

**PERLINDUNGAN PENGARUH ABRASI TERHADAP
KERUSAKAN PANTAI RUAS LUWUK – BUBUNG DI
KABUPATEN BANGGAI**

*PROTECTION AGAINST THE EFFECT OF ABRASION IN THE
DAMAGE OF LUWUK-BUBUNG SHORELINE IN
BANGGAI REGENCY*

RAMLI Hi. PATTA



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2014**

**PERLINDUNGAN PENGARUH ABRASI TERHADAP
KERUSAKAN PANTAI RUAS LUWUK – BUBUNG DI
KABUPATEN BANGGAI**

*PROTECTION AGAINST THE EFFECT OF ABRASION IN THE
DAMAGE OF LUWUK-BUBUNG SHORELINE IN
BANGGAI REGENCY*

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

TEKNIK PERENCANAAN PRASARANA

Disusun dan diajukan oleh

RAMLI Hi. PATTA

Kepada

**ROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2014**

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ramli Hi. Patta

Nim : P2800210519

Program Studi : Teknik Perencanaan Prasarana

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Januari 2014

Yang menyatakan

Ramli Hi. Patta

**LEMBAR PENGESAHAN
TESIS**

**PERLINDUNGAN PENGARUH ABRASI TERHADAP KERUSAKAN
PANTAI RUAS LUWUK–BUBUNG
DI KABUPATEN BANGGAI**

Disusun dan diajukan oleh

**RAMLI Hi. PATTA
Nomor Pokok P2800210519**

Menyetujui

Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Mary Selintung, M.Sc	Prof. Dr. Ir. H. Abrar Saleng, SH.MH
Ketua	Anggota

Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Perencanaan Prasarana
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. M. Ramli Rahim, M.Eng

KATA PENGANTAR

Tiada kata yang pantas diucapkan selain memanjatkan puji dan syukur kehadiran Allah SWT.. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, berkah, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini sebagai salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan study pada Program Magister Teknik Perencanaan Prasarana Universitas Hasanuddin Makassar.

Berbagai hal, kendala dan keterbatasan dalam penyusunan tesis ini, namun akhirnya kesemua itu dapat teratasi sehingga tesis ini bisa terselesaikan dengan baik, walaupun demikian kami sadar tesis ini masih jauh dari kata sempurna, namun penulis telah berusaha untuk menyajikan yang terbaik.

Perkenankan penulis menyampaikan terima kasih kepada: Ibu Prof. Dr. Ir. Mary Selintung M.Sc selaku Pembimbing I dan Bapak Prof. Dr. Ir. H. Abrar Saleng, SH. MH selaku Pembimbing II, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini. Dan melalui kesempatan ini pula penulis ingin menghaturkan rasa syukur dan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Shirley Wunas, DEA selaku Penguji
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H.M. Ramli Rahim, M.Eng selaku Penguji
3. Bapak Prof. Dr. Ir. H.M. Saleh Pallu, M. Eng selaku Penguji
4. Bapak dan Ibu Dosen pada Program Pasca Sarjana Teknik Perencanaan Prasarana Universitas Hasanuddin Makassar

5. Kedua orang tua, Isteri dan anak-anakku yang telah memberikan dukungan semangat khususnya doa, sejak pertama belajar sampai dengan penyelesaian tesis ini.
6. Saudara serta teman-teman semua yang seangkatan di Program Study Teknik Perencanaan Prasarana Universitas Hasanuddin Makassar yang juga telah banyak memberikan masukan selama proses belajar berlangsung.

Akhirnya penulis berharap semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi Pemerintah Kabupaten Banggai didalam masalah penanganan abrasi pantai yang ada dan untuk pengembangan ilmu pengetahuan, semoga Allah SWT. selalu memberikan RidhoNya, Amin.

Makassar, Januari 2014

Penulis

ABSTRAK

RAMLI Hi. PATTA. *Perlindungan Pengaruh Abrasi Terhadap Kerusakan Pantai Ruas Luwuk–Bubung Kabupaten Banggai* (dibimbing oleh **Mary Selintung** dan **Abrar Saleng**)

Penelitian ini bertujuan menganalisis terjadinya masalah dan alternatif penanggulangan masalah guna melindungi sarana dan prasarana di sekitar pantai, tanpa menimbulkan permasalahan lain bagi kawasan yang berdekatan.

Pendekatan teori dan analisa yang dilakukan adalah survey, analisis Hidro-oseanografi sebagai acuan penentuan bangunan dan lain-lain. Peramalan gelombang dalam analisis Hidro-oseanografi dimulai dengan masukan berupa data angin jam-jaman selama 10 tahun yang diperoleh dari stasiun BMG Bubung untuk mendapatkan tinggi dan perioda gelombang rencana, analisa refraksi gelombang dan analisis perubahan garis pantai dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif.

Hasil penelitian ini disusun suatu konsep sistem perlindungan pantai yang dianggap paling efektif dan efisien secara teknis, dengan menggunakan seawall serta kombinasi seawall dan offshore breakwater.

Kata kunci: abrasi, erosi, pantai, gelombang

ABSTRACT

RAMLI Hi . PATTA . *Protection Against Effect of Abrasion In The Damage Of Luwuk – Bubung Shoreline in Banggai Regency* (supervised by Mary Selintung and Abrar Saleng).

Teh study aims to analyse: (1) the problems in protecting facilities and infrastructure around Luwuk-Bubung Shoreline; and (2) the alternative solutions of the problems without creating more problems to the adjacent areas.

The reasearch used a survey method, and hydro-oceanographic analysis as the basis in determining the buildings and others. Wave forescating in the hydro-oceanographic analysis began with the input of hourly wind data for 10 years obtained from the BMG Bubung station to find out the height and period of plan waves, the analysis of wave refraction, and the analysis of shoreline change by using the quantitative descriptive method.

The results are formulated in the from of a concept of beach protection system technically considered the most effective and efficient one. It uses seawall, and combination of seawall and offshore breakwater

Key-words : abrasion ,erosion, beach , wave

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK/ <i>ABSTRACT</i>	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL/GRAFIK	ix
DAFTAR GAMBAR	x

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Sistematika Penulisan	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Pantai	6
B. Perubahan Garis Pantai	10
C. Faktor-faktor Pengaruh Perubahan Garis Pantai	11
1. Faktor Hidro Oseanografi	11
2. Faktor Antropogenik	40

3. Proses Litoral, Abrasi, dan Sedimentasi	41
D. Erosi dan abrasi	42
E. Bangunan-bangunan Pantai	43
F. Penelitian Terdahulu	46
G. Kerangka Pikir	47

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan	48
B. Lokasi dan Waktu	49
C. Survey Pengumpulan Data	50
D. Metode Analisis Data Sekunder	54
E. Metode Analisis Data Primer	56
F. Variabel Penelitian	57
G. Defenisi Operasional	58

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Data Sekunder	59
1. Gambaran Umum Lokasi Studi	59
2. Perhitungan Fecth	61
3. Analisa Angin	63
4. Perhitungan Faktor Tegangan Angin	67
5. Peramalan Tinggi Dan Periode Gelombang	70
6. Gelombang Dengan Periode Ulang	84
B. Analisa Data Primer	87

1. Permasalahan Pantai Luwuk – Bubung	87
2. Perhitungan Refraksi Dan Gelombang Pecah	90
3. Analisa Pasang Surut	100
4. Pemodelan Perubahan Garis Pantai	101
5. Penentuan Bangunan Pengaman Pantai	111
6. Perhitungan Dimensi Bangunan	113

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	125
B. Saran-saran	126

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Klasifikasi gelombang terhadap kedalaman	15
2. Perhitungan panjang Fetch untuk setiap arah utama	62
3. Tabulasi jumlah distribusi frekuensi kecepatan angin	64
4. Tabulasi prosentase distribusi frekuensi kecepatan angin	65
5. Perhitungan Wind Stress Factor pada bulan Maret 2012	69
6. Perhitungan Hincasting gelombang maksimum	72
7. Tabulasi jumlah distribusi frekuensi tinggi gelombang	75
8. Tabulasi prosentase distribusi frekuensi tinggi gelombang	75
9. Tinggi periode dan arah gelombang terbesar dan dominan bulanan berdasarkan Wave Hindcasting tahun 2003-2012	77
10. Rekapitulasi tinggi, periode dan arah gelombang terbesar dan dominan berdasarkan Wave Hindcasting tahun 2003-2012	78
11. Rekapitulasi tinggi, periode dan arah gelombang rata-rata harian tahun 2003-2012	81
12. Parameter statistik untuk periode ulang	84
13. Parameter statistik untuk Periode ulang dalam Log	84
14. Perkiraan gelombang dengan periode ulang metode Person III	85
15. Perkiraan gelombang dengan periode ulang metode Gumbel	85
16. Perkiraan gelombang dengan periode ulang metode Log Normal	85
17. Perkiraan gelombang dengan periode ulang metode Log Person III	86

18. Uji Smirnov Kolmogorov	86
19. Perhitungan refraksi gelombang pecah untuk potongan 4	94
20. Tinggi, kedalaman dan sudut datang gelombang pecah	96
21. Perhitungan C_1/C_2 Dan C_2/C_1	96
22. Harga koefisien refraksi	98
23. Perhitungan gelombang pecah	99
24. Kriteria pemilihan bangunan pengaman pantai	111
25. Perhitungan Run up pada seawall	114
26. Tinggi gelombang pecah dan arah gelombang bagian lengan Dan kepala offshore breakwater	116
27. Kondisi gelombang pecah untuk penentuan K_D dan arah Gelombang bagian lengan dan kepala offshore breakwater	116
28. Perhitungan dimensi bangunan pengaman pantai	122

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Terminologi pantai untuk keperluan rekayasa pantai	9
2. Konvergensi & divergensi energi gelombang di badan pantai	12
3. Sketsa definisi gelombang	14
4. Faktor koreksi beda suhu di laut dan di darat	20
5. Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat	21
6. Refraksi gelombang pada kontur lurus dan sejajar	28
7. Hukum Snell untuk refraksi gelombang	30
8. Sketsa perambatan gelombang	32
9. Grafik penentuan kedalaman gelombang pecah	34
10. Run Up gelombang	35
11. Longshore current faktor penyebab abrasi dan akresi pantai	39
12. Proses littora transport di area nearshore	43
13. Kerangka pikir	47
14. Lokasi penelitian	49
15. Fishfinder with GPS	52
16. Pengukuran Fetch arah utama Selatan, Tenggara dan Timur	61
17. Salah satu histogram distribusi frekuensi angin	65
18. Salah satu mawar angin distribusi frekuensi angin	66
19. Salah satu mawar gelombang	74
20. Salah satu histogram distribusi frekuensi gelombang	74

21.	Lokasi pemukiman penduduk di pesisir pantai	88
22.	Lokasi perkampungan nelayan di pesisir pantai	89
23.	Penanganan darurat untuk melindungi tepi jalan raya	89
24.	Peta potongan ortogonal	90
25.	Grafik hubungan tinggi, kedalaman dan sudut datang gelombang untuk potongan 4 arah gelombang Timur	95
26.	Analisis refraksi metode grafis pada pot 4 - 5	97
27.	Perbandingan data pasang surut	100
28.	Prediksi angkutan sedimen bersih pantai	102
29.	Simulasi perubahan garis pantai dengan interval	104
30.	Grid yang mengalami erosi dan akresi pada pantai	106
31.	Simulasi perubahan garis pantai dengan bangunan pengaman groin	107
32.	Simulasi perubahan garis pantai dengan bangunan pengaman <i>offshore breakwater</i>	108
33.	Simulasi perubahan garis pantai dengan bangunan pengaman kombinasi <i>offshore breakwater</i> dan <i>seawall</i>	110
34.	Layout alternatif perlindungan pengaruh abrasi terhadap kerusakan pantai pada pesisir Pantai Luwuk - Bubung	113

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan mempunyai lebih dari 17.508 pulau dan wilayah pantai sepanjang ± 81.000 km, serta luas laut sekitar $3,1$ juta km^2 ($0,3$ juta km^2 per airan teritorial; dan $2,8$ juta km^2 per airan nusantara). Kawasan pantai merupakan kawasan yang sangat dinamis dengan berbagai ekosistem hidrologis dan sosial mempunyai keterkaitan satu dengan yang lainnya (Dahuri; 2008). Kawasan tepi pantai merupakan wilayah yang sering dimanfaatkan untuk kegiatan manusia seperti sebagai kawasan pusat pemerintahan, tempat pemukiman, pelabuhan, industri ataupun tempat wisata dan pembangunan infrastruktur lainnya termasuk prasarana jalan.

Semakin meningkat pemanfaatan daerah pantai untuk kegiatan manusia, maka semakin banyak pula permasalahan yang akan muncul. Permasalahan yang sering terjadi di daerah tepi pantai antara lain adalah gelombang pasang ataupun badai gelombang yang menerjang pantai, erosi dan atau abrasi pantai, penutupan muara, dan lain-lain. Isu-isu aktual tentang permasalahan pantai yang sering diungkapkan akhir-akhir ini adalah perubahan garis pantai akibat abrasi, erosi dan akresi.

Proses mundurnya garis pantai dari kedudukan semula atau erosi umumnya disebabkan oleh lemahnya daya tahan material pantai karena

gaya yang di timbulkan gelombang dan arus, serta kurangnya keseimbangan pasokan antara sedimen yang masuk dan sedimen yang keluar dalam suatu sistem keseimbangan pantai. Pada kondisi gelombang normal, pantai dapat menyesuaikan bentuk profilnya sedemikian sehingga mampu meredam energi gelombang. Ketika pertahanan alami pantai tidak mampu menahan energi gelombang besar maka akan terjadi erosi.

Erosi juga terjadi disepanjang ruas Pantai Luwuk-Bubung, Kabupaten Banggai Sulawesi Tengah. Ruas Luwuk-Bubung mempunyai garis pantai sepanjang $\pm 7,0$ km, di mana daerah tepi pantai telah dibangun jalan utama yang menghubungkan bandar udara dengan Ibu Kota Kabupaten Banggai

Prasarana jalan umumnya secara teknis dikelola oleh pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga dan jajaran di bawahnya termasuk pada tingkat provinsi dan kabupaten. Menurut Undang-undang Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan pasal 9 ayat 2 bahwa jalan yang menghubungkan Ibu Kota provinsi dengan kabupaten/kota, atau antar Ibukota, kabupaten/kota, dan strategis provinsi, kewenangan pengelolaannya berada pada provinsi seperti halnya jalan utama pada ruas Luwuk-Bubung. Selain menghubungkan bandar udara, juga menghubungkan beberapa Ibu kota kecamatan, termasuk kedaerah pengolah migas yang ada di Kabupaten Banggai.

Potensi sumber daya daerah pantai dan daerah yang dilindungi oleh pantai ini sangat besar sehingga perlu pengamanan. Untuk mengamankan wilayah tepi pantai ini maka perlu direncanakan suatu sistem perlindungan pantai yang efektif dan tepat sesuai kondisi alamnya.

Berdasarkan latar belakang, maka melalui tulisan ini penulis ingin menganalisis seberapa besar kerusakan yang terjadi di pantai yang akan mangancam infrastruktur jalan ruas Luwuk-Bubung yang diakibatkan oleh abrasi, bagaimana mengatasi masalah kerusakan pantai dengan suatu sistem perlindungan pantai.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, melalui tesis ini penulis ingin mengkaji dan merumuskan masalah antara lain:

1. Bagaimana pengaruh abrasi terhadap tingkat pergeseran tepi pantai?
2. Bagaimana cara penanganan kerusakan pantai sepanjang ruas Luwuk-Bubung?

C. Pembatasan Masalah

Dalam penulisan ini, masalah dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Analisis perubahan garis pantai dari STA± 5,00 sampai STA± 12,00
2. Metode Penanganan abrasi penyebab kerusakan pantai

D. Tujuan Penelitian

Berkaitan dengan rumusan masalah di atas, dan bertolak pada latar belakang serta permasalahan yang dihadapi maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Untuk mengidentifikasi permasalahan pantai dan besar pergeseran tepi pantai yang diakibatkan oleh abrasi dan erosi yang terjadi disepanjang ruas Pantai Luwuk–Bubung Kabupaten Banggai.
2. Untuk menganalisis/mengkaji sistem penanganan pantai yang efektif dalam melindungi serta mengendalikan abrasi dan erosi disepanjang ruas Pantai Luwuk-Bubung

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat akademis

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu referensi dalam upaya pembelajaran untuk pengembangan ilmu pengetahuan tentang bagaimana mengatasi permasalahan-permasalahan pantai.

2. Manfaat praktis

Merupakan bahan masukan kepada semua pihak khususnya bagi pemerintah daerah Kabupaten Banggai dalam menyusun dan menentukan kebijakan serta menjadikan program seperti ini adalah program berkelanjutan dalam hal penanganan infrastruktur wilayah pantai di Kabupaten Banggai.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan tesis yang berjudul “Perlindungan Pengaruh Abrasi Terhadap Kerusakan Pantai Ruas Luwuk–Bubung Di Kabupaten Banggai” dalam penyusunannya dibagi menjadi lima bab sebagai bahasan dengan urutan sebagai berikut:

1. BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

2. BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas tentang teori dan rumus yang akan digunakan, peraturan-peraturan maupun standar yang diperlukan dalam tahap penelitian maupun analisis.

3. BAB III. METODOLOGI

Bab ini membahas tentang metode yang digunakan dalam penelitian, rumusan dan langkah-langkah sistematika penulisan serta tahapan penelitian yang disusun dengan bagan alur penelitian.

4. BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5. BAB V. PENUTUP

- A. Kesimpulan
- B. Saran-saran

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pantai

Menurut (Triatmodjo, 1999) Pantai merupakan batas antara wilayah daratan dengan wilayah lautan. Dimana daerah daratan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Sedangkan daerah lautan adalah daerah yang terletak diatas dan dibawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi dibawahnya.

Pantai selalu menyesuaikan bentuk profilnya sedemikian sehingga mampu menghancurkan energi gelombang yang datang. Penyesuaian bentuk tersebut merupakan tanggapan dinamis alami pantai terhadap laut. Ada dua tipe tanggapan pantai dinamis terhadap gerak gelombang, yaitu tanggapan terhadap kondisi gelombang normal dan tanggapan terhadap kondisi gelombang badai. Kondisi gelombang normal terjadi dalam waktu yang lebih lama, dan energi gelombang dengan mudapat dihancurkan oleh mekanisme pertahanan alami pantai. Pada saat badai terjadi gelombang yang mempunyai energi besar. Sering pertahanan pantai tidak mampu menahan serangan gelombang sehingga pantai dapat tererosi. Setelah gelombang besar reda, pantai akan kembali ke bentuk semula oleh pengaruh gelombang normal.

Tetapi ada kalanya pantai yang tererosi tersebut tidak kembali ke bentuk semula karena material pembentuk pantai terbawa arus ke tempat lain dan tidak kembali ke lokasi semula. Dengan demikian pantai tersebut mengalami erosi. Material yang terbawa arus tersebut akan mengendap di daerah yang lebih tenang, seperti di muara sungai, pelabuhan, teluk dan sebagainya, sehingga mengakibatkan sedimentasi di daerah tersebut.

Proses dinamis pantai sangat dipengaruhi oleh *littoral transport*, yang didefinisikan sebagai gerak sediment ke daerah dekat pantai (*nearshore zone*) oleh gelombang dan arus. *Littoral transport* dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu transport sepanjang pantai (*longshore transport*) dan transport tegak lurus pantai (*onshore-offshore transport*). Material (pasir) yang di transport disebut dengan *littoral drift*. Transport tegak lurus pantai terutama ditentukan oleh kemiringan pantai. Pada umumnya gelombang dengan kemiringan besar menggerakkan material ke arah laut, dan gelombang kecil dengan periode panjang menggerakkan material ke arah darat.

Ada banyak bentuk pantai. Pembagiannya dapat didasarkan pada berbagai komponen. Berdasarkan materi penyusunan pantai (Triatmodjo, 1999 dan Diposaptono, 2004), diantaranya

1. *Pantai berbatu*. Dinding pantainya terjal yang langsung berhubungan dengan laut dan sangat dipengaruhi oleh serangkaian gelombang. Biasanya tidak mudah tererosi akibat adanya arus atau gelombang

gelombang. Kalau pun ada lebih banyak disebabkan oleh pelapukan batuan atau proses geologi lain dalam waktu yang relatif lama. Erosi pada material masif (seperti batu atau karang) ini lebih dikenal dengan nama abrasi

2. *Pantai berpasir*. Pantai tipe ini terbentuk oleh proses di laut akibat erosi gelombang, pengendapan sediment, dan material organik. Material penyusun terdiri atas pasir bercampur batu yang berasal dari daratan yang terbawa aliran sungai atau berasal dari daratan di belakang pantai tersebut. Di samping berasal dari daratan, material penyusun pantai ini juga dapat berasal dari berbagai jenis biota laut yang ada di daerah pantai itu sendiri.
3. *Pantai berlumpur*. Pantai berlumpur yang banyak dijumpai di muara sungai yang ditumbuhi oleh hutan mangrove, energi gelombang terdisipasi oleh hutan mangrove dan lumpur. Pantai tipe ini relatif mudah berubah bentuk, mengalami deformasi, dan tererosi.

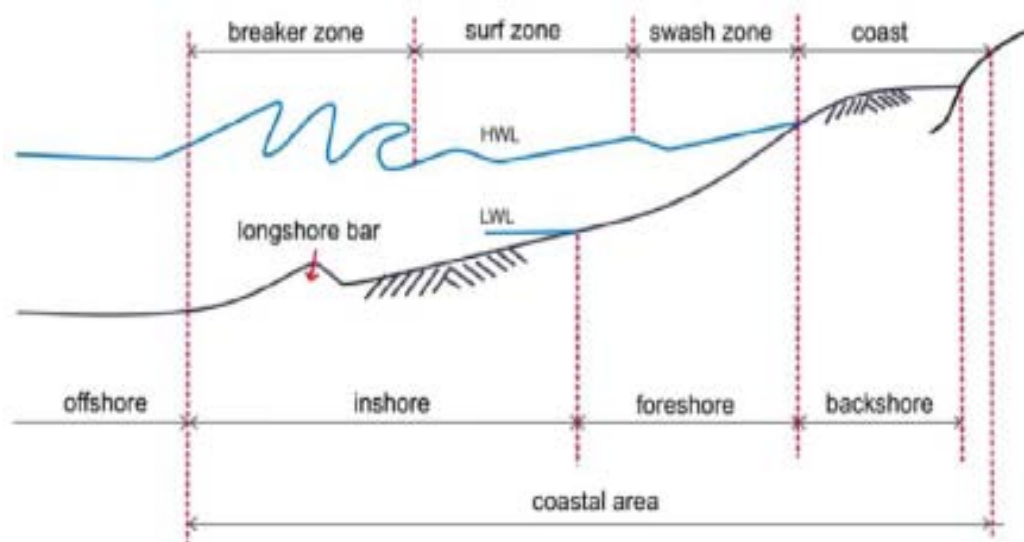
Beberapa istilah kepantaian yang perlu diketahui diantaranya

1. Daerah pantai atau pesisir adalah suatu daratan beserta perairannya dimana pada daerah tersebut masih dipengaruhi baik oleh aktivitas darat maupun oleh aktivitas *marine*.
2. Pantai adalah daerah di tepi perairan sebatas antara surut terendah dan pasang tertinggi.
3. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan lautan.
4. Daratan pantai adalah daerah ditepi laut yang masih dipengaruhi oleh

aktivitas *marine*.

5. Perairan pantai adalah perairan yang masih dipengaruhi oleh aktivitas daratan.
6. Sempadan pantai adalah daerah sepanjang pantai yang peruntukkan bagi pengamanan dan pelestarian pantai.

Sedangkan untuk kepentingan rekayasa atau teknik pantai, Triadmodjo (1999) mendefinisikan pantai sebagai berikut:



Gambar 1. Terminologi pantai untuk keperluan rekayasa pantai (Triadmodjo, 1999).

1. *Surf zone* adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah sampai batas naik-turunnya gelombang dipantai.
2. *Breaker zone* adalah daerah dimana terjadi gelombang pecah.
3. *Swash zone* adalah daerah yang di batasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai
4. *Offshore* adalah daerah dari gelombang (mulai) pecah sampai ke laut lepas.

5. *Foreshore* adalah daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat surut terendah sampai batas atas dari *uprush* pada saat air pasang tertinggi.
6. *Inshore* adalah daerah antara *offshore* dan *foreshore*.
7. *Backshore* adalah daerah yang dibatasi oleh *foreshore* dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang badai bersamaan dengan muka air tertinggi.
8. *Coast* adalah daratan pantai yang masih terpengaruh laut secara langsung, misalnya pengaruh pasang surut, angin laut, dan ekosistem pantai (hutan bakau, *sand dunes*).
9. *Coastal area* adalah daratan pantai dan perairan pantai sampai kedalaman 100 atau 150 m (*Sibayama, 1992*).

B. Perubahan Garis Pantai

Secara umum Sutikno (1993) menjelaskan bahwa pantai merupakan suatu daerah yang meluas dari titik terendah air laut pada saat surut hingga ke arah daratan sampai mencapai batas efektif dari gelombang. Sedangkan garis pantai adalah garis pertemuan antara air laut dengan daratan yang kedudukannya berubah-ubah sesuai dengan kedudukan pada saat pasang-surut, pengaruh gelombang dan arus laut.

Lingkungan pantai merupakan daerah yang selalu mengalami perubahan. Perubahan lingkungan pantai dapat terjadi secara lambat hingga cepat, tergantung pada imbang daya antara topografi, batuan dan

sifat-sifatnya dengan gelombang, pasang surut, dan angin.

Sutikno (1993) kembali menyatakan bahwa secara garis besar proses geomorfologi yang bekerja pada lintakat pantai dapat dibedakan menjadi proses destruksional dan konstruksional. Proses destruksional adalah proses yang cenderung merubah/ merusak bentuk lahan yang ada sebelumnya, sedangkan proses konstruksional adalah proses yang menghasilkan bentuk lahan baru.

C. Faktor-faktor Pengaruh Perubahan Garis Pantai

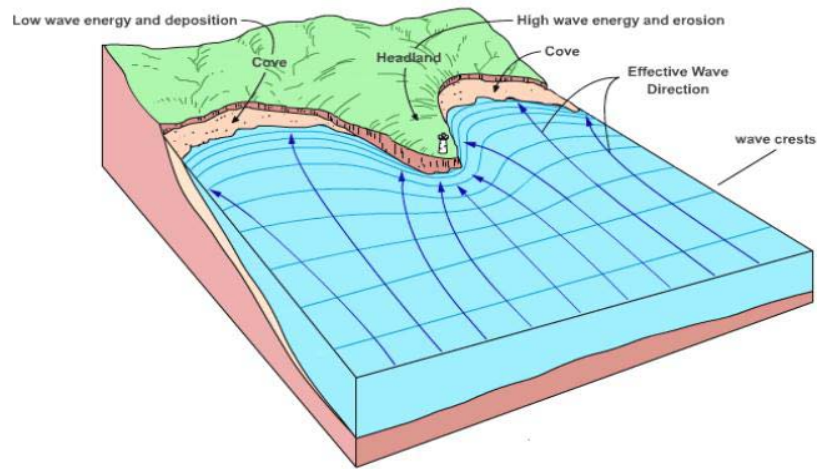
Adapun faktor-faktor utama yang mempengaruhi terjadinya perubahan garis pantai adalah

1. Faktor Hidro Oseanografi

Perubahan garis pantai berlangsung manakala proses geomorfologi yang terjadi pada setiap bagian pantai melebihi proses yang biasanya terjadi. Proses geomorfologi yang dimaksud antara lain adalah :

a. Gelombang

Gelombang terjadi melalui proses pergerakan massa air yang dibentuk secara umum oleh hembusan angin secara tegak lurus terhadap garis pantai (*Open University, 1993*). Dahuri, et al . (2001) menyatakan bahwa gelombang yang pecah di daerah pantai merupakan salah satu penyebab utama terjadinya proses erosi dan sedimentasi dipantai.



Gambar 2. *Konvergensi & divergensi* energi gelombang di badan pantai

Secara umum gelombang dibedakan menjadi 2 macam, yaitu (Triatmodjo, 1999)

i). Gelombang pendek

Periode gelombang ini lebih kecil dari 5 menit, biasanya disebut ombak. Bentuk gelombang pendek di laut umumnya tidak teratur (*Irregular*).

ii). Gelombang panjang

Gelombang panjang yaitu gelombang dengan periode beberapa jam. Contohnya adalah pasang surut air laut dengan periode 12 jam untuk tipe semi diurnal dan 24 jam untuk tipe diurnal.

b. Teori Gelombang Amplitudo Kecil (AIRY)

Teori yang paling sederhana dalam bentuk gelombang laut adalah teori Gelombang linier atau gelombang amplitudo kecil yang pertama kali diperkenalkan oleh Airy (1845) sehingga gelombang ini sering disebut

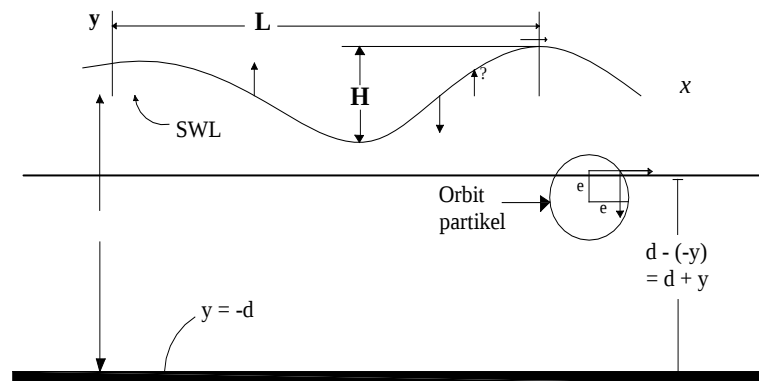
sebagai gelombang *Airy*. Gelombang *Linier* di peroleh dari penyelesaian persamaan Laplace dengan menggunakan berbagai kondisi batas yang sederhana. Kondisi batas adalah kondisi yang membatasi domain hitungan (daerah hitungan) sehingga persamaan-persamaan dalam daerah hitungan dapat di selesaikan. Dari kondisi batas tersebut di cari potensial ke cepatan periodik yang memenuhi persamaan *irrotasional*. Potensial ke cepatan ini kemudian digunakan untuk menurunkan persamaan dari berbagai karakteristik gelombang seperti fluktuasi muka air, ke cepatan dan percepatan partikel air, tekanan, ke cepatan rambat gelombang, dan sebagainya.

Beberapa anggapan untuk memudahkan dalam perhitungan gelombang ini adalah sebagai berikut:

- i. Zat cair dianggap suatu zat yang homogen dan tidak termampatkan sehingga rapat massa adalah konstan.
- ii. Tegangan permukaan diabaikan.
- iii. Gaya corolis (akibat permukaan bumi) diabaikan.
- iv. Tekanan pada permukaan air adalah konstan.
- v. Zat cair adalah ideal, sehingga berlaku aliran tak berotasi
- vi. Dasar laut adalah tetap, impermeable dan horizontal, sehingga kecepatan dasar laut adalah konstan.
- vii. Amplitudo gelombang adalah kecil dibandingkan dengan panjang gelombang dan kedalamannya.

viii. Gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penjarangan gelombang sehingga gelombang adalah dua dimensi.

Di bawah ini menunjukkan suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat x-y. Gelombang menjalar pada arah sumbu x.



Gambar 3. Sketsa Definisi Gelombang

Dimana :

H = Tinggi gelombang (m)

A = Amplitudo

L = Panjang gelombang atau jarak antara puncak ke puncak (m).

T = Periode gelombang / waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk menempuh satu panjang gelombang

C = Kecepatan rambat gelombang (m/det)

d = Kedalaman air terhadap SWL (m)

η = Elevasi muka air di ukur dari muka air laut rata-rata (m).

Gelombang dalam satu periode penjarannya sama dengan satu panjang gelombang dan jika kecepatan rambat gelombang dihubungkan dengan periode dan panjang gelombang akan menjadi:

$$C = \frac{L}{T} \dots\dots\dots (1)$$

Hubungan cepat rambat gelombang dengan kedalaman menjadi

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan mensubstitusi persamaan 1 ke persamaan 2 maka didapatkan:

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \dots\dots\dots (3)$$

Harga $2\pi/L$ disebut angka gelombang, $2\pi/T$ disebut frekuensi gelombang (ω), sehingga dari persamaan 1 dan persamaan 3 panjang gelombang sebagai fungsi kedalaman, yaitu:

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \dots\dots\dots (4)$$

Persamaan dapat digunakan dengan metode iterasi jika periode gelombang dan kedalaman air diketahui. Untuk perhitungan maka dapat digunakan tabelasi dari perbandingan kedalaman dengan panjang gelombang dari laut dalam. Berikut ini adalah klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman (d) dan panjang gelombang (L).

Tabel.1 Klasifikasi Gelombang Terhadap Kedalaman

Klasifikasi	d/L	$2\pi d/L$	$\tanh(\pi d/L)$
Perairan dalam	$> 1/2$	$> \pi$	≈ 1
Perairan peralihan	$1/25 - 1/2$	$1/4 - \pi$	$\tanh(2\pi d/L)$
Perairan dangkal	$< 1/25$	$< 1/4$	$\approx (2\pi d/L)$

Sumber : SPM 84, Vol. I

Pada laut dalam, ketika kedalaman relatif d/L lebih besar dari 0,5; nilai $\tanh(2\pi d/L) = 1,0$ sehingga persamaan akan menjadi:

$$C_o = \frac{gT}{2\pi} \dots\dots\dots (5)$$

dan

$$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \dots\dots\dots (6)$$

Indeks 'o' menunjukkan bahwa nilai tersebut adalah untuk kondisi laut dalam. Apabila percepatan gravitasi adalah $9,81 \text{ m/det}^2$ maka persamaan menjadi:

$$L_o = 1,56T^2 \dots\dots\dots (7)$$

Sedangkan pada laut dangkal yaitu saat kedalaman relatif $d/L < 1/25$, nilai $\tanh(2\pi d/L) = 2\pi d/L$ sehingga persamaan menjadi:

$$C = \sqrt{gd} \dots\dots\dots (8)$$

$$L = \sqrt{gd} \cdot T \dots\dots\dots (9)$$

c. Hindcasting Gelombang

Hindcasting gelombang adalah teknik peramalan gelombang yang akan datang dengan menggunakan data angin di masa lampau. Data angin dapat digunakan untuk memperkirakan tinggi dan periode gelombang di laut karena terjadinya gelombang laut sangat dipengaruhi oleh tiupan angin. Pada daerah tiupan angin, terjadi peristiwa transfer energi angin ke air. Permukaan air yang semula tenang akan terganggu

dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air, sebagai akibat dari ketegangan yang ditimbulkan oleh kecepatan angin pada permukaan laut. Dengan bertambahnya kecepatan angin, riak akan menjadi besar dan pada akhirnya terbentuk gelombang apabila angin terus berhembus. Semakin lama angin berhembus, gelombang yang terbentuk akan semakin besar.

Hindcasting gelombang akan menghasilkan perkiraan tinggi (H) dan periode (T) gelombang akibat adanya angin dengan besar, arah, dan durasi tertentu. Jadi, hindcasting gelombang dimaksudkan untuk mengalih-ragamkan (transformasi) data angin menjadi data gelombang.

Asumsi-asumsi dalam pembentukan gelombang:

- i. Energi-energi lain yang dapat membentuk gelombang diabaikan.
- ii. Besar fetch relatif pendek ($F \leq 75$ mil).
- iii. Kecepatan angin dianggap konstan bila perubahan kecepatan ≤ 5 knots dan deviasi arah $\leq 15^\circ$.
- iv. Kecepatan Angin diukur pada ketinggian +10 m dari permukaan laut.
- v. Kecepatan angin dikoreksi terhadap koefisien seret.

Metode peramalan gelombang dapat dibedakan atas peramalan gelombang laut dalam dan peramalan gelombang laut dangkal. Metode peramalan laut dangkal memperhitungkan faktor gesekan antara gerak air dan dasar laut sehingga mengurangi tinggi gelombang yang terbentuk, sedangkan metode peramalan laut dalam tanpa dipengaruhi dasar laut jadi gelombang yang terbentuk tidak dipengaruhi oleh keadaan dasar laut.

d. Perhitungan Fetch Efektif

Fetch adalah daerah pembangkit gelombang laut yang dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut tersebut. Dalam analisis peramalan gelombang, pekerjaan awal yang harus dilakukan adalah mengetahui berapa panjang fetch dari setiap arah angin yang mungkin membangkitkan gelombang. Arah Fetch bisa datang dari segala arah, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots\dots\dots (10)$$

Dimana;

F_{eff} = Panjang fetch efektif ;

X_i = Panjang segmen fetch yang diukur dari titik observasi gelombang keujung akhir fetch ;

α = Sudut deviasi pada kedua sisi dari arah angin (-20^0 sampai 20^0).

e. Estimasi Angin Permukaan Untuk Peramalan Gelombang

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 dengan mengkonversi data angin yang diukur di darat. Sebagai langkah awal dalam menganalisis data angin, hal yang harus diperhatikan adalah mendapatkan nilai *Wind Stress Factor* (U_A), sebagai nilai yang akan digunakan dalam melakukan peramalan gelombang. Prosedur untuk

mendapatkan *Wind Stress Factor* (U_A) adalah dengan melakukan koreksi terhadap data angin yang kita miliki sebagai berikut:

1). Koreksi Elevasi

Kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin yang diukur pada elevasi 10 meter. Jika data angin didapatkan dari pengukuran pada elevasi yang lain (misal z meter), maka dapat dikonversi dengan persamaan:

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

dimana: $U_{(10)}$ = kecepatan angin pada ketinggian 10 m

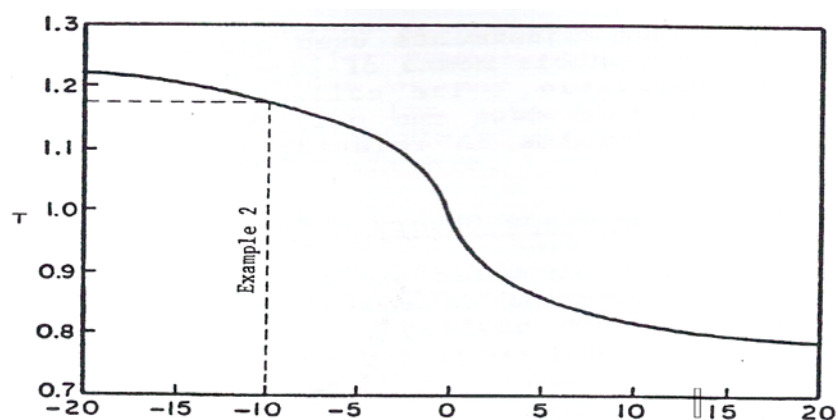
z = ketinggian pengukuran angin ($z < 20$ m)

2). Koreksi Stabilitas

Koreksi ini diperlukan, jika terdapat perbedaan temperatur antara udara dan air laut. Besarnya koreksi dilambangkan dengan R_T , dimana:

$$U = R_T \times U_{10} \dots\dots\dots (12)$$

Jika tidak terdapat perbedaan data temperatur, maka $R_T = 1,1$

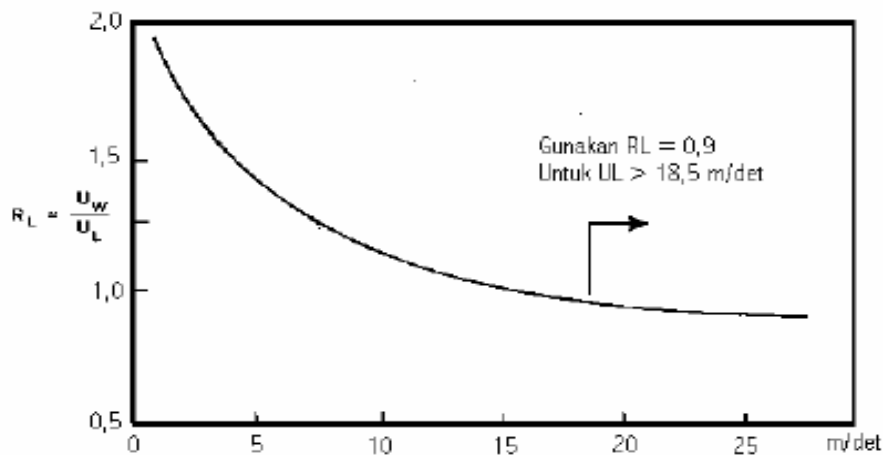


Gambar 4 Faktor Koreksi beda suhu di laut dan di darat
Sumber: SPM '84

3). Koreksi Lokasi Pengamatan

Jika data angin yang dimiliki adalah data angin pengukuran di darat, perlu dilakukan koreksi untuk mendapatkan nilai kecepatan di laut. Faktor koreksi dilambangkan dengan R_L , yang nilainya disajikan dalam gambar 5. Di dalam gambar tersebut, U_w adalah kecepatan angin di atas laut sedangkan U_L adalah kecepatan angin di darat.

$$U = R_T \cdot R_L \cdot U_{10} \dots\dots\dots (13)$$



Gambar 5 Hubungan antara kecepatan angin di laut dan didarat.
Sumber: SPM '84

4). Koreksi Koefisien Seret

Wind Stress Factor dari kecepatan angin hasil perhitungan di atas adalah:

$$U_A = 0,71 (U)^{1,23} \dots\dots\dots (14)$$

f. Pembentukan gelombang di laut dalam

Peramalan gelombang di laut dalam dilakukan dengan metode SMB.

- 1). Penentuan *fetch limited* dari gelombang berguna untuk membatasi durasi minimum dari t_{fetch} .

Open water

$$t_{\text{fetch}} = 68,8 \frac{F^{2/3}}{g^{1/3} U_A^{1/3}} \dots\dots\dots (15)$$

Restricted fetch

$$t_{\text{fetch}} = 51.09 \frac{F^{0.72}}{g^{0.28} \hat{U}_A^{0.44}} \dots\dots\dots (16)$$

- 2). Karakter pembentukan gelombang untuk *open water Duration limited*

$$H = 0.0000851 \left(\frac{U_A^2}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_A} \right)^{5/7} \dots\dots\dots (17)$$

$$T = 0.0702 \left(\frac{U_A}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_A} \right)^{0.411} \dots\dots\dots (18)$$

Fetch limited

$$H = 0.0016 \left(\frac{U_A^2}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (19)$$

$$T = 0.2857 \left(\frac{U_A}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (20)$$

- 3). Karakter pembentukan gelombang untuk *restricted fetch Duration limited*

$$H = 0.000103 \left(\frac{\hat{U}_A^2}{g} \right) \left(\frac{gt_i}{U_A} \right)^{0.69} \dots\dots\dots (21)$$

$$T = 0,082 \left(\frac{\hat{U}_A}{g} \right) \left(\frac{g_{ti}}{U_A} \right)^{0.39} \dots\dots\dots (22)$$

Fetch limited

$$H = 0.0015 \left(\frac{\hat{U}_A^2}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (23)$$

$$T = 0.3704 \left(\frac{\hat{U}_A}{g} \right) \left(\frac{gF}{U_A^2} \right)^{0.28} \dots\dots\dots (24)$$

Setelah m endapatkan ni lai H dan T, ce k kondisi pembangkitan gelombang. K ondisi gel ombang *fully developed* apabila m emenuhi ketentuan-ketentuan di bawah ini:

$$\frac{gH}{U_A^2} \geq 2,433.10^{-4} \dots\dots\dots (25)$$

$$\frac{gT}{U_A} \geq 8,134 \dots\dots\dots (26)$$

$$\frac{gt}{U_A} \geq 7,15.10^4 \dots\dots\dots (27)$$

4). Apabila kondisi *fully developed*

Open water

$$H_{fd} = 0.2433 \left(\frac{U_{(10)}^2}{g} \right) \dots\dots\dots (28)$$

$$T_{fd} = 8.134 \left(\frac{U_{(10)}}{g} \right) \dots\dots\dots (29)$$

Rectricted fetch

$$H_{fd} = 0.2433 \left(\frac{\hat{U}_{(10)}^2}{g} \right) \dots\dots\dots (30)$$

$$T_{fd} = 8.134 \left(\frac{\hat{U}_{(10)}}{g} \right) \dots\dots\dots (31)$$

Sehingga:

$$H_o = H_{fd} \dots\dots\dots (32)$$

$$T_o = T_{fd} \dots\dots\dots (33)$$

5). Apabila kondisi gelombang *non fully developed* maka:

$$H_o = H \dots\dots\dots (34)$$

$$T_o = T \dots\dots\dots (35)$$

Dimana:

U_A = Faktor tegangan angin (m/det);

$\hat{U}_A$ = Faktor tegangan angin untuk restricted fetch ($=U_A \cdot \cos\theta$);

Θ = Sudut antara arah angin dan arah datang gelombang ;

t_i = Durasi angin berhembus (detik);

F = Panjang fetch (m);

g = Percepatan gravitasi ($= 9,81 \text{ m/det}^2$);

t_{fetch} = Besarnya durasi angin yang menentukan apakah gelombang yang terjadi termasuk di dalam kategori *fetch limited* atau *duration (time) limited*.

Bila $t_i > t_{\text{fetch}}$ termasuk di dalam kategori *fetch limited*.

Bila $t_i < t_{\text{fetch}}$ termasuk di dalam kategori *duration limited*.

- H = Tinggi gelombang dari metode *fetch limited / duration limited*
 T = Periode gelombang dari metode *fetch limited / duration limited*
 H_{fd} = Tinggi gelombang *fully developed*
 T_{fd} = Periode gelombang *fully developed*
 H_o = Tinggi gelombang laut dalam
 T_o = Periode gelombang laut dalam .

g. Peramalan Gelombang Dengan Periode Ulang

Dalam perencanaan bangunan pengaman pantai sangat perlu diketahui frekuensi gelombang-gelombang besar. Untuk menetapkan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dengan jangka waktu pengukuran yang cukup panjang. Periode ulang adalah suatu interval rata-rata yang dinyatakan dalam satuan tahun antara peristiwa terjadinya gelombang yang besarnya tertentu dengan suatu gelombang yang bernilai sama atau melampauinya. Berdasarkan data representatif untuk beberapa tahun pengamatan, dapat diperkirakan gelombang yang akan disamai atau dilampaui satu kali dalam kurun waktu (T) tahun. Gelombang tersebut dikenal sebagai gelombang dengan periode ulang (T) tahun atau gelombang (T) tahunan.

Di dalam studi ini, untuk menetapkan besarnya gelombang dengan periode ulang tertentu akan digunakan distribusi nilai ekstrem menurut beberapa tipe distribusi. Data yang akan digunakan adalah data tinggi gelombang maksimum setiap tahun selama 10 tahun.

Tipe-tipe distribusi yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. Tipe Distribusi Log Normal

$$\text{Log } H_{TR} = \log \hat{H} + S_{\log} \cdot K \quad \dots\dots\dots (36)$$

2. Tipe Distribusi Gumbel

$$H_{TR} = \hat{H} + S \cdot K_{TR} \quad \dots\dots\dots (37)$$

3. Tipe Distribusi Pearson III

$$H_{TR} = \hat{H} + S \cdot K_{TRCs} \quad \dots\dots\dots (38)$$

4. Tipe Distribusi log Pearson III

$$\text{Log } H_{TR} = \log \hat{H} + S_{\log} \cdot K_{TRCs} \quad \dots\dots\dots (39)$$

dengan :

$\hat{H}$ = Tinggi gelombang rata-rata

H_{TR} = Tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu

$\text{Log } H_{TR}$ = Tinggi gelombang dengan periode ulang dalam log

S = Standart deviasi

$S_{\log}$ = Standart deviasi dalam log

K = Faktor frekuensi untuk distribusi normal

K_{TR} = Faktor frekuensi Gumbel

K_{TRCs} = Faktor frekuensi Pearson

Uji ke cocokannya S mirnov Kolmogorov dilakukan dengan cara menggambarkan distribusi empiris maupun distribusi teoritis di kurvas probabilitas yang sesuai dengan distribusi probabilitas teoritisnya. Kemudian dicari deviasi maksimum antara distribusi empiris dan

teoritisnya. Yang akan digunakan dalam perencanaan adalah hasil dari tipe distribusi yang mempunyai deviasi paling kecil.

h. Deformasi Gelombang

Dalam perambatan gelombang dari perairan dalam ke perairan dangkal, gelombang akan mengalami suatu perubahan tinggi, arah, kecepatan dan panjang gelombang yang disebabkan oleh proses pendangkalan dan refraksi gelombang. Mengingat pendalaman dasar perairan dengan garis pantai akan menurunkan/menghilangkan efek peredaman gelombang, energi gelombang yang menggempur pantai menjadi semakin besar. Selain menurunkan efek peredaman pendalaman dasar perairan di sekitar pantai juga menimbulkan perubahan pola arah gelombang yang lebih dikenal sebagai refraksi.

i. Refraksi Gelombang

Pengaruh perubahan kedalaman dasar laut akan mengakibatkan terjadinya proses refraksi gelombang. Di laut dalam, daerah di mana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan laut dangkal, gelombang menjalar dengan dipengaruhi oleh dasar laut. 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 dari pada bagian di air yang lebih dalam. Hal ini disebabkan karena kecepatan rambat gelombang

tergantung pada kedalaman air dimana gelombang menjalar. Akibatnya, garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut. Garis ortogonal gelombang, yaitu garis yang tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah penjarangan gelombang, juga akan membelok dan berusaha untuk tegak lurus dengan kontur dasar laut.

Refraksi mempunyai pengaruh besar terhadap tinggi dan arah datang gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai. Perubahan arah gelombang akibat refraksi akan menghasilkan konvergensi (konsentrasi) dan divergensi (penyebaran) energi gelombang. Refraksi erat kaitannya dengan pendangkalan gelombang, dapat dilihat refraksi terjadi karena adanya perubahan kedalaman. Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang.

Anggapan-anggapan yang digunakan dalam studi refraksi adalah sebagai berikut:

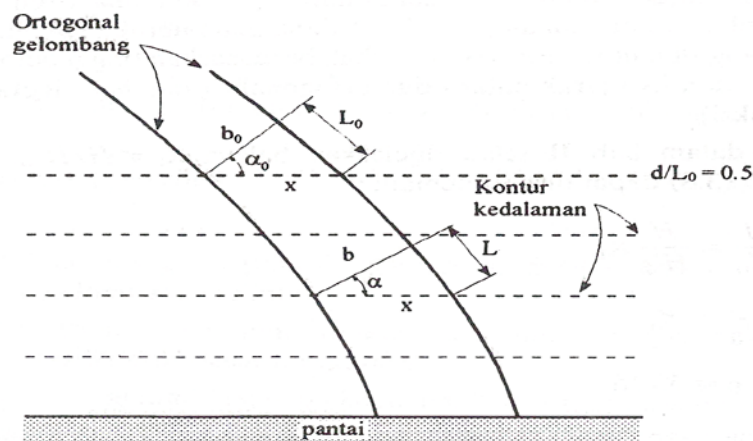
- i. Energi gelombang antara dua orthogonal adalah konstan.
- ii. Arah penjarangan gelombang tegak lurus pada puncak gelombang, yaitu dalam arah orthogonal gelombang.
- iii. Cepat rambat gelombang mempunyai periode tertentu di suatu tempat hanya tergantung pada kedalaman di tempat tersebut.
- iv. Perubahan topografi dasar adalah berangsur-angsur.

- v. Gelombang mempunyai puncak yang panjang, periodenya konstan, amplitudanya kecil dan monokromatik.
- vi. Pengaruh arus, angin, dan refleksi dari pantai dan perubahan topografi dasar laut diabaikan.

Dipandang dua garis ortogonal yang melintas dari laut dalam menuju pantai dan dianggap tidak ada energi gelombang yang keluar dari lintasan tersebut. Apabila jarak antara garis ortogonal adalah b , maka tenaga gelombang di laut dalam dan disuatu titik di laut yang lebih dangkal adalah:

$$P_0 = \frac{n_0 E_0 b_0}{T_0} \dots\dots\dots (40)$$

$$P = \frac{n.E.b}{T} \dots\dots\dots (41)$$



Gambar 6 Refraksi Gelombang Pada Kontur Lurus dan Sejajar
Sumber: Triatmodjo "Teknik Pantai"(1999)

Tenaga gelombang yang tersimpan di antara dua garis ortogonal gelombang sepanjang lintasannya adalah konstan, sehingga:

$$\frac{n_0 E_0 b_0}{T_0} = \frac{n E b}{T} = \text{konstan},$$

Dimana:

$$E = \frac{\rho g H^2 L}{8} \dots\dots\dots (42)$$

Sehingga:

$$\frac{H^2}{H_0^2} = \frac{b_0 n_0 L_0}{b n L} \dots\dots\dots (43)$$

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} \sqrt{\frac{b_0}{b}} \dots\dots\dots (44)$$

Persamaan per ubahan t inggi g elombang di r umuskan se bagai berikut:

$$H = K_s \cdot K_r \cdot H_0 \dots\dots\dots (45)$$

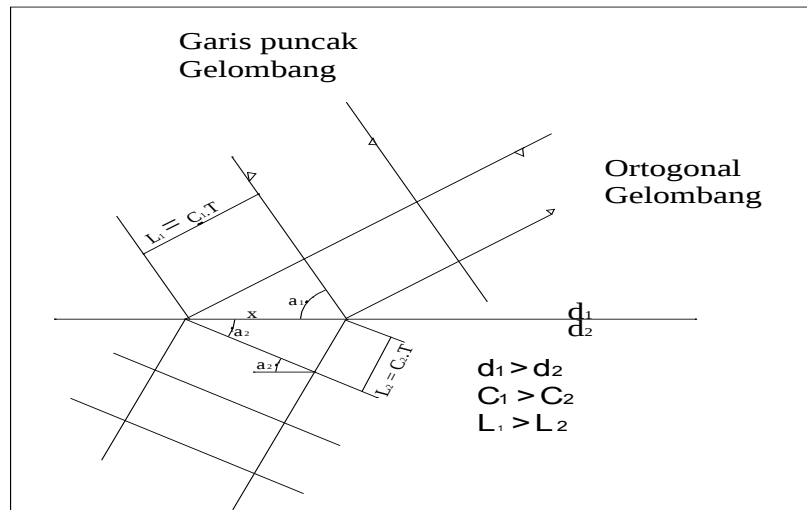
Dimana :

H = Tinggi gelombang pada kedalaman tertentu

$$K_s = \text{Koefisien pendangkalan} \left(\sqrt{\frac{n_0 L_0}{n L}} \right)$$

H_0 = Tinggi gelombang dilaut dalam tampa memperhitungkan r efraksi g elombang bi la ar ah gelombang tegak lurus kountur kedalaman.

$$K_r = \text{Koefisien refraksi} \left(\frac{\sqrt{b_0}}{b} \right)$$



Gambar 7 Hukum Snell Untuk Refraksi Gelombang

Bila gelombang datang dari medium 1 ke medium 2 membentuk sudut dengan garis kontur ke dalam medium 2 maka perubahan kecepatan rambat gelombang akan menyebabkan pembelokan arah gelombang menyesuaikan dengan kedalaman yang disebut refraksi dimana berlaku rumus *SNELLIUS* yaitu:

$$\frac{C_1}{\sin \alpha_1} = \frac{C_2}{\sin \alpha_2} = \frac{C_n}{\sin \alpha_n} \dots\dots\dots (46)$$

Sehingga berlaku pula:

$$\frac{C_0}{\sin \alpha_0} = \frac{C_1}{\sin \alpha_1} \dots\dots\dots (47)$$

Dimana:

C_0 = Kecepatan rambat gelombang perairan dalam.

α = Besarnya sudut antara datang gelombang dan normal kontur.

α_0 = Besarnya sudut datang gelombang di perairan dalam.

Apabila kontur dasar laut adalah lurus dan sejajar maka jarak x di titik 0 dan di titik berikutnya adalah sama sehingga:

$$x = \frac{b_0}{\cos \alpha_0} = \frac{b}{\cos \alpha} \dots\dots\dots (48)$$

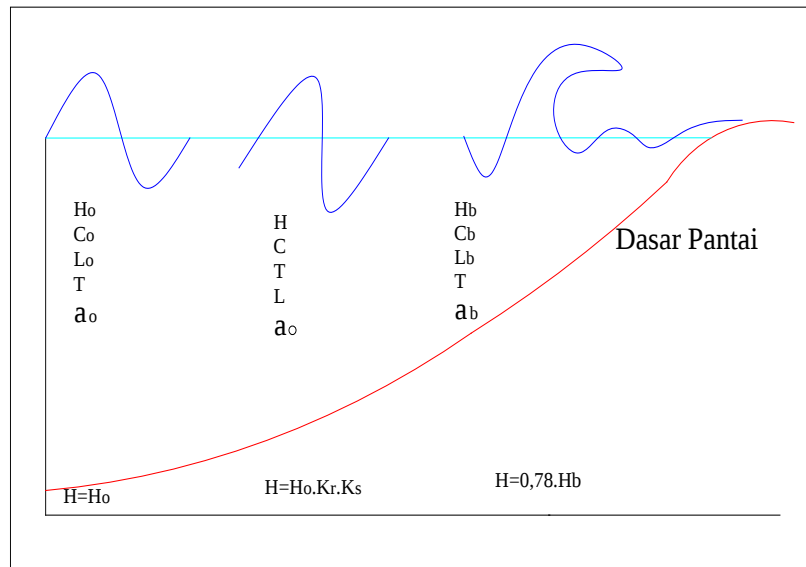
Sehingga koefisien refraksi adalah:

$$K_r = \sqrt{\frac{b_0}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}} \dots\dots\dots (49)$$

Koefisien refraksi dapat ditentukan dengan membuat diagram refraksi, yaitu dengan menggunakan template refraksi.

j. Gelombang Pecah

Gelombang pecah biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati pantai, dimana kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang bertambah. Saat puncak gelombang menjadi tajam dan kedalamannya mencapai seperempat dari tinggi gelombang, akhirnya terjadi gelombang pecah. Pecahnya gelombang sangat dipengaruhi oleh kedalaman air, periode gelombang, dan kemiringan dasar pantai. Sebagai pengecualian, gelombang pecah dapat terjadi pula pada perairan dalam, dimana tinggi gelombang (H) melebihi sepertujuh dari panjang gelombang, yaitu bergantung dari kecepatan angin dan keadaan dasar lautan.



Gambar 8. Sketsa Perambatan Gelombang

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga tipe berikut:

1. Spilling

Spilling biasanya terjadi apabila la gelombang dengan kemiringan kecil menuju ke pantai yang datar. Gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya menjadi berangsur-angsur.

2. Plunging

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

3. Surging

Terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar. Daerah gelombang pecah sangat sempit, dan sebagian besar energi dipantulkan ke laut dalam. Gelombang pecah tipe ini mirip dengan plunging, tetapi sebelum puncaknya terjun, dasar gelombang sudah pecah.

Munk 1949 memperoleh beberapa hubungan dari sebuah modifikasi tinggi gelombang pecah H_b , ke dalaman gelombang pecah d_b , tinggi gelombang yang tidak terdifraksi H'_o , dan panjang gelombang di laut dalam, yang diberikan sebagai berikut:

$$\frac{H_b}{H_o} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H'_o}{L_o} \right)^{1/3}} \dots\dots\dots (50)$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,28 \dots\dots\dots (51)$$

Kondisi gelombang pecah sangat bergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Rasio H_b/H'_o adalah sering disyaratkan sebagai indeks tinggi gelombang pecah. Akibat observasi dan investigasi oleh Iversen 1952 –1953, Galvin 1969 dan Goda 1970 bersama lainnya dikembangkan H_b/H'_o dan d_b/H_b yang bergantung pada kemiringan pantai dan kecuraman gelombang insiden. Pada *figure 2-73* SPM Vol. I menunjukkan empiris Goda yang memperoleh hubungan antara H_b/H'_o dan H_o/L_o untuk beberapa kemiringan pantai. Kurva yang ditunjukkan pada gambar cocok sampai data yang tersebar biarpun bergantung pada H_b/H'_o pada kemiringan pantai. Hubungan

empiris d_b/H_b dan H_b/gT^2 diperoleh oleh Wigel untuk variasi kemiringan pantai yang dipersentasikan pada *figure 2-73 SPM Vol. I.* diberikan oleh:

$$\frac{db}{Hb} = \frac{1}{b - (aH_b / gT^2)} \dots\dots\dots (52)$$

dengan;

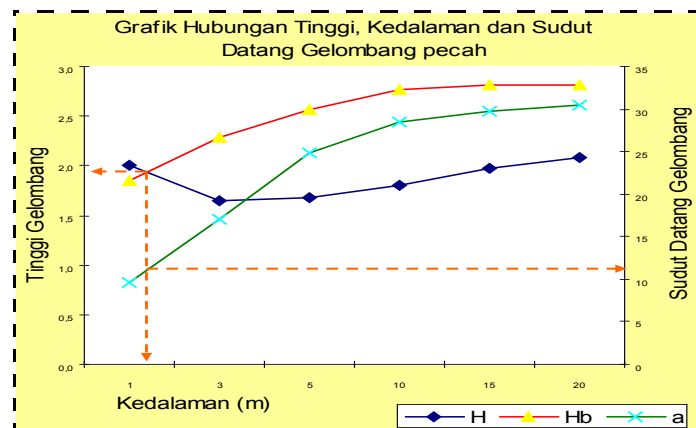
H_b = Tinggi gelombang pecah (m)

H_o' = Tinggi gelombang laut dalam yang tidak mengalami refraksi (m)

L_o = panjang gelombang di laut dalam (m)

d_b = kedalaman gelombang pecah (m)

Ada beberapa cara yang digunakan untuk menentukan lokasi gelombang pecah dan juga karakteristik gelombang itu. Salah satu cara tersebut adalah dengan membuat grafik hubungan antara H , H_b , d dan α

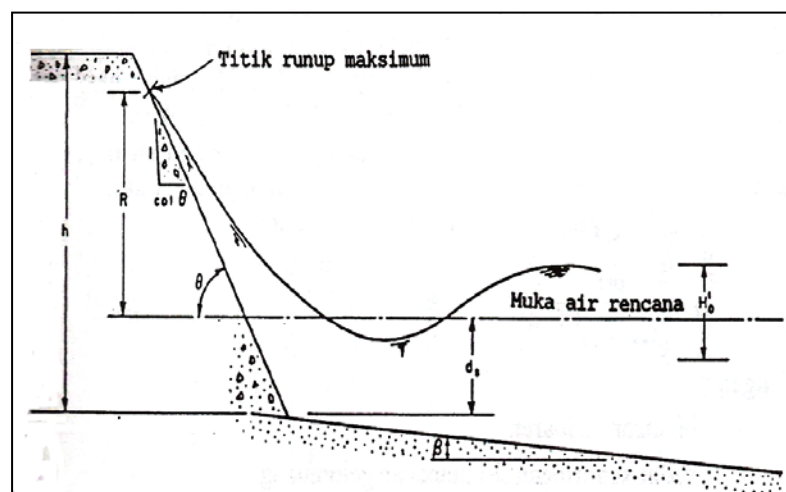


Gambar 9. Grafik Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah

Perpotongan antara grafik H_b dan H akan memberikan lokasi gelombang pecah pertama kali dan bila titik perpotongan ini diteruskan ke grafik α , akan diperoleh α_b . Jadi, dari grafik tersebut akan didapatkan kedalaman gelombang pecah, tinggi gelombang pecah dan sudut datang gelombang pecah.

k. Rayapan Gelombang (*Run-Up*)

Apabila gelombang bergerak menuju bangunan yang miring (dinding tembok laut atau pemecah gelombang), sebagian dari momentum gelombang tersebut akan diubah menjadi gerakan air yang meluncur ke atas lereng, yang disebut dengan rayapan gelombang (*wave run up*). Elevasi (tinggi) bangunan yang direncanakan tergantung pada run up dan limpasan yang diijinkan. Tinggi rayapan dapat didefinisikan sebagai elevasi vertikal maksimum yang dapat dicapai oleh gerakan air yang meluncur ke atas lereng bangunan, diukur dari muka air rata-rata. Besarnya rayapan gelombang tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, dan karakteristik gelombang.



Gambar 10. Run Up Gelombang
Sumber : Triatmodjo. Perencanaan Pelabuhan

Penentuan rayapan gelombang dapat dilakukan dengan bantuan grafik run up gelombang untuk berbagai jenis material (Triatmodjo 'Pelabuhan' 2009 ; 176). Grafik tersebut merupakan fungsi dari bilangan

Irribaren untuk berbagai jenis batuan yang mempunyai bentuk sebagai berikut :

$$I_r = \frac{tg \theta}{(H/L_o)^{0,5}} \dots\dots\dots (53)$$

dimana;

I_r = Bilangan *Irribaren*

θ = Sudut kemiringan sisi bangunan

H = Tinggi gelombang di lokasi bangunan

L_o = Panjang gelombang laut dalam

I. Pasang Surut

Menurut (T riatmodjo; 'Pelabuhan' 2009; 69). Adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi mengakibatkan terjadinya fluktuasi muka air laut yang dikenal dengan pasang surut. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar dari pada pengaruh gaya tarik matahari.

Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar dari pada gaya tarik matahari. Jadi definisi dari pasang surut adalah naik turunnya muka air secara periodik yang disebabkan oleh gaya tarik gravitasi bulan, matahari dan benda-benda angkasa lain terhadap rotasi bumi.

Pengetahuan tentang pasang surut sangat diperlukan dalam transportasi laut, kegiatan di pelabuhan, pembangunan di daerah pesisir pantai, dan lain-lain. Karena sifat pasang surut yang periodik, maka ia dapat diramalkan. Untuk dapat meramalkan pasang surut, diperlukan data amplitudo dan beda fasa dari masing-masing komponen pembangkit pasang surut. Seperti telah disebutkan di atas, komponen-komponen utama pasang surut terdiri dari komponen tengah harian dan harian. Namun demikian, karena interaksinya dengan bentuk (morfologi) pantai, superposisi antar komponen pasang surut utama, dan faktor-faktor lainnya akan mengakibatkan terbentuknya komponen-komponen pasang surut yang baru.

Beberapa Tipe Pasang Surut:

1. Pasang surut harian ganda (*Semi Diurnal Tide*)

Pasang surut yang mempunyai perioda $\pm 12,4$ jam. Dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, terjadi apabila poros perputaran bumi tegak lurus pada garis yang menghubungkan pusat bumi dan bulan.

2. Pasang surut harian tunggal (*Diurnal Tide*)

Pasang surut yang mempunyai periode ± 24 jam. Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, terjadi apabila poros perputaran bumi tidak tegak lurus pada garis yang menghubungkan pusat bumi dan bulan.

3. Pasang surut campuran condong gan da (*mixed tides prevailing semidiurnal*). Dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

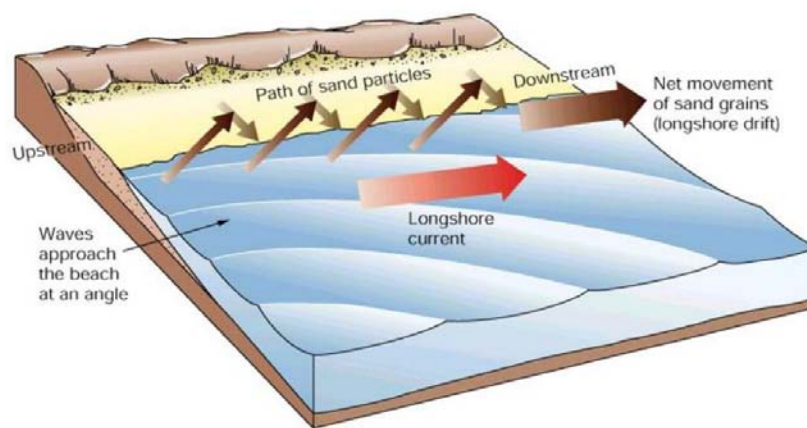
4. Pasang surut campuran condong tunggal (*mixed tides prevailing diurnal*). Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi kadang-kadang sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

Pasang surut: Menurut Nontji (2002) pasang surut adalah gerakan naik turunnya muka laut secara berirama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari. Arus pasang surut ini berperan terhadap proses-proses di pantai seperti penyebaran sedimen dan abrasi pantai. Pasang naik akan menyebarkan sedimen ke dekat pantai, sedangkan bila surut akan menyebabkan majunya sedimen ke arah laut lepas. Arus pasang surut umumnya tidak terlalu kuat sehingga tidak dapat mengangkut sedimen yang berukuran besar.

m. Arus

Hutabarat dan Evans (1985) menyatakan, arus merupakan salah satu faktor yang berperan dalam pengangkutan sedimen di daerah pantai. Arus berfungsi sebagai media transport sedimen dan sebagai agen pengerosi yaitu arus yang dipengaruhi oleh hempasan gelombang. Gelombang yang datang menuju pantai dapat menimbulkan arus pantai (*nearshore current*) yang berpengaruh terhadap proses sedimentasi/abrasi di pantai. Arus pantai ini ditentukan terutama oleh besarnya sudut

yang dibentuk antara gelombang yang datang dengan garis pantai. Jika gelombang datang membentuk sudut, maka akan terbentuk arus susur pantai (*longshore current*) yaitu arus yang bergerak sejajar dengan garis pantai akibat perbedaan tekanan hidrostatik (Pethick, 1997).



Gambar 11. *Longshore current* faktor penyebab abrasi dan akresi pantai.

n. Definisi Elevasi Muka Air

Mengingat elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut, adalah sebagai berikut:

Highest High water Level (HHWL) = Elevasi muka air pasang surut yang tertinggi.

Mean High Water Spring (MHWS) = Rata-rata dari elevasi muka air tertinggi saat purnama.

Mean High Water Level (MHWL) = Rata-rata dari semua elevasi muka air tinggi.

<i>Mean Sea Level (MSL)</i>	= Rata-rata dari semua elevasi muka air (baik tinggi maupun rendah).
<i>Mean Low Water Level (MLWL)</i>	= Rata-rata dari semua elevasi muka air rendah.
<i>Mean Low Water Spring (MLWS)</i>	= Rata-rata dari elevasi muka air terendah saat purnama
<i>Lowest Low Water Level (LLWL)</i>	= Elevasi muka air pasang surut yang terendah.

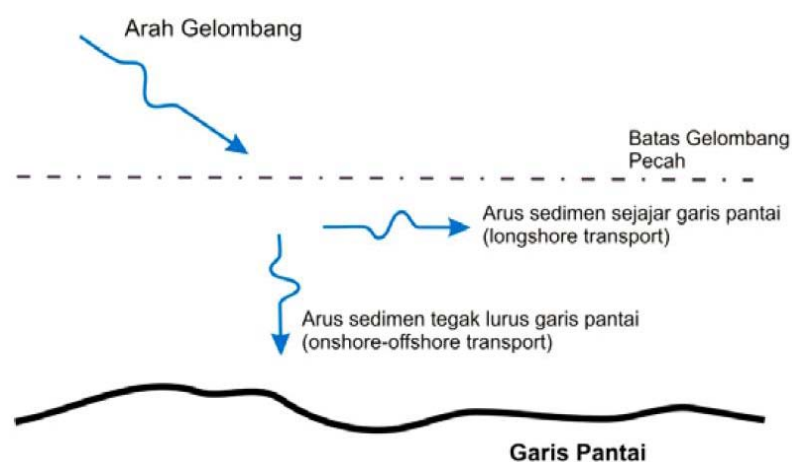
2. Faktor Antropogenik

Proses antropogenik adalah proses geomorfologi yang diakibatkan oleh aktivitas manusia. Aktivitas manusia di pantai dapat mengganggu kestabilan lingkungan pantai. Gangguan terhadap lingkungan pantai dapat dibedakan menjadi gangguan yang disengaja dan gangguan yang tidak disengaja. Gangguan yang disengaja ber sifat protektif terhadap garis pantai dan lingkungan pantai, misalnya dengan membangun jetti, groin, pemecah gelombang atau reklamasi pantai. Aktivitas manusia yang tidak disengaja menimbulkan gangguan negatif terhadap garis pantai dan lingkungan pantai. misalnya pemabatan hutan bakau untuk dikonversi sebagai tambak, pemukiman dan lain sebagainya (Sutikno, 1993).

3. Proses Litoral, Abrasi, dan Sedimentasi

Sorensen (1978) dalam Supriatno (2003) menjelaskan bahwa proses litoral merupakan proses yang terjadi di daerah pantai akibat interaksi dari angin, gelombang, arus, pasang-surut, sedimen, dan lain-lain seperti aktivitas manusia. Dinamika litoral yang berdampak pada morfologi daerah *nearshore* utamanya disebabkan oleh *litoral transport*. *Litoral transport* merupakan gerakan sedimen di daerah *nearshore* yang disebabkan oleh gelombang dan arus. Material atau sedimen yang dimaksud disebut dengan *litoral drift* (Triatmodjo, 1999). Sorensen (1978) mengklasifikasikan *litoral transport* menjadi dua jenis, yaitu:

- Onshore-Offshore transport*: adalah perpindahan sedimen pantai yang menuju dan meninggalkan pantai atau arah perpindahan sedimennya tegak lurus pantai.
- Longshore transport*: adalah perpindahan sedimen yang mempunyai arah rata-rata sejajar garis pantai. Arah perpindahan bergantung dari arah arus sejajar pantai



Gambar 12. Proses littoral transport di area nearshore.

D. Erosi dan Abrasi

Erosi dan abrasi di suatu pantai dan pesisir, dapat terjadi secara alami, dapat pula akibat aktivitas manusia, ataupun kombinasi dari keduanya. Erosi dan abrasi akibat aktivitas manusia antara lain adalah erosi dan abrasi yang dikarenakan oleh penambangan pasir dan pembukaan hutan mangrove untuk dijadikan pemukiman pinggiran pantai. Erosi pantai karena proses alami, terjadi pada pantai yang berhadapan dengan rezim energi (gelombang) yang besar.

Setiyono, (1996) dalam Yuwono (2005) membedakan antara erosi pantai dengan abrasi pantai. Erosi pantai diartikannya sebagai proses mundurnya garis pantai dari kedudukan semula yang disebabkan oleh tidak adanya keseimbangan antara pasokan dan kapasitas angkutan sedimen. Sedangkan abrasi pantai didefinisikan dengan proses terkikisnya batuan atau material keras seperti dinding atau tebing batu yang biasanya diikuti oleh longsor dan runtuhnya material.

Akresi atau sedimentasi adalah pendangkalan atau penambahan daratan pantai akibat adanya pengendapan sedimen yang dibawa oleh air laut. Akresi juga dapat merugikan masyarakat pesisir, karena selain mempengaruhi kestabilan garis pantai, akresi juga dapat menyebabkan pendangkalan muara sungai tempat lalu lintas perahu-perahu nelayan yang hendak melaut.

Di daerah subtropis atau *temperate zone* sebagaimana terjadi pada pantai Amerika dan Eropa, abrasi (*beach erosion*) dibedakan dari

erosi garis pantai (*shoreline erosion*). *Beach erosion* terjadi selama musim dingin di mana energi gelombang besar terjadi akibat topan (*storm*), selanjutnya gelombang energi yang relatif lemah di kala musim panas mengembalikan sedimen pada posisi semula (Pethick, 1984 dalam Muntazar, 2006;6). Sedangkan erosi garis pantai terjadi apabila gelombang sudah mencapai daerah yang ditumbuhi tanaman (*vegetation line*) dan terjadilah erosi pantai yang kita kenal.

E. Bangunan-Bangunan Pantai

Untuk menanggulangi abrasi dan erosi pantai, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mencari penyebab terjadinya abrasi dan erosi. Dengan mengetahui penyebabnya, selanjutnya dapat ditentukan cara penanggulangannya, yang biasanya adalah dengan membuat bangunan pelindung atau menambah suplai sedimen.

Bangunan pantai digunakan untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai yaitu:

1. Memperkuat/melindungi pantai agar mampu menahan serangan gelombang
2. Mengubah laju transport sedimen sepanjang pantai
3. Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai

4. Reklamasi dengan menambah suplai sedimen ke pantai atau dengan cara lain

Sesuai fungsinya seperti tersebut di atas, bangunan pantai dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok yaitu:

1. Konstruksi yang dibangun di pantai dan sejajar dengan garis pantai
2. Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan sambung ke pantai
3. Konstruksi yang dibangun di lepas pantai dan kira-kira sejajar dengan garis pantai.

Bangunan yang termasuk kelompok pertama adalah dinding pantai (*seawall* atau *revetment*) yang dibangun pada garis pantai atau di daratan yang digunakan untuk melindungi pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat dibelakang bangunan. Permukaan bangunan yang menghadap arah datangnya gelombang dapat berupa sisi vertikal atau miring. Bangunan ini biasa terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa (buis) beton, turap kayu atau tumpukan batu.

Kelompok kedua meliputi *groin* dan *jetty*. *Groin* adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai dan berfungsi untuk menahan transport sedimen sepanjang pantai. Bangunan ini juga bisa digunakan untuk menahan masuknya transport sedimen

sepanjang pantai ke pelabuhan atau ke muara sungai. Groin yang ditempatkan di pantai akan menahan, sehingga sedimen mengendap di sebelah hulu (terhadap arah transport sedimen sepanjang pantai gerak sedimen menahan transport sedimen sepanjang pantai). Di sebelah hilir groin angkutan sedimen tetap terjadi, sementara suplai dari sebelah hulu terhalang bangunan. Akhirnya daerah hilir groin akan mengalami defisit sedimen sehingga mengalami erosi. Kondisi tersebut menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai yang akan berlangsung sampai dicapai suatu keseimbangan baru.. *Jetty* adalah bangunan tidak lurus garis pantai yang ditempatkan di kedua sisi muara sungai. Bangunan ini digunakan untuk menahan sedimen yang bergerak sepanjang pantai masuk dan mengendap di muara sungai.

Kelompok ketiga adalah pemecah gelombang (*breakwater*), yang dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai. Bangunan tipe pertama banyak digunakan sebagai pelindung pantai terhadap erosi dengan menghancurkan energi gelombang sebelum mencapai pantai. Perairan dibelakang bangunan menjadi tenang sehingga terjadi endapan di daerah tersebut. Bangunan ini dapat dibuat dalam satu rangkaian pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah dengan panjang tertentu. Bangunan tipe kedua biasanya digunakan untuk melindungi daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang, sehingga kapal-kapal dapat

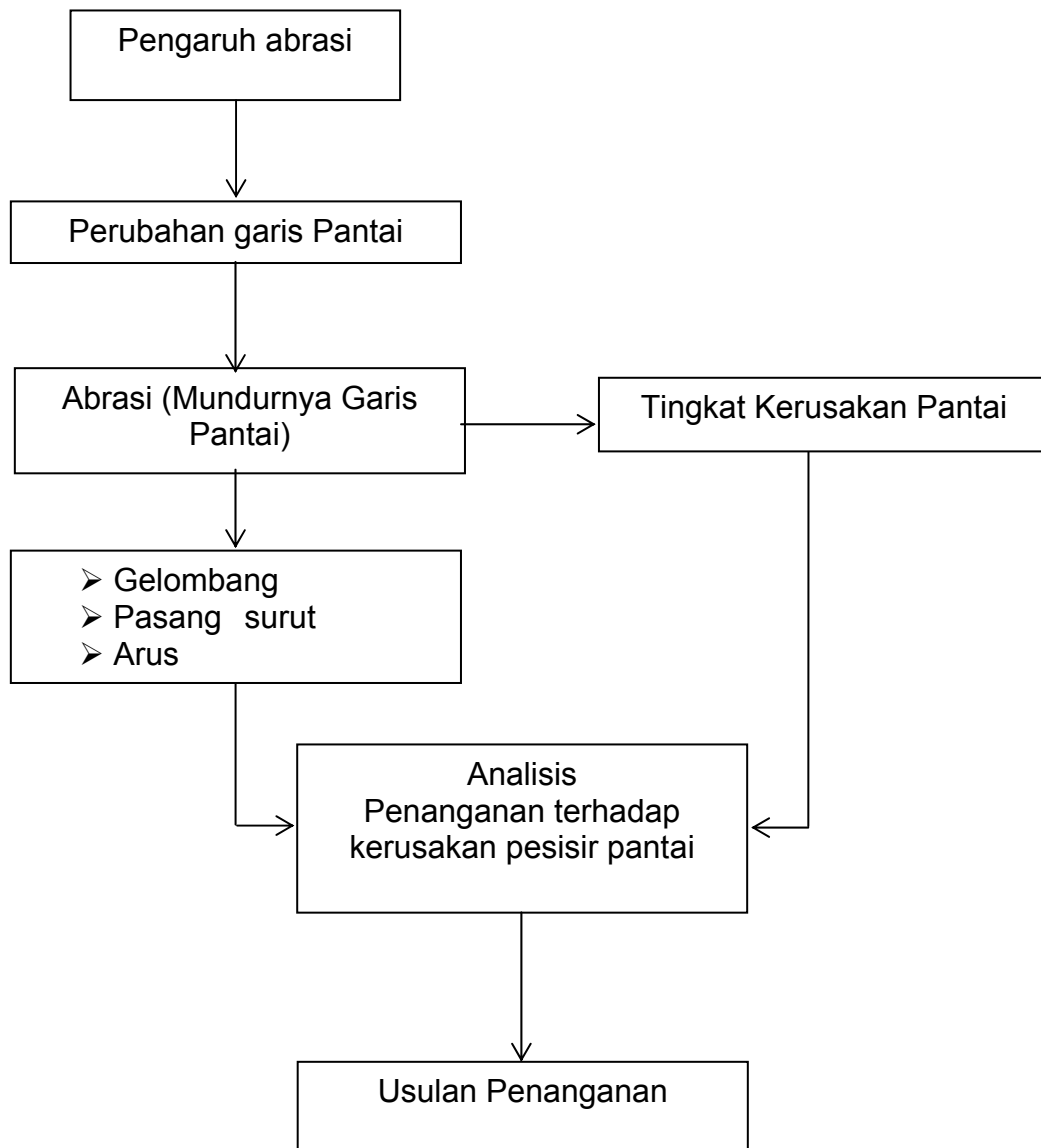
merapat ke dermaga untuk melakukan bongkar-muat barang dan menaikkan/turunkan penumpang.

H. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang terkait dengan penelitian pangeranan abrasi pantai sebelumnya dilakukan oleh Degen Erasmus Kalay pada tahun 2008 dengan judul penelitian Perubahan Garis Pantai Disepanjang Pantai Indramayu. Persamaan antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah sama-sama meninjau kerusakan pantai oleh abrasi. Namun perbedaan kedua penelitian ini terletak pada tujuan penelitian. Tujuan dari penelitian sebelumnya hanya untuk mengetahui besarnya pergeseran pantai akibat abrasi di sepanjang pantai Indramayu, sedangkan tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji atau mengidentifikasi besaran pergeseran tepi pantai dan sistem penanganan abrasi pantai yang paling efektif untuk melindungi dan mengendalikan erosi pantai dipesisir pantai ruas Luwuk – Bubung

Variabel penyebab abrasi yang ditinjaupun berbeda. Pada penelitian sebelumnya variabel yang digunakan adalah angin, gelombang, sedimentasi. Sedangkan pada penelitian ini indikator abrasi yang digunakan adalah gelombang, arus, pasang surut, angin. Metode analisis yang digunakan pada penelitian sebelumnya menggunakan metode kualitatif sedangkan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode deskriptif kuantitatif, dan kajian pustakapun berbeda.

I. KERANGKA PIKIR



Gambar 13. Kerangka pikir