang lebih besar. Pelabuhan perikanan tipe C ini

dirancang untuk bisa menampung kapal – kapal berukuran sampai dengan 15 GT ( *Gross Tonnage* ) sebanyak sampai dengan 25 unit kapal sekaligus. Mempunyai cadangan lahan untuk pengembangan seluas 5 Ha.

d. Pangkalan Pendaratan Ikan ( PPI )

Pangkalan Pendaratan Ikan ( PPI ) yaitu pelabuhan perikanan yang dibangun di atas lahan sekurang-kurangnya 2 hektar, jumlah kapal yang dilayani lebih dari 20 unit/hari, atau jumlah keseluruhan sekurang-kurangnya 60 GT, dilengkapi dengan fasilitas tambat labuh untuk kapal minimal 3 GT, panjang dermaga minimal 50 m dengan kedalaman minus 2 m..

### 3.3 Dasar-dasar Perencanaan Pangkalan Pendaratan Ikan

Dalam perencanaan pangkalan pendaratan ikan harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Penyediaan fasilitas dasar pendaratan ikan yang memadai.
- Tersedianya ruang gerak yang leluasa bagi kapal didalam pelabuhan.
- Alur yang baik untuk memudahkan kapal keluar masuk pelabuhan
- Tersedianya fasilitas pendukung seperti air bersih, BBM, dan lain-lain.
- Mempunyai jaringan angkutan darat yang mudah dengan daerah pendukungnya.

Dalam perencanaan pembangunan pelabuhan ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan sehubungan dengan kondisi lapangan yang ada, antara lain:

- Topografi dan situasi.
- Angin
- Pasang surut
- Gelombang
- Sedimentasi
- Karakteristik kapal
- Jumlah produksi ikan hasil tangkapan

Faktor-faktor tersebut harus sudah diperhitungkan dengan tepat untuk menghasilkan perencanaan pelabuhan yang benar-benar baik.

### 3.3.1 Topografi dan Situasi

Keadaan topografi daratan dan bawah laut harus memungkinkan untuk membangun suatu pelabuhan dan kemungkinan untuk pengembangan dimasa mendatang. Daerah daratan harus cukup luas untuk membangun suatu fasilitas pelabuhan seperti dermaga, jalan, gudang dan juga daerah industri. Apabila daerah daratan sempit maka pantai harus cukup luas dan dangkal untuk memungkinkan perluasan daratan dengan melakukan penimbunan pantai tersebut. Daerah yang akan digunakan untuk perairan pelabuhan harus mempunyai kedalaman yang cukup sehingga kapal – kapal bisa masuk ke pelabuhan.

Selain keadaan tersebut, kondisi geologi juga perlu diteliti mengenai sulit tidaknya melakukan pengerukan daerah perairan dan kemungkinan menggunakan hasil pengerukan tersebut untuk menimbun tempat lain.

### 3.3.2 Angin

Angin adalah sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi. Data angin yang didapat biasanya diolah dan disajikan dalam bentuk tabel atau diagram yang disebut dengan mawar angin ( *wind rose* ).

Pada umumnya pengukuran angin dilakukan di daratan, sedangkan di dalam rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi data angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut. Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh persamaan berikut ( Bambang Triatmodjo, 2010 ) :

$$R_L = U_w/U_L$$

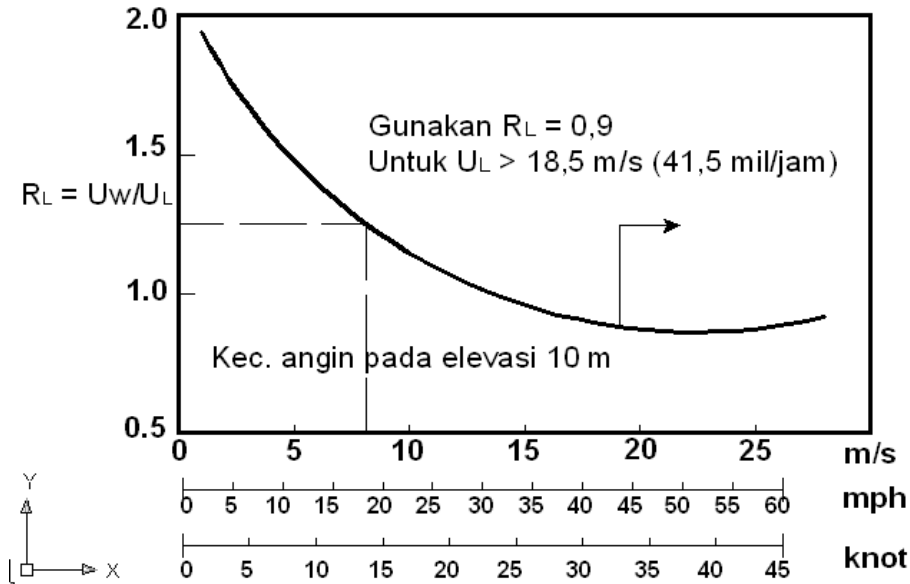
dimana :

$U_L$  = Kecepatan angin yang diukur di darat (m/dt)

$U_w$  = Kecepatan angin di laut (m/dt)

$R_L$  = Tabel koreksi hubungan kecepatan angin di darat dan di laut

(Grafik 3.1)



**Gambar 3.1 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Angin di Laut dan di Darat**

Dari kecepatan angin yang didapat, dicari faktor tegangan angin (*wind stress factor*) dengan persamaan ( Bambang Triatmodjo, 2010 ) :

$$U_A = 0,71 U^{1,23}$$

dimana U adalah kecepatan angin dalam m/dt.

Dalam perencanaan bangunan pantai diperhitungkan gelombang representatif. Gelombang representatif dapat dinyatakan dengan karakteristik gelombang alam dalam bentuk gelombang tunggal. Misalnya H10 adalah tinggi rerata dari 10 % gelombang tertinggi dari pencatatan gelombang, namun bentuk yang banyak digunakan adalah H33 yaitu tinggi rerata dari 33 % nilai tertinggi dari pencatatan gelombang dan sering disebut sebagai tinggi gelombang signifikan (Hs). Adapun H10 dan H33 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$H_{10} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$$

$$H_{33} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}$$

n = prosentase x jumlah data

**3.3.3 Pasang Surut**

Definisi pasang surut adalah suatu gerakan naik – turunnya permukaan air laut, dimana amplitudo dan fasenya berhubungan langsung terhadap gaya geofisika yang periodik, yakni gaya yang ditimbulkan oleh gerak reguler benda – benda angkasa, terutama bulan – bumi – matahari.

Tipe pasang surut dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) bentuk dasar berdasarkan pada nilai *Formzahl*, F yang diperoleh dari persamaan :

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2}$$

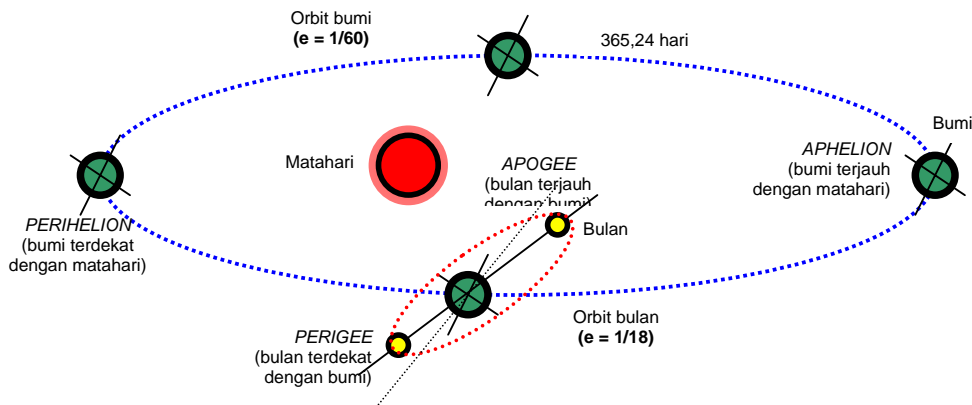
dimana :

F = nilai *formzahl*

K1 dan O1 = konstanta pasang surut harian utama

M2 dan S2 = konstanta pasang surut ganda utama

1. Pasang surut ganda ( *semi diurnal tides* ) :  $F \leq 0,25$
2. Pasang surut campuran :  $0,25 < F \leq 3,00$ 
  - Pasang surut campuran dominan ganda ( *mixed dominant semi diurnal* ) untuk  $0,25 < F \leq 0,50$ ; dan
  - Pasang surut campuran dominan tunggal ( *mixed dominant diurnal* ) untuk  $0,50 < F \leq 3,00$
3. Pasang surut diurnal :  $F > 3,00$



**Gambar 3.2 Posisi Matahari – Bulan – Bumi saat terjadi Pasang Surut**

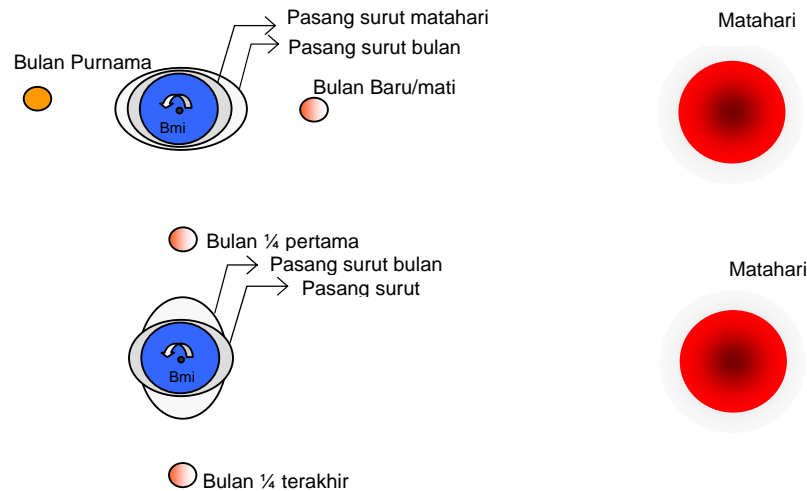
Secara umum pasang surut di berbagai daerah di Indonesia dapat dibagi menjadi 4 jenis, yaitu:

1. Pasang surut harian ganda ( *Semi Diurnal Tide* ), yaitu pasang yang memiliki sifat dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan juga dua kali surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi berurutan secara teratur.
2. Pasang surut harian tunggal ( *Diurnal Tide* ), yaitu tipe pasang surut yang apabila dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut.
3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda ( *Mixed Tide Prevailing Semidiurnal* ), yaitu pasang surut yang dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal ( *Mixed Tide Prevailing Diurnal* ), yaitu dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

Beberapa posisi yang penting untuk diketahui adalah:

1. Matahari–bulan–bumi terletak pada satu sumbu yang berupa garis lurus.  
Pada posisi ini bumi menghadapi sisi bulan yang tidak kena sinar matahari (sisi gelap), jadi bulan tidak dapat dilihat dari bumi. Karenanya keadaan tersebut sering dikatakan “bulan mati”. Posisi seperti ini akan mengakibatkan adanya gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi yang saling menguatkan.
2. Matahari–bumi–bulan terletak pada sumbu garis lurus  
Pada posisi kedua ini, bulan sedang purnama, karena bulan dapat dilihat penuh dari bumi, dan memberikan akibat pada pembangkitan pasang yang sama dengan posisi pertama. Akibat posisi tersebut terjadi pasang tinggi. Pasang seperti ini dikenal sebagai pasang purnama.
3. Bulan terletak menyiku ( membuat sudut  $90^0$  ) dari sumbu bersama matahari – bumi.

Pada posisi semacam ini, maka gaya tarik bulan akan diperkecil oleh gaya tarik matahari terhadap massa air di bumi. Hasilnya terjadi pasang yang kecil, yang disebut pasang perbani.



**Gambar 3.3 Posisi bumi-bulan-matahari**

Beberapa definisi muka air laut berdasarkan data pasang surut yaitu :

1. MHHWL : *Mean Highest High Water Level*, tinggi rata-rata dari air tinggi yang terjadi pada pasang surut purnama atau bulan mati ( *spring tides* ).
2. MLLWL : *Mean Lowest Low Water Level*, tinggi rata-rata dari air rendah yang terjadi pada pasang surut pasang surut purnama atau bulan mati ( *spring tides* ).
3. MHWL : *Mean High Water Level*, tinggi rata-rata dari air tinggi selama periode 19,6 tahun.
4. MLWL : *Mean Low Water Level*, tinggi air rata-rata dari air rendah selama 18,6 tahun.

5. MSL : *Mean Sea Level*, tinggi rata-rata dari muka air laut pada setiap tahap pasang surut selama periode 18,6 tahun, biasanya ditentukan dari pembacaan jam-jaman.
6. HWL : *High Water Level ( High Tide )*, elevasi maksimum yang dicapai oleh tiap air pasang.
7. HHWL : *Highest High Water Level*, air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati ( *spring tides* ).
8. LWL : *Low Water Level ( Low Tide )*, elevasi minimum yang dicapai oleh tiap air surut.
9. LLWL : *Lowest Low Water Level*, air terendah pada saat pasang surut bulan purnama atau bulan mati ( *spring tides* ).

#### 3.3.4 Gelombang

Gelombang dapat terjadi karena angin, pasang surut, gangguan buatan seperti gerakan kapal dan gempa bumi. Dalam perencanaan pelabuhan gelombang yang digunakan adalah gelombang yang terjadi karena angin dan pasang surut.

Pengaruh gelombang terhadap perencanaan pelabuhan antara lain:

- Besar kecilnya gelombang sangat menentukan dimensi dan kedalaman bangunan pemecah gelombang
- Gelombang menimbulkan gaya tambahan yang harus diterima oleh kapal dan bangunan pelabuhan.

Besaran dari gelombang laut tergantung dari beberapa faktor, yaitu:

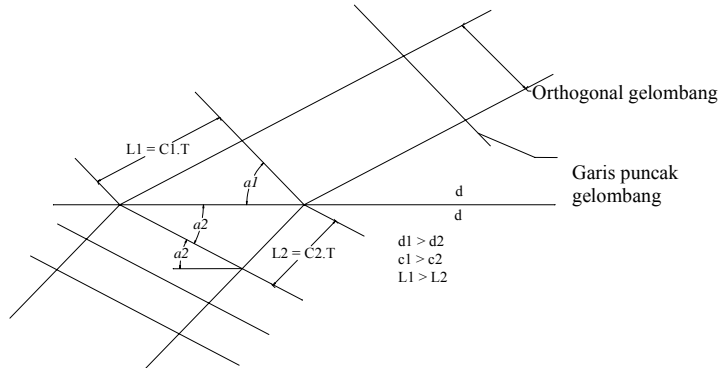
- Kecepatan angin
- Lamanya angin bertiup
- Kedalaman laut dan luasnya perairan.

Pada perencanaan Pelabuhan Perikanan Samudra (PPS) diusahakan tinggi gelombang serendah mungkin, dengan pembuatan pemecah gelombang maka akan terjadi defraksi ( pembelokan arah dan perubahan karakteristik ) gelombang. Gelombang merupakan faktor penting dalam perencanaan pelabuhan. Dalam perencanaannya, gelombang yang terjadi akan mengalami perubahan bentuk yang

disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah.

**3.3.4.1 Refraksi Gelombang**

Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pada prinsipnya refraksi gelombang sama dengan refraksi cahaya yang terjadi karena cahaya melintasi dua media perantara berbeda, sehingga pemakaian hukum Snell pada optik dapat digunakan untuk menyelesaikan persoalan refraksi gelombang yang disebabkan oleh perubahan kedalaman.



**Gambar 3.4 Hukum Snell untuk Refraksi Gelombang**

$$\sin \alpha_2 = \left( \frac{C_2}{C_1} \right) \sin \alpha_1 \quad (\text{ Bambang Triatmodjo, 2010 } )$$

dimana :

$\alpha_2$  = Sudut antara garis puncak gelombang dengan garis kontur dasar laut dititik 2

$C_2$  = Cepat rambat gelombang pada kedalaman titik 2

$C_1$  = Cepat rambat gelombang pada kedalaman titik 1

$\alpha_1$  = Sudut antara garis puncak gelombang dengan garis kontur dasar laut dititik 1

Sehingga koefisien refraksi adalah,

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}} \quad (\text{ Bambang Triatmodjo, 2010 } )$$

dimana :

$\alpha_0$  = Sudut antara garis puncak gelombang dilaut dalam dan garis kontur dasar laut

Kr = Koefisien refraksi

$\alpha_1$  = Sudut antara garis puncak gelombang dengan garis kontur dasar laut dititik yang ditinjau.

Untuk air dangkal, maka kecepatan gelombang tergantung pada kedalaman air dimana gelombang tersebut merambat. Di tempat yang dalam, gelombang bergerak lebih cepat dari pada di laut dangkal.

Untuk cepat rambat gelombang persamaan umum yang digunakan adalah

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

Di laut dalam persamaan di atas menjadi

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \quad (\text{ Bambang Triatmodjo, 2010})$$

dimana :

C = Cepat rambat gelombang (m/s)

C<sub>0</sub> = Cepat rambat gelombang di laut dalam (m/s)

g = Percepatan gravitasi bumi (m/s<sup>2</sup>)

L = Panjang gelombang (meter)

d = Kedalaman laut (meter)

Persamaan tersebut menunjukkan bahwa C<sub>0</sub> tidak tergantung pada kedalaman, jadi di laut dalam, gelombang tidak mengalami refraksi, pada laut transisi dan laut dangkal pengaruh refraksi akan semakin besar.

Di laut transisi, persamaan di atas menjadi,

$$C = \sqrt{gd} \quad (\text{ Bambang Triatmodjo, 2010})$$

Untuk menghitung tinggi gelombang yang terjadi, digunakan persamaan sebagai berikut :

$$H_1 = K_s \cdot K_r \cdot H_0 \quad (\text{ Bambang Triatmodjo, 2010 } )$$

dimana :

$H_1$  = Tinggi gelombang setelah mengalami refraksi

$K_s$  = Koefisien pendangkalan

$K_r$  = Koefisien refraksi

$H_0$  = Tinggi gelombang sebelum mengalami refraksi

### 3.3.4.2 Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang terjadi karena adanya perbedaan energi gelombang yang tajam di sepanjang puncak gelombang. Pada awalnya, kondisi di daerah yang terlindung oleh penghalang cukup tenang ( tidak terjadi gelombang ), namun pada saat gelombang melintasi penghalang, perairan yang jauh dari penghalang memiliki energi gelombang yang lebih besar ( energi gelombang awal ) dibandingkan dengan perairan di belakang penghalang yang semula tenang, sehingga terjadi proses pemindahan energi di sepanjang puncak gelombang tersebut ke arah daerah yang terlindung penghalang. Dalam difraksi gelombang ini, terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung.

### 3.3.4.3 Gelombang Laut Dalam Ekivalen

Apabila gelombang tidak mengalami refraksi maka tinggi gelombang dilakukan dengan analisis transformasi gelombang laut dalam ekivalen. Bentuk persamaannya adalah sebagai berikut,

$$H'_0 = K' \cdot K_r \cdot H_0 \quad (\text{ Bambang Triatmodjo, 2010 } )$$

dimana

$H'_0$  = Tinggi gelombang laut dalam ekivalen

$H_0$  = Tinggi gelombang laut dalam

$K'$  = Koefisien difraksi

$K_r$  = Koefisien refraksi

**3.3.4.4 Refleksi Gelombang**

Gelombang datang yang mengenai suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang sangat penting dalam perencanaan pelabuhan. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam perairan pelabuhan. Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi  $H_r$  dan tinggi gelombang datang  $H_i$ , atau untuk lebih jelasnya adalah sebagai berikut,

$$X = \frac{H_r}{H_i} \quad (\text{ Bambang Triatmodjo, 2010 } )$$

Koefisien refleksi bangunan diperkirakan berdasarkan tes model. Koefisien refleksi berbagai tipe bangunan disajikan pada tabel di bawah

Tabel 3.1 Koefisien refleksi berbagai tipe bangunan

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak bangunan di atas air	0,7 – 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5 – 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 – 0,6
Tumpukan blok beton	0,3 – 0,5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lubang)	0,05 – 0,2

Sumber : *Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, 2010*

**3.3.4.5 Gelombang Pecah**

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah panjang gelombang. Di laut dalam, profil gelombang adalah sinusoidal, semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal, puncak gelombang semakin tajam dan lembah

gelombang semakin datar. Selain itu, kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang bertambah.

Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Kemiringan yang lebih tajam dari batas maksimum tersebut menyebabkan kecepatan partikel di puncak gelombang lebih besar dari kecepatan rambat gelombang, sehingga terjadi ketidak-stabilan dan pecah.

Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tersebut tergantung pada kedalaman relatif  $d/L$  dan kemiringan dasar laut  $m$ . Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu yang disebut dengan kedalaman gelombang ( $d_b$ ), sedangkan tinggi gelombang pecah diberi notasi  $H_b$ . Munk (1949), dalam *Coastal Engineering Research Center (CERC, 1984)* memberikan persamaan untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah sebagai berikut :

$$\frac{H_b}{H_o} = \frac{1}{3.3(H_o/L_o)^{1/3}}$$

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b/gT^2)}$$

( Bambang Triatmodjo, 2010 )

Parameter  $H_b/H_o$  disebut dengan indeks tinggi gelombang pecah.

Persamaan di atas tidak memberikan pengaruh kemiringan dasar laut terhadap gelombang pecah. Beberapa peneliti lain membuktikan bahwa  $H_b/H_o$  dan  $d_b/H_b$  tergantung pada kemiringan pantai dan kemiringan gelombang datang.

Sedangkan untuk menunjukkan hubungan antara  $d_b/H_b$  dan  $H_b/gT^2$  untuk berbagai kemiringan dasar laut dibuat grafik. Untuk menghitung kedalaman dan tinggi gelombang pecah, disarankan penggunaan kedua jenis grafik tersebut dari pada menggunakan dua persamaan di atas

Tiga tipe gelombang pecah menurut Bambang Triatmodjo, 2010 :

1. *Spilling*

Biasanya terjadi apabila gelombang dengan kemiringan kecil menuju ke pantai yang datar (kemiringan kecil). Gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya terjadi berangsur-angsur.

2. *Plunging*

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

3. *Surging*

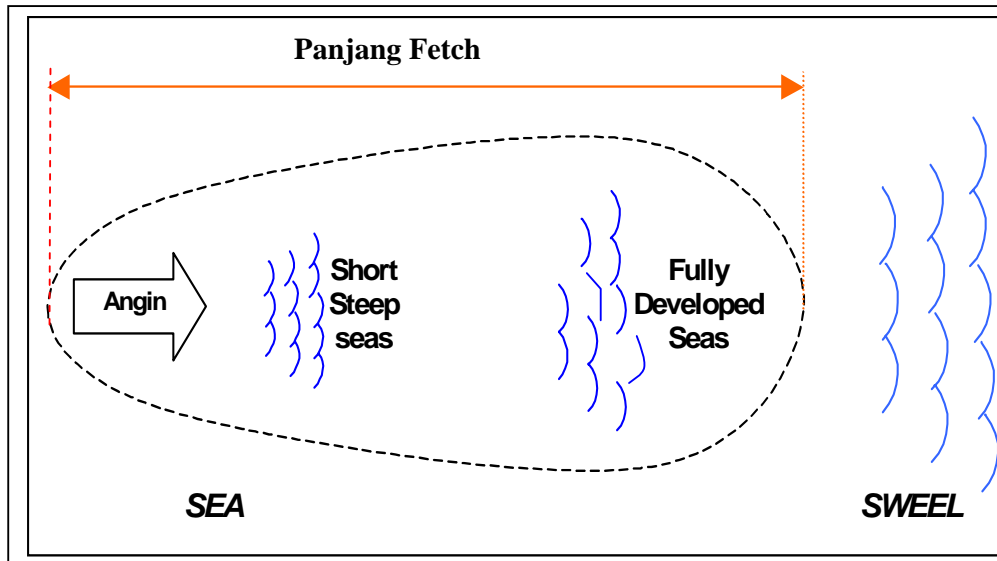
Terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar seperti yang terjadi pada pantai berkarang. Daerah gelombang pecah sangat sempit, dan sebagian besar energi dipantulkan kembali ke laut dalam. Gelombang pecah tipe *Surging* mirip dengan *Plunging*, tetapi sebelum puncaknya terjun, dasar gelombang sudah pecah.

### **3.3.4.6 Peramalan Gelombang**

#### **3.3.4.6.1 Gelombang Angin**

Gelombang angin adalah gelombang yang dibangkitkan oleh adanya angin. Gelombang ini selalu terdapat di laut, danau atau reservoir (waduk) Angin yang berhembus diatas muka air akan memindahkan energynya ke air dan menimbulkan gelombang.

Daerah dimana gelombang dibentuk disebut daerah pembangkitan gelombang, gelombang yang terjadi didaerah ini disebut gelombang SEA. Gelombang yang berada diluar daerah pembangkitan gelombang disebut gelombang SWELL.



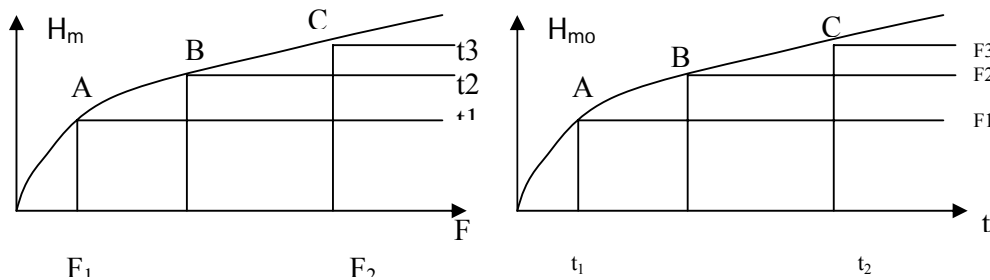
Ada perbedaan gelombang SEA dan SWELL

Karakteristik Gelombang SEA

- Merupakan gelombang yang diperkuat oleh angin
- Gelombang berbentuk seperti gunung dengan tajam
- Panjang gelombang 10 s/d 20 kali tinggi gelombang

Karakteristik Gelombang SWELL

- Merupakan gelombang bebas
- Gelombang mempunyai bentuk regular
- Panjang gelombang 30 s/d 200 kali tinggi gelombang
- 



Gambar 3.5

Korelasi tinggi gelombang & panjang Fetch & durasi

Methode SMB ini dibedakan menjadi 2 keadaan/spesifikasi penggunaan yaitu;

- A. Peramalan Gelombang laut dangkal      Bila  $L/d > 0,50$
- B. Peramalan Gelombang laut dalam      Bila  $L/d < 0,04$

Adapun data-data yang diperlukan untuk peramalan gelombang metode ini adalah

- Data Angin

1. Kecepatan
2. Durasi
3. Arah

Data ini dapat diperoleh di stasiun Klimatologi. Dari data ini dapat digambarkan Wind rose (mawar Angin)

- Data hidrografi

Data ini berguna untuk menghitung panjang Fetch (Daerah pembangkit gelombang)

Data ini dapat diperoleh dari peta topografi atau foto udara

- Periode Ulang Gelombang.

Periode Ulang Gelombang dapat dicari dari data angin. Dengan cara “Weibull dan Gumble” dicari periode ulangnya seperti

- Gelombang dengan periode ulang 5 tahun
- Gelombang dengan periode ulang 10 tahun
- Gelombang dengan periode ulang 25 tahun
- Gelombang dengan periode ulang 50 tahun dsb

### 3.3.4.6.3 Peramalan Gelombang Perairan Dalam

Menurut SPM 1984, metode SMB ( semi Empiris ) ini untuk menentukan tinggi dan periode gelombang Significant dari data angin. Dengan Formula nya sbb:

$$\frac{gH}{U_A^2} = 1,6 \cdot 10^{-3} \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad H = 1,6 \cdot 10^{-3} \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{U_A^2}{g} \quad \text{----- (1)}$$

$$\frac{gT}{U_A^2} = 2,875 \cdot 10^{-1} \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad T = 2,875 \cdot 10^{-1} \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{U_A^2}{g} \quad \text{----- (2)}$$

$$\frac{gt}{U_A^2} = 68,8 \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}} \quad t = 68,8 \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{U_A^2}{g} \quad \text{----- (3)}$$

Hasil perhitungan diatas valid apabila lebih kecil dari keadaan pertumbuhan Jenuh (FDS) yang diberikan sbb:

$$\frac{gH}{U_A^2} = 2,433 \cdot 10^{-1} \quad H = 2,433 \cdot 10^{-1} \frac{U_A^2}{g} \quad \text{----- (4)}$$

$$\frac{gT}{U_A^2} = 8,134 \quad T = 8,134 \cdot \frac{U_A^2}{g} \quad \text{----- (5)}$$

$$\frac{gt}{U_A^2} = 7,15 \cdot 10^4 \quad t = 7,15 \cdot 10^4 \cdot \frac{U_A^2}{g} \quad \text{----- (6)}$$

Dimana :

H = Tinggi gelombang Significan

T = Pereode gelombang Significan

F = Panjang Fetch

U<sub>A</sub> = Kecepatan Angin

g = Gravitasi bumi

### 3.3.4.6.4 Peramalan Gelombang Perairan Dangkal

Di perairan dangkal formula tersebut dimodifikasi dengan memperhitungkan faktor gesek selama penjalaran gelombang. Metode ini dikembangkan oleh Bretschneider, kemudian dimodifikasi oleh Ijma dan Tang. Formula Empiris sbb:

$$\frac{gH}{U_A^2} = 2,83 \cdot 10^{-1} \tanh \left\{ 0,530 \left( \frac{g \cdot d}{U_A^2} \right)^{3/4} \right\} \tanh \left( \frac{5,65 \cdot 10^{-3} \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{1/2}}{\tanh \left\{ 5,3 \cdot 10^{-1} \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{3/4} \right\}} \right) \quad (7)$$

$$\frac{gT}{U_A^2} = 7,54 \cdot \tanh \left\{ 0,833 \left( \frac{g \cdot d}{U_A^2} \right)^{3/8} \right\} \tanh \left( \frac{0,0379 \cdot \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{1/3}}{\tanh \left\{ 0,833 \left( \frac{g \cdot F}{U_A^2} \right)^{3/8} \right\}} \right) \quad \text{----- (8)}$$

$$\frac{gt}{U_A^2} = 5,37 \cdot 10^2 \left( \frac{g \cdot T}{U_A^2} \right)^{7/3} \text{----- (9)}$$

**Prosedur perhitungan**

I. Panjang Fetch Efektif

Langkah - langkah penentuan panjang Fetch efektif sbb:

1. Tentukan arah angin dominan
2. Dari arah angin dominan, buat sudut 45° kekiri dan kekanan. Sudut yang dibentuk dibagi menjadi 15 bagian jari-jari dengan sudut 6°. Sebagai sumbu utama adalah jari-jari yang berimpit dengan arah angin dominan
3. Hitung panjang jari-jari dari titik peramalan sampai titik dimana jari-jari tersebut memotong daratan (X<sub>i</sub>). Tentukan Cosinus sudut jari-jarinya terhadap sumbu utama (Cos α<sub>i</sub>)
4. Panjang Fetch efektif

$$F = \frac{\sum X_i \cdot \text{Cos } \alpha_i}{\sum \text{Cos } \alpha_i} \text{----- (10)}$$

II. Estimasi Angin Permukaan

Koreksi yang perlu dilakukan untuk data angin antara lain:

a. Elevasi

Elevasi pencatat angin untuk perhitungan adalah elevasi 10 m dpl. Untuk elevasi yang tidak pada ketinggian 10 m dikoreksi dengan formula sbb:

$$U_{(10)} = U_{(z)} \left( \frac{10}{Z} \right)^{1/7} \text{----- (11)}$$

U<sub>(10)</sub> = Kecepatan pada ketinggian 10 m dpl

U<sub>(z)</sub> = Kecepatan pada ketinggian Z m dpl

b. Durasi

Data yang ada umumnya kecepatan angin maksimum (dalam sehari) dengan durasi yang pendek. Koreksi durasi adalah sbb:

$$t = \frac{1609}{U_t} \text{ ----- (12)}$$

$$\text{Jika } 1 < t < 3600 \rightarrow \frac{U_t}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296 \tanh\left(0,9 \log \frac{45}{t}\right) \text{ ---- (13)}$$

$$\text{Jika } 3600 < t < 7200 \rightarrow \frac{U_t}{U_{3600}} = -15 \cdot \log \frac{45}{t} + 1,5334 \text{ ----- (14)}$$

c. Stabilitas

Hal ini bila terdapat perbedaan suhu udara dan air

$$U = R_T \cdot U_{(10)} \text{ ----- (15)}$$

Bila data suhu tidak ada maka  $R_T = 1,1$

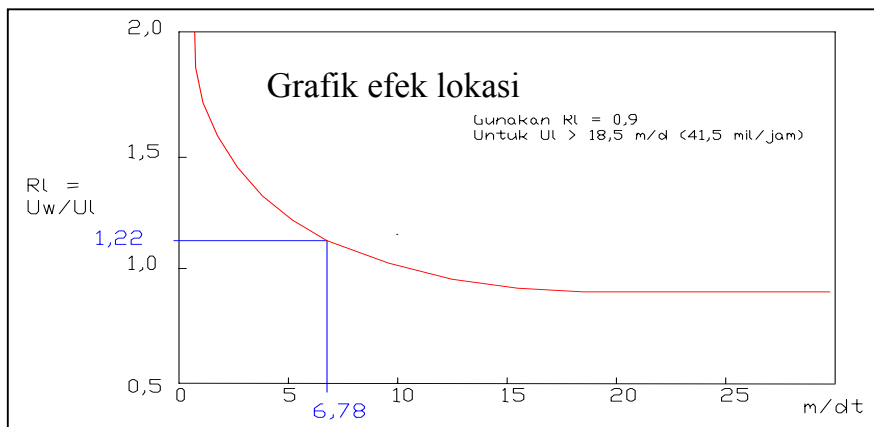
d. Lokasi

Menurut Resio dan Vincent

$$U = R_L \cdot U_{(10)} \text{ ----- (16)}$$

Hal ini karena data angin diatas air tidak ada.

Untuk posisi anemometer dekat pantai maka  $R_L = 1$



**Gambar 3.6 Grafik Efek Lokasi**

Kecepatan angin yang terkoreksi sebelumnya perlu dikonversikan terhadap faktor stress angin yaitu

$$U_A = 0.71 U^{1,23} \text{-----} \quad (17)$$

Nilai  $U_A$  ini yang diperhitungkan untuk peramalan

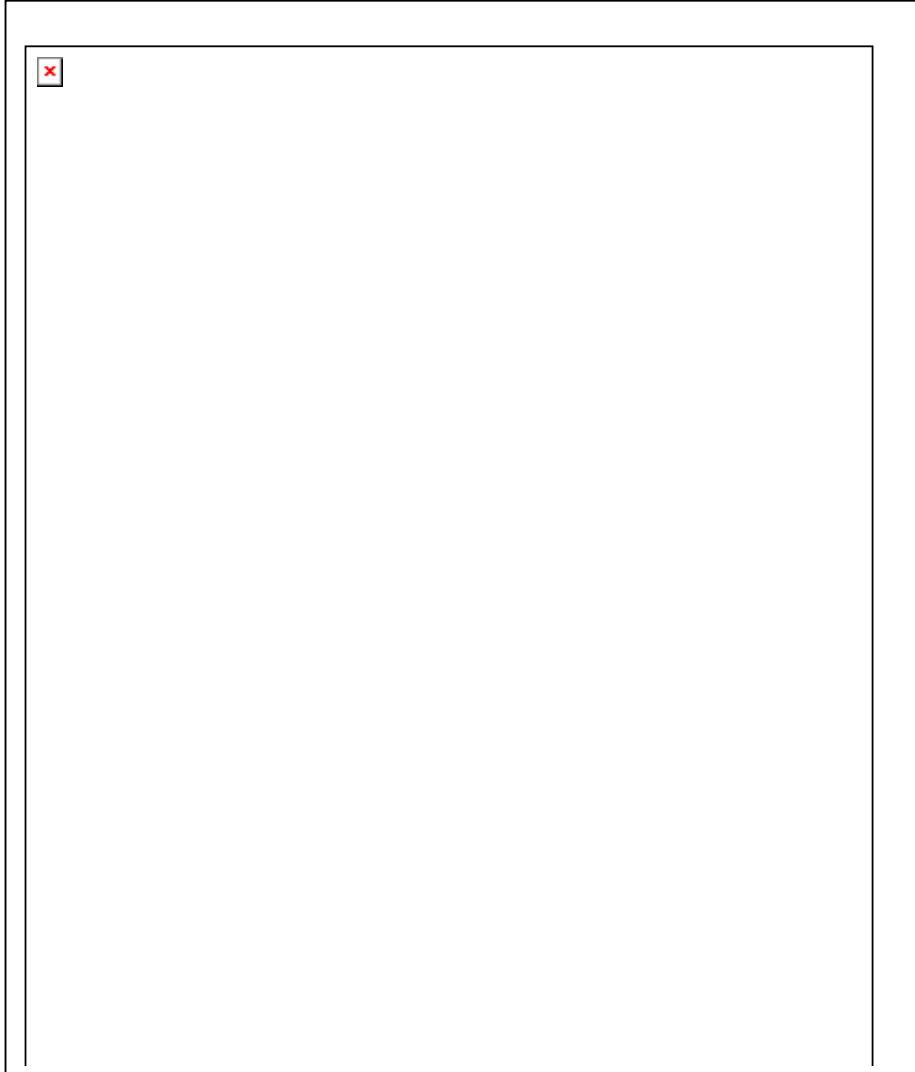
### III. Perhitungan tinggi dan periode gelombang

Setelah data angin didapat dan dikoreksi ( $U_A$ ), durasinya ( $t$ ) dan panjang Fetch serta arah angin ( $\alpha$ ). Maka langkah selanjutnya sbb:

- a. Masukkan Fetch pada Pers (3) → Dapat dihitung durasi ( $t$ ) selanjutnya sebut  $t_h$
- b. Bandingkan dengan durasi dari hasil pengukuran
- c. Jika  $t_h < t_L$  → langsung hitung H dan T dengan memasukkan F dan  $U_A$  dengan menggunakan pers (2) dan (1)
- d. Jika  $t_h > t_L$  → masukkan  $t_L$  pada pers (3) dan hitung panjang Fetch (F) yang selanjutnya sebut ( $F_h$ ). Hitung H dan T dengan memasukkan  $F_h$  dan  $U_A$  ke pers (1) dan (2)
- e. Hasil perhitungan dari langkah-langkah diatas kemudian dikontrol dengan hasil perhitungan dari pers (5) dan (4). Hasil tinggi gelombang (H) langkah (c) dan (d) dibandingkan dengan langkah perhitungan (e). Hasil yang dipilih adalah hasil yang terkecil, hal ini karena adanya FDS.
- f. Arah penjalaran gelombang sesuai dengan arah angin ( $\alpha$ )

### 3.3.4.6.5 Peramalan Gelombang Dengan Cara Grafis

Dengan menggunakan grafik SPM 1984



**Gambar 3.7 Grafik Peramalan Gelombang**

### 3.3.5 Kondisi Tanah

Kondisi tanah ini sangat penting terutama diperlukan dalam penentuan jenis pondasi yang digunakan dan perhitungan dimensinya berdasarkan daya dukung tanah dilokasi perencanaan bangunan.

Untuk keperluan perencanaan bangunan maritime termasuk reklamasi bangunan pengamannya diperlukan informasi mengenai keadaan dan sifat – sifat teknik (*engineering properties*) dari tanah dasar. Untuk mengetahui informasi tersebut maka diperlukan penyelidikan tanah dan pengujian mekanika tanah di laboratorium.

Penyelidikan tanah di lokasi pekerjaan dimaksudkan untuk mendapatkan data lapisan tanah di bawah permukaan, sifat dan perilaku tanah yang berkaitan dengan pekerjaan penimbunan yang akan dilakukan pada lokasi tersebut, beberapa kegiatan penyelidikan dan pengujian tanah tersebut diantaranya adalah :

- Pengeboran dan pengambilan sample tanah baik contoh tanah terganggu maupun tidak terganggu
- Uji Sondir ( statis )
- Uji Penetrasi standar ( SPT )
- Van Share Test
- Uji Deformasi dan Kekuatan ditempat dengan pressure metre
- Plate Bearing Test
- Direct Dynamic Probing
- Share Dynamic Penetration Testing
- Uji Kepadatan ( Densitas )
- CBR di lapangan
- Survey Geofisik ( *Seismik Refraction Electrica* )

Kegiatan pengambilan sample di lapangan mekanika tanah ditujukan untuk mendapatkan informasi tanah di lokasi pekerjaan. Terutama mengenai klasifikasi tanah sifat mekanis ( kekuatan ) dan sifat pemampatan ( kompresibilitas ) diantaranya adalah :

- Kadar air asli
- Kepadatan asli ( berat volume )
- Berat Jenis
- Batas Alterberg ( batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas)
- Distribusi ukuran butir

- Kuat geser tanah (geser langsung, triaksial dan tekan bebas)
- Konsolidasi
- Dan uji kimia tanah bila diperlukan

Hasil penyelidikan Sondir di gambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara kedalaman sebagai ordinat dengan bacaan konus  $q_c$  ( kg / m<sup>2</sup> ) dan jumlah hambatan perekat JHP ( kg / m ) sebagai absis hubungan penawaran konus dan tingkat kekerasan tanah dapat diperkirakan sebagai berikut :

$q_c < 20,4$  (kg/m<sup>2</sup>) = sangat lunak atau gembur

$q_c = 20,4 - 40,8$  (kg/m<sup>2</sup>) = lunak atau gembur

$q_c = 40,8 - 122,4$  (kg/m<sup>2</sup>) = keras

$q_c > 204$  (kg/m<sup>2</sup>) = sangat keras

sumber : Analisis dan Desain Pondasi, Joseph E. Bowles, 1997

Pengujian penetrasi standar ( standart penetration test, SPT) merupakan cara yang paling ekonomis dalam mendapatkan informasi dibawah permukaan tanah dengan melakukan pengambilan contoh bahan pada kedalaman-kedalaman tertentu dengan alat berupa tabung silinder yang dipasang pada kedalaman tertentu dengan hasil nilai N berupa banyaknya pukulan untuk memasukan kantong sekunder tersebut, berdasarkan nilai N tersebut shear empiris dan pengujian laboratorium dari hasil pengambilan material akan didapatkan parameter tanah seperti terlihat pada tabel

Tabel 3.2

Parameter Tanah Hasil Pengujian Dan Analisis Laboratorium

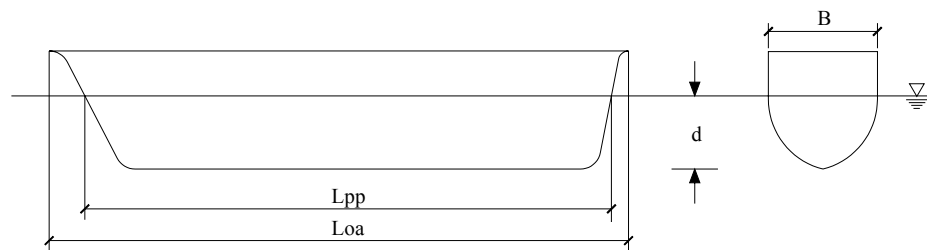
Deskripsi	Jenis Tanah Granular				
	Sangat Lepas	Lepas	Sedang	Padat	Sangat Padat
Angka Penetrasi Standar N	5 - 10	8 - 15	10 - 40	20 - 70	> 35
Sudut Gaser Dalam (φ)	25° - 30°	27° - 32°	30° - 35°	35° - 40°	38° - 93°
Berat Jenis Tanah (γ) Ton/m <sup>2</sup>	7 - 10	9 - 11,5	11 - 13	11 - 14	13 - 15

### 3.3.6 Karakteristik Kapal

Jenis dan dimensi kapal yang akan masuk ke pelabuhan berhubungan langsung pada perencanaan pelabuhan seperti panjang dermaga, besarnya alur pelayaran, dan gaya – gaya yang bekerja pada kapal.

Beberapa istilah dimensi yang dipergunakan dalam perencanaan pelabuhan, antara lain :

- Displacement Tonnage (DPL) / Ukuran Isi Tolak, yaitu volume air yang dipindahkan oleh kapal dan sama dengan berat kapal
- Deadweight Tonnage (DWT) / Bobot Mati, yaitu berat total muatan dimana kapal dapat mengangkut dalam keadaan pelayaran optimal (draft maksimum)
- Gross Tons (GT) / Ukuran Isi Kotor, yaitu volume keseluruhan ruangan kapal (untuk kapal ikan). Dimana  $1 \text{ GRT} = 2,83 \text{ m}^3$
- Netto Register Ton (NRT) / Ukuran Isi Bersih, yaitu ruangan yang disediakan untuk muatan dan penumpang, besarnya sama dengan GRT dikurangi dengan ruangan –ruangan yang disediakan untuk nahkoda dan anak buah kapal, ruang mesin, gang, kamar mandi, dapur dan ruang peta
- Draft (darat) yaitu bagian kapal yang terendam air pada keadaan muatan maksimum
- Length Overall (Loa) / Panjang Total, yaitu panjang kapal dihitung dari ujung depan (haluan) sampai ke ujung belakang (buritan)
- Length Between Perpendiculars (Lpp) / Panjang Garis Air, yaitu panjang antara kedua garis air pada beban yang direncanakan.



**Gambar 3.8 Karakteristik Kapal**

$$L_{pp} = 0,846 Lo^{1,0193} \text{ (untuk kapal barang) } \quad (\text{Bambang Triadmodjo, 2010})$$

$$L_{pp} = 0,852 Lo^{1,0201} \text{ (untuk kapal tanker)}$$

Selain dimensi dan karakteristik kapal, hal lain yang terpenting juga adalah jumlah kapal yang bersandar di dermaga. Jumlah kapal yang bersandar sangat berguna untuk merencanakan panjang dermaga, luas kolam pelabuhan dan besarnya alur.

### **3.3.7 Jumlah Produksi Ikan Hasil Tangkapan**

Data-data jumlah ikan pada tahun-tahun sebelumnya diperlukan untuk memperhitungkan prediksi jumlah ikan pada tahun yang direncanakan, sehingga dapat diperkirakan jumlah kapal yang bersandar pada dermaga setiap harinya dan untuk menghitung luas lantai bangunan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) yang dibutuhkan untuk menampung produksi ikan yang ada. Perkiraan jumlah kapal yang bersandar pada dermaga ini digunakan untuk menentukan panjang dermaga yang harus disediakan, sehingga dapat melayani kebutuhan aktifitas kapal-kapal yang bersandar.

## **3.4 Perencanaan Fasilitas Dasar**

### **3.4.1 Alur Pelayaran**

Alur pelayaran adalah bagian perairan pelabuhan yang berfungsi sebagai jalan keluar masuk kapal – kapal yang berlabuh dan menyandarkan kapalnya di Pelabuhan Perikanan. Alur Pelayaran dan kolam pelabuhan harus cukup tenang terhadap pengaruh gelombang dan arus. Perencanaan alur pelayaran dan kolam pelabuhan ditentukan oleh kapal terbesar yang akan masuk ke pelabuhan dan kondisi meteorologi dan oceanografi. Adapun faktor – faktor yang mempengaruhi pemilihan karakteristik alur masuk pelabuhan adalah sebagai berikut :

1. Keadaan trafik kapal
2. Keadaan geografi dan meteorologi di daerah alur ( bathimetri laut )
3. Kondisi pasang surut, arus dan gelombang
4. karakteristik maksimum kapal – kapal yang menggunakan pelabuhan

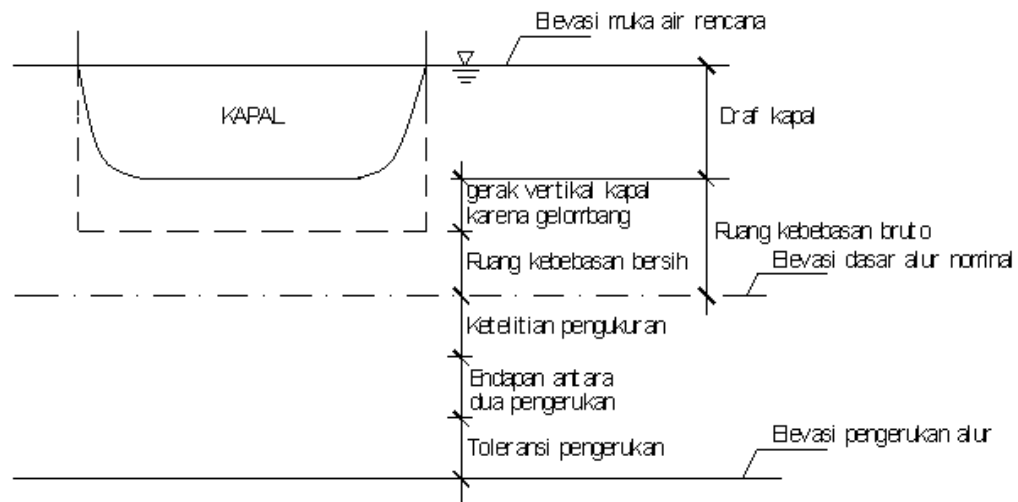
### 3.4.2 Kedalaman Alur

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan kedalaman alur ideal yaitu:

$$H = d + G + R + P + S + K$$

Dimana :

- H = kedalaman alur pelayaran (m)
- d = *draft* kapal (direncanakan  $d = 1,8$  m)
- G = gerak vertikal kapal karena gelombang (toleransi maksimal 0,5)
- R = ruang kebebasan bersih minimum 0,5 m
- P = ketelitian pengukuran
- S = pengendapan sedimen antara dua pengerukan
- K = toleransi pengerukan



Gambar 3.9 Kedalaman Alur Pelayaran

### 3.4.3 Lebar Alur Pelayaran

Lebar alur pelayaran dapat digunakan untuk satu kapal atau dua kapal (one way traffic atau two way traffic), dihitung dengan formula sebagai berikut :

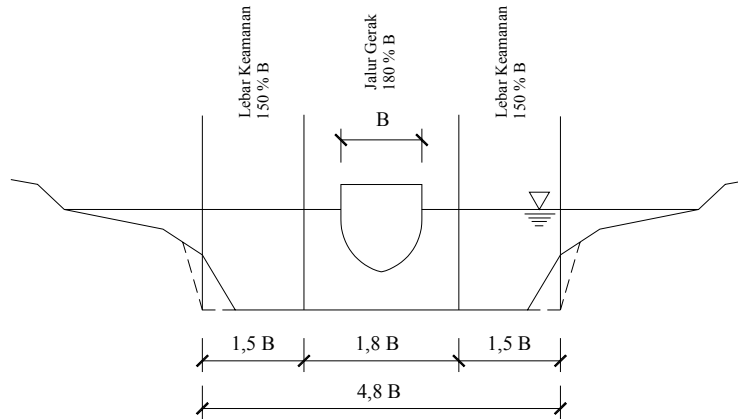
Alur dengan 1 Kapal  $W = 4,8 B$

Alur dengan 2 kapal  $W = 7,6 B$

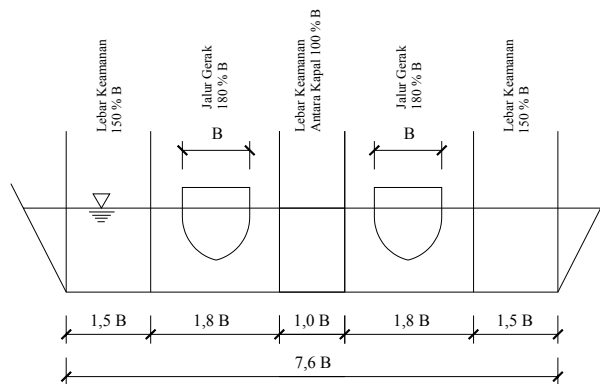
Dimana :

W : Lebar Alur Pelayaran

B : Lebar Kapal



**Gambar 3.10 Lebar Alur Pelayaran untuk satu arah**



**Gambar 3.11 Lebar Alur Pelayaran untuk dua arah**

### 3.4.4 Kolam Pelabuhan

Kolam pelabuhan adalah lokasi perairan tempat kapal berlabuh, mengisi perbekalan, atau melakukan aktifitas bongkar muat. Kondisi kolam pelabuhan yang tenang dan luas, menjamin efisiensi operasi pelabuhan. Kenyamanan dan ketenangan kolam pelabuhan dapat dipenuhi apabila memenuhi syarat :

1. Kolam pelabuhan cukup luas dan dapat menampung semua kapal yang datang dan masih tersedia cukup ruang bebas, agar kapal yang sedang melakukan

manuver dapat bergerak bebas tanpa mengganggu aktivitas kapal yang sedang membongkar ikan di dermaga.

2. Kolam pelabuhan mempunyai kedalaman yang cukup, agar arus keluar masuknya kapal – kapal tidak terpengaruh pada pasang surut air laut.
3. Tersedianya bangunan perendam gelombang, sehingga kolam pelabuhan sebagai kolam perlindungan dari pengaruh gelombang.
4. Memiliki radius putar (turning basin) bagi kapal – kapal yang melakukan gerak putar berganti haluan, tanpa mengganggu aktivitas kapal – kapal lain yang ada di kolam pelabuhan.

Adapun rumus untuk mencari Luas Kolam Pelabuhan adalah :

$$A = R + (3n \times L \times B)$$

Dimana :

A : Luas kolam pelabuhan ( $m^2$ )

R : Radius putar ( $m^2$ )

2 x Loa (length Over All) atau 2 x Panjang kapal

n : Jumlah kapal maksimum yang berlabuh tiap hari

L : Panjang kapal (m)

B : Lebar kapal (m)

### 3.4.5 Dermaga

Dermaga berfungsi sebagai tempat membongkar muatan atau ikan hasil tangkapan ( *Unloading* ), memuat/mengisi perbekalan ( *Loading Service* ) dan berlabuh ( *berthing* ). Dasar pertimbangan dalam perencanaan dermaga:

- Panjang dan lebar dermaga disesuaikan dengan kapasitas/jumlah kapal yang akan berlabuh
- Lebar dermaga dipilih sedemikian rupa sehingga paling menguntungkan terhadap fasilitas darat yang tersedia seperti TPI dan gudang dengan masih tetap mempertimbangkan kedalaman air.

❖ Tipe Dermaga

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam pemilihan tipe dermaga adalah sebagai berikut:

- Tinjauan topografi daerah pantai
- Jenis kapal yang dilayani
- Daya dukung tanah

Ada dua macam tipe dermaga yaitu:

1. Tipe Wharft

wharft adalah dermaga yang dibuat sejajar pantai dan dapat dibuat berhimpitan dengan garis pantai atau agak menjorok ke laut.

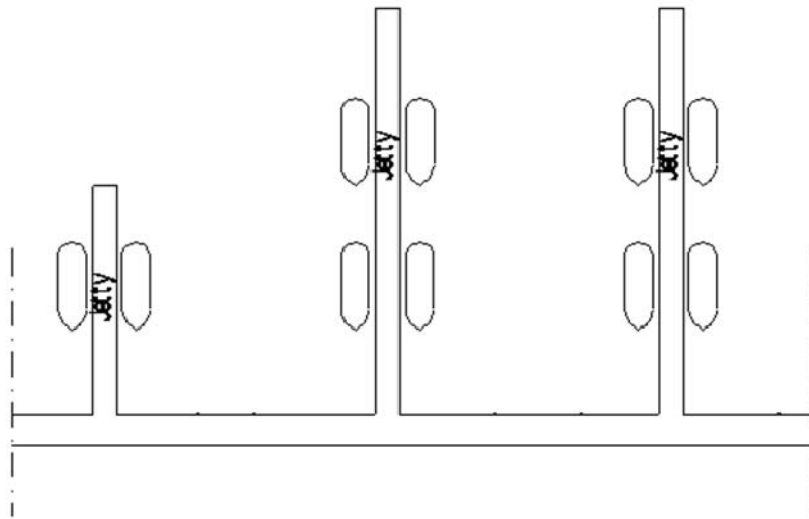
Wharft dibangun apabila garis kedalaman laut hampir merata dan sejajar dengan garis pantai

2. Pier atau Jetty

Pier adalah dermaga yang dibangun dengan membentuk sudut terhadap garis pantai.

Pada perencanaan PPI Sendang Sikucing ini digunakan tipe dermaga berbentuk jetty dengan pondasi tiang pancang, dikarenakan:

- a. Untuk memudahkan transportasi ikan dari kapal ke lokasi TPI tidak terlalu jauh
- b. Fungsi dermaga adalah untuk berlabuh kapal-kapal nelayan yang diprediksikan untuk 10 tahun yang akan datang
- c. Muatan yang dipikul dermaga tidak terlalu besar karena difungsikan untuk bongkar muat kapal nelayan
- d. Daya dukung tanah yang diijinkan berada jauh didalam tanah



**Gambar 3.12 Dermaga Bentuk Jetty**

❖ Panjang Dermaga

Persamaan yang digunakan untuk menentukan panjang dermaga disesuaikan dengan fungsi pelabuhannya, dalam hal ini pelabuhan ikan sehingga digunakan rumus pendekatan panjang dermaga sebagai berikut:

$$LD = (M \times B) + (M - 1) \times \frac{B}{W}$$

Dimana :

LD = panjang dermaga (meter)

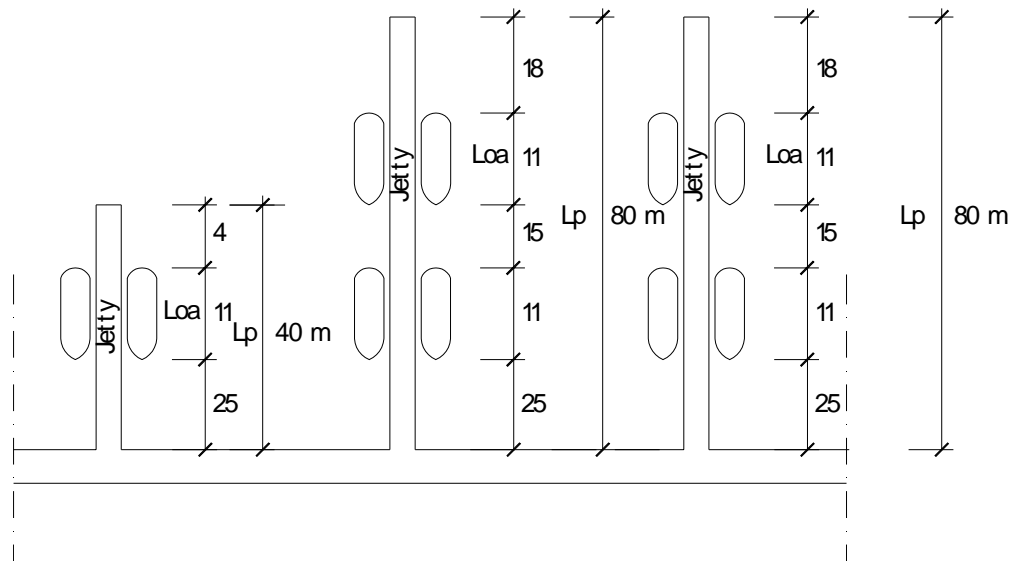
M = frekuensi pendaratan kapal / hari

Prediksi pendaratan kapal ikan untuk 10 tahun mendatang adalah 20 kapal/hari (5059 kapal dibagi 365 hari)

W = Waktu atau periode penggunaan dermaga tiap kapal 1 jam/hari

B = Lebar kapal untuk kapal 8 GT adalah 3 meter

*Sumber : Dinas Peternakan, Kelautan dan Perikanan Kabupaten Kendal, 2009*



**Gambar 3.13 Panjang Dermaga**

❖ **Lebar Dermaga**

Lebar dermaga yang disediakan untuk bongkar muat ikan disesuaikan dengan kebutuhan ruang yang tergantung aktifitas bongkar muat dan persiapan kapal berlayar,

❖ **Beban Rencana**

• **Beban Horizontal ( *Lateral Loads* )**

Beban horizontal yang bekerja pada dermaga terdiri dari gaya benturan kapal saat bersandar dan gaya tarik saat kapal melakukan penambatan di dermaga. Untuk mencegah hancurnya dermaga karena pengaruh benturan kapal, maka gaya benturan kapal diperhitungkan berdasarkan bobot kapal dengan muatan penuh dan dengan memasang fender disepanjang dermaga.

• **Beban Vertikal ( *Vertical Loads* )**

Beban vertikal dari seluruh beban mati konstruksi dermaga dengan total beban hidup yang bekerja pada konstruksi bangunan dermaga tersebut.

❖ Konstruksi dermaga

Konstruksi yang direncanakan pada PPI Sendang Sikucing ini menggunakan beton bertulang. Perhitungan konstruksi dermaga meliputi perhitungan lantai dermaga dan perhitungan balok, yaitu balok tepi, balok memanjang dan balok melintang. Pembebanan yang terjadi pada lantai dan balok dermaga meliputi beban mati ( *dead load* ) yang berupa beban sendiri, beban air hujan dan beban hidup ( *live load* ) yang berupa beban orang, beban gerobak, beban keranjang. Perencanaan beban tersebut berdasarkan peraturan pembebanan yang berlaku dan peraturan beton bertulang yang menggunakan SKSNI-T15-1991-03.

❖ Pondasi dermaga

Dalam perencanaan PPI Sendang Sikucing ini, pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang.

Pada umumnya tiang pancang dipancang tegak lurus ke dalam tanah tetapi apabila diperlukan untuk menahan gaya horizontal maka tiang pancang dapat dipasang miring. Agar dapat merencanakan pondasi tiang pancang yang benar maka perlu mengetahui beban-beban yang bekerja pada konstruksi diatas pondasi tersebut.

➤ Perhitungan daya dukung tiang pancang

1. Terhadap kekuatan bahan

$$A \text{ tiang} = F_b + nF_e$$

$$P \text{ tiang} = \sigma_b * A \text{ tiang}$$

$$\sigma_b = 0,33 \sigma_{bk}$$

2. Terhadap pemancangan

Dengan rumus pancang A.Hiley dengan tipe single acting drop hammer

$$R_u = \frac{E_f x W x H}{\delta + \frac{1}{2}(C_1 + C_2 + C_3)} x \frac{W + e^2 x W_p}{W + W_p}$$

Dimana :

$E_f$  = efesiensi alat pancang

$W_p$  = berat sendiri tiang pancang

W	= berat hammer
E	= koefisien pengganti beton
H	= tinggi jatuh hammer
$\delta$	= penurunan tiang akibat pukulan terakhir
C1	= tekanan izin sementara pada kepala tiang dan penutup
C2	= simpangan tiang akibat tekanan uzizn sementara
C3	= tekanan izin sementara
Ru	= batas maksimal beban (ton)

Batas beban izin yang diterima tiang (Pa):

$$P_a = 1/n \times P_u$$

### 3. Terhadap kekuatan tanah

Dengan rumus daya dukung pondasi tiang pancang Mayerhoff

$$P_{ult} = 40Nb.Ab + 0,2.\bar{N}.As$$

dimana:

$P_{ult}$  : Daya dukung batas pondasi tiang pancang (ton)

Nb : Nilai N-SPT pada elevasi dasar tiang

Ab : Luas penampang dasar tiang

$\bar{N}$  : luas penampang dasar tiang (m<sup>2</sup>)

As : Luas selimut tiang (m<sup>2</sup>)

Dari perhitungan daya dukung tiang pancang di atas diambil nilai terkecil.

### ➤ Perhitungan Efisiensi Tiang

Efisiensi group tiang pancang:

$$Eff = 1 - \frac{\theta}{90} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{m.n} \right]$$

Dimana:

- m = Jumlah Baris
- n = jumlah tiang dalam 1 baris
- $\theta$  = arc tan (d/s)
- d = Diameter tiang
- s = Jarak Antar Tiang (as ke as)

Dengan memperhitungkan efesiensi, maka daya dukung tiang pancang tunggal menjadi:

$$Q = \text{Eff} \times Q \text{ tiang}$$

- Perhitungan tekanan pada kelompok tiang (gaya vertical)

$$P_{\text{beban}} = \frac{P_v}{n} \pm \frac{M_y \cdot X_{\text{max}}}{n_y \cdot \sum(x^2)} \pm \frac{M_x \cdot Y_{\text{max}}}{n_x \cdot \sum(y^2)}$$

Dimana :

- N = banyaknya tiang pancang
- X max = jarak terjauh ditinjau dari sumbu x
- Y max = jarak terjauh ditinjau dari sumbu y
- $\sum(x^2)$  = jumlah kuadrat absis tiang pancang
- $\sum(y^2)$  = jumlah kuadart ordinat tiang pancang
- Nx = jumlah tiang pancang tiap baris pada arah x
- Ny = jumlah tiang pancang tiap baris pada arah y

- Penulangan Tiang Pancang

Untuk perhitungan penulangan tiang pancang, diambil pada kondisi momen-momen yang terjadi adalah momen akibat pengangkatan satu titik dan pengangkatan dua titik.

### 3.4.6 Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang ( *breakwater* ) yang umum digunakan ada 2 macam yaitu:

- a. Pemecah gelombang yang dihubungkan dengan pantai ( *shore connected breakwater* )
- b. Pemecah gelombang lepas pantai ( *off shore breakwater* )

Pemecah gelombang berfungsi untuk melindungi kolam pelabuhan, pantai, fasilitas pelabuhan dari gangguan gelombang yang dapat mempengaruhi keamanan dan kelancaran aktifitas pelabuhan.

Pemilihan pemecah gelombang ditentukan dengan melihat hal-hal sebagai berikut:

- Bahan yang tersedia di sekitar lokasi
- Besar gelombang
- Pasang surut air laut
- Kondisi tanah dasar laut
- Peralatan yang digunakan untuk pembuatnya

Untuk perencanaan bentuk dan kestabilan pemecah gelombang perlu diketahui:

- Tinggi muka air laut akibat adanya pasang surut
- Tinggi puncak gelombang dari permukaan air tenang
- Perkiraan tinggi dan panjang gelombang
- Run up gelombang

Pemecah gelombang pada PPI Sendang Sikucing adalah pemecah gelombang lepas pantai yang dibuat dari satu pemecah gelombang atau satu seri bangunan yang terdiri dari ruas pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah. Di Indonesia penggunaan pemecah gelombang sisi miring dapat dihitung dengan menggunakan rumus Hudson.

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (s_r - 1) \cot \theta}$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \quad (\text{ Bambang Triatmodjo, 1999 } )$$

Dimana :

W = Berat butir batu pelindung

Sr = Spesific gravity

$\gamma_r$  = Berat jenis batu

$\gamma_a$  = Berat jenis air laut

H = Tinggi gelombang rencana

$\theta$  = Sudut kemiringan sisi pecah gelombang

$K_D$  = Koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk batu pelindung, kekasaran permukaan batu, ketajaman sisinya, ikatan antar butir, dan keadaan pecahnyan gelombang.

Rumus diatas hanya berlaku pada keadaan:

- Gerak gelombang tegak lurus breakwater
- Tidak terlalu *overtapping*

Semakin besar kedalaman, besar dan kekuatan gelombang semakin berkurang maka semakin bertambah kedalaman ukuran batu yang digunakan semakin kecil

Dalam menentukan elevasi puncak breakwater digunakan rumus:

$$Elv = HWL + Ru + 0,5$$

Dimana:

HWL = muka air tinggi

Ru = Runup (tinggi rambat gelombang saat membentur breakwater)

0,5 = tinggi kebebasan aman dari runup maksimal

Penentuan elevasi lebar puncak breakwater dihitung dengan rumus:

$$B = n k \Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad ( Bambang Triatmodjo, 1999 )$$

Dimana:

- B = Lebar puncak
- n = Jumlah butir batu ( $n_{\min} = 2$ )
- $k\Delta$  = Koefisien lapis
- W = Berat batu pelindung
- $\gamma_r$  = Berat jenis batu pelindung

Untuk menentukan tebal lapisan pelindung digunakan rumus:

$$t = n k \Delta \left[ \frac{W}{\gamma_r} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$N = A n k \Delta \left[ 1 - \frac{P}{100} \right] \left[ \frac{\gamma_r}{W} \right]^{\frac{2}{3}} \quad ( Bambang Triatmodjo, 1999 )$$

Dimana:

- t = Tebal lapisan pelindung
- n = Jumlah lapisan batu dalam lapisan pelindung
- $k\Delta$  = Koefisien lapisan
- A = Luas permukaan
- W = Berat butir pelindung
- P = Porositas rerata dari lapis pelindung
- N = Jumlah butir batu untuk satu satuan luas
- $\gamma_r$  = Berat jenis batu pelindung

### 3.4.7 Fender

*Fender* di bangun untuk meredam benturan kapal dengan dermaga sehingga kerusakan kapal maupun dermaga dapat dihindarkan. Fender ini berfungsi untuk

menyerap setengah gaya yang dihasilkan akibat benturan kapal (0,5 E) dan sisanya dutahan oleh konstruksi dermaga.

Besarnya energi yang terjadi akibat benturan dapat dipakai rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{W.V^2}{2g} C_m.C_e.C_s.C_c \quad ( Bambang Triadmodjo, 2010 )$$

Dimana :

E = energi kinetik yang timbul akibat benturan kapan ( ton meter )

W = berat kapal ( ton/m/detik<sup>2</sup> )

V = kecepatan kapal saat merapat ( meter / detik )

g = gaya gravitasi bumi

C<sub>m</sub> = koefisien massa

C<sub>e</sub> = koefisien eksentrisitas

C<sub>s</sub> = koefisien kekerasan (diambil 1)

C<sub>c</sub> = koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)

Khusus kecepatan kapal dapat ditentukan pada tabel dibawah ini :

Tabel 3.3 Kecepatan Merapat Kapal pada Dermaga

Ukuran kapal (DWT)	Kecepatan Merapat (m/det)	
	Pelabuhan	Laut Terbuka
Sampai 500	0.25	0.30
500 – 10.000	0.15	0.20
10.000 – 30.000	0.15	0.15
> 30.000	0.12	0.15

Sumber : ( Bambang Triadmodjo, 2010 )

Koefisien massa tergantung dari gerakan air disekeliling kapal yang dihitung dengan persamaan :

$$C_m = 1 + \frac{\pi.d}{2Cb.B} \quad ( Bambang Triadmodjo, 2010 )$$

Dimana :

- d = draft kapal (m)
- C<sub>b</sub> = koefisien blok kapal
- B = lebar kapal (m)

Sedangkan C<sub>b</sub> didapat dari persamaan sebagai berikut :

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \cdot B \cdot d \cdot \gamma_0} \quad ( Bambang Triadmodjo, 2010 )$$

Dimana :

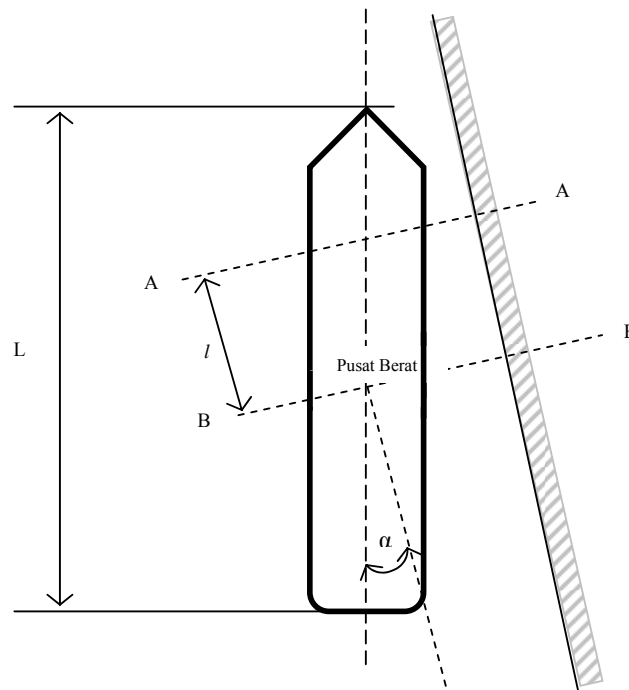
- L<sub>pp</sub> = panjang garis air
- γ<sub>0</sub> = berat jenis air = 1,025 kg/m<sup>2</sup>

Sedangkan koefisien eksentrisitas adalah perbandingan antara energi sisa dengan energi kapal yang merapat dan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C_c = \frac{1}{1 + (l/r)^2} \quad ( Bambang Triadmodjo, 2010 )$$

Dimana :

- l = jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal = ¼ Loa
- Loa = panjang kapal yang ditambat
- r = jari – jari putaran di sekeliling pusat gerak kapal pada permukaan air, untuk nilai t didapat dari grafik nilai r.



**Gambar 3.14 Sudut Benturan Kapal**

dimana :

L = Loa =panjang kapal

A = titik sandar kapal

B = pusat berat kapal

Gaya perlawanan kapal

Energi yang diserap oleh sistem *fender* dan dermaga biasanya ditetapkan setengah dari gaya benturan kapal ( $1/2 E$ ), setengah gaya yang lain diserap oleh kapal dan air. Energi yang membentur dermaga adalah  $1/2 E$ . Karena benturan tersebut, *fender* memberikan gaya reaksi  $F$  yang mengakibatkan defleksi *fender* sebesar  $d$ , maka terdapat hubungan sebagai berikut (Pelabuhan, Bambang Triatmodjo,1996) :

$$F \cdot 1/2 \cdot d = 1/2 \cdot E$$

$$\frac{W}{2g} V^2 = 1/2 F \cdot d$$

$$F = \frac{W}{2gd} V^2$$

#### Jarak maksimum antar fender

Jarak maksimum antar fender ( L ) bisa dihitung dengan rumus :

$$L = 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2} \quad ( Bambang Triatmodjo, 2010)$$

Dari tabel dari OCDI (1991) untuk tiap-tiap kedalaman air memberikan jarak maksimum antar *fender* yang berbeda.

dimana :

F = gaya benturan yang diserap oleh sistem fender (ton meter)

W = bobot kapal bermuatan penuh (ton)

d = defleksi fender (khusus kayu dibagi 20) (mm)

V = komponen kecepatan kapal dalam arah tegak lurus sisi dermaga (m/det)

g = percepatan gravitasi = 9,81 m/det<sup>2</sup>

L = jarak antar fender (m)

r = jari-jari kelengkungan sisi haluan kapal (m)

h = tinggi fender (m)

#### **3.4.8 Bolder**

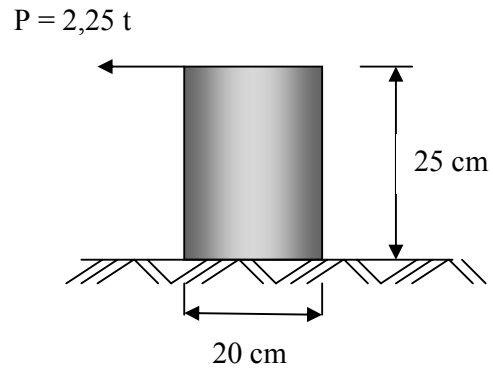
Fungsi *Bolder* adalah untuk menambatkan kapal agar tidak mengalami pergerakan yang dapat mengganggu baik pada aktifitas bongkar maupun lalu lintas kapal lainnya. *Bolder* yang digunakan dalam perencanaan dermaga ini menggunakan bahan dari beton.

*Bolder* dipasang dengan jarak 3 m, jenis *bolder* ditentukan berdasarkan besarnya gaya tarik kapal yaitu sebesar

$$\frac{15}{200} \times 30 = 2,25Ton$$

Direncanakan untuk kapal ukuran 30 Gt. *Bolder* direncanakan menggunakan balok silinder dengan tinggi 25 cm berdiameter 20 cm, tetapi

asumsi perhitungan sebagai balok untuk perkuatan *Bolder* pengecorannya dilakukan monolit dengan lantai dermaga.



**Gambar 3.15** Gaya yang bekerja pada bolder