

**TUGAS AKHIR**

**STUDI PENGEMBANGAN PELABUHAN CURAH KERING  
NAMBO KABUPATEN BUTON**

***NAMBO DRY BULK PORT DEVELOPMENT STUDY,  
BUTON REGENCY***

**ARFAN AMINUDDIN  
D011 17 1020**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**STUDI PENGEMBANGAN PELABUHAN CURAH KERING NAMBO KABUPATEN  
BUTON**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**ARFAN AMINUDDIN**


**D011 17 1020**


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 10 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

menyetujui,

Pembimbing I,

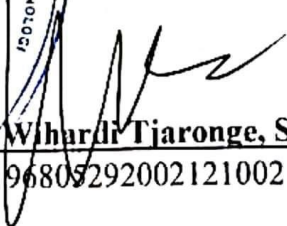
Pembimbing II,

  
**Dr. Eng. Ir. H. Mukhsan Putra Hatta, ST, MT**  
NIP: 197305121999031002

  
**Dr. Ir. H. Riswal K, ST, MT, IPM**  
NIP: 197105052006041002



Ketua Program Studi,

  
**Prof. Dr. W. M. Wihardi Tjaronge, ST, M.Eng**  
NIP: 196809292002121002

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Andi Muh. Zulkifli Hidayatullah, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “ **Studi Pengembangan Pelabuhan Curah Kering Nambo Kabupaten Buton**”, adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 12 Oktober 2022

Yang membuat pernyataan,



Arfan Aminuddin

NIM : D011 17 1020

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim. Puji dan Syukur kita panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "**Studi Pengembangan Pelabuhan Curah Kering Nambo Kabupaten Buton**" sebagai salah satu syarat yang diajukan untuk menyelesaikan studi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa banyak kendala yang dihadapi dalam penyusunan tugas akhir ini, namun itu semua tidak lepas dari bimbingan, bantuan dan dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Allah Subhanahu Wa Ta'ala** dengan segala rahmat serta Karunia-Nya yang memberikan kemudahan dan kekuatan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua tercinta, yaitu ayahanda **Aminuddin Hasyim** dan ibunda **Faridah** yang telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, serta segala dukungan yang engkau berikan selama ini, baik materil maupun spiritual, karena penulis tidak dapat sampai di titik ini jika tanpa doa dan ridho mereka.
3. Saudara saya, **Rezkylia Aminuddin** yang selalu memberikan saya doa dan motivasi.
4. Bapak **Prof. Dr. Jamaluddin Jompa, M.Si.**, selaku Rektor Universitas Hasanuddin
5. Bapak **Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.**, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
6. Bapak **Prof. Dr. H. M. Wihardi Tjaronge, S.T., M.Eng.**, selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

7. Bapak **Dr. Eng. Ir. H. Mukhsan Putra Hatta, S.T.,M.T.**, selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahan serta mendidik saya dari dan hingga terselesainya tugas akhir ini.
8. Bapak **Dr. Ir. H. Riswal Karamma, S.T.,M.T.,IPM.**, selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dan arahan serta mendidik saya dari dan hingga terselesainya tugas akhir ini.
9. Seluruh **Dosen Departemen Teknik Sipil** Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
10. Seluruh **Staf dan Karyawan Departemen Teknik Sipil**, staf Laboratorium dan asisten Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
11. Rekan-rekan di **KKD KEAIRAN 2017**, yang senantiasa membantu, serta memberikan semangat dan dorongan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
12. Saudara-saudari **PLASTIS 2018**, Departemen Teknik Sipil dan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Angkatan 2017
13. Serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu yang telah mendukung penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu penulis mengharapkan masukan dari semua pihak. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi siapapun yang membacanya.

Gowa, 12 Oktober 2022  
Hormat Saya,

Arfan Aminuddin

## **ABSTRAK**

Kabupaten Buton memiliki potensial komoditas hasil bumi yang baik seperti aspal yang terbesar di Indonesia sehingga hal ini perlu dikembangkan untuk kebutuhan pemenuhan rantai pasok di Indonesia khususnya meliputi kebutuhan aspal. Sebagai upaya dalam mendukung terdistribusinya Aspal dari Kabupaten Buton ke wilayah yang ada di Indonesia adalah dengan penyiapan Pelabuhan yang menunjang aktifitas Curah Kering di Kabupaten Buton.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis data-data awal hydro-oceanografi pada perencanaan Pelabuhan Nambo untuk merumuskan desain pengembangan Pelabuhan Nambo sebagai Pelabuhan Curah Kering.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dan data yang digunakan yaitu data primer dan sekunder, kemudian dilakukan analisis menggunakan Metode Peramalan Laut dalam untuk menentukan tinggi dan periode gelombang yang nantinya data tersebut digunakan dalam menentukan periode ulang gelombang.

Hasil yang diperoleh didapat tinggi gelombang dengan kala ulang 25 tahun berkisar pada 0,51 m hingga 2,11 m dengan daya angkut kapal rencana sebesar 20000 DWT , elevasi deck dermaga 5,25 m dengan dimensi Pelabuhan sebesar 434 m x 30 m .

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
A. LATAR BELAKANG .....	1
B. RUMUSAN MASALAH PENELITIAN .....	3
C. TUJUAN PENELITIAN .....	3
D. MANFAAT PENELITIAN .....	4
E. BATASAN MASALAH .....	4
F. SISTEMATIKA PENULISAN .....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
A. DEFINISI PANTAI .....	6
B. ANGIN.....	9
1. Distribusi Kecepatan Angin .....	9
2. Data Angin .....	13
3. Konversi Kecepatan Angin .....	15
C. <i>FETCH</i> .....	16
D. GELOMBANG.....	18
1. Peramalan Gelombang di Laut Dalam.....	19
E. STATISTIK GELOMBANG .....	21
1. Gelombang Representatif.....	22
2. Perkiraan Gelombang Dengan Periode Kala Ulang Analisis Frekuensi) .....	24
3. Fungsi Distribusi Probabilitas .....	25
4. Interval Keyakinan.....	28

F. DEFORMASI GELOMBANG .....	30
1. Refraksi dan <i>Wave Shoaling</i> .....	31
2. Refraksi Gelombang.....	33
3. Difraksi Gelombang.....	33
4. Gelombang Pecah.....	34
G. TINJAUAN DERMAGA .....	37
H. TIPE DERMAGA.....	39
I. JENIS DERMAGA .....	40
J. TIPE STRUKTUR DERMAGA .....	51
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	61
A. LOKASI PENELITIAN .....	61
B. JENIS PENELITIAN DAN SUMBER DATA.....	62
1. Data Primer .....	62
2. Data Sekunder .....	68
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	70
A. DATA KAPAL .....	70
B. DATA ANGIN .....	72
C. FETCH GELOMBANG .....	74
D. PERAMALAN GELOMBANG LAUT DALAM.....	83
1. Prosedur Peramalan .....	83
2. Kala Ulang Gelombang .....	91
3. Panjang Gelombang.....	96
4. Tinggi Gelombang Laut Dalam dan Gelombang Pecah.....	98
E. PASANG SURUT .....	107
F. DATA BATHYMETRI.....	111
G. DATA PENYELIDIKAN TANAH .....	114
H. PERENCANAAN LAYOUT DERMAGA.....	118
1. Layout Dermaga.....	119
2. Perhitungan Pembebanan Struktur .....	121
3. Beban Gelombang .....	128
4. Perhitungan Konstruksi Dermaga.....	133



5. Perencanaan Poer .....	147
6. Perencanaan Fender.....	153
7. Perencanaan Bolard.....	159
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	162
5.1 KESIMPULAN .....	162
5.2 SARAN.....	164
DAFTAR PUSTAKA.....	165
LAMPIRAN .....	166

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Defenisi dan batasan pantai (Triatmodjo, 1999) .....	7
<b>Gambar 2.</b> Definisi dan karakteristik gelombang di daerah pantai (Triatmodjo, 1999).....	8
<b>Gambar 3.</b> Distribusi vertikal kecepatan angin (CERC,1984) .....	11
<b>Gambar 4.</b> Mawar Angin (Triatmodjo, 1999).....	14
<b>Gambar 5.</b> Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat (Triatmodjo, 1999).....	15
<b>Gambar 6.</b> Fetch (Triatmodjo, 1999) .....	17
<b>Gambar 7.</b> Grafik peramalan gelombang (Triatmodjo, 1999).....	20
<b>Gambar 8.</b> Pencatatan gelombang di suatu tempat (Triatmodjo, 1999)...	22
<b>Gambar 9.</b> Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan (Triatmodjo,1999) .....	32
<b>Gambar 10.</b> Penentuan tinggi gelombang pecah .....	32
<b>Gambar 11.</b> Penentuan kedalaman gelombang pecah.....	36
<b>Gambar 12.</b> Tampang Dermaga.....	38
<b>Gambar 13.</b> Dermaga tipe a) wharf, b) pier, dan c) jetty .....	41
<b>Gambar 14.</b> Pelabuhan minyak.....	42
<b>Gambar 15.</b> Sketsa terminal barang.....	45
<b>Gambar 16.</b> Pelabuhan penumpang .....	46
<b>Gambar 17.</b> Pelabuhan Sorong.....	47
<b>Gambar 18.</b> Pelabuhan Militer.....	48
<b>Gambar 19.</b> Sketsa terminal peti kemas.....	49
<b>Gambar 20.</b> Sketsa terminal barang curah padat .....	50
<b>Gambar 21.</b> Desain dermaga marina .....	50
<b>Gambar 22.</b> Bentuk Struktur Dermaga Deck On Pile.....	53
<b>Gambar 23.</b> Bentuk Struktur Dermaga Sheet Pile .....	54
<b>Gambar 24.</b> Bentuk Struktur Dermaga Anchored Sheet Pile .....	54
<b>Gambar 25.</b> Bentuk Struktur Dermaga Diaphragma Wall dengan Barette Pile .....	56

<b>Gambar 26.</b> Bentuk Struktur Dermaga Caisson .....	57
<b>Gambar 27.</b> Jenis Dermaga Sistem Dolphin.....	58
<b>Gambar 28.</b> Dimensi Struktur Dermaga Sistem Dolphin.....	60
<b>Gambar 29.</b> Lokasi Penelitian .....	61
<b>Gambar 30.</b> Contoh Lintasan Pemeruman.....	63
<b>Gambar 31.</b> <i>Rose Plot</i> kecepatan angin selama tahun 2021 di perairan teluk Lawele, Teluk Nambo, Lasalimu, Kabupaten Buton ...	73
<b>Gambar 32.</b> Garis Fetch dari arah Utara .....	75
<b>Gambar 33.</b> Garis Fetch dari arah Barat Laut.....	75
<b>Gambar 34.</b> Garis Fetch dari arah Barat Daya .....	76
<b>Gambar 35.</b> Garis Fetch dari arah Barat .....	76
<b>Gambar 36.</b> Koreksi Kecepatan angin Akibat Lokasi.....	84
<b>Gambar 37.</b> Faktor Koreksi Angin Terhadap Stabilitas Suhu.....	85
<b>Gambar 38.</b> Bagan Alir Peramalan Gelombang .....	86
<b>Gambar 39.</b> Mawar Gelombang di lokasi studi .....	90
<b>Gambar 40.</b> Hubungan antara $H_o'/gT^2$ dengan $H_b/H_o'$ .....	101
<b>Gambar 41.</b> Hubungan antara $H_b/gT^2$ dengan $d_b/H_b$ .....	102
<b>Gambar 42.</b> Grafik gelombang pecah di lokasi studi arah utara .....	104
<b>Gambar 43.</b> Grafik gelombang pecah di lokasi studi arah Barat Laut ....	105
<b>Gambar 44.</b> Grafik gelombang pecah di lokasi studi arah Barat .....	105
<b>Gambar 45.</b> Grafik gelombang pecah di lokasi studi arah Barat Daya...	106
<b>Gambar 46.</b> Grafik Elevasi Muka Air di Lokasi Studi .....	108
<b>Gambar 47.</b> Tumpang pasang di lokasi studi .....	110
<b>Gambar 48.</b> Peta Topografi dan Batimetri di lokasi studi.....	112
<b>Gambar 49.</b> Peta Topografi dan Batimetri dengan citra di lokasi studi ..	113

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Skala angin Beaufort .....	11
<b>Tabel 2.</b> Data persentasi kejadian angin.....	14
<b>Tabel 3.</b> Koefisien untuk menghitung deviasi standar .....	28
<b>Tabel 4.</b> Batas interval keyakinan tinggi gelombang signifikan ekstrim ...	30
<b>Tabel 5.</b> Kriteria hierarki pelabuhan berdasarkan KM 53 tahun 2002 .....	42
<b>Tabel 6.</b> Karakteristik Fisik Kapal .....	70
<b>Tabel 7.</b> Distribusi Frekuensi (%) kecepatan angin dan arah angin tahun 2021 di perairan Teluk Lawele, Teluk Nambo, Lasalimu, Kabupaten Buton .....	72
<b>Tabel 8.</b> Panjang Fetch dari arah mata angin .....	77
<b>Tabel 9.</b> Fetch Effektive arah Utara .....	78
<b>Tabel 10.</b> Fetch Effektive dari arah Barat Laut.....	79
<b>Tabel 11.</b> Fetch Effektive dari arah Barat .....	80
<b>Tabel 12.</b> Fetch Effektive dari arah Barat Daya .....	81
<b>Tabel 13.</b> Rekapitulasi Fetch Effektive.....	82
<b>Tabel 14.</b> Persentasi kejadian gelombang berdasarkan interval .....	87
<b>Tabel 15.</b> Rekapitulasi Periode dan Tinggi Gelombang Maksimum Tiap Tahun.....	89
<b>Tabel 16.</b> Tinggi dan Periode gelombang laut dengan kala ulang tertentu .....	95
<b>Tabel 17.</b> Rekapitulasi Panjang Gelombang Pada Tiap Arah Pembangkitan Gelombang.....	97
<b>Tabel 18.</b> Tinggi gelombang sebagai fungsi kedalaman air di lokasi studi .....	103
<b>Tabel 19.</b> Tinggi dan kedalaman gelombang pecah di lokasi studi .....	106
<b>Tabel 20.</b> Hasil analisis konstanta harmonic pasang surut .....	107
<b>Tabel 11.</b> Fetch Effektive dari arah Barat .....	80
<b>Tabel 12.</b> Fetch Effektive dari arah Barat Daya .....	81
<b>Tabel 13.</b> Rekapitulasi Fetch Effektive.....	82

<b>Tabel 14.</b> Persentasi kejadian gelombang berdasarkan interval .....	87
<b>Tabel 15.</b> Rekapitulasi Periode dan Tinggi Gelombang Maksimum Tiap Tahun.....	89
<b>Tabel 16.</b> Tinggi dan Periode gelombang laut dengan kala ulang tertentu .....	95
<b>Tabel 17.</b> Rekapitulasi Panjang Gelombang Pada Tiap Arah Pembangkitan Gelombang.....	97
<b>Tabel 18.</b> Tinggi gelombang sebagai fungsi kedalaman air di lokasi studi .....	103
<b>Tabel 19.</b> Tinggi dan kedalaman gelombang pecah di lokasi studi .....	106

## **BAB 1. PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan dengan salah satu garis pantai terpanjang di Dunia . Kelebihan yang dimiliki ini membuat Indonesia kaya akan flora dan fauna lautan yang begitu berlimpah. Selain itu, akibat negara berbentuk kepulauan ini sehingga salah satu penghubung aktifitas antar pulau adalah melalui akses laut. Setidaknya berdasarkan data dari Kementerian Perhubungan tahun 2020 , Indonesia memiliki 2.439 pelabuhan dan angka ini meningkat 38,6% dari tahun sebelumnya yang hanya berjumlah 1.760 pelabuhan. Selain itu, total sarana laut Indonesia berdasarkan data kementerian perhubungan tahun 2020 berjumlah 93.737 unit dimana unit ini didominasi oleh kapal ikan dengan jumlah 46.194 unit disusul kapal barang 43.037 unit dan terakhir kapal penumpang sejumlah 4.506 unit.

Akses laut pada sistem transportasi Indonesia sangat menyumbang peranan penting dalam pembangunan Indonesia. Hal ini diakibatkan kapasitas melalui jalur laut bisa dilakukan dengan volume besar dan menghemat nilai ekonomi perjalanan ketimbang jalur darat dan udara walau sebenarnya memakan waktu yang tidak begitu efisien. Tetapi, apabila dikalkulasi terhadap daya muat, biaya dan dibandingkan dengan waktu tempuh terhadap akses lainnya, akses laut masih tergolong optimal dan layak untuk diperhitungkan. Hal inilah yang menjadi penyambung antar pembangunan dan pemerataan yang ada di Indonesia.

Salah satu penyokong akses transportasi laut adalah tersedianya sarana Pelabuhan serta prasarananya. Tentu dengan kapasitas dan kualitas ini juga sangat menunjang ekonomi dari suatu daerah karena Pelabuhan juga merupakan suatu tempat besar pelaku ekonomi dalam beraktifitas dan menjadi support bagi suatu daerah untuk menyalurkan berbagai hasil buminya.

Kabupaten Buton memiliki potensial komoditas hasil bumi yang baik seperti aspal yang terbesar di Indonesia sehingga hal ini perlu dikembangkan untuk kebutuhan pemenuhan rantai pasok di Indonesia khususnya meliputi kebutuhan aspal. Aspal saat ini begitu pesat permintaan di tiap daerah karena setiap daerah tentu selalu melakukan peningkatan kualitas jalan salah satunya adalah peningkatan kualitas jalan lentur yang meliputi aspal sebagai bahan baku utama.

Sebagai upaya dalam mendukung terdistribusinya Aspal dari Kabupaten Buton ke wilayah yang ada di Indonesia adalah dengan penyiapan Pelabuhan yang menunjang aktifitas Curah Kering di Kabupaten Buton. Terdapat satu Pelabuhan yang nampaknya bisa dioperasikan untuk aktifitas ini adalah Pelabuhan Nambo di Kabupaten Buton. Pelabuhan Nambo saat ini perlu dilakukan pembenahan dari segi penyiapan fasilitas penunjang kegiatan curah kering untuk melayani kepadatan permintaan akan aspal dari seluruh daerah sehingga perlu sesuai dengan spesifikasi teknis untuk pemenuhan Pelabuhan Curah Kering.

Berdasar dari latar belakang inilah maka penulis mengangkat tema penelitian ***“Studi Pengembangan Pelabuhan Curah Kering Nambo Kabupaten Buton”*** sehingga bisa menjadi salah satu referensi dalam pengembangan Pelabuhan dan penelitian lanjutan kedepan.

## **B. Rumusan Masalah**

Rumusan Masalah dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi Hydroceanografi pada daerah rencana ?
2. Bagaimana Desain Layout Pelabuhan pada lokasi rencana ?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisis data-data awal hydroceanografi pada perencanaan Pelabuhan Nambo
2. Merumuskan desain pengembangan Pelabuhan Nambo sebagai Pelabuhan Curah Kering

## **D. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Diharapkan mampu memberikan penjelasan mengenai data awal pada perencanaan Pelabuhan Nambo dalam rangka untuk pengembangan kedepan.



2. Diharapkan mampu memberikan kesimpulan terhadap kelayakan pengembangan Pelabuhan Nambo sebagai Pelabuhan Curah Kering .
3. Diharapkan mampu memberikan gambaran Desain Pelabuhan Curah Kering Nambo sebagai bahan pengembangan kedepan dan menjadi referensi untuk penelitian serupa dan selanjutnya.

#### **E. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di Pelabuhan Nambo, Kabupaten Buton Provinsi Sulawesi Selatan
2. Pengembangan Pelabuhan adalah Pelabuhan Curah Kering
3. Perencanaan kapal dengan daya angkut 20000 DWT

#### **F. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini untuk menghasilkan penulisan yang baik dan terarah serta memudahkan pembaca memahami uraian secara sistematis, maka tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab sebagai berikut :

##### **BAB 1. PENDAHULUAN**

Pendahuluan memuat suatu gambaran secara singkat dan jelas tentang latar belakang mengapa penelitian ini perlu dilaksanakan. Dalam

pendahuluan ini juga memuat rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan tugas akhir ini.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini berisi mengenai teori-teori yang relevan dengan topik permasalahan yang dijadikan sebagai landasan atau acuan dalam melakukan penelitian dan memberikan gambaran mengenai metode pemecahan masalah yang akan digunakan pada penelitian ini.

## BAB 3. METODE PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metode yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi prosedur penelitian yang dituangkan dalam bentuk bagan alir penelitian, lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, jenis dan sumber data serta analisis yang digunakan dalam mengolah data.

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini memuat hasil-hasil pengujian serta analisa data perhitungan menggunakan rumus-rumus empiris diantaranya adalah

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

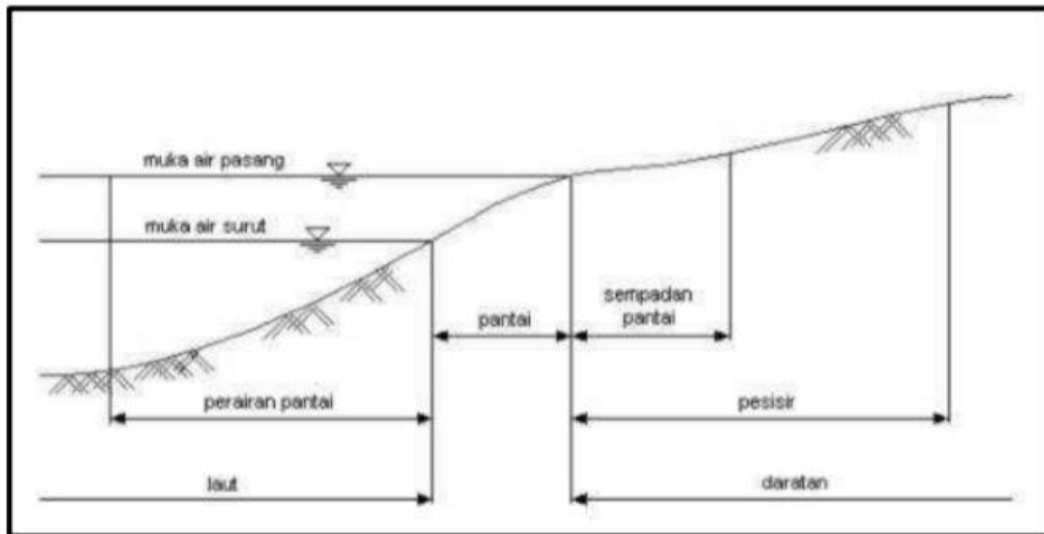
Bab ini merupakan penutup dari penulisan tugas akhir yang memuat kesimpulan hasil dari analisis penelitian yang disertai dengan saran-saran mengenai keseluruhan penelitian maupun untuk penelitian yang akan datang.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Definisi Pantai**

Pantai secara umum diartikan sebagai batas antara wilayah yang bersifat daratan dengan wilayah yang bersifat lautan. Pantai merupakan daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan surut terendah. Daerah pantai sering juga disebut daerah pesisir atau wilayah pesisir. Daerah pantai atau pesisir adalah suatu daratan beserta perairannya dimana pada daerah tersebut masih dipengaruhi baik oleh aktivitas darat maupun oleh aktifitas kelautan (Yuwono, 2005).

Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Sempadan pantai adalah daerah tertentu di sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting dalam menjaga kelestarian fungsi pantai. Kriteria sempadan pantai adalah daratan di sepanjang garis pantai yang lebarnya sesuai dengan bentuk dan kondisi fisik pantai paling sedikit 100 m dari titik pasang tertinggi ke arah daratan. Pada penjelasan sebelumnya, dapat dilihat pada **Gambar 1**.

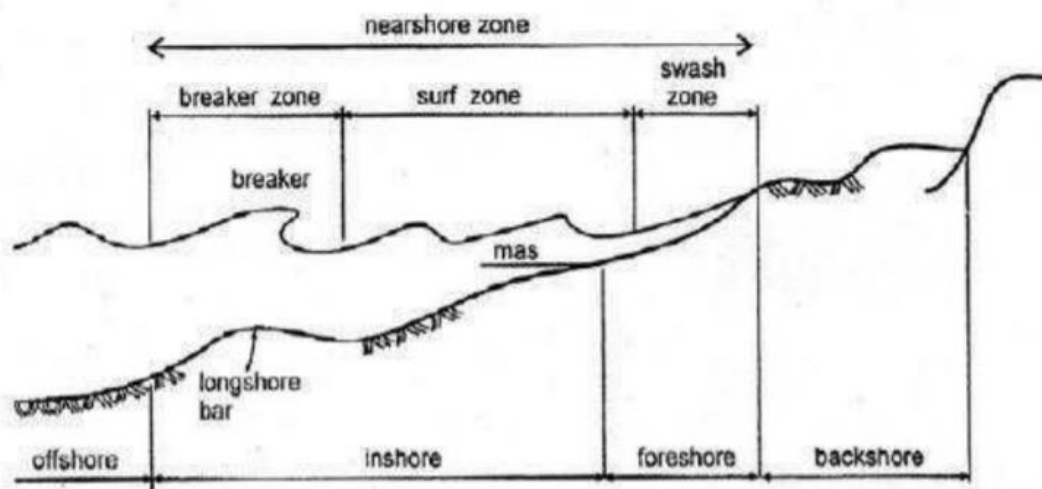


**Gambar 1.** Defenisi dan batasan pantai (Triatmodjo, 1999)

Beberapa defenisi pantai dibagi dalam beberapa bagian daerah yang berkaitan dengan karakteristik gelombang di daerah sekitar pantai (Triatmodjo, 1999) diantaranya:

- a. *Coast* adalah Merupakan daratan pantai yang masih terpengaruh laut secara langsung, misalnya pengaruh pasang surut, angin laut dan ekosistem pantai (hutan bakau, dll).
- b. *Swash Zone* Merupakan daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.
- c. *Surf zone* Merupakan daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah sampai batas naik-turunnya gelombang di pantai.
- d. *Breaker zone* Merupakan daerah dimana terjadi gelombang pecah.
- e. *offshore* adalah bagian laut yang terletak sangat jauh dari pantai (lepas pantai), yaitu daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut.

- f. *Foreshore* Adalah daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat surut terendah sampai batas atas dari *uprush* pada saat air pasang tertinggi.
- g. *Inshore* merupakan daerah dimana terjadinya gelombang pecah, memanjang dari surut terendah sampai ke garis gelombang pecah, yaitu daerah antara *offshore* dan *foreshore*.
- i. *Backshore* adalah salah satu bagian dari pantai yang berada pada perbatasan daratan dan laut, daerah ini tidak terendam air laut kecuali pada saat muka air tinggi.



**Gambar 2.** Definisi dan karakteristik gelombang di daerah pantai  
(Triatmodjo, 1999)

## B. Angin

Angin yang bertiup di atas permukaan laut akan mentransfer energinya ke air. Kecepatan angin menimbulkan tegangan di permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Jika kecepatan angin meningkat, riak menjadi lebih besar dan jika angin bertiup terus menerus, akhirnya akan terbentuk gelombang (Triatmodjo B, 1999). Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin (U), lama hembus angin (D), arah angin Fetch (F).

### 1. Distribusi Kecepatan Angin

Distribusi kecepatan angin di atas permukaan laut dapat dilihat pada **Gambar 3.** yang terbagi menjadi tiga wilayah menurut elevasi di atas permukaan. Di daerah geostropik di atas 1000 m, kecepatan angin konstan. Di bawah elevasi tersebut terdapat dua daerah yaitu daerah Ekman yang berada pada ketinggian 100 m sampai dengan 1000 m dan daerah yang tegangannya konstan yaitu pada ketinggian 10 sampai dengan 100 m. Di kedua daerah tersebut, kecepatan dan arah angin berubah menurut ketinggian, karena gesekan dengan permukaan laut dan perbedaan suhu antara air dan udara (Triatmodjo B, 1999).

Pada *constant shear layer*, profil vertikal dari kecepatan angin dapat ditulis dalam bentuk rumus sebagai berikut (Resio and Vincent, 1977) :

$$U(z) = \frac{U_*}{0.4} \left[ \ln \left( \frac{z}{z_0} - \Psi \left( \frac{z}{L} \right) \right) \right] \quad (2.1)$$

dengan:

$U_*$  : kecepatan geser

$z_0$  : kekerasan permukaan

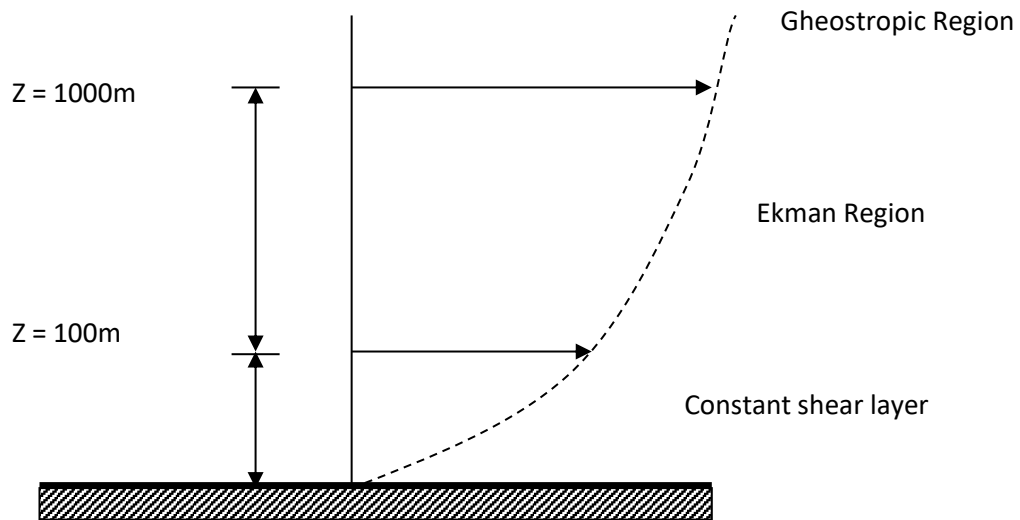
$L$  : panjang campur yang tergantung pada perbedaan temperatur antara air dan udara

$\Psi$  : menunjukkan efek stabilitas kolom udara pada kecepatan angin tertentu.

Untuk memperkirakan pengaruh kecepatan angin terhadap bangkitan gelombang, parameter  $\Delta T_{as}$ ,  $U_*$  dan  $z_0$  harus diketahui. Beberapa rumus atau grafik untuk memprediksi gelombang didasarkan pada kecepatan angin yang diukur pada  $z = 10$  m. Jika angin tidak diukur pada ketinggian 10 m, kecepatan angin perlu dikoreksi dengan rumus ::

$$U(10) = U(z) \left( \frac{10}{z} \right)^{1/7} \quad (2.2)$$

Yang berlaku untuk  $z$  lebih kecil dari 20 m



**Gambar 3.** Distribusi vertikal kecepatan angin (CERC,1984)

Klasifikasi angin dapat dilakukan untuk memberikan nilai pada besar kecepatan angin dan tinggi gelombang. Digunakan skala angin Beaufort untuk menentukan kelas kecepatan angin (knot) yang dapat dilihat pada **Tabel 1.**

**Tabel 1.** Skala angin Beaufort

(sumber : Sir Francis Beaufort, U.K. Royal Navy, 1805)

Force	Wind (Knots)	WMO Classification	Appearance of Wind Effects	
			On the Water	On Land
0	Less than 1	Calm	Sea surface smooth and mirror-like	Calm, smoke rises vertically
1	1-3	Light Air	Scaly ripples, no foam crests	Smoke drift indicates wind direction, still wind vanes
2	4-6	Light Breeze	Small wavelets, crests glassy, no breaking	Wind felt on face, leaves rustle, vanes begin to move
3	7-10	Gentle Breeze	Large wavelets, crests begin to break, scattered whitecaps	Leaves and small twigs constantly moving, light flags extended



Force	Wind (Knots)	WMO Classification	Appearance of Wind Effects	
			On the Water	On Land
4	11-16	Moderate Breeze	Small waves 1-4 ft. becoming longer, numerous whitecaps	Dust, leaves, and loose paper lifted, small tree branches move
5	17-21	Fresh Breeze	Moderate waves 4-8 ft taking longer form, many whitecaps, some spray	Small trees in leaf begin to sway
6	22-27	Strong Breeze	Larger waves 8-13 ft, whitecaps common, more spray	Larger tree branches moving, whistling in wires
7	28-33	Near Gale	Sea heaps up, waves 13-19 ft, white foam streaks off breakers	Whole trees moving, resistance felt walking against wind
8	34-40	Gale	Moderately high (18-25 ft) waves of greater length, edges of crests begin to break into spindrift, foam blown in streaks	Twigs breaking off trees, generally impedes progress
9	41-47	Strong Gale	High waves (23-32 ft), sea begins to roll, dense streaks of foam, spray may reduce visibility	Slight structural damage occurs, slate blows off roofs
10	48-55	Storm	Very high waves (29-41 ft) with overhanging crests, sea white with densely blown foam, heavy rolling, lowered visibility	Seldom experienced on land, trees broken or uprooted, "considerable structural damage"
11	56-63	Violent Storm	Exceptionally high (37-52 ft) waves, foam patches cover sea, visibility more reduced	
12	64+	Hurricane	Air filled with foam, waves over 45 ft, sea completely white with driving spray, visibility greatly reduced	

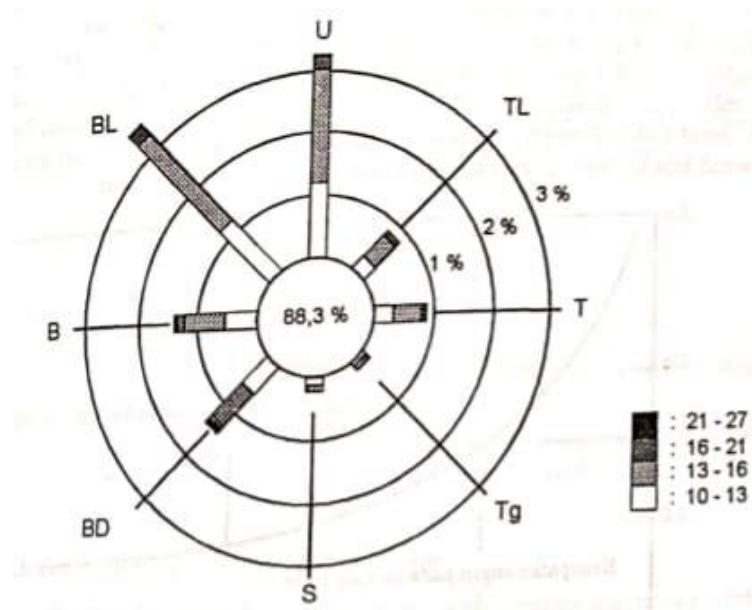
## 2. Data Angin

Data angin yang digunakan untuk peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat di dekat lokasi peramalan yang kemudian dikonversi menjadi data angin laut. Kecepatan angin diukur dengan *anemometer* dan biasanya dinyatakan dalam knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui khatulistiwa yang ditempuh dalam satu jam atau  $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam} = 0,5 \text{ m/detik}$  (Triatmodjo, 1999). Data angin yang digunakan untuk analisis angin adalah data yang diperoleh dari stasiun pengamatan terdekat yang tersedia dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Data yang diperoleh dari stasiun adalah data kecepatan angin rata-rata dan maksimum selama 10 tahun. Data yang diperoleh kemudian dikelompokkan berdasarkan arah dan kecepatannya. Hasil dari pengelompokan (pengolahan) dibuat dalam bentuk tabel atau diagram yang disebut mawar angin/*wind rose* yang dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Gambar 4**.

Tabel serta gambar menampilkan persentase kejadian angin dengan kecepatan tertentu dari berbagai arah pada periode waktu pencatatan. Misalnya, persentase kecepatan angin dari 10-13 knot dari arah utara adalah 1,23% selama 11 tahun pencatatan. Pada gambar, garis radial adalah arah angin dan setiap lingkaran menunjukkan persentase kejadian angin pada periode waktu pengukuran.

**Tabel 2.** Data persentasi kejadian angin  
(sumber : Bambang Triatmodjo, Teknik Pantai 1999)

Kecepatan (knot)	Arah Angin						
	U	TL	T	Tg	S	BD	BL
0 – 10	88,30%						
10 – 13	1,23	0,27	0,32	0,08	0,6	0,56	1,35
13 – 16	1,84	0,4	0,48	0,13	0,7	0,7	2,03
16 – 21	0,17	0,07	0,08	0,01	0,12	0,12	0,2
21 – 27	0,01	-	-	-	0,03	0,03	-



**Gambar 4.** Mawar Angin (Triatmodjo, 1999)

### 3. Konversi Kecepatan Angin

Umumnya pengukuran angin dilakukan di darat, sedangkan rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah di atas permukaan laut. Oleh karena itu, perlu dilakukan transformasi data angin di lokasi stasiun angin menjadi data angin di atas permukaan laut. Hubungan

antara angin di atas laut dan angin di darat terdekat diberikan oleh Persamaan 2.3 dan **Gambar 5**.

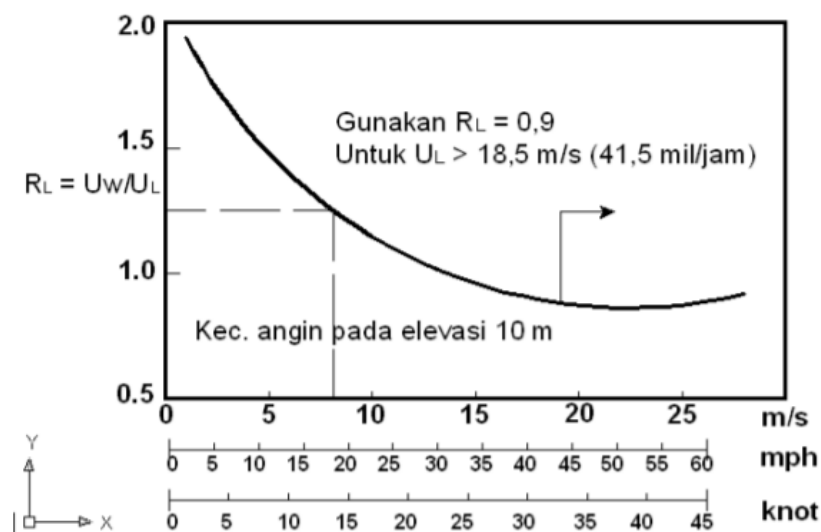
$$R_L = U_w/U_L \quad (2.3)$$

dengan :

$R_L$  : nilai yang diperoleh dari hubungan kecepatan angin di laut dan di darat

$U_L$  : kecepatan angin yang diukur di darat (m/dt)

$U_w$  : nilai yang diperoleh dari hubungan kecepatan angin di laut dan di darat



**Gambar 5.** Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat (Triatmodjo, 1999)

Rumus dan grafik pembangkitan gelombang mengandung variabel  $U_A$ , yaitu faktor tegangan angin (*wind-stress factor*) yang dapat dihitung dari kecepatan angin. Setelah melakukan beberapa konversi kecepatan angin,

kecepatan angin diubah menjadi faktor tegangan angin menggunakan Persamaan 2.4.

$$U_A = 0,71 U^{1,23} \quad (2.4)$$

dengan :

U : kecepatan angin dalam m/dt.

$U_A$  : faktor tegangan angin.

### C. *FETCH*

*Fetch* adalah panjang keseluruhan suatu daerah pembangkitan gelombang dimana angin berhembus dengan arah dan kecepatan yang konstan. Arah angin masih bisa dianggap konstan apabila perubahan perubahannya tidak lebih dari 15° sedangkan kecepatan angin masih dianggap konstan jika perubahannya tidak lebih dari 5 knot (2,5 m/d) terhadap kecepatan rerata (Triatmodjo, 1999).

Perhitungan panjang *fetch* efektif dilakukan dengan menggunakan bantuan peta topografi dengan skala yang cukup besar, sehingga dapat terlihat pulau-pulau atau daratan yang mempengaruhi pembentukan gelombang di suatu lokasi. Ilustrasi *fetch* dapat dilihat pada **Gambar 6**.

Untuk memperoleh hasil dari *fetch* rerata efektif digunakan Persamaan 2.5

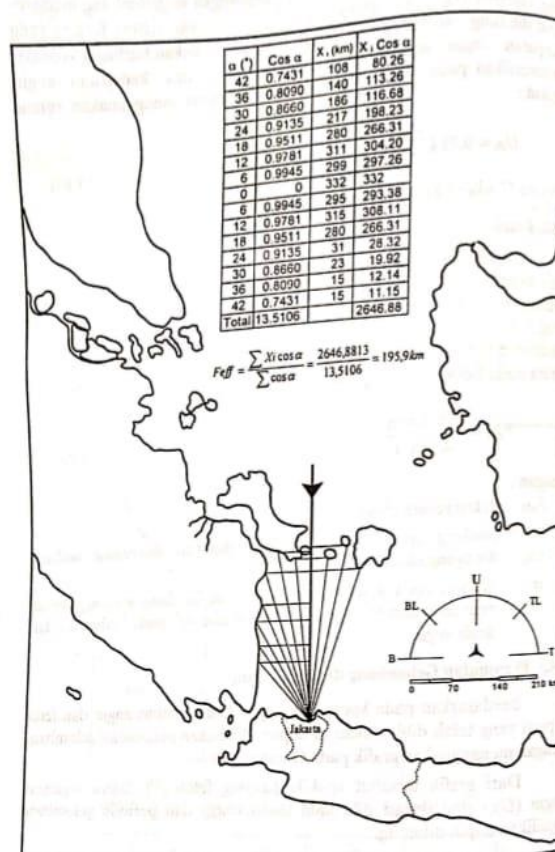
$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.5)$$

dengan:

$F_{eff}$ : fetch rerata efektif

$X_i$  : panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir fetch

$\alpha$  : deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan penambahan  $6^\circ$  sampai sudut sebesar  $42^\circ$  pada kedua sisi dari arah angin



**Gambar 6.** Fetch (Triatmodjo, 1999)

#### D. GELOMBANG

Gelombang di laut terbagi menjadi 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 (Triatmodjo, 1999).

Berdasarkan kedalaman relatifnya, yaitu perbandingan antara kedalaman laut ( $d$ ) dan panjang gelombang ( $L$ ), maka gelombang diklasifikasikan menjadi tiga (Triatmodjo, 1999) yaitu:

- a. Gelombang di laut dangkal (*shallow water*), jika  $d/L \leq 1/20$

$$C = \sqrt{gd} \quad (2.6)$$

$$L = \sqrt{gdT^2} = CT \quad (2.7)$$

- b. Gelombang di laut transisi (*transitional water*), jika  $1/20 \leq d/L \leq 1/2$

$$\frac{C}{C_0} = \frac{L}{L_0} = \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (2.8)$$

Apabila kedua ruas dari persamaan 2.8 dikalikan dengan  $d/l$  maka akan didapat:

$$\frac{d}{L_0} = \frac{d}{L} = \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (2.9)$$

- c. Gelombang di laut dalam (*deep water*), jika  $d/L \geq 1/2$

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} = 1,56T \quad (2.10)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = 1,56T^2 \quad (2.11)$$

dengan :

C : cepat rambat gelombang (m)

L : panjang gelombang (m)

g : gravitasi = 9,81 (m/dt<sup>2</sup>)

T : periode gelombang (dt)

Dalam sesuatu perencanaan, pengukuran gelombang langsung biasanya jarang dilakukan mengingat kesulitan serta biaya yang cukup besar, ditambah lagi pengukuran waktu yang singkat tidak dapat merepresentasikan gelombang di lapangan. Oleh sebab itu biasanya digunakan data sekunder yaitu data angin yang kemudian diolah untuk mendapatkan peramalan data gelombang. Data sekunder ialah hasil pengukuran yang dilakukan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG).

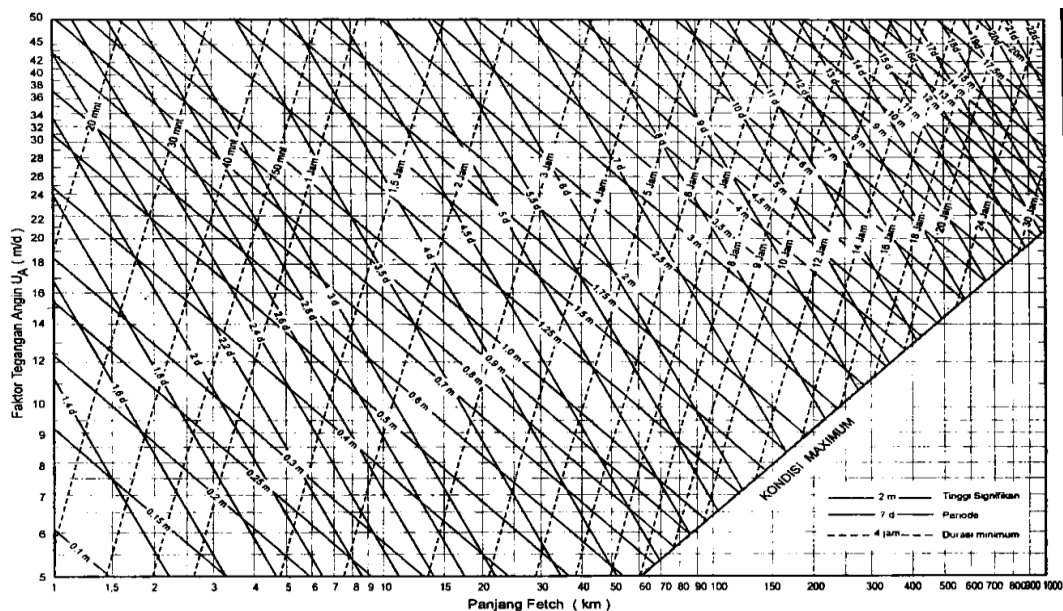
### 1. Peramalan Gelombang di Laut Dalam

Peramalan gelombang laut dalam dilakukan menggunakan grafik peramalan gelombang berdasarkan panjang *fetch* ( $F$ ) dan faktor tegangan angin/*wind-stress factor* ( $U_A$ ). Dari grafik peramalan gelombang dapat diketahui tinggi, durasi dan periode gelombang (Triatmodjo, 1999). Panjang



fetch membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk berada dibawah pengaruh angin. Jadi apabila fetchnya pendek, energi yang ditransfer angin ke air belum cukup besar, sehingga tinggi gelombang yang terjadi juga belum cukup besar.

Gelombang dengan periode lama/panjang akan terjadi jika fetch cukup besar. Gelombang di samudera/lautan dapat mempunyai periode 20 detik. Tetapi pada umumnya periode gelombang berkisar antara 10 – 15 detik. Grafik ramalan gelombang ditunjukkan pada **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Grafik peramalan gelombang (Triatmodjo, 1999)

Selain menggunakan grafik, peramalan gelombang juga dapat dilakukan secara matematis, yaitu dengan menghitung tinggi dan periode gelombang di laut dalam dengan metode berikut.

#### 1. *Shore Protection Manual* (US Army CERC, 1984)

Coastal Engineering Research Center (CERC), US Army telah melakukan studi pada proses-proses pantai, metode-metode perlindungan

pantai, gelombang, perencanaan pelabuhan dan sebagainya. Salah satu hasil studi yang dipublikasikannya adalah *Shore Protection Manual* (SPM) yang berupa pedoman yang dipakai dalam rekayasa teknik pantai (Coastal Engineering). Periode dan tinggi gelombang diramalkan menggunakan Metode Shore Protection Manual pada peramalan gelombang yang dibatasi fetch pada perairan dalam (*deep water*) dengan menggunakan persamaan berikut (US Army Cerc, 1984) :

a. Periode Gelombang

$$T = 6,238 \times 10^{-2} (U_A \cdot F)^{1/3} \quad (2.12)$$

b. Tinggi Gelombang

$$H = 5,112 \times 10^{-4} U_A \cdot F^{1/2} \quad (2.13)$$

dengan :

$T$  : periode gelombang (dtk)

$H$  : tinggi gelombang (m)

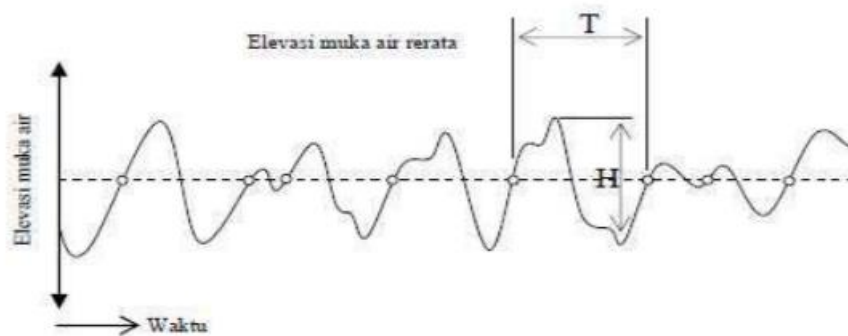
$U_A$  : kecepatan angin di laut (m)

$F$  : panjang fetch (m)

## E. Statistik Gelombang

**Gambar 8.** menunjukkan bahwa gelombang di laut sesungguhnya sangat acak dan tidak teratur. Gelombang yang acak dan tidak teratur tersebut merupakan gabungan dari banyak komponen gelombang tunggal yang masing-masing mempunyai periode atau frekuensi yang berbeda

(Triatmodjo, 1999). Oleh karena itu dalam melakukan peramalan tinggi gelombang untuk keperluan perencanaan digunakan beberapa metode yaitu gelombang representatif dan gelombang dengan periode berulang (analisis frekuensi). Analisis statistik gelombang dibutuhkan buat mendapatkan beberapa karakteristik gelombang, semacam gelombang representatif ( $H_1, H_{10}, H_s$ ) serta sebagainya, probabilitas kejadian gelombang dan gelombang ekstrim (gelombang dengan periode ulang tertentu).



**Gambar 8.** Pencatatan gelombang di suatu tempat (Triatmodjo, 1999)

### 1. Gelombang Representatif

Untuk keperluan perencanaan struktur pantai, perlu untuk memilih tinggi dan periode gelombang individu (*individual wave*) yang dapat mewakili spektrum gelombang. Jika tinggi gelombang suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah maupun sebaliknya, maka akan dimungkinkan untuk menentukan berapa nilai  $H_n$  yang merupakan rerata dari  $n$  persen gelombang tertinggi. Dengan bentuk seperti itu anda dapat mengekspresikan karakteristik gelombang alam dalam bentuk gelombang tunggal. Misalnya,  $H_{10}$  adalah ketinggian rata-rata 10% tertinggi dari

gelombang-gelombang yang tercatat. Bentuk yang paling umum digunakan adalah  $H_{33}$  atau tinggi rata-rata dari 33% tertinggi dari tinggi gelombang yang tercatat, yang juga dikenal sebagai tinggi gelombang signifikan  $H_s$ . Metode yang sama dapat digunakan untuk periode gelombang, tetapi umumnya periode signifikan didefinisikan sebagai periode rata-rata untuk sepertiga gelombang tertinggi.

Gelombang 10% ( $H_{10}$ ) adalah:

$n = 10\% \times$  jumlah data dalam pencatatan

$$H_{10} = \frac{\sum_1^n H_n}{n} \quad (2.14)$$

$$T_{10} = \frac{\sum_1^n H_n}{n} \quad (2.15)$$

Gelombang 33% (gelombang signifikan,  $H_s$ ) adalah:

$n = 33\% \times$  jumlah data dalam pencatatan

$$H_{33} = \frac{\sum_1^n H_n}{n} \quad (2.16)$$

$$T_{33} = \frac{\sum_1^n H_n}{n} \quad (2.17)$$

Gelombang 100% (gelombang rerata,  $H_{100}$ ) adalah:

$n = 100\% \times$  jumlah data dalam pencatatan

$$H_{100} = \frac{\sum_1^n H_n}{n} \quad (2.18)$$

$$T_{100} = \frac{\sum_1^n H_n}{n} \quad (2.19)$$

## 2. Perkiraan Gelombang Dengan Periode Kala Ulang (Analisis Frekuensi)

Frekuensi gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan struktur pantai. Untuk mengatur gelombang dengan periode ulang tertentu, diperlukan data gelombang untuk periode pengukuran yang lama (beberapa tahun). Dari tiap tahun pencatatan, gelombang representatif semacam  $H_s$ ,  $H_{10}$ ,  $H_1$ ,  $H_{maks}$ , dll. dapat ditentukan. Berdasarkan representasi beberapa tahun pengamatan, bisa diperkirakan kalau gelombang yang diharapkan disamai ataupun dilampaui sekali dalam  $T$  tahun, serta gelombang tersebut diketahui sebagai gelombang periode ulang tahun  $T$  atau gelombang  $T$  tahunan (Triatmodjo, 1999).

Proses ini mirip dengan pendugaan debit banjir dengan kala ulang 50 tahun dalam hidrologi. Misalnya, bila  $T = 50$ , gelombang yang diprediksi ialah gelombang 50 tahun atau periode ulang 50 tahun, yang berarti kalau gelombang diperkirakan bakal disamai atau dilampaui rata-rata setiap 50 tahun sekali. Jika data yang tersedia adalah data angin, maka dilakukan analisis frekuensi terhadap data angin yang setelah itu digunakan buat memprediksi gelombang. Dalam hal ini, gelombang peramalan adalah gelombang yang signifikan.

### 3. Fungsi Distribusi Probabilitas

Menurut CERC (1992) (dalam Triatmodjo, 1999). Ada dua metode distribusi yang digunakan untuk memprediksi gelombang dengan periode ulang tertentu, yaitu metode distribusi Gumbel/Fisher-Tippet Tipe I dan distribusi Weibull. Prediksi gelombang dengan periode ulang bisa dihitung dengan fungsi distribusi probabilitas memakai metode Gumbel. Gumbel menggunakan harga ekstrim guna menunjukkan bahwa harga ekstrim mempunyai fungsi distribusi eksponensial ganda (Suripin, 2003). Langkah-langkah untuk memprediksi tinggi gelombang dengan periode ulang menggunakan metode Weibull hampir sama dengan metode Fisher-Tippet Tipe I, hanya rumus dan koefisien yang digunakan yang disesuaikan dengan metode Weibull (CERC, 1992). Berikut bentuk dari kedua distribusi tersebut.

1. Distribusi Gumbel (Fisher-Tippet Tipe I) :

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = e^{-e^{-\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)}} \quad (2.20)$$

Data masukan diurutkan dari yang tertinggi sampai yang terendah. Selanjutnya ditentukan probabilitas untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,44}{N_T + 0,12} \quad (2.21)$$

Parameter  $A$  serta  $B$  pada persamaan (2.20) dihitung dari metode kuadrat terkecil buat setiap jenis distribusi yang digunakan. Perhitungan didasarkan pada analisis regresi linier dari hubungan berikut:

$$H_{sm} = \hat{A}y_m + \hat{B} \quad (2.22)$$

di mana  $y_m$  pada persamaan (2.22) sebagai berikut:

$$y_m = -\ln\{-\ln P(H_s \leq H_{sm})\} \quad (2.23)$$

Tinggi gelombang signifikan buat bermacam periode ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan menggunakan rumus berikut.

$$H_{sr} = \hat{A}y_r + \hat{B} \quad (2.24)$$

di mana  $y_r$  pada persamaan (2.24) sebagai berikut:

$$y_r = -\ln\{-\ln(1 - \frac{1}{LT_r})\} \quad (2.25)$$

## 2. Distribusi Weibull :

Langkah pada distribusi Weibull sama dengan langkah distribusi gumbel (Fisher-Tippet Tipe I) seperti pada persamaan (2.20)-(2.25)

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = 1 - e^{-\left(\frac{\hat{H}_s - B}{A}\right)^k} \quad (2.26)$$

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,2 - \frac{0,27}{\sqrt{k}}}{N_T + 0,12 + \frac{0,23}{\sqrt{k}}} \quad (2.27)$$

$$H_m = \hat{A}y_m + \hat{B} \quad (2.28)$$

$$y_m = [-\ln\{1 - F(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/k} \quad (2.29)$$

$$H_{sr} = \hat{A}y_r + \hat{B} \quad (2.30)$$

$$y_r = \ln\{\ln (L T_r)\}^{1/k} \quad (2.31)$$

dengan :

$P (H_s \leq \hat{H}_s)$  : probabilitas bahwa  $\hat{H}$  tidak dilampaui

$H$  : tinggi gelombang representatif (m)

$\hat{H}$  : tinggi gelombang dengan nilai tertentu (m)

$\hat{A}$  : parameter skala

$\hat{B}$  : parameter lokasi

$k$  : parameter bentuk

$P (H_s \leq H_{sm})$  : probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke  $m$  yang tidak dilampaui

$H_{sm}$  : tinggi gelombang urutan ke  $m$  (m)

$m$  : nomor urut tinggi gelombang signifikan =1,2,.....,  $N$

$N_T$  : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

$H_{sr}$  : tinggi gelombang signifikan dengan kala ulang  $T_r$

$T_r$  : periode ulang (tahun)

$K$  : panjang data (tahun)

$L$  : rerata jumlah kejadian per tahun



#### 4. Interval Keyakinan

Pada analisis gelombang, perlu untuk memperkirakan interval keyakinan. Ini karena periode pencatatan gelombang biasanya pendek dan ada tingkat ketidakpastian yang tinggi saat meramalkan gelombang ekstrim. Batas keyakinan sangat dipengaruhi oleh sebaran data, sehingga nilainya bergantung pada deviasi standar. Dalam pembahasan ini, pendekatan yang digunakan oleh Gumbel (1985) dan Goda (1998) digunakan untuk mengestimasi standar deviasi dari nilai ulang (Triatmodjo, 1999). Standar deviasi ternormalisasi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \ln v)^2]^{1/2} \quad (2.32)$$

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3} + k\sqrt{-\ln v}} \quad (2.33)$$

$$v = \frac{N}{N_T} \quad (2.34)$$

$\alpha_1, \alpha_2, e, \varepsilon, k$  : koefisien empiris yang diberikan oleh tabel dibawah ini

**Tabel 3.** Koefisien untuk menghitung deviasi standar  
(sumber : Bambang Triatmodjo, Teknik Pantai 1999)

Distribusi	$\alpha_1$	$\alpha_2$	k	c	$\varepsilon$
FT-1	0,64	9,0	0,93	0,0	1,33
Weibull (k=0,75)	1,65	11,4	-0,63	0,0	1,15

Weibull (k=1,0)	1,92	11,4	0,00	0,3	0,90
Weibull (k=1,4)	2,05	11,4	0,69	0,4	0,72
Weibull (k=2,0)	11,4	11,4	1,34	0,5	0,54

Besaran absolut dari deviasi standar tinggi gelombang signifikan

dihitung dengan rumus berikut:

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma H_s \quad (2.35)$$

dengan :

$\sigma_{nr}$  : standar deviasi yang dinormalkan tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $T_r$

$N$  : jumlah data

$\sigma_r$  : kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $T_r$

$\sigma H_s$  : deviasi standar dari data tinggi gelombang signifikan

Interval keyakinan dihitung dengan asumsi bahwa tinggi gelombang signifikan yang diperkirakan pada periode ulang tertentu didistribusikan secara normal ke fungsi distribusi yang diestimasi. Batas interval kepercayaan untuk  $H_{sr}$  dengan berbagai tingkat keyakinan diberikan dalam **Tabel 4**. Perhatikan bahwa lebar interval keyakinan tergantung pada fungsi

distribusi,  $N$  dan  $v$ ; tetapi tidak terkait dengan seberapa baik data mengikuti fungsi distribusi.

**Tabel 4.** Batas interval keyakinan tinggi gelombang signifikan ekstrim  
(sumber : Bambang Triatmodjo, Teknik Pantai 1999)

Tingkat keyakinan(%)	Batas interval Keyakinan terhadap $H_{sr}$	Probabilitas Batas Atas Terlampaui (%)
80	1,28 $\sigma_r$	10,0
85	1,44 $\sigma_r$	7,5
90	1,65 $\sigma_r$	5,0
95	1,96 $\sigma_r$	2,5
99	2,58 $\sigma_r$	0,5

## F. DEFORMASI GELOMBANG

Apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah. Hal ini pula yang akan menentukan tinggi gelombang dan pola (bentuk) garis puncak gelombang di suatu tempat di daerah pantai. Tinggi gelombang dan arah datangnya gelombang di pantai adalah penting,

misalnya didalam menentukan arus dan *transport sediment* di daerah pantai.

## 1. Refraksi dan *Wave Shoaling*

### 1. Koefisien Refraksi

Refraksi terjadi dikarenakan gelombang datang membentuk sudut terhadap garis pantai. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah datang gelombang serta distribusi energi gelombang sepanjang pantai, (Triatmodjo B, 1999). Refraksi dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang.

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} \quad (2.36)$$

Dimana pada hukum Snell berlaku apabila ditinjau gelombang di laut dalam dan di suatu titik yang ditinjau yaitu:

$$\sin \alpha = \left(\frac{c}{c_0}\right) \sin \alpha_0 \quad (2.37)$$

Dengan :

$K_r$  : koefisien refraksi.

$\alpha$  : sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontur dasar laut di titik yang ditinjau.

$\alpha_0$  : sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam dan garis pantai.

$C$  : kecepatan rambat gelombang.

$C_0$  : kecepatan rambat gelombang di laut dalam.

## 2. *Wave Shoaling* (Pendangkalan Gelombang)

Wave shoaling terjadi dikarenakan adanya pengaruh perubahan kedalaman dasar laut. Wave shoaling mempunyai fungsi yang sama dengan refraksi gelombang yaitu untuk menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang, (Triatmodjo B, 1999).

$$K_s = \sqrt{\frac{noL_0}{nL}} \quad (2.38)$$

Dengan :

$K_s$  : Koefisien Shoaling (pendangkalan)

$L$  : Panjang gelombang

$L_0$  : Panjang gelombang di laut dalam

$nL$  : Panjang model

## 3. Tinggi Gelombang Laut Dangkal

Tinggi gelombang di laut dangkal terjadi akibat pengaruh refraksi gelombang dan wave shoaling (pendangkalan gelombang), diberikan oleh rumus berikut:

$$H = K_s K_r H_0 \quad (2.39)$$

Dengan :

$H$  : tinggi gelombang laut dangkal.

$K_s$  : koefisien shoaling (pendangkalan).

$K_r$  : koefisien Refraksi.

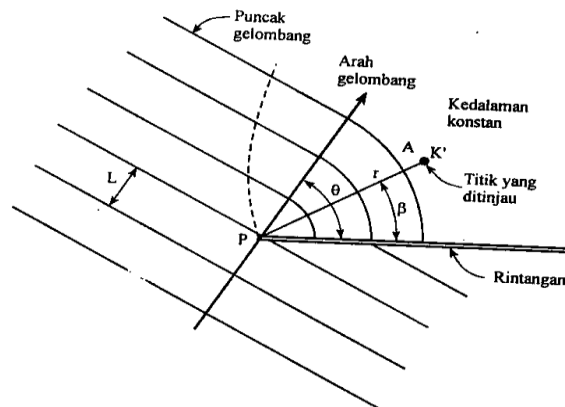
$H_o$  : tinggi gelombang laut dalam.

## **2. Refraksi Gelombang**

Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah dimana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, yaitu di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Di daerah ini, apabila ditinjau suatu garis puncak gelombang, bagian dari puncak gelombang yang berada di air yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil daripada bagian di air yang lebih dalam. Akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut.

## **3. Difraksi Gelombang**

Difraksi terjadi apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik di dekatnya, yang menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil. Difraksi terjadi apabila suatu deretan gelombang terhalang oleh rintangan seperti pemecah gelombang atau suatu pulau.



**Gambar 9.** Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan (Triatmodjo,1999)

#### 4. Gelombang Pecah

Gelombang yang merambat dari dasar laut menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Perubahan tersebut ditandai dengan puncak gelombang semakin tajam sampai akhirnya pecah pada kedalaman tertentu. Gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringan, yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Tinggi gelombang pecah diberi notasi  $H_b$ . Munk (1949,dalam CERC,1984). Penentuan tinggi gelombang pecah dan kedalamannya pada umumnya didasarkan pada grafik yang berlaku dalam SPM CERC, 1984, seperti yang terlihat pada **Gambar 10** dan **Gambar 11**. Selain menggunakan grafik, untuk menentukan tinggi gelombang pecah juga dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut (Sunamura dan Horikawa, 1974 dalam Bird, 1992) :

$$\frac{H_b}{H_0} = 0,563 \left( \frac{H_0}{L} \right)^{-0,2} \quad (2.40)$$

Sedangkan untuk menentukan kedalaman gelombang pecah digunakan persamaan berikut (US Army Cerc,1984) :

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,28 \quad (2.41)$$

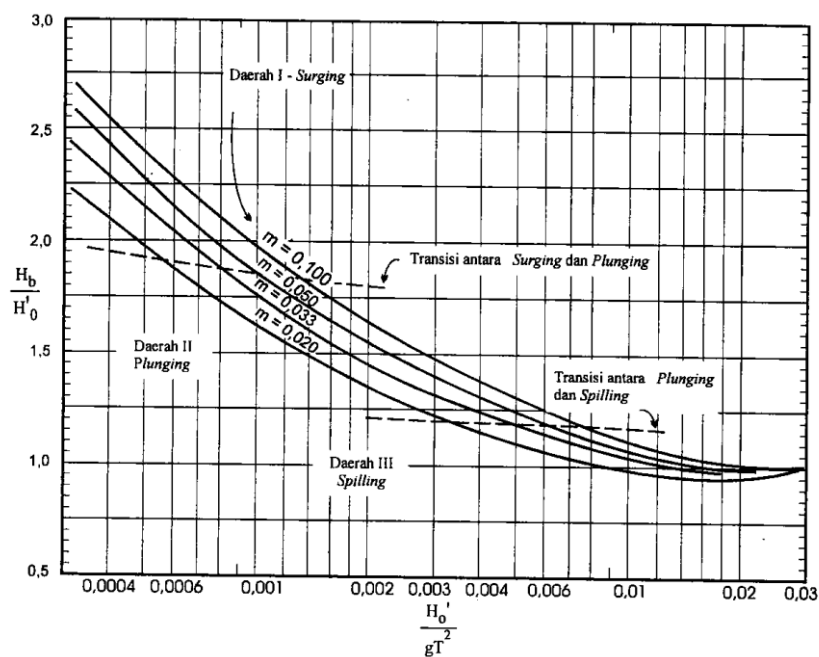
dengan :

$H_b$  : tinggi gelombang pecah (m)

$H_0$  : tinggi gelombang (m)

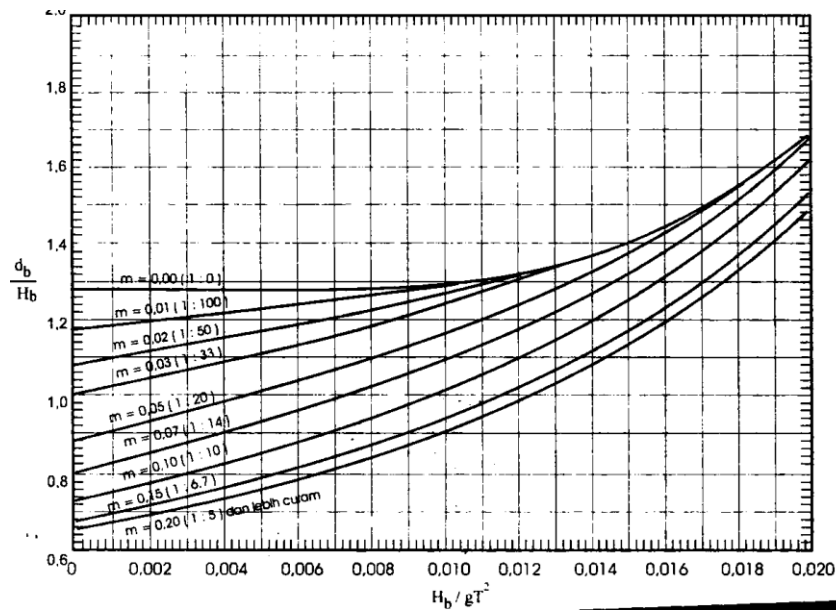
$L$  : panjang gelombang (m)

$d_b$  : kedalaman gelombang pecah



**Gambar 10.** Penentuan tinggi gelombang pecah





**Gambar 11.** Penentuan kedalaman gelombang pecah

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu :

### 1. *Spilling*

*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. Buih terjadi pada puncak gelombang selama mengalami pecah dan meninggalkan suatu lapis tipis buih pada jarak yang cukup panjang.

### 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 lebih dangkal.

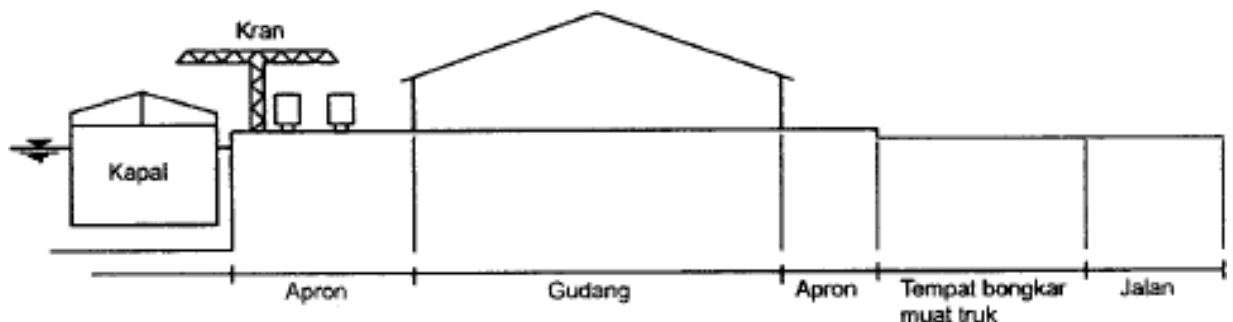
### 3. *Surgining*

*Surgining* 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 *surgining* ini mirip dengan *plunging*, tetapi sebelum puncaknya terjun, dasar gelombang sudah pecah.

## **G. Tinjauan Dermaga**

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang akan melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang yang merupakan suatu struktur yang dibuat di laut yang menghubungkan bagian darat dan terdiri dari bangunan atas yang terbuat dari balok, pelat lantai dan tiang pancang yang mendukung bangunan di atasnya. Konstruksi dermaga diperlukan untuk menahan gaya-gaya akibat tumbukkan kapal dan beban selama bongkar muat. Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang akan merapat dan bertambat pada dermaga tersebut. Dalam mempertimbangkan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat bertambat dan meninggalkan dermaga maupun melakukan bongkar muat dengan aman, cepat dan lancar.

Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang merapat dan bertambat pada dermaga tersebut. Dalam mempertimbangkan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat bertambat atau meninggalkan dermaga maupun melakukan bongkar muat barang dengan aman, cepat dan lancar. Di belakang dermaga terdapat halaman cukup luas. Di halaman dermaga ini terdapat apron, gudang transit, tempat bongkar muat barang dan jalan. Apron adalah daerah yang terletak antara sisi dermaga dan sisi depan gudang di mana terdapat pengalihan kegiatan angkutan laut (kapal) ke kegiatan angkutan darat (kereta api, truk, dsb). Gudang transit digunakan untuk menyimpan barang sebelum bias diangkut oleh kapal, atau setelah dibongkar dari kapal dan menunggu pengangkutan barang ke daerah yang dituju. **Gambar 12** adalah contoh tampang dermaga dan halaman dermaga beserta fasilitas yang ada dari pelabuhan barang potongan (general cargo)

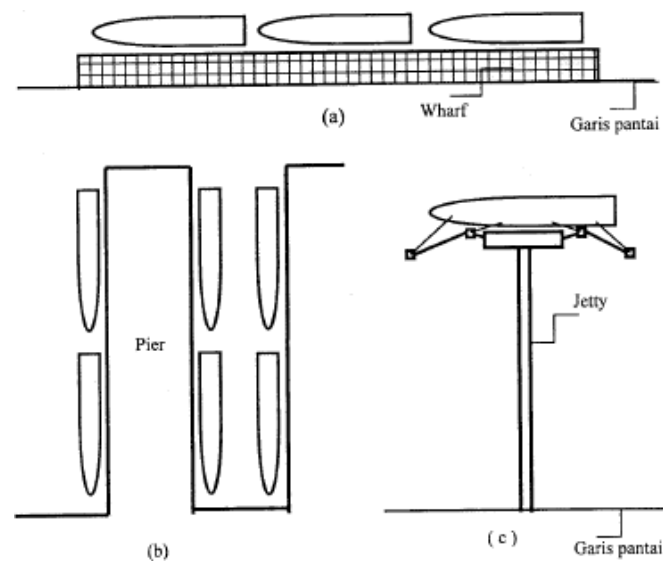


**Gambar 12.** Tampang Dermaga

## H. Tipe Dermaga

Dermaga dapat dibedakan menjadi tiga tipe, yaitu wharf, pier, dan jetty. Struktur wharf dan pier bisaberupa struktur tertutup atau terbuka, sementara jetty pada umumnya berupa struktur terbuka. Struktur tertutup bisa berupa dinding gravitas dan dinding turap, sedang struktur terbuka dermaga yang didukung oleh tiang pancang.

Wharf adalah dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. Wharf juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya. Pier adalah dermaga yang berada pada garis pantai dan posisinya tegak lurus dengan garis pantai (berbentuk jari). Berbeda dengan wharf yang digunakan untuk merapat pada satu sisinya, pier bisa digunakan pada satu sisi atau dua sisinya, sehingga dapat digunakan untuk merapat lebih banyak kapal. Jetty adalah dermaga yang menjorok ke laut sedemikian sehingga sisi depannya berada pada kedalaman yang cukup untuk merapat kapal. Jetty digunakan untuk merapat kapal tanker atau kapal pengangkut gas alam, yang mempunyai ukuran sangat besar. Sisi muka jetty ini biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang membentuk sudut tegak lurus dengan jetty.



**Gambar 13.** Dermaga tipe a) wharf, b) pier, dan c) jetty

## I. Jenis Dermaga

Pelabuhan menurut jenisnya sebagaimana PP No. 69 Tahun 2001 terdiri dari:

1. Pelabuhan umum yang digunakan untuk melayani kepentingan umum. Penyelenggaraan pelabuhan umum dilakukan oleh Pemerintah dan pelaksanaannya dapat dilimpahkan kepada badan usaha milik negara yang didirikan dengan maksud tertentu. Di Indonesia dibentuk empat badan usaha milik negara yang diberikan wewenang mengelola pelabuhan umum. Keempat badan usaha tersebut adalah P.T. Pelabuhan Indonesia I yang berkedudukan di Medan; P. T. Pelabuhan Indonesia II yang berkedudukan di Jakarta; P.T Pelabuhan Indonesia

III yang berkedudukan di Surabaya; P.T Pelabuhan Indonesia IV yang berkedudukan di Ujung Pandang

2. Pelabuhan khusus yang digunakan untuk kepentingan sendiri guna menunjang kegiatan tertentu, baik instansi pemerintah, seperti TNI AL dan Pemda Dati I/Dati II, maupun badan usaha swasta seperti, pelabuhan khusus P.T. BOGASARI yang digunakan untuk bongkar muat tepung terigu atau LNG Arun di Aceh yang digunakan untuk mengirimkan hasil produksi gas alam cair ke suatu daerah dalam NKRI atau luar negeri. Pelabuhan ini tidak boleh digunakan untuk kepentingan umum, kecuali dalam keadaan tertentu dengan ijin pemerintah

Menurut hirarki peran dan fungsi pelabuhan laut sebagaimana PP No. 69 Tahun 2001 terdiri dari:

1. Pelabuhan internasional hub merupakan pelabuhan utama primer
2. Pelabuhan internasional merupakan pelabuhan utama sekunder
3. Pelabuhan nasional merupakan pelabuhan utama tersier
4. Pelabuhan regional merupakan pelabuhan pengumpan primer
5. Pelabuhan lokal merupakan pelabuhan pengumpan sekunder

**Tabel 5.** Kriteria hierarki pelabuhan berdasarkan KM 53 tahun 2002

KRITERIA	PELABUHAN INTERNASIONAL HUB	PELABUHAN INTERNASIONAL	PELABUHAN NASIONAL	PELABUHAN REGIONAL	PELABUHAN LOKAL
PERAN	Melayani angkutan alih muat ( <i>transshipment</i> ) peti kemas nasional dan internasional dengan skala pelayanan transportasi laut dunia	Sebagai pusat distribusi peti kemas nasional dan pelayanan angkutan peti kemas internasional	Sebagai pengumpulan angkutan peti kemas nasional	Sebagai pengumpulan pelabuhan-pelabuhan hub internasional, pelabuhan internasional dan pelabuhan nasional	Sebagai pengumpulan pelabuhan-pelabuhan hub internasional, pelabuhan internasional, pelabuhan nasional dan pelabuhan regional
	Sebagai pelabuhan induk yang melayani angkutan peti kemas nasional dan internasional sebesar 2.500.000 TEU's/Tahun atau angkutan lain yang setara	Sebagai tempat alih muat penumpang dan pelayanan angkutan peti kemas internasional	Sebagai tempat alih muat penumpang dan barang umum nasional	Sebagai tempat alih muat penumpang dan barang dari/ke pelabuhan utama dan pelabuhan pengumpulan	Sebagai tempat pelayanan moda transportasi di daerah terpencil, terisolasi, perbatasan, daerah terbatas yang hanya didukung oleh moda transportasi laut
KRITERIA	PELABUHAN INTERNASIONAL HUB	PELABUHAN INTERNASIONAL	PELABUHAN NASIONAL	PELABUHAN REGIONAL	PELABUHAN LOKAL
SKALA PELAYANAN	Sebagai pelabuhan alih muat angkutan peti kemas nasional dan internasional dengan pelayanan berkisar dari 3.000.000 - 3.500.000 TEU's /Tahun atau angkutan lain yang setara	Melayani angkutan peti kemas sebesar 1.500.000 TEU's /Tahun atau angkutan lain yang setara	Melayani angkutan peti kemas nasional di seluruh Indonesia	Melayani angkutan laut antar kabupaten/kota dalam propinsi	Sebagai tempat pelayanan moda transportasi laut untuk mendukung kehidupan masyarakat dan berfungsi sebagai tempat multifungsi selain sebagai terminal untuk penumpang juga untuk melayani bongkar muat kebutuhan hidup masyarakat di sekitarnya
KRITERIA	PELABUHAN INTERNASIONAL HUB	PELABUHAN INTERNASIONAL	PELABUHAN NASIONAL	PELABUHAN REGIONAL	PELABUHAN LOKAL
LOKASI PELABUHAN	Berada dekat dengan Jalur Pelayaran Internasional $\pm$ 500 mil.	Berada dekat dengan jalur pelayaran internasional $\pm$ 500 mil dan jalur pelayaran nasional $\pm$ 50 mil.	Berada dekat dengan jalur pelayaran nasional $\pm$ 50 mil.	Berada dekat dengan jalur pelayaran antar pulau $\pm$ 25 mil.	Berada pada lokasi yang tidak dilalui jalur transportasi laut regular kecuali keperintisan.
KEDALAMAN	Minimal - 12 m lws	Minimal - 9 m lws	Minimal - 7 m lws	Minimal - 4 m lws	Minimal - 1,5 m lws

Ditinjau dari segi pengusahaannya, pelabuhan dibagi menjadi 6, yaitu:

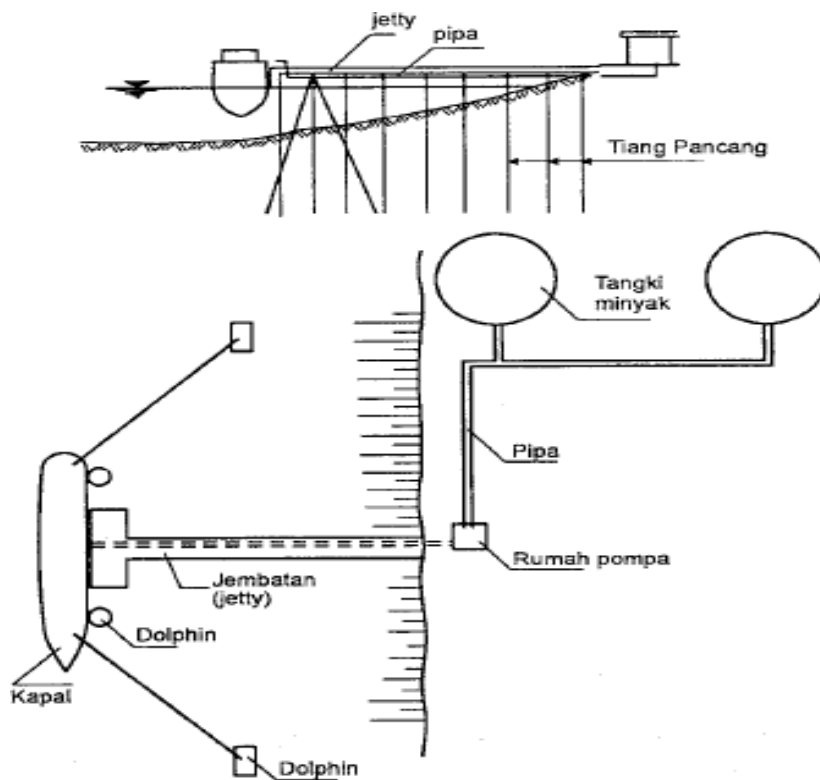
1. Pelabuhan ikan

Pada umumnya pelabuhan ikan tidak memerlukan kedalaman yang besar karena kapal– kapal motor yang digunakan untuk menangkap ikan tidak besar. Pada umumnya, nelayan – nelayan di Indonesia masih menggunakan kapal kecil. Jenis kapal kecil ini bervariasi dari yang sederhana berupa jukung sampai kapal motor. Jukung adalah perahu yang dibuat dari kayu dengan lebar sekitar 1 m dan panjang 6 – 7 m. Perahu ini dapat menggunakan layar atau motor tempel; dan bisa langsung mendarat di pantai. Kapal yang lebih besar terbuat dari papan atau fiberglass dengan lebar 2,0 – 2,5 m dan panjang 8 – 12 m, digerakkan oleh motor.

2. Pelabuhan minyak

Untuk keamanan, pelabuhan minyak harus diletakkan agak jauh dari keperluan umum. Pelabuhan minyak biasanya tidak memerlukan dermaga atau pangkalan yang harus dapat menahan muatan vertikal yang besar, melainkan cukup membuat jembatan perancah atau tambahan yang dibuat menjorok ke laut untuk mendapatkan kedalaman air yang cukup besar. Bongkar muat dilakukan dengan pipa – pipa dan pompa.



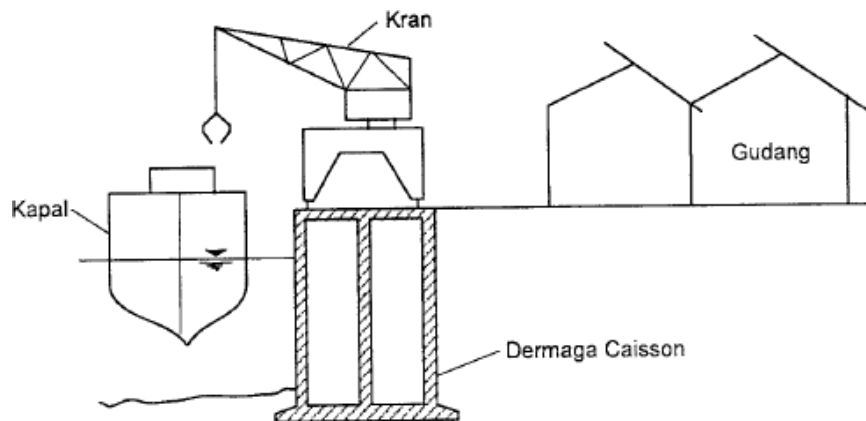


**Gambar 14.** Pelabuhan minyak

### 3. Pelabuhan barang

Pelabuhan ini mempunyai dermaga yang dilengkapi dengan fasilitas untuk bongkar muat barang. Pelabuhan dapat berada di pantai atau estuari dari sungai besar. Daerah perairan pelabuhan harus cukup tenang sehingga memudahkan bongkar muat barang. Pelabuhan barang ini bisa digunakan baik Pemerintah maupun swasta untuk keperluan transportasi hasil produksinya seperti baja, aluminium, pupuk, batu bara, minyak, dan sebagainya. Sebagai contoh Pelabuhan Kuala Tanjung di Sumatra Utara. Pelabuhan Kuala Tanjung dimiliki oleh

P.T. Aluminium Asahan. Selain itu, P.T. Asean dan P.T. Iskandar Muda juga mempunyai pelabuhan sendiri.

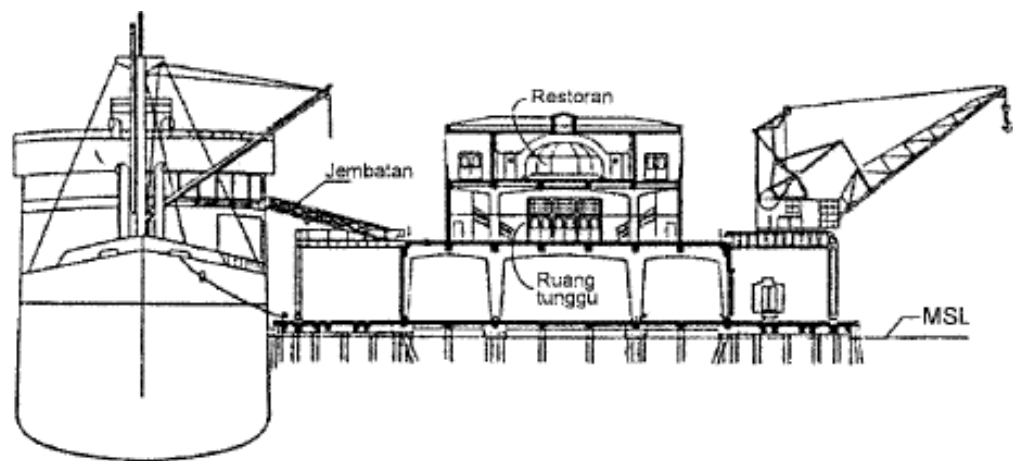


**Gambar 15.** Sketsa terminal barang

#### 4. Pelabuhan penumpang

Pelabuhan penumpang tidak banyak berbeda dengan pelabuhan barang. Pada pelabuhan barang di belakang dermaga terdapat gudang – gudang sedangkan untuk pelabuhan penumpang dibangun stasiun penumpang yang melayani segala kegiatan yang berhubungan dengan kebutuhan orang yang berpergian, seperti kantor imigrasi, duane, keamanan, direksi pelabuhan, maskapai pelayaran, dan sebagainya. Barang – barang yang perlu dibongkar muat tidak terlalu banyak sehingga gudang barang tidak perlu besar. Untuk kelancaran masuk kelaurnya penumpang dan barang, biasanya pada pelabuhan penumpang jalan masuk dipisahkan terhadap jalan keluar. Selain itu

pada pelabuhan penumpang, penumpang melalui lantai atas dengan menggunakan jembatan langsung ke kapal, sedangkan barang – barang melalui dermaga.



**Gambar 16** Pelabuhan penumpang

#### 5. Pelabuhan campuran

Pada umumnya penggunaan fasilitas pelabuhan ini terbatas untuk penumpang dan barang. Untuk keperluan minyak dan ikan biasanya terpisah. Bagi pelabuhan kecil atau masih dalam taraf perkembangan, keperluan untuk bongkar muat minyak juga masih menggunakan dermaga atau jembatan, berguna untuk meletakkan pipa – pipa untuk mengalirkan minyak.



**Gambar 17.** Pelabuhan Sorong

#### 6. Pelabuhan militer

Pelabuhan ini mempunyai daerah perairan yang cukup luas untuk memungkinkan gerakan cepat dari kapal – kapal perang dan supaya letak bangunan cukup terpisah. Konstruksi tambatan maupun dermaga hampir sama dengan dengan pelabuhan barang, tetapi situasi dan perlengkapan sedikit berbeda. Pada pelabuhan barang, letak/kegunaan bangunan

harus seefisien mungkin, sedangkan pada pelabuhan militer bangunan – bangunan pelabuhan harus terpisah dengan jarak yang lebih jauh.



**Gambar 18.** Pelabuhan Militer

Jenis – jenis dermaga berdasarkan jenis barang yang dilayani :

1. Dermaga barang umum, adalah dermaga yang diperuntukkan untuk bongkar muat barang umum/general cargo keatas kapal. Barang potongan terdiri dari barang satuan seperti mobil; mesin – mesin; material yang ditempatkan dalam bungkus, koper, karung, atau peti. Barang – barang tersebut memerlukan perlakuan khusus dalam pengangkatannya untuk menghindari kerusakan.
2. Dermaga peti kemas, dermaga yang khusus diperuntukkan untuk bongkar muat peti kemas. Bongkar muat peti kemas biasanya menggunakan crane.