

**EVALUASI PERHITUNGAN TANGGUL  
DI CUNDA–MEURAXA LHOKSEUMAWE (ACEH)**

**SKRIPSI**

**Disusun Oleh  
ARIF FATULLAH  
168110073**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2019**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

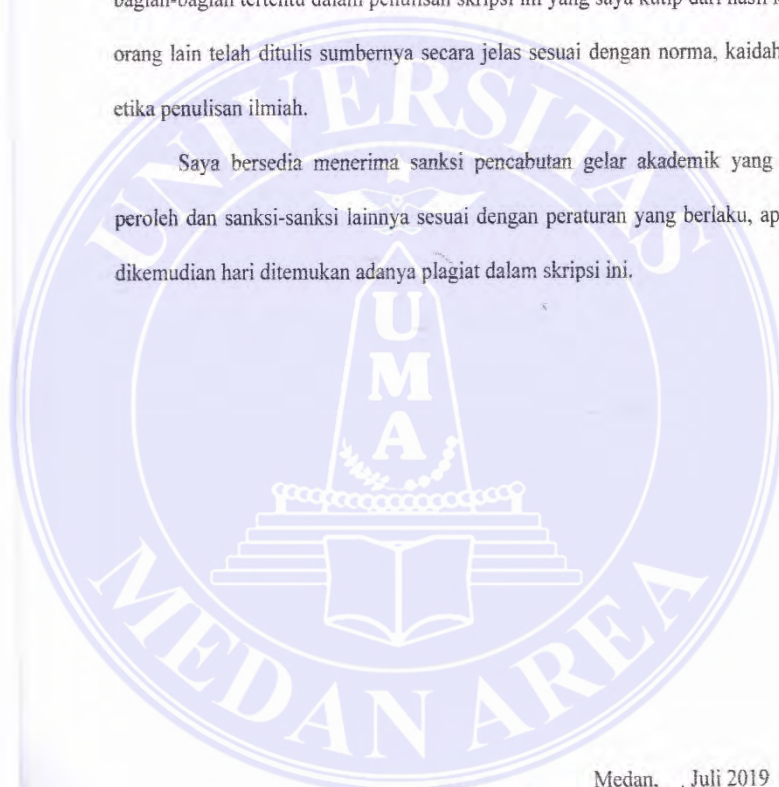
Document Accepted 11/26/19

Access From (repository.uma.ac.id)

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah ditulis sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.



Medan, Juli 2019

METERAI  
TEMPEL  
7BF88AHF014425809  
6000  
ENAM RIBURUPIAH  
  
**ARIF FATULLAH**  
16.811.0073

5.2 Format Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah Mahasiswa

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ARIF FATULLAH  
NPM : 168110073  
Program Studi : TEKNIK SIPIL  
Fakultas : TEKNIK  
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Evaluasi Perhitungan Tanggul Di Canda Meuraxa

Lhokseumawe Aceh

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi/tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 17-10-2019

Yang menyatakan,



( ARIF FATULLAH )

**EVALUASI PERHITUNGAN TANGGUL  
DI CUNDA-MEURAXA LHOKSEUMAWE (ACEH)**

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil  
Universitas Medan Area

Disusun oleh :

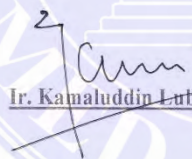
**ARIF FATULLAH**

168110073

Disetujui:

Pembimbing I

Pembimbing II

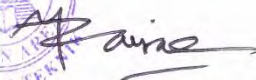
  
Ir. Kamaluddin Lubis, MT

  
Ir. Amsuardiman, MT

Mengetahui :



Dekan Fakultas Teknik

  
Dr. Faisal Amri Tanjung, S.ST, MT

Ketua Program Studi Teknik Sipil



  
Ir. Kamaluddin Lubis, MT



## **ABSTRACT**

*The problem that occurs on the coast of Cunda-Meuraksa is the abrasion of seawater due to inadequate waters. The soil in the coastal area is increasingly eroded while right on the coast there is a community road used by fishermen to go to sea. Therefore it is necessary to build dikes that can protect the coast so that the waters become calmer. The purpose of this study was to determine the structure of the embankment safe against the moment's stability and own weight and to determine the strength of the embankment from the effects of waves caused by wind generated by the sea breeze, tidal waves generated by the attraction of celestial bodies, especially the sun and the moon against the earth and waves generated by a moving ship. The planned breakwater is a sloping embankment of mountain rock material. Calculation of stone weight using Hudson formula method, and calculation of embankment stability using the Van Der Meer formula method. So, based on the results of the study, the biggest value of wind rose is 22.18% in the northeast direction, the height of the embankment is 3 m high, the embankment's peak width is 1 m, the stone weight is 1.4506 Kg, embankment layer thickness is 1 meter, run up is 5.395 m, the dike's own weight is 545,976 t, the moment that occurs on the embankment is 4163,299 tm. With the existence of this embankment, the waves that occur do not affect the shoreline around the sea.*

**Key words:** *Embankment, Stability of embankment, Wind roses.*

## ABSTRAK

Permasalahan yang terjadi di pesisir pantai Cunda-Meuraksa adalah abrasi air laut akibat kondisi perairan kurang tenang. Tanah dipesisir kian hari semakin terkikis sementara tepat di pesisir pantai ada jalan masyarakat yang digunakan nelayan untuk pergi melaut. Oleh sebab itu perlu dibangun tanggul yang dapat melindungi pesisir agar kondisi perairan menjadi lebih tenang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur tanggul aman terhadap stabilitas momen dan berat sendiri dan untuk mengetahui kekuatan tanggul dari pengaruh gelombang yang disebabkan oleh angin yang dibangkitkan tiupan angin dipermukaan laut, gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi dan gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak. Pemecah gelombang yang direncanakan adalah tanggul sisi miring dari material batu gunung. Perhitungan berat batu menggunakan metode rumus Hudson, dan perhitungan stabilitas tanggul menggunakan metode rumus Van Der Meer. Maka, berdasarkan hasil penelitian didapat nilai *wind rose* terbesar yaitu 22,18 % pada arah timur laut, tinggi tanggul setinggi 3 m, lebar puncak tanggul 1 m, berat batu maximum 1.4506 Kg, tebal lapisan tanggul 1 meter, *run up max* 5,395 m, berat sendiri tanggul yaitu 545,976 t, Momen yang terjadi pada tanggul yaitu 4163,299 tm. Dengan adanya tanggul ini, sehingga gelombang yang terjadi tidak mengenai bibir pantai di sekitar laut.

***Kata kunci : Tanggul, Stabilitas tanggul, Mawar angin.***

## KATA PENGANTAR

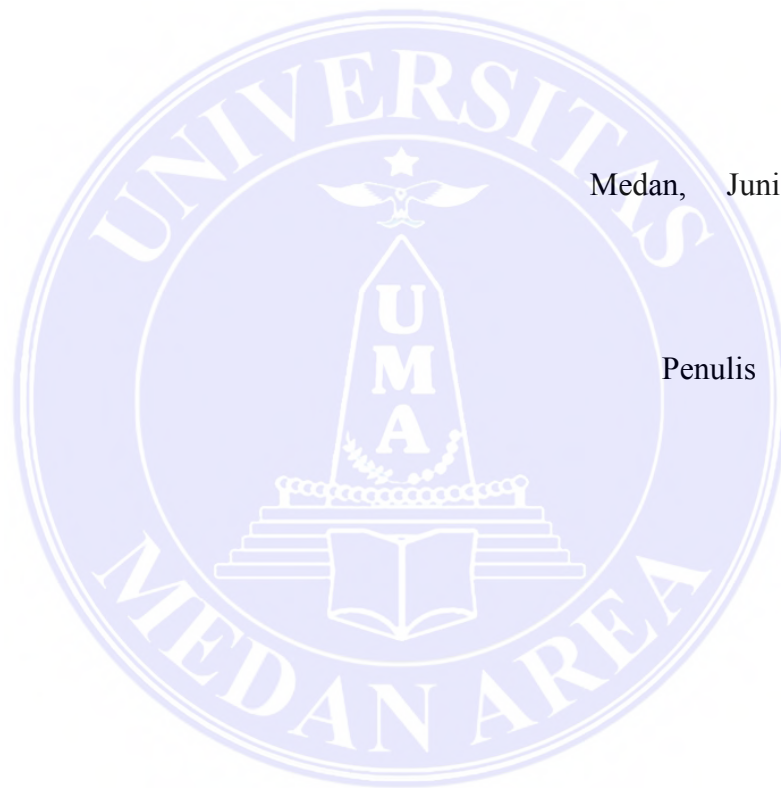
Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan nikmat, karunia serta hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Proposal Skripsi ini. Shalawat beserta salam penulis sanjungkan kepada Nabi Besar Muhammad Rasulullah SAW, yang telah membawa umat manusia dari alam kebodohan ke alam yang penuh ilmu pengetahuan.

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata-1 (S1) Program Studi Teknik Sipil. Pada penulisan skripsi ini penulis membahas tentang *“Evaluasi Perhitungan Tanggul Di Cunda-Meuraxa Lhokseumawe”*.

Di dalam penyelesaian skripsi ini penulis sangat banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak baik dalam bidang moril, materil maupun spiritual. Pada kesempatan ini penulis ingin mempersembahkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc sebagai Rektor Universitas Medan Area
2. Bapak Dr. Faisal Amri Tanjung, SST. MT sebagai Dekan Fakultas Teknik
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT sebagai Ketua Program Studi sekaligus sebagai dosen pembimbing I penulisan skripsi
4. Bapak Ir. Amsuardiman, MT sebagai dosen pembimbing II penulisan skripsi
5. PT. Araz Mulia Mandiri yang telah memberi izin melakukan penelitian skripsi & memberikan data sekunder.

6. Kantor BMKG Bandar udara Sultan Malikussaleh Lhokseumawe dan Pangkalan utama TNI AL Lhokseumawe yang telah memberikan data sekunder
7. PT. Lavita Inti yang telah memberikan data sekunder
8. Ayah serta Ibu tercinta, yang telah memberi doa dan kasih sayangnya serta pengorbanannya yang tidak ternilai baik moril maupun materi sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan;



Medan, Juni 2019

Penulis



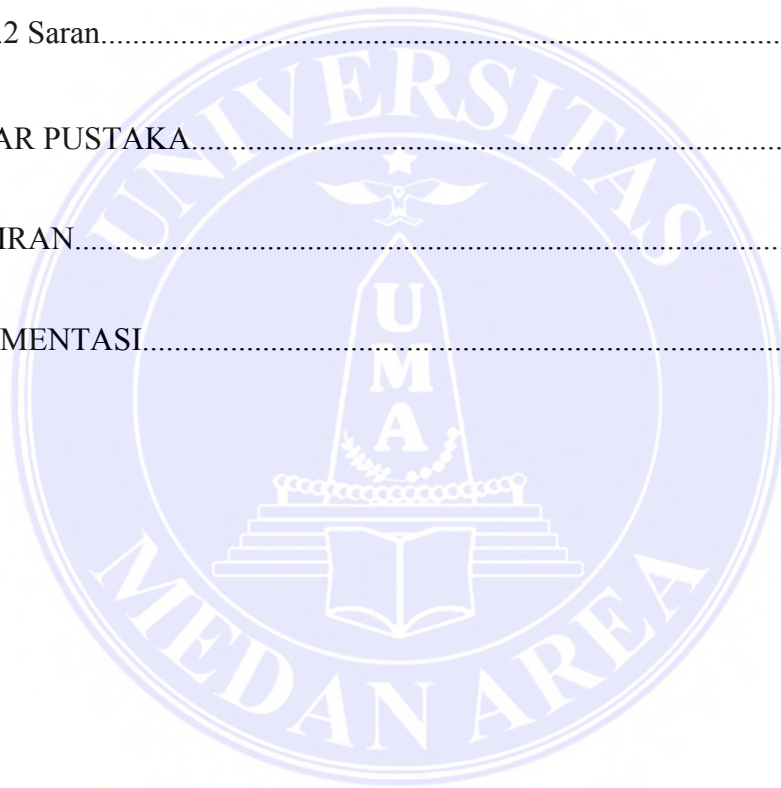
# DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACTK.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR RUMUS.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	2
1.2.1 Maksud .....	2
1.2.2 Tujuan.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Kerangka Berfikir.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Gelombang.....	5
2.3 Deformasi Gelombang .....	6
2.3.1 Refraksi Gelombang .....	6
2.3.2 Difraksi Gelombang .....	7
2.3.3 Refleksi Gelombang.....	8
2.3.4 Gelombang Pecah .....	8
2.3.5 Gelombang Pada Laut Dangkal .....	9
2.4 Tanah Pondasi Tanggul.....	9
2.4.1 Identifikasi Tanah .....	10
2.4.2 Sifat-sifat Teknis Tanah.....	10
2.4.3 Kadar Air, Angka Pori, Porositas, dan Berat Volume Tanah.....	14
2.4.4 Tekanan Tanah.....	17
2.5 Angin.....	26
2.5.1 Mawar angin ( <i>wind rose</i> ).....	28
2.5.2 Pembangkitan Gelombang oleh Angin .....	29
2.5.3 Kecepatan Angin .....	30
2.5.4 Fetch.....	31
2.6 Fluktuasi Muka Air Laut.....	30
2.6.1 Pasang Surut .....	32
2.6.2 Kenaikan Muka Air Karena Gelombang (Wave Set Up) .....	33
2.6.3 Kenaikan Muka Air Karena Angin (Wind Set-Up).....	33

2.7 Pemecah Gelombang.....	34
2.7.1 Tipe Pemecah Gelombang .....	35
2.7.2 Pemecah Gelombang Sisi Miring .....	38
2.7.3 Pemecah Gelombang Sisi Tegak.....	39
2.8 Geotekstil.....	40
2.9 Perencanaan Tanggul (dinding pantai).....	48
2.10 Analisa Gaya dan Stabilitas.....	56
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>57</b>
3.1 Teknik Pengumpulan Data.....	57
3.2 Pengolahan Data .....	57
3.3 Peta Lokasi Penelitian .....	58
<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>61</b>
4.1 Data Angin.....	61
4.2 Data Pasang Surut.....	63
4.3 Data Gelombang.....	64
4.4 Perencanaan Konstruksi.....	64
4.4.1 Perencanaan tanggul.....	64
4.4.2 Tinggi gelombang rencana.....	64
4.4.3 Berat batu tanggul.....	66
4.4.4 Tebal lapisan tanggul.....	66
4.4.5 Gradasi batu tanggul.....	67

4.4.6 Lebar puncak.....	68
4.4.7 Perhitungan <i>run up</i> .....	68
4.4.8 <i>Geotextille</i> .....	69
4.4.9 Berat sendiri tanggul.....	69
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	 72
5.1 Kesimpulan .....	72
5.2 Saran.....	73
 DAFTAR PUSTAKA.....	 74
LAMPIRAN.....	76
DOKUMENTASI.....	100



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Skala Beaufort.....	27
Tabel 2.2 Koefisien Lapis .....	38
Tabel 2.3 Sifat Geotekstil dan Geogrid yang Dibutuhkan untuk Perkuatan Tanah.....	43
Tabel 2.4 Tingkat Kerusakan .....	53
Tabel 4.1 Perhitungan Persentase Arah Angin Rerata yang Terjadi.....	62
Tabel 4.2 Data gelombang .....	64
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Batu W 50 .....	66
Tabel 4.4 Hasil Perhitungan <i>Run Up</i> .....	69
Tabel 4.5 Berat Sendiri Tanggul.....	69



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Diagram Alir.....	3
Gambar 2.1 Diagram untuk menjelaskan deformasi gelombang dari laut dalam yang mengalami refraksi dan shoaling sekaligus.....	7
Gambar 2.2 Proses terjadinya difraksi pada gelombang laut.....	8
Gambar 2.3 Diagram fase tanah.....	14
Gambar 2.4 Tegangan pada kondisi diam ( <i>at rest</i> ).....	17
Gambar 2.5 Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam ( <i>at rest</i> ) pada dinding.....	18
Gambar 2.6 Tekanan tanah lateral dan lingkaran Mohr yang mewakili kedudukan tegangan di dalam tanah.....	19
Gambar 2.7. Diagram tekanan tanah aktif Rankine untuk permukaan tanah urug horisontal.....	23
Gambar 2.8. Diagram tekanan tanah aktif Rankine untuk permukaan tanah urug miring.....	24
Gambar 2.9. Lingkaran Mohr untuk permukaan tanah urug miring.....	25
Gambar 2.10 Keadaan air laut pasang & surut.....	31
Gambar 2.11 Kurva pasang surut .....	33
Gambar 2.12 Beberapa Bentuk Tanggul (dinding Pantai).....	49

Gambar 2.13 Penempatan batuan lapisan bawah menggunakan excavator.....	51
Gambar 2.14 Ilustrasi penempatan batu lapisan pelindung utama menggunakan crane.....	52
Gambar 2.15 Koefisien permeabilitas material tanggul.....	55
Gambar 3.1 Peta provinsi Aceh & Kota Lhokseumawe.....	59
Gambar 3.2 Peta lokasi penelitian Tanggul.....	60
Gambar 4.1 Windrose 1 tahun 2017.....	62
Gambar 4.2 Grafik pasang surut air laut pada bulan januari tahun 2017.....	63
Gambar 4.3 koefisien Permeabilitas.....	66
Gambar 4.4 Gambar potongan tanggul.....	73
Gambar Lampiran.....	76

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pantai Cunda-Meuraxa merupakan pantai di sisi selatan Kota Lhokseumawe yang terkenal dengan hasil kerang (tirom)nya. Warga yang tinggal di daerah sekitar pantai sebagian besar bermata pencaharian sebagai nelayan. Untuk menjual hasil tangkapan nelayan melalui transportasi darat dan dengan bersamaannya akan dibuat jalan penghubung antara Desa Kandang menuju pusat Kota Lhokseumawe, maka pemerintah bertujuan untuk membangun sarana jalan raya yang menghubungkan desa Kandang dengan pusat kota. Rencana pembuatan jalan di Cunda-Meuraxa terkendala akibat area pembangunan jalan tepat dipesisir pantai. Untuk menjaga agar tanah tidak tergerus dan aman terhadap gempuran gelombang, oleh karena itu diperlukan bangunan pengaman pantai sebagai alternatif mempermudah pembangunan sarana transportasi tersebut.

Penulis tertarik untuk mengevaluasi tanggul yang telah dibangun pada pantai laut meuraxa dikarenakan ada beberapa hal harus diperbaiki, dengan melalui tulisan ini penulis berharap mendapatkan hasil yang lebih efektif.

Dari beberapa tipe tanggul, pelaksana memilih tipe tanggul sisi miring. Sebab sumber material (batu gunung) tanggul banyak terdapat di daerah perbukitan sekitar lokasi pekerjaan. Maka bangunan pengaman pantai yang digunakan di Desa Cunda-Meuraxa adalah *tanggul sisi miring*.

## 1.2 Maksud dan Tujuan

### 1.2.1 Maksud

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh gelombang pasang - surut air laut disekitar tanggul terhadap stabilitas.

### 1.2.2 Tujuan

Tujuan penelitian merupakan jawaban atau sasaran yang ingin dicapai penulis. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui struktur tanggul terhadap stabilitas.
2. Untuk mengetahui kekuatan tanggul dari pengaruh gelombang yang disebabkan oleh angin yang dibangkitkan tiupan angin dipermukaan laut, gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi dan gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak.

## 1.3 Perumusan Masalah

Pada penulisan ini tanggul sudah selesai dibangun, namun penulis akan mengevaluasi :

1. Apakah struktur tanggul aman terhadap stabilitas?
2. Apakah struktur tanggul mampu menahan gempuran gelombang air laut yang terjadi saat pasang - surut?

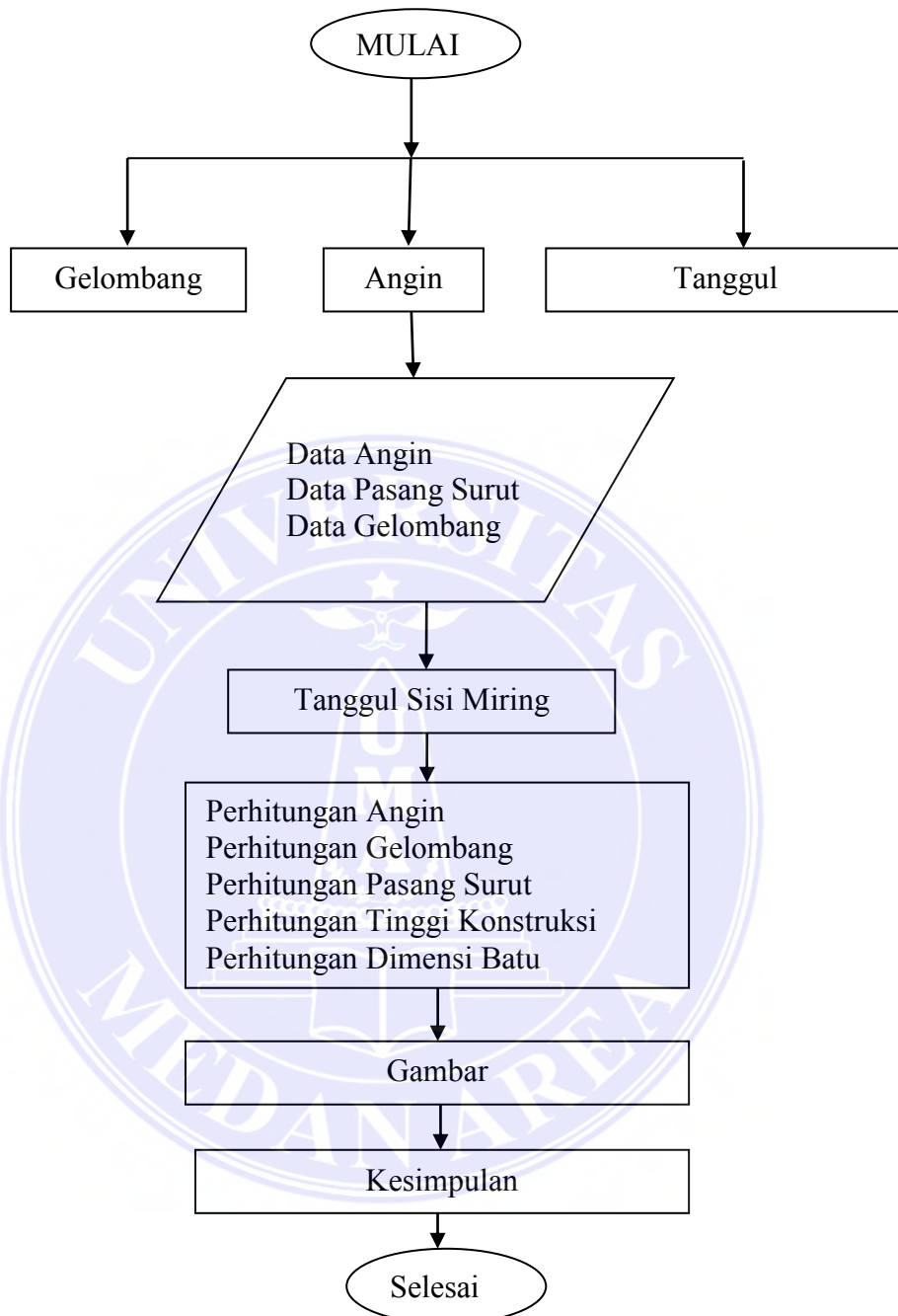
#### 1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilakukan lebih fokus, sempurna dan mendalam maka penulis memandang permasalahan penelitian yang diangkat perlu dibatasi variabelnya. Oleh sebab itu, penulis membatasi diri hanya meneliti yang berkaitan dengan evaluasi dimensi, berat sendiri, momen, pengaruh angin, gelombang dan pasang surut air laut disekitar tanggul yang dibangun di pantai laut cunda meuraxa Kota Lhokseumawe.





## 1.5 Kerangka Berfikir



Gambar 1.1 Diagram alir

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

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

#### **2.2 Gelombang**

Pengetahuan akan gelombang sangat penting dalam perencanaan bangunan-bangunan perlindungan pantai. Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam tergantung gaya yang membangkitkannya. Gaya-gaya tersebut dapat berupa angin, gaya tarikmatahari dan bulan (pasang surut), tsunami akibat letusan gunung berapi atau gempa, gaya akibat kapal, dan sebagainya. Di antara beberapa bentuk gelombang tersebut yang paling penting dalam perencanaan pelabuhan adalah gelombang angin dan pasang surut. Pada subbab ini hanya akan dibahas gelombang yang ditimbulkan oleh angin sedangkan gelombang akibat pasang surut akan dibahas pada subbab fluktuasi muka air laut. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan faktor utama dalam penentuan

tata letak (lay out) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai, dan sebagainya. (Triadmodjo, 2003 dalam jurnal Febriansyah, 2012).

## 2.3 Deformasi Gelombang

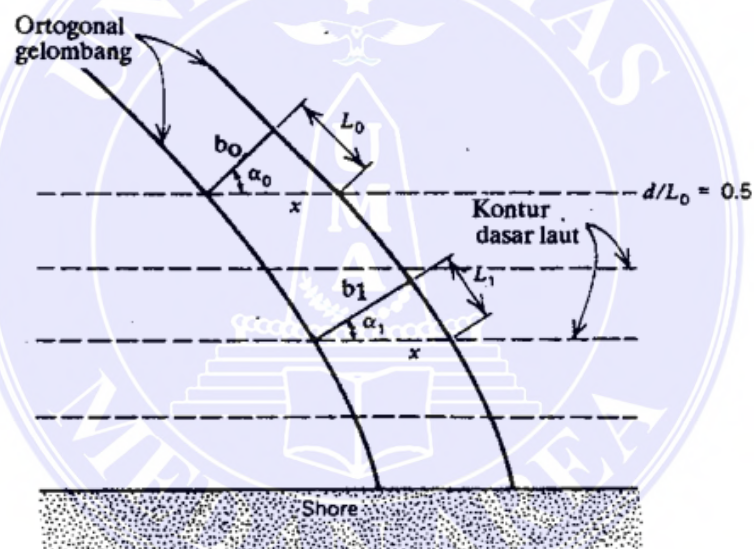
Suatu gelombang yang menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk atau deformasi gelombang. Perubahan bentuk gelombang ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti refraksi gelombang, refleksi gelombang, difraksi gelombang, serta gelombang pecah. Triadmodjo, 2003 (dalam jurnal Febriansyah, 2012).

### 2.3.1 Refraksi Gelombang

Refraksi gelombang terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah yang kedalaman airnya 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. Jika 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 kedalaman laut.

Garis ortogonal gelombang, yaitu garis tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah penjalaran gelombang, juga akan membelok dan berusaha untuk menuju tegak lurus dengan garis kontur laut. Triadmodjo, 2003 (dalam jurnal Febriansyah, 2012). Hal ini juga bisa dinyatakan sebagai peristiwa pembelokan gelombang yang

diakibatkan oleh perubahan kedalaman air pada saat gelombang menjalar ke garis pantai. Pembiasan gelombang biasa terjadi ketika gelombang menyebrangi perbatasan dua medium yang berbeda. Mula-mula gelombang laut merambat melalui air laut. Shoaling dan refraksi gelombang terjadi ketika gelombang diperairan dangkal. Jika kedalaman air kurang dari setengah panjang gelombang, maka gelombang dianggap di perairan dangkal. Di laut dalam, tsunami (gelombang gempa yang dihasilkan) dianggap gelombang air dangkal.



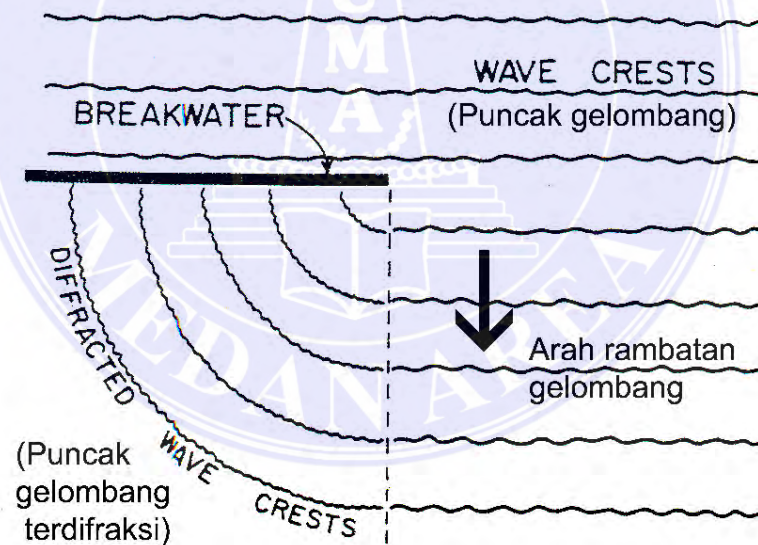
Gambar 2.1 Diagram untuk menjelaskan deformasi gelombang dari laut dalam yang mengalami refraksi dan shoaling sekaligus.

Sumber: CEM, 2011

### 2.3.2 Difraksi Gelombang

Apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Fenomena ini dikenal sebagai difraksi gelombang.

Dalam difraksi gelombang terjadi transfer energi dalam arah tegak luruspenjalaran gelombang menuju daerah terlindung. Transfer energi ke daerah terlindung menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut,meskipun tidak sebesar gelombang di luar daerah terlindung. Triadmodjo, 2003 (dalam jurnal Febriansyah, 2012)



Gambar 2.2 Proses terjadinya difraksi pada gelombang laut

Sumber: [//www.google.co.id/searchq=gambar+difraksi+gelombang+laut&safe=strict&client](http://www.google.co.id/searchq=gambar+difraksi+gelombang+laut&safe=strict&client)



### 2.3.3 Refleksi Gelombang

Gelombang yang mengenai atau membentur suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Untuk mendapatkan ketenangan maka bangunan-bangunan yang ada di sekitar pesisir harus bisa menyerap atau menghancurkan gelombang. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu akan bisa menyerap energi gelombang lebih banyak dibandingkan bangunan tegak dan masif. Triadmodjo, 2003 (dalam jurnal Febriansyah, 2012).

### 2.3.4 Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang. Di laut dalam profil gelombang adalah sinusoidal, semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal puncak gelombang semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar. Pada lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Triadmodjo, 2003 (dalam jurnal Febriansyah, 2012)

### 2.3.5 Gelombang pada laut dangkal

Untuk bangunan yang diletakkan pada laut dangkal (*shallow water*) dihitung menggunakan rumus Laporan Nota Penjelasan SID Kota Lhokseumawe 2006, PT. LAVITA INTI. Ketinggian gelombang rencana adalah :

$$H_s = 0.6 \times h_s$$

Keterangan :

- $H_s$  : *Signifikan wave height* (m) / tinggi gelombang rencana.
- $h_s$  : Kedalaman air didepan bangunan.

## 2.4 Tanah Pondasi Tanggul

Tanah di alam terdiri dari campuran-campuran butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran –butiran dengan mudah dipisahkan satu sama lainnya dengan kocokan air. Tanah berasal dari pelapukan batuan yang prosesnya dapat secara fisik atau kimia. Sifat-sifat teknis tanah kecuali dipengaruhi oleh sifat dari induk batuanya juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut. ( Hardiyatmo, C.H.2006. Dalam proyek akhir robidiansah ) Istilah-istilah seperti kerikil, pasir, lanau dan lempung digunakan dalam teknik sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis-jenis tanah dan kadang-kadang terdapat pula bahan organik. Material campurannya, kemudian dipakai sebagai nama tambahan dibelakang material tersebut. Sebagai contoh, lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau, dengan material utamanya adalah lempung dan lanau adalah campurannya.

### 2.4.1 Identifikasi Tanah

Tanah berbutir kasar dapat diidentifikasi berdasarkan ukuran butiran. Menurut (Massachusetts of Institute Technology/MIT. Dalam proyek akhir robidiansah) butiran-butiran yang berdiameter lebih besar dari 2mm diklasifikasikan sebagai kerikil. Jika butiran dapat dilihat oleh mata, tetapi

ukuranya kurang dari 2mm, disebut pasir. Tanah pasir kasar jika diameter berkisar antara 2-0,6 mm, pasir sedang jika diameter antara 0,6-0,2 mm, dan pasir halus bila diameter antara 0,2-0,06 mm ( Hardiyatmo, C.H. 2006. Dalam proyek akhir robidiansah).

Cara membedakan antara lanau dan lempung dengan mengambil tanah basah yang dicetak dan dikeringkan, kemudian dipecah kedalam fragmen-fragmen kira-kira berukuran 1/8 inci ( 3,1 mm ) dan ditekan antara jari telunjuk dan ibu jari. Fragmen lempung hanya dapat pecah jika ditekan dengan usaha yang relative besar, sedangkan fragmen lanau dapat pecah dengan mudah bila ditekan (Peck,dkk, 1953. Dalam proyek akhir robidiansah ).

#### 2.4.2 Sifat-sifat Teknis Tanah

Penjelasan umum dari sifat-sifat teknis berbagai jenis tanah:

##### 1. Tanah Granuler

Tanah-tanah Granuler, seperti pasir, kerikil, batuan dan campurannya, mempunyai sifat-sifat teknis yang sangat baik. Sifat-sifat tanah tersebut, antara lain :

- a. Merupakan material yang baik untuk mendukung bangunan dan badan jalan, karena mempunyai kapasitas dukung yang tinggi dan penurunan kecil, asalkan tanahnya relative padat. Penurunan terjadi segera setelah penerapan beban. Jika dipengaruhi getaran pada frekuensi tinggi, penurunan yang besar dapat terjadi pada tanah yang tidak padat.

- b. Merupakan material yang baik untuk tanah urug pada dinding penahan tanah, struktur bawah tanah dan lain-lain, karena menghasilkan tekanan lateral yang kecil. Mudah dipadatkan dan merupakan material untuk drainasi yang baik karena lolos air.
- c. Tanah yang baik untuk urugan karena mempunyai kuat geser yang tinggi.
- d. Bila tanah tidak dicampur dengan material kohesif, tidak dapat digunakan sebagai bahan tanggul, bendungan, kolam, dan lain-lain. Karena permeabilitasnya besar.

Kelebihan lain pada tanah granuler :

a. Kerapatan relative

Kuat geser dan kompreibilitas tanah granuler tergantung dari kepadatan butiran yang biasanya dinyatakan dalam kerapatan relative (  $D_r$  ). Jika tanah granuler dipakai sebagai bahan timbunan, kepadatannya dinyatakan dalam persen kepadatan ataau kepadatan relative (  $R_e$  ). Tanah yang mewakili kondisi lapangan, diuji di laboratorium untuk ditentukan berat volume maksimumnya dengan alat uji pemadatan tertentu. Dalam praktek, kerapatan relatif dapat ditentukan dari uji penetrasi, contohnya alat uji penetrasi standar ( SPT ).

b. Bentuk dan ukuran butiran

Hal lain yang penting mengenai tanah granuler adalah bentuk dan ukuran butirannya. Semakin besar dan kasar permukaan butiran, semakin besar kuat gesernya. Oleh pengaruh gaya geser, butiran yang kecil mudah sekali menggelinding, sedang pada butiran yang besar akan memaksa satu sama lain.

Demikian pula pada gradasinya , jika gradasi semakin baik, semakin besar kuat gesernya.

c. Kapasitas dukung

Kerikil adalah material granuler yang dalam endapan alluvial biasanya bercampur dengan pasir. Kerikil dan pasir dalam kepadatan sedang atau besar mempunyai kapasitas dukung yang tinggi. Tanah pasir yang juga merupakan material granuler, mempunyai kapasitas dukung dan kompresibilitas yang sama seperti kerikil. Namun, jika tidak padat nilai kapasitas dukung ijin menjadi rendah oleh persyaratan besarnya penurunan.

2. Tanah Kohesif

Tanah kohesif seperti lempung, lempung berlanau, lempung berpasir atau berkerikil yang sebagian besar butiran tanahnya terdiri dari butiran halus. Kuat geser tanah jenis ini ditentukan terutama dari kohesinya. Tanah-tanah kohesif, umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

a. Kuat geser rendah :

- 1) Bila basah bersifat plastis dan mudah mampat (mudah turun)
- 2) Menyusut bila kering dan mengembang bila basah
- 3) Berkurang kuat gesernya bila kadar airnya bertambah
- 4) Berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu
- 5) Berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkakan (creep) pada beban yang konstan
- 6) Merupakan material kedap air



7) Material yang jelek untuk tanah urug, karena menghasilkan tekanan lateral yang tinggi.

### 3. Tanah-tanah Lanau dan loess

Lanau adalah material yang butiran-butirannya lolos saringan no.200. (Peck, dkk Dalam proyek akhir robidiansah) membagi tanah ini menjadi 2 kategori, yaitu lanau yang dikarakteristikan sebagai tepung batu yang tidak berkoheksi dan tidak plastis dan lanau yang bersifat plastis. Sifat-sifat teknis lanau tepung batu lebih cenderung mendekati sifat pasir halus. Loess adalah material lanau yang diendapkan oleh angin dengan diameter butiran kira-kira 0,06 mm. Partikel-partikelnya biasanya mempunyai rekatan karena adanya kalsium karbonat. Akibat dari pengaruh proses pembentukannya, sifat loess sangat berbeda dengan lanau. Karakteristik loess umumnya merupakan endapan yang tidak padat dengan berat volume kira-kira 10 kN/m<sup>3</sup>. Bila mengandung material pengikat ( lempung atau kapur ) pada kondisi kering tanah ini mempunyai kapasitas dukung sedang sampai tinggi. Akibat penjumlahan, loess kehilangan sifat rekatannya dan dapat mengalami penurunan yang tinggi. Loess bisa digali pada tebing yang mendekati vertical.

### 4. Tanah Organik

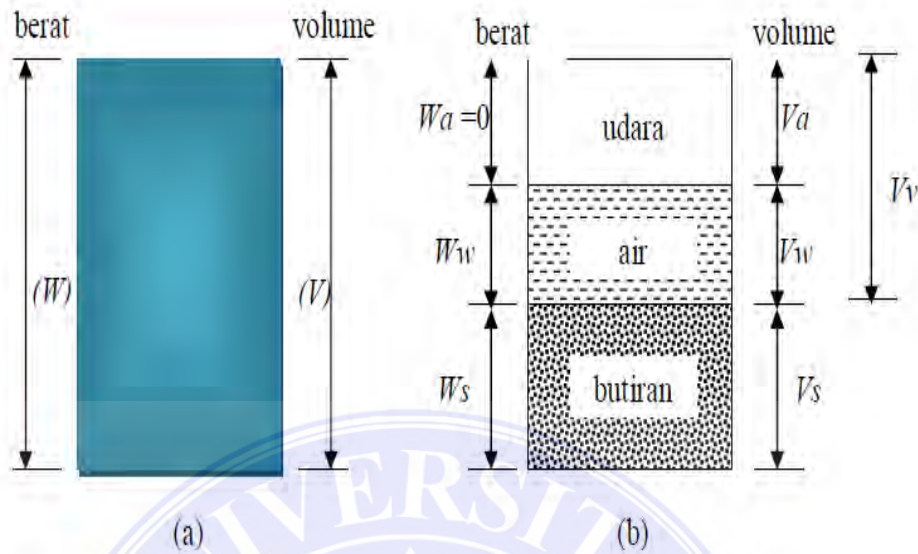
Sembarang tanah yang mengandung bahan organik, yang mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah disebut tanah organik. Bahan-bahan organik terdiri tumbuh-tumbuhan atau binatang. Jumlah bahan



organic dinyatakan dalam istilah kadar organic, yaitu nilai banding antara berat bahan organic terhadap contoh tanah yang kering oven. Berat bahan organik dapat ditentukan dengan memanaskan contoh tanah untuk membakar bahan organiknya (McFarland, 1959. Dalam proyek akhir robidiansah).

#### 2.4.3 Kadar Air, Angka Pori, Porositas, dan Berat Volume Tanah

Tanah terdiri dari tiga komponen yaitu: udara, air, dan bahan padat. Udara dianggap tidak mempunyai pengaruh teknis, sedang air sangat mempengaruhi sifat-sifat teknis tanah. Ruang diantara butiran-butiran dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga tersebut terisi air maka tanah dapat dikatakan dalam kondisi jenuh. Bila rongga terisi oleh udara dan air maka tanah dalam kondisi jenuh sebagian. Sedangkan tanah yang tidak mengandung air sama sekali atau kadar airnya nol disebut tanah kering. Hubungan antara kadar air, angka pori, porositas, berat volume dan lainnya tersebut sangat diperlukan dalam praktik (Hardiyatmo, C.H 2006. Dalam proyek akhir robidiansah).



Gambar 2.3 Diagram fase tanah  
 Sumber : Hardiyatmo, C.H, 2006, dalam proyek akhir Robidiansah

Angka pori ( $e$ ), didefinisikan sebagai perbandingan volume rongga pori ( $V_v = V_a + V_w$ ) terhadap volume butir tanah ( $V_s$ ) pada suatu volume bahan dan biasanya dinyatakan sebagai pecahan.

$$e = \frac{V_v}{V_s} \dots \dots \dots (2.1)$$

Porositas ( $n$ ), didefinisikan sebagai perbandingan volume rongga pori ( $V_v$ ) terhadap volume total ( $V = V_v + V_s$ ) dan bisa dinyatakan sebagai presentase atau pecahan.

$$n = \frac{V_v}{V} \dots \dots \dots (2.2)$$

Hubungan antara  $e$  dan  $n$  adalah :

$$n = \frac{e}{1+e} \dots \dots \dots (2.3)$$

Atau,

$$e = \frac{n}{1-n} \dots \dots \dots (2.4)$$

Kadar air ( $w$ ), didefinisikan sebagai perbandingan berat air ( $W_w$ ) terhadap berat butir tanah ( $W_s$ ) dan dinyatakan dalam presentase tetapi biasanya digunakan dalam bentuk pecahan.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

Berat volume kering ( $\gamma_d$ )

$$(\gamma_d) = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots (2.6)$$

Berat volume basah

$$\gamma_b = \frac{W_s + W_w + W_a}{V} = \frac{W_s + W_w}{V} \dots\dots\dots (2.7)$$

Berat udara ( $W_a$ ) dianggap sama dengan 0

Berat butiran padat/tanah ( $\gamma_s$ )

$$(\gamma_s) = \frac{\gamma_s}{V_s} \dots\dots\dots (2.8)$$

Berat jenis atau specific gravity ( $G_s$ )

$$(G_s) = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana  $\gamma_w$  adalah berat volume air

Dari persamaan-persamaan diatas dapat dibentuk hubungan sebagai berikut :

$$(\gamma_b) = \frac{G_s \cdot \gamma_w (1+w)}{1+e} \dots\dots\dots (2.10)$$

Berat volume basah ( $\gamma_b$ ) dapat dinyatakan dalam hubungan dengan berat volume kering ( $\gamma_k$ ) dan kadar air ( $w$ )

$$(\gamma_b) = \gamma_d \cdot (1 + w) \dots\dots\dots (2.11)$$

Hubungan antara  $\gamma_b, n, G_s$  dan  $w$

$$\gamma_b = G_s \cdot \gamma_w \cdot (1 - n)(1 + w) \dots\dots\dots (2.12)$$

Berat volume tanah jenuh ( $S=1$ )

$$\gamma_{sat} = \frac{\gamma_w(G_s+e)}{1+e} \dots\dots\dots (2.13)$$

Berat volume tanah kering

$$\gamma_d = \frac{\gamma_w G_s}{1+e} \dots\dots\dots(2.14)$$

Bia tanah terendam air, berat volume apung (*bouyant unit weight*) atau berat volume efektif ( $\gamma'$ ) dinyatakan dengan :

$$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w \dots\dots\dots(2.15)$$

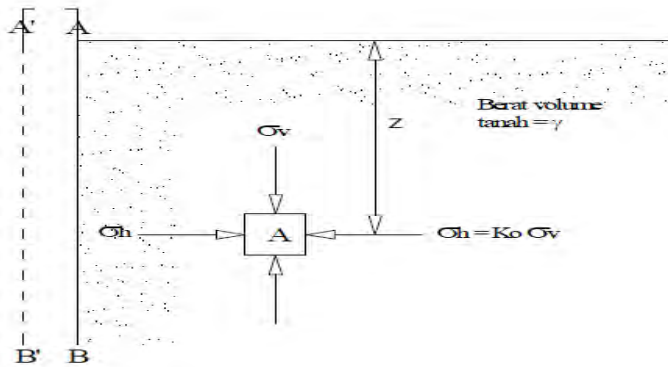
Berat volume air  $\gamma_w = 1 \frac{t}{m^3} = 9,81KN/m^3$

#### 2.4.4 Tekanan Tanah

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah. Besar tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanah asli. Tegangan tanah lateral meliputi tekanan tanah saat diam, tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif.

##### 1. Tekanan tanah saat diam

Pada gambar di bawah tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin AB yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman z akan mendapat tekanan arah vertikal  $\sigma_v$  dan tekanan arah horisontal  $\sigma_h$ , dimana  $\sigma_v$  dan  $\sigma_h$  merupakan tekanan efektif dan tekanan total tanah. Apabila dinding AB dalam keadaan diam, maka tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*). Rasio tekanan arah horisontal dan vertikal disebut koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth pressure at rest*)  $K_0$ , dengan persamaan sebagai berikut:



Gambar 2.4 Tegangan pada kondisi diam (*at rest*)  
 Sumber : Das,1993 Dalam proyek akhir robidiansah

Menurut (Das,1993 Dalam proyek akhir robidiansah)

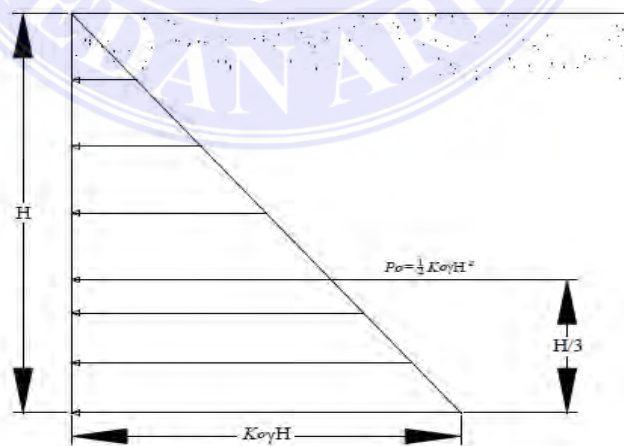
$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots(2.16)$$

Karena  $\sigma_v = \gamma z$ , maka tekanan horizontal saat diam adalah :

$$\sigma_h = k_0 (\gamma z) \dots\dots\dots(2.17)$$

Nilai gaya total per satuan lebar dinding  $P_0$  sama dengan luas dari diagram tekanan tanah.

Diagram tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi  $H$  dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.5 Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam (*at rest*) pada dinding  
 Sumber : Das,1993(Dalam proyek akhir robidiansah)



Dengan persamaan :

$$P_o = \frac{1}{2} k_0 \gamma H^2 \dots\dots\dots(2.18)$$

Pada posisi ini tekanan tanah pada dinding akan berupa tekanan tanah saat diam (earth pressure at rest ) dan tekanan tanah lateral ( horizontal ) pada dinding , pada kedalaman tertentu ( z ), dinyatakan oleh persamaaan : ( Hardiyatmo, C.H. 2006, dalam proyek akhir robidiansah ).

$$\sigma_h = k_0 \sigma_v = k_0 z \gamma \dots\dots\dots(2.19)$$

Dengan :

$K_0$  = koefisien tekanan tanah saat diam

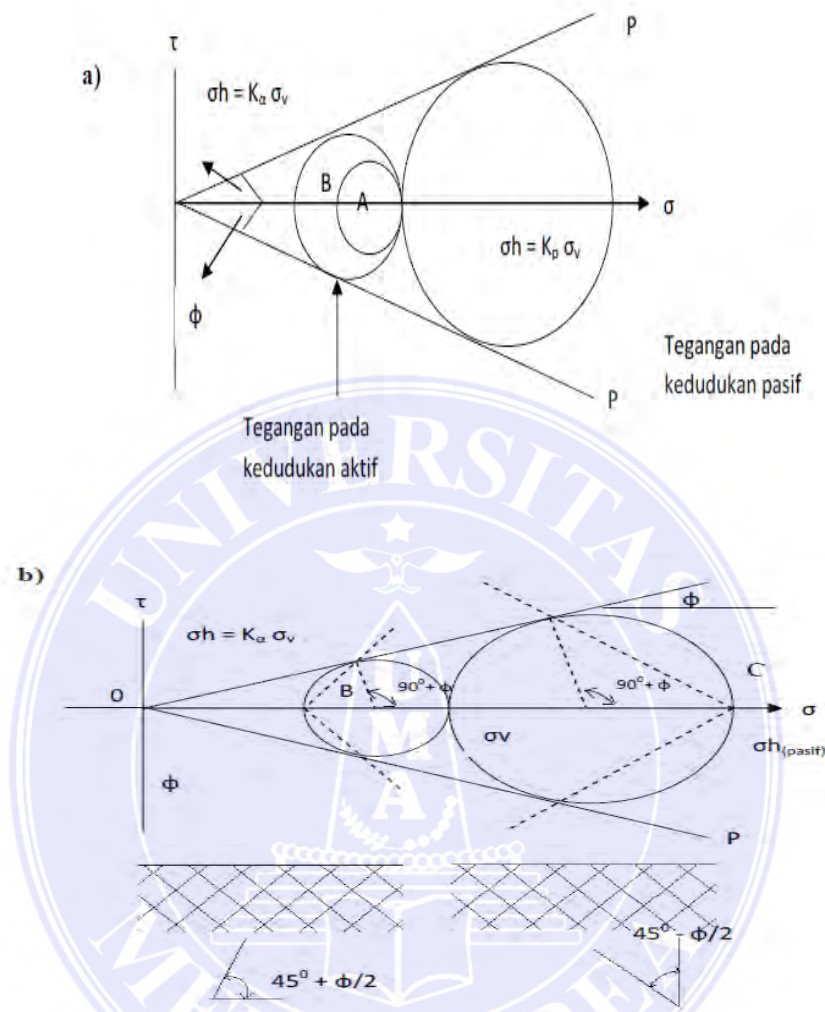
$\gamma$  = berat volume tanah ( kN/m<sup>3</sup> )

## 2. Tekanan tanah saat aktif

Pada suatu saat, gerakan dinding selanjutnya mengakibatkan terjadi keruntuhan geser tanah dan tekanan tanah pada dinding menjadi konstan pada tekanan minimum. Tekanan tanah lateral minimum, yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah oleh akibat gerakan dinding menjauhi tanah dibelakangnya disebut tekanan tanah aktif ( *active earth pressure* ). Kedudukan tegangan saat tanah pada kedudukan keseimbangan limit aktif terjadi diwakili oleh lingkaran B yang menyinggung garis kegagalan OP. Jika tegangan vertical (  $\sigma_v$  ) di titik tertentu didalam tanah dinyatakan oleh persamaan  $\sigma_v = \gamma z$ , maka tekanan tanah lateral pada saat tanah runtuh :

$$\sigma_h = K_a \sigma_v = K_a \gamma z \dots\dots\dots(2.20)$$





Gambar 2.6 Tekanan tanah lateral dan lingkaran Mohr yang mewakili kedudukan tegangan di dalam tanah

- (a) Tegangan-tegangan pada kedudukan Rankine
- (b) Orientasi garis-garis keruntuhan teori Rankine

sumber : Hardiyatmo, C.H. 2006, dalam proyek akhir robidiansah

Dari memperhatikan lingkaran Mohr pada gambar 2.6 dapat ditentukan bahwa

$$K_a = \frac{\sigma_{h(aktif)}}{\sigma_v} = \frac{\sigma_3}{\sigma_1} = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \dots \dots \dots (2.21)$$

Sebaliknya jika tegangan lateral yang terjadi pada kondisi tekan yaitu bila tanah tertekan sebagai akibat dinding penahan mendorong tanah, maka gaya yang dibutuhkan untuk menyebabkan kontraksi tanah secara lateral sangat lebih besar

daripada besarnya tekanan tanah menekan dinding. Besarnya gaya ini bertambah dengan bertambahnya regangan dalam tanah seiring dengan Bergeraknya dinding, hingga sampai suatu regangan tertentu, tanah mengalami keruntuhan geser akibat desakan dinding penahan, saat mana gaya lateral tanah mencapai nilai yang konstan yaitu pada nilai maksimumnya (Hardiyatmo, C.H. 2006, Dalam proyek akhir robidiansah). Pada kedudukan pasif, *tekanan tanah aktif* ( $p_a$ ) pada kedalaman  $z$  dari puncak dinding penahan dinyatakan oleh :

$$p_a = K_p \gamma z \dots\dots\dots(2.22)$$

$$z = H$$

maka,

$$p_p = K_p \gamma H \dots\dots\dots(2.23)$$

Tekanan tanah pasif berada di bawah fondasi, sehingga bisa digunakan sebagai alas pondasi atau tekanan pada dasar pondasi. Tekanan tanah aktif total ( $P_a$ ) untuk dinding penahan tanah setinggi  $H$  dinyatakan dengan persamaan :

$$P_a = 0,5 H^2 \gamma K_a \dots\dots\dots(2.24)$$

Dengan arah garis kerja tekanan yang sejajar permukaan tanah urug dan bekerja pada ketinggian  $H/3$  dari dasar dinding penahan( Hardiyatmo, C.H 2006, Dalam proyek akhir robidiansah ).

### 3. Tekanan tanah saat pasif

Jika tegangan lateral yang terjadi pada kondisi tekan yaitu bila tanah tertekan sebagai akibat dinding penahan tanah, maka gaya yang dibutuhkan untuk menyebabkan kontraksi tanah secara lateral sangat lebih besar daripada besarnya tekanan tanah menekan

ke dinding. Besarnya gaya ini bertambah dengan bertambahnya regangan dalam tanah seiring dengan bergerakinya dinding, hingga sampai suatu regangan tertentu. Maka tanah akan mengalami keruntuhan geser akibat desakan dinding penahan, saat dimana gaya lateral tanah mencapai nilai yang konstan yaitu pada nilai maksimumnya. Tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug disebut tekanan tanah pasif ( passive earth pressure). Kedudukan tegangan – tegangan saat tanah pada kedudukan limit pasif tercapai diwakili oleh lingkaran C yang menyinggung garis kegagalan OP. Jika tegangan vertikal ( $\sigma_v$ ) titik tertentu didalam tanah dinyatakan oleh  $\sigma_v = \gamma z$ , maka tekanan tanah lateral pada saat tanah pada kondisi runtuh :

$$\sigma_h = K_p \sigma_v = K_p \gamma z \dots\dots\dots(2.25)$$

Dari memperhatikan lingkaran Mohr pada gambar 2.4 dapat ditentukan bahwa :

$$K_p = \frac{\sigma_{h(pasif)}}{\sigma_v} = \frac{\sigma_1}{\sigma_3} = \frac{1+\sin\phi}{1-\sin\phi} = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) \dots\dots\dots(2.26)$$

Bahwa pada kondisi pasif, tegangan utama minor  $\sigma_3 = \sigma_v(pasif)$  dan tegangan utama mayor  $\sigma_1 = \sigma_h(pasif)$  .

Tekanan tanah pasif untuk permukaan tanah miring ditentukan dengan cara yang sama. Pada kedudukan pasif, *tekanan tanah pasif* ( $P_p$ ) pada kedalaman z dari puncak dinding penahan dinyatakan oleh :

$$p_p = K_p \gamma z \dots\dots\dots(2.27)$$

$z = H$

maka,

$$pp = Kp \gamma H \dots \dots \dots (2.28)$$

Tekanan tanah pasif ini berada di bawah fondasi, sehingga bisa digunakan sebagai alas pondasi atau tekanan pada dasar pondasi. Tekanan tanah pasif total ( $Pp$ ) untuk dinding penahan setinggi H dinyatakan oleh persamaan :

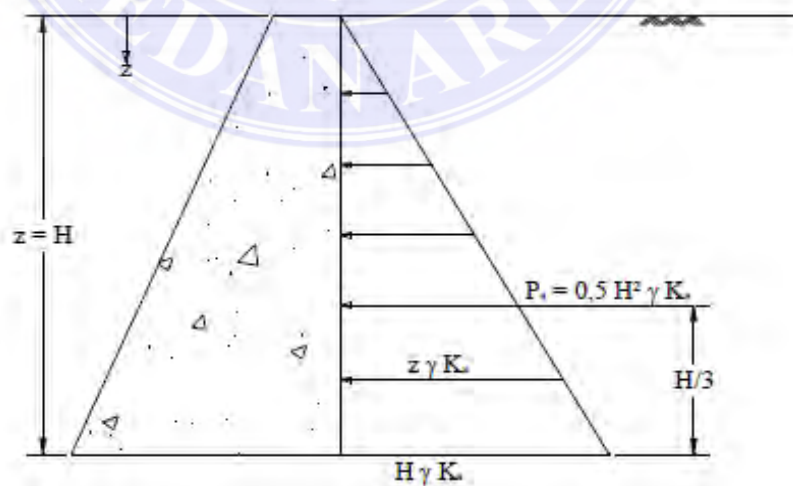
$$Pp = 0,5 H^2 \gamma Kp \dots \dots \dots (2.29)$$

Dari persamaan-persamaan diatas untuk kondisi permukaan tanah horizontal dapat diperoleh hubungan :

$$Kp = \frac{1}{Ka} \dots \dots \dots (2.30)$$

Jadi untuk tekanan vertical tertentu, tekanan tanah lateral hanya akan terdapat diantara dua nilai tersebut disebut tegangan pada kedudukan Rankine (*Rankine State*) (Hardiyatmo, C.H. 2006. Dalam proyek akhir robidiansah). Tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif pada tanah tak berkohesi ( $c=0$ ) menurut Teori (Rankine 1857. Dalam proyek akhir robidiansah).

a. Permukaan tanah urug horisontal



Gambar 27. Diagram tekanan tanah aktif Rankine untuk permukaan tanah urug horisontal.  
 Sumber : Hardiyatmo, 2006 dalam proykr akhir robidiansah

Gambar diatas menggambarkan tekanan tanah aktif ( $P_a$ ) pada kedalaman sembarang  $z$  dari permukaan tanah urug atau puncak dinding penahan tanah. Besarnya tekanan tanah aktif ( $P_a$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

Menurut (Hardiyatmo, 2006. Dalam proyek akhir robidiansah) rumus yang digunakan :

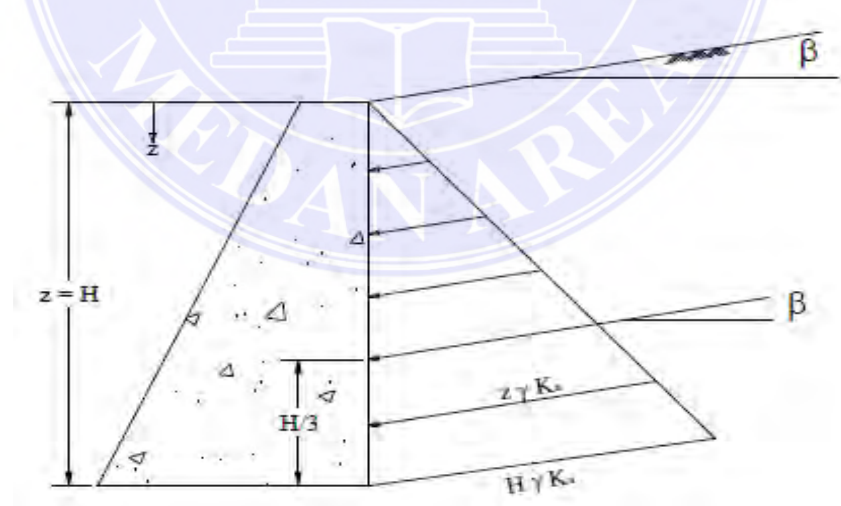
$$p_a = k_a \cdot z \cdot \gamma \dots\dots\dots(2.31)$$

$$k_a = \frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi} = \tan^2\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \dots\dots\dots(2.32)$$

Tekanan tanah aktif total ( $P_a$ ) untuk dinding penahan tanah setinggi  $H$  dinyatakan dengan persamaan:

$$p_a = 0,5 \cdot H^2 \cdot \gamma \cdot k_a \dots\dots\dots(2.33)$$

b. Permukaan tanah urug miring

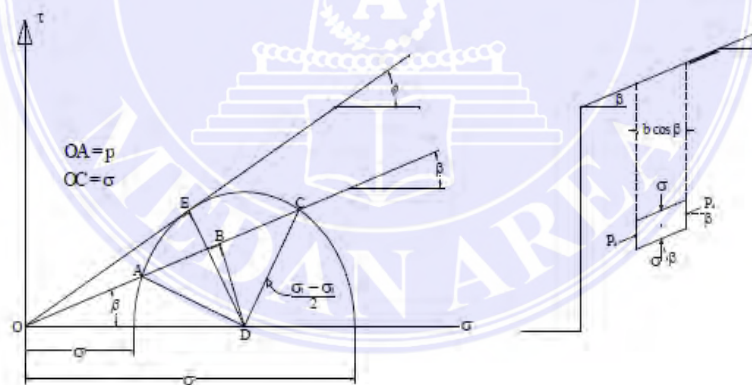


Gambar 2.8. Diagram tekanan tanah aktif Rankine untuk permukaan tanah urug miring.  
Sumber : Hardiyatmo, 2006, dalam proyek akhir robidiansah

Untuk tanah urug tidak berkohesi ( $c = 0$ ) dengan permukaan miring di belakang dinding penahan tanah yang berpermukaan licin, tegangan lateral



bekerja pada bidang vertikal dari elemen tanah (bidang yang paralel dengan bagian permukaan dinding belakang) akan sejajar dengan permukaan tanah urug. Pada bidang dibelakang dinding penahan tanah tidak hanya bekerja tegangan normal tetapi juga tegangan geser. Tekanan tanah pada dinding penahan dengan permukaan tanah urug miring dapat ditentukan dengan bantuan lingkaran Mohr atau dengan mempertimbangkan keseimbangan tanah yang akan longsor. miring dinyatakan oleh jarak OA Lingkaran Mohr diatas menggambarkan saat tanah pada kedudukan aktif. Tanah berada dibelakang dinding penahan dengan bagian dinding belakang vertikal, licin dan permukaan tanah urug miring sebesar  $\beta$ . Tegangan vertikal ( $\sigma$ ) ditunjukkan oleh jarak OC, sedang tegangan lateral ( $p$ ) yang bekerja pada bidang



Gambar 2.9. Lingkaran Mohr untuk permukaan tanah urug miring.  
Sumber : Hardiyatmo, 2006, dalam proyek akhir robidiansah

Tegangan vertikal ( $\sigma$ ) dan tegangan lateral ( $p$ ) merupakan tegangantegangan *conjugate* dengan arah  $\sigma$  vertikal dan  $p$  sejajar dengan permukaan tanah miring. Tegangan-tegangan  $\sigma$  dan  $p$  merupakan resultan tegangan pada masingmasing bidang pada tanah yang ditinjau ( $\sigma$  dan  $p$  bukan merupakan tagangan utama). Bila



$\sigma_1$  merupakan tegangan utama mayor dan  $\sigma_3$  merupakan tegangan utama minor pada tanah, untuk tanah tak berkohesi dapat diperoleh persamaan: Menurut (Hardiyatmo,2006. Dalam proyek akhir robidiansah) rumus yang digunakan :

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3} = \sin\phi \dots \dots \dots (2.34)$$

Karena sudut yang dibentuk antara  $\sigma$  dan  $p$  adalah  $\beta$  (Gambar 2.9 sebelah kanan) garis dari titik O bersudut  $\beta$  terhadap garis absis akan memotong lingkaran Mohr pada titik A dan C. Garis OA menyatakan resultan tegangan  $p$  dan garis OC menyatakan resultan tegangan  $\sigma$ . Gambar 2.9 memperlihatkan  $OA = p$  dan  $OC = \sigma$ , sedangkan  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$  merupakan titik-titik potong lingkaran Mohr dengan sumbu-x. Bila digambarkan DB tegak lurus AC, maka: Menurut (Hardiyatmo, 2006. Dalam proyek akhir robidiansah) rumus yang digunakan :

$$OB = OD \cos\beta = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos\beta \dots \dots \dots (2.35)$$

$$BD = OD \sin\beta = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \sin\beta$$

$$AB = BC = \sqrt{(AD)^2 - (BD)^2}$$

## 2.5 Angin

Angin laut adalah udara yang bergerak dari lautan ke daratan. Angin laut terjadi pada siang hari, saat matahari mulai memancarkan panasnya. Pada malam hari , daratan lebih dingin daripada lautan, adanya angin darat dan angin laut menyebabkan perubahan garis pantai. Air laut atau ombak yang dihasilkan angin lama kelamaan akan mengikis pasir atau batuan pantai, Air laut membawa pasir atau serpihan batu ke laut, akibatnya, garis pantai mengalami perubahan bentuk.. Pengetahuan tentang angin penting bagi perencana breakwater karena angin

mengakibatkan gelombang laut sehingga menimbulkan gaya-gaya tambahan. Sirkulasi udara yang kurang lebih sejajar dengan permukaan bumi disebut angin. Gerakan udara ini disebabkan oleh perubahan temperatur di atmosfer. Perubahan temperatur di atmosfer disebabkan oleh perbedaan penyerapan panas oleh tanah dan air, atau perbedaan panas di gunung dan di lembah, atau perubahan yang disebabkan oleh siang dan malam, atau perbedaan suhu pada belahan bumibagian utara dan selatan karena adanya perbedaan musim dingin dan musim panas (Triatmodjo, 2003).

Daratan lebih cepat menerima panas daripada laut dan sebaliknya daratan juga lebih cepat melepaskan panas. Oleh karena itu pada waktu siang hari daratan lebih panas dibandingkan laut. Udara di atas daratan akan naik dan diganti oleh udara dari laut sehingga terjadi angin laut. Sebaliknya pada waktu malam hari daratan lebih dingin dibandingkan laut, udara di atas laut akan naik dan digantikan oleh udara dari daratan. Kecepatan angin biasanya dinyatakan dalam satuan knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui khatulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau  $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam} = 0,62 \text{ mil/jam}$ .

Untuk keperluan perencanaan bangunan pelindung pantai, data angin diperoleh melalui pencatatan jam-jaman. Dengan pencatatan angin jam-jaman akan dapat diketahui angin dengan kecepatan tertentu dengan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin, dan dapat pula dihitung kecepatan rerata harian. Dalam beberapa tahun pengamatan, data angin yang diperoleh sangatlah besar. Untuk itu data tersebut perlu diolah dan disajikan dalam bentuk tabel atau

diagram yang disebut mawar angin. Penyajian tersebut dapat diberikan dalam bentuk bulanan, tahunan, atau beberapa tahun pencatatan. Dengan tabel atau mawar angin, karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat.

Tabel 2.1 Skala Beaufort

Tingkat	Sifat	Keadaan lingkungan	V (Knot)	P
0	Angin (calm)	Tidak ada angin, asap mengumpul	0 s/d 1	0,2
1	Angin Sepoi	Arah angin terlihat pada arah asap, tidak ada bendera angin	1 s/d 3	0,8
2	Angin sangat Lemah	Angin terasa pada muka dan ringan bergerak	4 s/d 6	3,5
3	Angin Lemah	Daun/ranting terus menerus bergerak	7 s/d 10	8,1
4	Angin Sedang	Debu/kertas tertiu, ranting dan cabang kecil bergerak	11 s/d 16	15,7
5	Angin agak Kuat	Pohon kecil bergerak, buih putih dilaut	17 s/d 21	26,6
6	Angin Kuat	Dahan besar bergerak, suara mendesir	22 s/d 27	41
7	Angin Kencang	Pohon seluruhnya bergerak, perjalanan diluar sukar	28 s/d 33	60,1
8	Angin sangat Kuat	Ranting pohon patah, berjalan menentang angin	34 s/d 40	83,2
9	Badai	Kerusakan keci pada rumah, genting tertiu dan terlempar	41 s/d 47	102,5
10	Badai Kuat	Pohon tumbang, kerusakan besar pada rumah	48 s/d 55	147,5
11	Angin Rebut	Kerusakan karena badai terdapat didaerah luas	56 s/d 63	188
12	Angin Topan	Pohon besar tumbang, rumah rusak berat	64	213

Sumber : Pelabuhan (Triadmojo, 2003)

### 2.5.1 Mawar angin ( *wind rose* )

Mawar angin (*wind rose*) adalah sebuah metode penggambaran informasi mengenai kecepatan dan arah angin pada suatu lokasi tertentu. *Wind rose* digambarkan dalam format melingkar dengan skema frekuensi angin yang berhembus dari arah tertentu. Panjang setiap mahkota menunjukkan tingkat frekuensi berhembusnya angin dari arah tersebut, bernilai nol dipusat mawar dan terus meningkat hingga tepi mawar, Triatmodjo, 1999 (dalam jurnal Febriansyah, 2012).

### 2.5.2 Pembangkitan Gelombang oleh Angin

Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin, lama hembusan angin, arah angin, dan fetch yaitu jarak dari mana angin berhembus. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut akan semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar pula gelombang yang terbentuk.

### 2.5.3 Kecepatan Angin

Biasanya pengukuran angin dilakukan di daratan, padahal di dalam rumus- rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah data angin yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu

diperlukan transformasi dari data angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut. Sedangkan lama hembus (durasi) angin dapat diperoleh dari pencatatan angin jam-jaman. Rumus-rumus dan grafik-grafik pembangkitan gelombang mengandung variabel UA yaitu faktor tegangan angin yang dapat dihitung dari kecepatan angin.

#### 2.5.4 Fetch

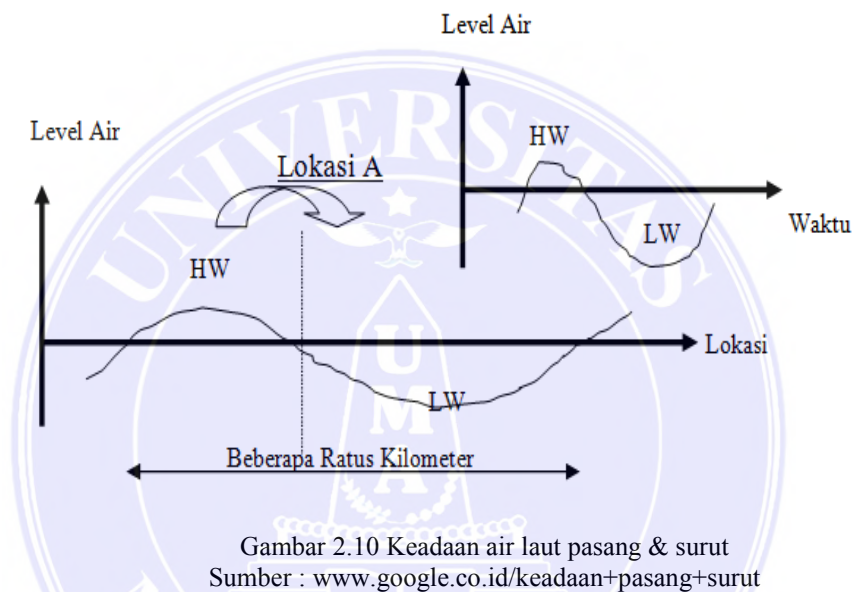
Dalam peramalan gelombang angin, fetch biasanya dibatasi dalam bentuk daratan yang mengelilingi daerah pembangkitan gelombang. Fetch dapat didefinisikan sebagai daerah di mana kecepatan dan arah angin adalah konstan. Arah angin masih dianggap konstan apabila perubahan-perubahannya tidak lebih dari 150 Knot. Panjang fetch membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk terbentuk karena pengaruh angin sehingga mempengaruhi waktu untuk mentransfer energi angin ke gelombang. Fetch ini berpengaruh pada periode dan tinggi gelombang yang dibangkitkan.

## 2.6 Fluktuasi Muka Air Laut

Elevasi muka air laut rencana termasuk parameter penting dalam perencanaan bangunan pantai. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pelabuhan. Sebagai contoh, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang, dermaga, dan sebagainya ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sementara kedalaman alur pelayaran/pelabuhan ditentukan oleh muka air surut. Fluktuasi



dari elevasi muka air tersebut merupakan penjumlahan dari beberapa parameter seperti pasang surut, wave set up, wind set up, serta parameter lain berupa kenaikan muka air akibat pemanasan global maupun tsunami. Namun dalam perencanaan ini, besarnya kenaikan muka air akibat pemanasan global maupun tsunami tidak diperhitungkan.



### 2.6.1 Pasang Surut

Apabila kita berada di tepi laut, kita akan melihat bahwa permukaan air di mana kita berpijak akan selalu berubah sepanjang waktu. Pada mulanya muka air rendah, beberapa waktu kemudian menjadi lebih tinggi dan akhirnya mencapai maksimum. Setelah itu muka air turun kembali sampai elevasi terendah dan kemudian naik kembali. Perubahan elevasi muka air laut sebagai fungsi waktu tersebut disebabkan oleh adanya pasang surut. Pasang surut merupakan fluktuasi

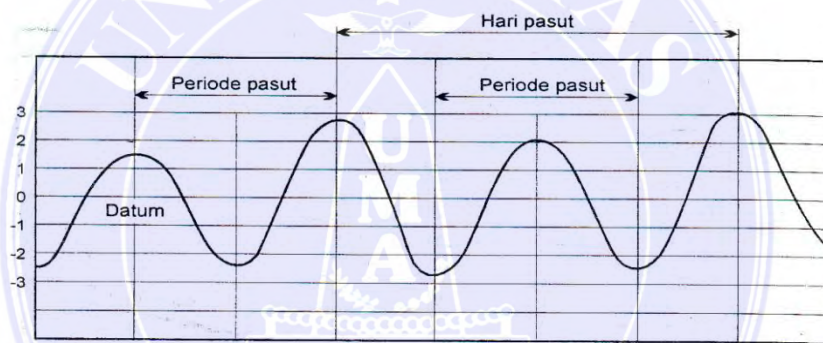
muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi.

Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat, pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi menjadi lebih besar daripada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari. Jika perairan mengalami satu kali pasang dan surut dalam sehari, perairan tersebut dapat dikatakan bertipe pasang surut tunggal. Jika dalam sehari mengalami dua kalipasang dan surut, perairan tersebut bertipe pasang surut ganda. Tipe pasang surut lainnya merupakan peralihan antara tipe pasang surut tunggal dan ganda, seperti dikenal pasang surut campuran condong ke harian ganda dan pasang surut condong ke harian tunggal. Pengetahuan tentang pasang surut sangat penting dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan tersebut.

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pada mana muka air naik disebut pasang sedangkan pada saat air turun disebut surut. Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut, yang mengangkut massa air dalam jumlah sangat besar. Arus pasang

terjadi pada saat periode air pasang, arus surut terjadi pada periode surut. Titik balik (slack) adalah saat di mana arus berbalik antara arus pasang dan arus surut. Titik balik ini bisa terjadi pada saat muka air tertinggi dan muka air terendah. Pada saat tersebut kecepatan arus adalah nol.

Berikut adalah contoh pencatatan muka air laut sebagai fungsi waktu (kurva pasang surut). Pada gambar di bawah ini dijelaskan bagaimana grafik yang terbentuk akibat air laut pasang dan surut.



Gambar 2.11 Kurva pasang surut  
Sumber : Triatmodjo, 2003

### 2.6.2 Kenaikan Muka Air Karena Gelombang (Wave Set Up)

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap muka air diam di sekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian titik di mana gelombang pecah permukaan air miring ke atas ke arah pantai. Turunnya muka air tersebut dikenal dengan wave set-down, sedangkan naiknya

muka air disebut wave set-up (Triatmojo, 1999). Kedalaman air minimum di lokasi gelombang pecah pada saat wave set-down adalah  $\delta b$ . Perbedaan elevasi muka air rerata dan muka air diam di titik tersebut adalah  $S_b$ . Setelah itu muka air naik dan memotong garis pantai. Perbedaan elevasi muka air antara kedua titik adalah wave set-up antara daerah gelombang pecah dan pantai yang diberi notasi ' S. Wave set-up terhadap muka air diam  $S_w$  adalah perbedaan antara ' S dan  $S_b$ .

### 2.6.3 Kenaikan Muka Air Karena Angin (Wind Set-Up)

Angin dengan kecepatan besar (badai) yang terjadi di atas permukaan laut bisa membangkitkan fluktuasi muka air yang besar di sepanjang pantai jika badai tersebut cukup kuat dan daerah pantai dangkal dan luas. Penentuan elevasi muka air rencana selama terjadinya badai adalah sangat kompleks di mana melibatkan interaksi antara angin dan air, perbedaan tekanan atmosfer, dan beberapa parameter lainnya. Perbedaan tekanan atmosfer selalu berkaitan dengan perubahan arah dan kecepatan angin serta angin tersebut yang menyebabkan fluktuasi airlaut. Besarnya perubahan elevasi muka air tergantung juga pada kecepatan angin, fetch, kedalaman air, dan kemiringan dasar (Triatmojo, B., 1999). Angin yang bertiup menyebabkan terjadinya tegangan geser pada permukaan air laut sehingga mengakibatkan kenaikan atau penurunan muka air laut.

## 2.7 Pemecah Gelombang

Suatu Konstruksi ditepi pantai harus terlindung dari pengaruh gelombang di lautan. Pelindung tersebut dapat alamimalaupun artifisial. Pelindung alami contohnya adalah pulau sedangkanpelindung buatan berupa bangunan yang disebut pemecah gelombang. Pemecah gelombang adalah suatu struktur yang dibangun guna melindungi konstruksi jalan buatan dari pengaruh gelombang laut agar dapat memberikan akomodasi yang aman bagi jalan. Bangunan ini memisahkan daerah perairan dari laut bebas sehingga perairan didekat jalan tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang besar di laut. Dengan adanya pemecah gelombang ini daerah perairan didekat jalanmenjadi tenang.Gelombang yang datang dengan membentuk sudut terhadap garis pantai dapat menimbulkan arus sepanjang pantai. Kecepatan arus yang besar ini dapat mengangkut sedimen dasar dan membawanya searah dengan arus tersebut. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya pendangkalan. Ada beberapa macam pemecah gelombang ditinjau dari bentuk dan bahan bangunan yang digunakan. Menurut bentuknya pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi pemecah gelombang sisi miring, sisi tegak, dan campuran. Pemecah gelombang dapat dibuat dari tumpukan batu, blok beton, beton massa, turap, dan sebagainya.

Hal-hal yang perlu diketahui dalam perencanaan pemecah gelombang antara lain tata letak, penentuan kondisi perencanaan, dan seleksi tipe strukturyang akan digunakan. Dalam penentuan tata letak (*lay out*) *breakwater* adalah kondisi lingkungan, ketenangan perairan, kualitas air,dan rencana pengembangan. Kondisi-kondisi perencanaan yang dipertimbangkan yakni angin,



ketinggian pasang surut, gelombang, dan kedalaman perairan serta kondisi dasar laut. Sedangkan dalam penentuan tipe struktur *breakwater*, hal yang diperhitungkan adalah tata letaknya, kondisi lingkungan, kondisi penggunaan, kondisi konstruksi, ketersediaan material, dan perawatan (Suwandi, 2011).

### 2.7.1 Tipe Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu:

1. pemecah gelombang sisi miring,
2. pemecah gelombang sisi tegak,
3. pemecah gelombang campuran.

Termasuk dalam kelompok pertama adalah pemecah gelombang dari tumpukan batu alam, blok beton, gabungan antara batu pecah dan blok beton, batu buatan dari beton dengan bentuk khusus seperti *tetrapod*, *quadripod*, *tribar*, *dolos*, dan sebagainya. Di bagian atas pemecah gelombang tipe ini biasanya juga dilengkapi dengan dinding beton yang berfungsi menahan limpasan air di atas bangunan. Sedang yang termasuk dalam tipe kedua adalah dinding blok beton massa yang disusun secara vertikal, kaisan beton, sel turap baja yang di dalamnya diisi batu, dinding turap baja atau beton, dan sebagainya. Selain kedua tipe tersebut, pada kedalaman air yang besar di mana pembuatan pemecah gelombang sisi miring atau vertikal tidak ekonomis, dibuat pemecah gelombang tipe campuran yang merupakan gabungan dari tipe pertama dan kedua.

Tipe breakwater dilihat dari Keuntungan dan Kerugian :

a. Breakwater Sisi Miring

Keuntungan :

- 1) Elevasi puncak bangunan rendah
- 2) Gelombang refleksi kecil atau meredam energi gelombang
- 3) Kerusakan berangsur-angsur
- 4) Perbaikan mudah
- 5) Murah

Kerugian :

- 1) Jumlah material besar
- 2) Pelaksanaan pekerjaan lama
- 3) Kemungkinan kerusakan saat pelaksanaan besar
- 4) Lebar dasar besar

b. Breakwater Sisi Tegak

Keuntungan :

- 1) Pelaksanaan pekerjaan cepat
- 2) Kemungkinan kerusakan saat pelaksanaan kecil
- 3) Luas perairan pelabuhan lebih besar
- 4) Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga atau tempat tambatan
- 5) Biaya perawatan kecil

Kerugian :

- 1) Mahal
- 2) Elevasi puncak bangunan tinggi
- 3) Tekanan gelombang besar
- 4) Perlu tempat pembuatan kaisan yang luas
- 5) Jika rusak sulit diperbaiki
- 6) Diperlukan peralatan berat
- 7) Erosi kaki pondasi

c. Breakwater Sisi Tegak

d. Breakwater Campuran

Keuntungan :

- 1) Pelaksanaan pekerjaan cepat
- 2) Kemungkinan kerusakan saat pelaksanaan kecil
- 3) Luas perairan pelabuhan besar

Kerugian :

- 1) Mahal
- 2) Diperlukan peralatan berat
- 3) Perlu tempat pembuatan kaisan yang luas

*Sumber: Pelabuhan (Triatmodjo, 2003)*

Tipe pemecah gelombang yang digunakan biasanya ditentukan oleh ketersediaan material di dekat lokasi pekerjaan, kondisi dasar laut, kedalaman air, dan ketersediaan peralatan untuk pelaksanaan pekerjaan. Beberapa keuntungan dan kerugian dari masing-masing tipe pemecah gelombang dapat dilihat di atas.

### 2.7.2 Pemecah Gelombang Sisi Miring

Pemecah gelombang sisi miring biasanya dibuat dari tumpukan batu alam yang dilindungi oleh lapis pelindung berupa batu besar atau beton dengan bentuk tertentu. Pemecah gelombang tipe ini banyak digunakan di Indonesia, mengingat dasar laut di pantai perairan Indonesia kebanyakan dari tanah lunak. Selain itu batu alam sebagai bahan utama juga banyak tersedia. Biasanya butir batu pemecah gelombang sisi miring disusun dalam beberapa lapis, dengan lapis terluar terdiri dari batu dengan ukuran besar dan semakin ke dalam ukurannya semakin

kecil. Bentuk butiran akan mempengaruhi kaitan antara butir batu yang ditumpuk. Butir batu dengan sisi tajam akan mengait (mengunci) satu sama lain dengan lebih baik sehingga lebih stabil. Kadang-kadang sulit untuk mendapatkan batu berat dan besar dalam jumlah yang besar pula. Untuk mengatasinya maka dibuat batu buatan dari beton dengan bentuk tertentu.

Batu buatan ini bisa berbentuk sederhana seperti kubus yang memerlukan berat yang cukup besar, atau bentuk khusus yang lebih ringan tetapi lebih mahal dalam pembuatan. Batu buatan ini bisa berupa tetrapod, tribar, heksapod, dolos, dan sebagainya. Pemecah gelombang dibuat sedemikian rupa sehingga mulut pelabuhan tidak menghadap ke arah datangnya gelombang dan arus dominan yang terjadi disekitar garis pantai. Gelombang yang datang dengan membentuk sudut terhadap pantai akan menyebabkan arus sepanjang pantai. Kecepatan arus yang cukup besar akan dapat mengangkut sedimen dasar dan membawanya searah dengan arah arus tersebut.

Tabel 2.2 Koefisien lapis

Batu pelindung porosita	n	Penempatan	Koef.lapis (K)	(%)
Batu alam (halus)	2	random (acak)	1,02	38
Batu alam (halus)	2	random (acak)	1,15	37
Batu alam (halus)	>3	random (acak)	1,1	40
Kubus	2	random (acak)	1,1	47
Tetrapod	2	random (acak)	1.04	50
Quadripod	2	random (acak)	0,95	49
Hexapod	2	random (acak)	1,15	47
Tribard	2	random (acak)	1,02	54
Dolos	2	random (acak)	1	63

Tribard	1	Seragam	1,13	47
Batu alam		random (acak)	37	

Sumber : Pelabuhan (Triatmodjo, 2003)

### 2.7.3 Pemecah Gelombang Sisi Tegak

Pada pemecah gelombang sisi miring energi gelombang dapat dipantulkan melalui Run Up pada permukaan sisi miring, gesekan dan turbulensi yang disebabkan oleh ketidak-teraturan permukaan. Sedangkan pada pemecah gelombang sisi tegak, yang biasanya ditempatkan di laut dengan kedalaman lebih besar dari tinggi gelombang, gelombang tersebut akan dipantulkan. Superposisi antara gelombang datang dan gelombang pantul akan menyebabkan terjadinya gelombang stasioner yang disebut gelombang klapotis. Tinggi gelombang klapotis ini bisa mencapai dua kali tinggi gelombang datang. Tinggi pemecah gelombang di atas muka air pasang dengan demikian harus lebih besar dari  $1 \frac{1}{3}$  sampai  $1 \frac{1}{2}$  kali tinggi gelombang maksimum dan kedalaman di bawah muka air terendah ke dasar bangunan tidak kurang dari  $1 \frac{1}{4}$  sampai  $1 \frac{1}{2}$  kali atau lebih baik sekitar dua kali tinggi gelombang. Kedalaman maksimum di mana pemecah gelombang sisi tegak masih bisa dibangun adalah antara 15 dan 20 meter. Bila lebih besar dari kedalaman tersebut, pemecah gelombang menjadi sangat lebar. (Bambang Triatmodjo, 2003).

Pemecah gelombang sisi tegak dibuat apabila tanah dasar mempunyai daya dukung besar dan tahan terhadap erosi. Pada tanah dasar dengan daya dukung rendah, dasar dari tumpukan batu dibuat untuk



menyebarkan beban pada luasan yang lebih besar. Pemecah gelombang sisi tegak dapat terbuat dari blok-blok beton massa yang disusun secara vertikal, kaison beton, turap beton atau baja yang dipancang, dan sebagainya. Suatu blok beton bisa mempunyai berat 10 sampai 50 ton. Kaison adalah konstruksi yang berupa kotak dari beton bertulang yang dapat terapung di laut. Pemecah gelombang turap bisa berupa satu jalur turap yang diperkuat dengan tiang-tiang pancang dan blok beton di atasnya atau berupa dua jalur turap yang dipancang vertikal dan satu dengan lainnya dihubungkan dengan batang-batang angker kemudian diisi dengan pasir dan batu.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pemecah gelombang sisi tegak yaitu sebagai berikut :

- a. Tinggi gelombang maksimum rencana harus ditentukan dengan baik karena tidak seperti pemecah gelombang miring, stabilitas terhadap penggulingan merupakan faktor penting.
- b. Tinggi dinding harus cukup untuk memungkinkan terjadinya klapotis
- c. Fondasi bangunan harus dibuat sedemikian rupa sehingga tidak terjadi erosi pada kaki bangunan yang dapat membahayakan stabilitas bangunan.

## 2.8 Geotekstil

Geotekstil adalah setiap bahan tekstil yang umumnya lolos air yang dipasang bersama pondasi, tanah, batuan atau material geoteknik lainnya sebagai suatu kesatuan dari sistem struktur atau suatu produk buatan manusia. Pada dasarnya,

geosintetik terbagi menjadi dua yaitu tekstil dan jaring (*web*). Berdasarkan bahannya, kedua jenis geosintetik dibagi menurut bahan sintetik dan alami. Sebagian besar geosintetik terbuat dari polimer sintetik seperti polipropilena (PP), poliester (PET) atau polietilena (PE). Material polimer tersebut sangat tahan terhadap degradasi biologis dan kimiawi. Jenis lain yang jarang digunakan adalah poliamida (PA) atau nilon dan serat kaca. Bahan alami (seperti serat kapas, rami) juga dapat digunakan seperti geotekstil, terutama untuk aplikasi yang bersifat sementara. Berdasarkan sifat permeabilitas, geosintetik terbagi menjadi kedap air dan lolos air. Geotekstil adalah jenis geosintetik yang lolos air yang berasal dari bahan tekstil.

Geomembran merupakan jenis geosintetik kedap air yang biasa digunakan sebagai penghalang zat cair. Dalam proses pembuatan geotekstil, elemen tekstil seperti serat-serat atau beberapa untaian serat (*yarn*) dikombinasikan menjadi struktur tekstil lembaran. Elemen tersebut dapat berupa filamen (serat menerus) berbentuk benang polimer tipis dan panjang atau serabut serat (*staple fiber*) berbentuk filamen pendek dengan panjang antara 20-150 mm. Elemen tekstil tersebut juga dapat dibuat dengan memotong suatu lembaran plastik atau film untuk membentuk pita tipis datar. Pada filamen dan potongan film (*slitfilm*), proses pengeluaran atau penarikan akan memanjangkan polimer dalam arah penarikan sehingga meningkatkan kekuatan filamen. Jenis geotekstil kemudian dibagi berdasarkan metode yang digunakan untuk mengkombinasikan filamen atau pita menjadi struktur lembaran. Jenis geotekstil yang utama adalah tak-teranyam (*non-woven*) dan teranyam (*woven*). Geotekstil teranyam terbuat

dari monofilamen, multifilamen, *fibrillated yarns* atau dari potongan film dan pita. Proses penganyaman untuk geosintetik teranyam sama dengan pembuatan tekstil biasa.

Geotekstil tak-teranyam dilakukan dengan teknologi canggih dimana serat polimer atau filamen didesak keluar dan dipuntir secara menerus, ditiup atau ditempatkan pada suatu sabuk berjalan. Kemudian massa filamen atau serat tersebut disatukan dengan proses mekanis dengan tusukan jarum-jarum kecil atau disatukan dengan panas dimana serat tersebut “dilas” oleh panas dan/atau tekanan pada titik kontak serat dengan massa tekstil tak-teranyam. Geogrid merupakan suatu contoh dari jenis geosintetik yang berbentuk jaring (*web*). Fungsi geogrid yang utama adalah sebagai perkuatan. Geogrid dibentuk oleh suatu jaring teratur dengan elemen-elemen tarik dan mempunyai bukaan berukuran tertentu sehingga saling mengunci (*interlock*) dengan bahan pengisi di sekelilingnya. Saat ini terdapat material yang secara teknis tidak dapat disebut tekstil, misalnya jaring, grid, net, jala (*mesh*) dan komposit. Geotekstil dan produk-produk tersebut, seperti net dan grid, dapat dikombinasikan dengan geomembran atau bahan sintetik lainnya untuk mendapatkan karakteristik terbaik dari setiap bahan. Produk tersebut dikenal sebagai geokomposit dan produk ini dapat berupa gabungan dari geotekstilgeonet, geotekstil-geogrid, geotekstil geomembran, geomembran-geonet, dan bahkan struktur sel polimer tiga dimensi. Kombinasi bahan-bahan pembentuk geokomposit tersebut sangat banyak dan hampir tidak terbatas. Selain itu terdapat juga tipe-tipe geosintetik lain seperti *geosynthetic clay liner* maupun geopipa (Koerner, 2003).

Pada umumnya geotekstil (geosintetik) dapat diidentifikasi berdasarkan:

1. Tipe polimer (definisi deskriptif, misalnya polimer berkepadatan tinggi, polimer berkepadatan rendah);
2. Tipe elemen (misalnya filamen, tenunan, untaian, rangka, rangka yang dilapis);
3. Proses pembuatan (misalnya teranyam, tak teranyam dan dilubangi dengan jarum, tak teranyam dan diikat dengan panas, diperlebar atau ditarik, dijahit, diperkeras, diperhalus)
4. Tipe geosintetik primer (misalnya geotekstil, geogrid, geomembran);
5. Massa per satuan luas (untuk geotekstil, geogrid, geosynthetic clay liner, dan geosintetik penahan erosi) dan atau ketebalan (untuk geomembran);
6. Informasi tambahan atau sifat-sifat fisik lain yang dibutuhkan untuk menggambarkan material dalam aplikasi tertentu. Contoh penulisannya adalah sebagai berikut :

Karakteristik	Metoda Pengujian	
Karakteristik Friksi ( <i>friction characteristic</i> )	- ISO 12957-1: 2005	Geosynthetics -- Determination of friction characteristics -- Part 1: Direct Shear Test
	- ISO 12957-2:2005	Geosynthetics -- Determination of friction characteristics -- Part 2: Inclined plane test
	- ASTM D 5321	Standard Test Method for Determining the Coefficient of Soil or Geosynthetic and Geosynthetic Friction by the Direct Shear Method
Rangkak Tarik ( <i>tensile creep</i> )	- ISO 13431:1999	Geotextiles and Geotextile-Related Products -- Determination of Tensile Creep and Creep Rupture Behaviour
	- ASTM D 5262	Standard Test Method for Evaluating the Unconfined Tension Creep Behaviour of Geosynthetics
Kerusakan saat Pemasangan	- ISO 10722:2007	Geosynthetics -- Index test procedure for the evaluation of mechanical damage under repeated loading -- Damage caused by granular material
Permeabilitas normal terhadap bidang	- ISO 11058:1999	Geotextiles and Geotextile-Related Products -- Determination of water permeability characteristics normal to the plane, without load
	- ASTM D 4491	Standard Test Method for Water Permeability of geotextiles by Permittivity
	- SNI 08-6511-2001	Geotekstil Cara Uji Daya Tembus Air
Kapasitas Pengaliran Air Sejajar Bidang	- ISO 12958:1999	Geotextiles and Geotextile-Related Products -- Determination of Water Flow Capacity in Their Plane
	- ASTM D 4716	Test Method For Determining the (in-Place) Flow Rate Per Unit Width and Hydraulic Transmissivity of a Geosynthetic Using Constant Head
	- SNI 08-4334-1996	Cara Uji Sifat Hantar Air Aliran Mendatar Geotekstil pada Tekanan Permukaan Konstan
Stabilitas akibat radiasi sinar ultraviolet	- ASTM D 4355	Standard Test Method for Deterioration of Geotextiles from Exposure to Ultraviolet Light and Water (Xenon Arc Type Apparatus)
	- ASTM D 5970	Standard Practice for Deterioration of Geotextiles from Outdoor Exposure
Ketahanan terhadap unsur kimia	- ASTM D 5322	Standard Practice for Laboratory Immersion Procedure for Evaluating the Chemical Resistance of Geosynthetics of Liquids
	- ASTM D 5885	Standard Test Method for Oxidative Induction Time of Polyolefin Geosynthetics by High-Pressure Differential Scanning Calorimetry
Stabilitas akibat Temperature	- ASTM D 4594	Standard Test Method For Effects Of Temperature On Stability Of Geotextiles



Karakteristik	Metoda Pengujian	
Kuat Tarik dan Elongasi saat Beban Maksimum ( <i>tensile strength &amp; elongation at maximum load</i> )	- ISO 10319:2008	Geosynthetics -- Wide-width Tensile Test
	- ASTM D 4595	Standard Test Method for Tensile Properties of Geotextiles by Wide-width Strip Method
	- RSNI M-05-2005	Cara Uji Sifat Tarik Geotekstil Dengan Metode Pita Lebar
Kuat Tarik Jahitan dan Sambungan ( <i>joints/seams tensile strength</i> )	- ISO 10321:2008	Geosynthetics -- Tensile Test For Joints/Seams By Wide-Width Strip Method
	- ASTM D 4884	Standard Test Method for Strength of Sewn or Thermally Bonded Seams of Geotextiles
	- RSNI M-03-2005	Cara Uji Kuat Keliman Jahit Atau Ikat Panas Geotekstil
Tahanan Tusuk Statik (Uji CBR) ( <i>Static puncture Resistance</i> )	- ISO 12236:2006	Geosynthetics – Static Puncture Test (CBR Test)
	- ASTM D 6241	Standard Test Method for Static Puncture Strength of Geotextiles and Geotextile Related Products Using a 50-mm Probe
Tahanan Pelubangan Dinamis ( <i>Dynamic perforation resistance</i> )	- ISO 13433:2006	Geosynthetics -- Dynamic Perforation Test
	- SNI 08-4650-1998	Cara Uji Daya Tahan Geotekstil Terhadap Pelubangan Cara Kerucut Jatuh
Abrasi ( <i>abrassion</i> )	- ISO 13427:1998	Geotextiles and Geotextile-Related Products -- Abrasion Damage Simulation (Sliding Block Test)
	- ASTM D 4886	Standard Test Method For Abrasion Resistance Of Geotextiles (Sand Paper/Sliding Block)

Tabel 2.3 Sifat Geotekstil dan Geogrid yang Dibutuhkan untuk Perkuatan Tanah  
Sumber : Pedoman Konstruksi dan Bangunan, departemen pekerjaan umum, 2009

Perkuatan Geotextile perkuatan tanah didefinisikan sebagai suatu inklusi (pemasukan/penggabungan) elemen-elemen penahan ke dalam massa tanah yang bertujuan untuk menaikkan perilaku mekanis massa tanah. Perkuatan tanah telah banyak dipakai sejak 20 tahun ini karena secara teknis menarik dan efektif dalam pemakaian biaya. Manfaat perkuatan tanah ini adalah lebih nyata pada lapangan dimana kondisi tanah pondasinya jelek dan areanya marginal, sehingga apabila digunakan teknik perbaikan tanah yang lainnya umumnya akan lebih mahal.

Pada dasarnya, sistem perkuatan tanah terdiri atas tiga komponen utama

yaitu :

1. Perkuatan (perkuatan)
2. Backfill (timbunan)
3. Facing element.

Sebagian besar dari perkuatan yang sekarang ini dipakai umumnya adalah inextensible dimana perkuatan ini runtuh (rupture) pada regangan yang jauh lebih rendah dari yang diperlukan untuk menyebabkan kehancuran tanah, terkecuali beberapa macam geotextile yang extensible yang runtuh pada large deformation. Karena perkuatan yang extensible umumnya memiliki modulus elastisitas yang lebih rendah dari yang inextensible, sehingga diperlukan regangan tanah yang lebih besar untuk memobilisasi efek perkuatan. Perkuatan dengan modulus yang tinggi akan menahan deformasi tanah dalam arah yang sejajar dengan sehingga terdapat anisotropic cohesion atau bertambahnya confining pressure pada bidang yang tegak lurus dengan perkuatan. Transfer beban antara tanah dan perkuatan bekerja melalui dua mekanisme dasar, yaitu tahanan friksi dan tahanan pasif (bearing capacity). Kedua mekanisme ini bekerja secara bersama sehingga menghasilkan material komposit yang koheren dan lebih stabil.

Pada umumnya penggunaan geotextile dalam aplikasi geoteknik memiliki salah satu dari kelima fungsi berikut :

1. Separasi (separation)
2. Filtrasi (filtration)
3. Drainase (drainage)
4. Perkuatan (reinforcement)

Manfaat perkuatan dengan geotextile adalah menyediakan stabilitas kekuatan tanah sampai suatu waktu dimana tanah lunak di bawah timbunan mengalami konsolidasi (dan meningkatnya kekuatan geser tanah) sampai mempunyai cukup kekuatan untuk menahan beban timbunan di atasnya. Kriteria Disain Dalam mendesain tanah timbunan yang diperkuat dengan geotextile terdapat beberapa kriteria perancangan, meliputi : daya dukung tanah dalam menerima beban timbunan, stabilitas tanah timbunan terhadap kelongsoran (general stability), panjang penyaluran geotextile (anchorage length), kemampuan tanah timbunan dalam menahan gaya lateral tanah timbunan (lateral spreading) dan deformasi.

a. Bearing capacity

Tanah dasar timbunan harus mampu mendukung beban timbunan. Dengan mengetahui daya dukung tanah dasar, dapat diketahui apakah tanah dasar tersebut memerlukan perbaikan untuk meningkatkan daya dukungnya atau cukup mampu menahan beban timbunan.

b. Stabilitas tanah timbunan terhadap kelongsoran

Tanah timbunan harus cukup stabil terhadap kelongsoran. Apabila tanah timbunan setelah dianalisis ternyata tidak stabil (longsor), maka perlu diperkuat dengan geotextile. Untuk perkuatan dengan geotextile, besarnya kekuatan tarik (tensile strength) geotextile harus cukup kuat menahan longsor dengan suatu faktor keamanan yang disyaratkan.

c. Stabilitas terhadap gaya lateral

Sudut friksi materi geotextile harus mampu menahan gaya lateral dari tanah isian timbunan. Besarnya sudut friksi geotextile ini diketahui apabila besarnya gaya gesek yang harus ditahan oleh geotextile diketahui.

d. Panjang penyaluran (anchorage length)

Panjang penyaluran harus cukup panjang, sehingga gaya gesek yang dihasilkan mampu menahan gaya yang bekerja pada geotextile akibat menahan kelongsoran yang termobilisasi. Apabila panjang penyaluran tidak cukup sehingga gaya gesek untuk menahan gaya geotextile tidak cukup, maka geotextile akan tertarik keluar (pull out) mengikuti bidang longsor yang terjadi.

e. Deformation

Harus diperhitungkan besarnya regangan maksimum yang terjadi pada geotextile sehingga cukup mampu menahan besarnya deformasi yang terjadi akibat penurunan tanah dasar. Perhitungan Sudut Friksi Geotextile Sudut friksi dari geotextile harus mampu memberikan gaya gesek yang diperlukan untuk menahan tekanan aktif lateral tanah timbunan.

Besarnya panjang penyaluran geotextile harus mampu menahan gaya geotextile yang bekerja. Prinsipnya adalah besarnya gaya friksi antara tanah dan geotextile di sepanjang penyaluran geotextile yang tidak berada dalam bidang longsor, harus mampu menahan gaya geotextile yang bekerja menahan kelongsoran. Akibat penurunan yang terjadi akibat beban tanah timbunan, materi geotextile akan mengalami pelengkungan, sehingga menyebabkan terjadi regangan pada geotextile. Regangan yang terjadi harus lebih kecil dari regangan maksimum yang mampu ditahan geotextile. Ukuran yang digunakan untuk menentukan kemampuan geotextile mengalami regangan akibat tegangan yang bekerja adalah modulus elastisitas geotextile. Besarnya modulus elastisitas geotextile tergantung dari jenis dan spesifikasi geotextile yang diberikan oleh pabrik pembuatnya.

## **2.9 Perencanaan Tanggul (dinding pantai)**

Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa salah satu dari masalah yang ada di daerah pantai adalah erosi pantai. Erosi pantai dapat menimbulkan kerugian sangat besar dengan rusaknya kawasan pemukiman dan fasilitas-fasilitas yang ada di daerah tersebut. Untuk menanggulangi erosi pantai, langkah pertama yang harus dilakukan adalah mencari penyebab terjadinya erosi, dengan mengetahui penyebabnya, selanjutnya dapat ditentukan cara penanggulangannya, yang biasanya adalah dengan membuat bangunan pelindung pantai atau menambah supai 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 dengan 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.

Tipe bangunan pantai yang digunakan biasanya ditentukan oleh ketersediaan material di dekat lokasi pekerjaan, kondisi dasar laut, kedalaman air dan ketersediaan peralatan untuk pelaksanaan pekerjaan. Batu adalah salah satu bahan utama yang digunakan untuk membuat bangunan. Mengingat jumlah yang diperlukan sangat besar maka ketersediaan batu di sekitar lokasi pekerjaan harus diperhatikan. Faktor penting lainnya adalah karakteristik dasar laut yang mendukung bangunan tersebut di bawah pengaruh gelombang. Tanah dasar

pondasi bangunan harus mempunyai daya dukung yang cukup sehingga stabilitas bangunan dapat terjamin. Pada pantai dengan tanah dasar lunak, dimana daya dukung tanah kecil maka konstruksi harus dibuat ringan (memperkecil dimensi) atau memperlebar dasar sehingga bangunan berbentuk trapesium (sisi miring) yang terbuat dari tumpukan batu atau blok beton. Bangunan berbentuk trapesium mempunyai luas alas besar sehingga tekanan yang diberikan oleh berat bangunan kecil. Apabila daya dukung tanah besar maka dapat digunakan pemecah gelombang sisi tegak, bangunan ini dapat dibuat dari buis beton atau blok beton yang ditumpukan atau berupa kaisan. Sering dijumpai tanah dasar sangat lunak sehingga tidak mampu mendukung beban di atasnya. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan perbaikan tanah dasar dengan menggeruk tanah lunak tersebut dan menggantinya dengan pasir atau dengan memancang cerucuk bambu yang akan berfungsi sebagai pondasi.

a. Dinding pantai dan revetment

Dinding pantai atau revetment adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang terutama berfungsi sebagai pelindung 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. Dinding pantai biasanya berbentuk dinding vertikal sedang revetment mempunyai sisi miring. Bangunan ini ditempatkan sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai dan bisa terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa (buis) beton, turap, kayu, atau tumpukan batu.

Dalam perencanaan dinding pantai atau revetment perlu ditinjau fungsi dan bentuk bangunan, lokasi, panjang, tinggi, stabilitas bangunan dan tanah pondasi, elevasi muka air baik di depan maupun di belakang bangunan, ketersediaan bahan bangunan dan sebagainya. Fungsi bangunan akan menentukan pemilihan bentuk. Permukaan bangunan dapat berupa sisi tegak, miring, lengkung, atau bertangga. Bangunan sisi tegak dapat juga di gunakan sebagai dermaga atau tempat penambatan kapal. Tetapi sisi tegak kurang efektif terhadap serangan gelombang, terutama terhadap limpasan dibanding dengan bentuk lengkung (konkaf). Pemakaian dapat mengakibatkan erosi yang cukup besar apabila kaki atau dasar bangunan berada di air dangkal. Gelombang pecah menghantam dinding akan membelokkan energi ke atas dan ke bawah. Komponen kebawah menimbulkan arus yang dapat mengerusi material dasar didepan bangunan. Untuk mencegah erosi tersebut diperlukan perlindungan di dasar bangunan yang berupa batu dengan ukuran dan gradasi tertentu, untuk mencegah keluarnya butir-butir tanah halus melalui sela-sela batuan yang dapat berakibat terjadinya penurunan bangunan, pada dasar pondasi diberi lapisan geotekstil. Sisi miring dan kasar dapat menyerap dan menghancurkan energi gelombang, mengurangi kenaikan gelombang (wave run up), limpasan gelombang dan erosi dasar. Bangunan dengan sisi lengkung konkaf adalah yang paling efektif untuk mengurangi limpasan gelombang. Apabila puncak bangunan digunakan untuk jalan atau maksud yang lain, bentuk ini merupakan yang paling baik untuk perlindungan puncak bangunan.

Seperti telah dijelaskan di depan bahwa salah satu fungsi utama dinding pantai adalah menahan terjadinya limpasan gelombang. Air yang melimpas di belakang bangunan akan terinfiltrasi melalui permukaan tanah dan mengalir kembali kelaut. Apabila percobaan di belakang dan di depan cukup besar dapat menimbulkan kecepatan aliran cukup besar yang dapat menarik butiran tanah di belakang dan pondasi bangunan (piping). Keadaan ini dapat mengakibatkan kerusakan/runtuhnya bangunan. Penanggulangan dari kedua tersebut dapat dilakukan dengan cara 1) membuat elevasi puncak bangunan cukup tinggi sehingga tidak terjadi limpasan, 2) di belakang bangunan dilindungi dengan lantai beton atau aspal dan dilengkapi dengan saluran drainase, atau 3) dengan membuat konstruksi yang dapat menahan terangkutnya butiran tanah/pasir, misalnya dengan menggunakan geotekstile yang berfungsi sebagai saringan.

Di dalam perencanaan dinding pantai perlu diperhatikan kemungkinan terjadinya erosi di kaki bangunan. Kedalaman erosi yang terjadi tergantung pada bentuk sisi bangunan, kondisi gelombang dan sifat tanah dasar. Untuk melindungi erosi tersebut maka pada kaki bangunan ditempatkan batu pelindung. Selain itu pada bangunan sisi tegak harus dibuat turap yang dipancang di bawah sisi depan bangunan yang berfungsi untuk mencegah gerusan di bawah bangunan. Kedalaman erosi maksimum terhadap tanah dasar asli adalah sama dengan tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi di depan bangunan (CERC,1984).

Ada beberapa jenis dinding pantai, contoh jenis dinding pantai yang bisa terbuat dari beton atau pasangan batu. Bangunan masif ini digunakan untuk menahan gelombang besar dan tanah dasar relatif kuat. Apabila tanah dasar lunak

maka diperlukan pondasi tiang. Contoh kedua dinding pantai terbuat dari susunan blok beton yang dibangun pada tanah dasar relatif kuat (misalnya terdapat batu karang) untuk melindungi bangunan (jalan raya) yang berada sangat dekat dengan garis pantai. Contoh ketiga yaitu bangunan yang didukung oleh pondasi tiang dan dilengkapi dengan tuap baja yang berfungsi untuk mencegah erosi tanah pondasi oleh serangan gelombang dan piping oleh aliran air tanah. Selain itu kaki bangunan juga dilindungi dengan batu pelindung. Pondasi bangunan harus direncanai dengan baik untuk menghindari penurunan tidak merata yang dapat menyebabkan pecahnya konstruksi.

Contoh keempat yaitu dinding pantai dengan sisi tegak yang bisa dibuat dari turap baja, kayu atau bambu. Bangunan ini dapat juga dimanfaatkan sebagai dermaga untuk merapat/bertambatnya perahu-perahu /kapal kecil pada saat laut tenang. Untuk menahan tekanan tanah di belakangnya, turap tersebut diperkuat dengan angker. Kaki bangunan harus dilindungi dengan batu pelindung. Contoh kelima yaitu dinding pantai yang terbuat dari tumpukan bronjong. Bronjong adalah anyaman kawat berbentuk kotak yang didalamnya diisi batu. Bangunan ini bisa menyerap energi gelombang, sehingga elevasi puncak bangunan bisa rendah (run up kecil). Kelemahan bronjong adalah korosi dari kawat anyaman, yang merupakan faktor pembatas dari umur bangunan. Supaya bisa lebih awet, kawat anyaman dilapisi dengan plastik (PVC).

Contoh keenam yaitu dinding pantai revetmen dari dari tumpukan batu pecah yang dibuat beberapa lapis. Lapis terluar merupakan lapis pelindung terbuat dari batu dengan ukuran besar yang direncanakan mampu menahan serangan



gelombang. Lapis di bawahnya terdiri dari lapisan batu dengan ukuran lebih kecil. Bangunan ini merupakan konstruksi fleksibel yang dapat mengikuti penurunan atau konsolidasi tanah dasar. Kerusakan yang terjadi seperti longsohnya batu pelindung, mudah diperbaiki dengan menambah batu tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan persediaan batu pelindung didekat lokasi bangunan. Contoh ketujuh adalah dinding pantai revetmen yang terbuat dari tumpukan pipa (buis) beton. Bangunan pelindung pantai dari susunan pipa beton telah banyak digunakan di Indonesia, seperti di beberapa pantai Manado, Pangandaran, Pekalongan, Tuban, Bali dan beberapa daerah lainnya. Bangunan ini terbuat dari pipa beton berbentuk bulat, yang banyak dijumpai di pasaran dan biasanya digunakan untuk membuat gorong-gorong, sumur gali dan sebagainya. Pipa tersebut disusun secara berjajar atau bertumpuk dan di dalamnya diisi batu atau beton siklop.

Apabila di dalamnya diisi beton siklop, ikatan antara pipa satu dengan yang lain dapat dilakukan dengan memberi angker dari besi tulangan. Untuk pipa yang disusun secara berjajar, angker-angker dipasang melalui lobang yang dibuat pada pipa. Sedang yang disusun secara bertumpuk, angker dipasang pada bidang gabungan. Kelebihan dari bangunan ini adalah mudah dan cepat pelaksanaannya, tidak memerlukan peralatan bera, relatif murah dan dapat dikerjakan sendiri oleh masyarakat. Biasanya digunakan pipa berdiameter 1,0 m, tinggi 0,5 m dan tebal 0,1 m. Sementara ini pemakaian pipa beton untuk pelindung pantai hanya dilakukan pada perairan relatif dangkal dan tanaha dasar perairan relatif keras. Untuk dasar lunak diperlukan konstruksi tambahan seperti bambu atau kayu yang

dipaneng di dasar. Contoh studi kasus pada perencanaan pengaman Pantai Kalibaru di daerah Cilincing Jakarta Utara dengan panjang kurang lebih 2,5 Km.

Kondisi pantai tersebut cukup parah karena garis pantai yang sudah berimpit dengan pemukiman penduduk sehingga saat terjadi gelombang besar keselamatan penduduk terancam. Bangunan yang dirancang di sepanjang Pantai Kalibaru adalah revetmen yang berfungsi menahan kerusakan pantai di belakang bangunan. Antara daratan yang dilindungi (perumahan penduduk) dan revetmen tersebut diberi ruang antara (buffer zone) selebar  $\pm 15$  m. Buffer zone ini mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Untuk memberi jarak antara pemukiman dan bangunan sehingga apabila terjadi limpasan air (air pasang bersamaan dengan gelombang besar) tidak langsung mengenai pemukiman penduduk.
2. Sebagai jalan inspeksi selama perawatan bangunan.
3. Untuk menghilangkan kesan kumuh terhadap daerah yang dilindungi.

b. Dinding pantai groin

Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai, dan berfungsi sebagai menahan transpor sedimen sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi/menghentikan erosi yang terjadi. Bangunan ini bisa juga digunakan untuk menahan masuknya transpor sedimen sepanjang pantai ke pelabuhan atau sungai. Groin hanya bisa menahan transpor sedimen sepanjang pantai. Groin yang ditempatkan di pantai akan menahan gerak sedimen tersebut, sehingga sedimen mengendap di sisi sebelah hulu (terhadap arah transpor sedimen sepanjang pantai). Disebelah hilir groin angkutan sedimen masih tetap terjadi,

sementara suplai dari sebelah hulu terhalang oleh bangunan, akibatnya daerah hilir groin mengalami defisit sedimen sehingga pantai mengalami erosi. Keadaan tersebut menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai yang akan terus berlangsung sampai dicapai suatu keseimbangan baru. Keseimbangan baru tersebut tercapai pada saat sudut yang dibentuk oleh gelombang pecah terhadap garis pantai baru adalah nol, dimana tidak terjadi angkutan sedimen sepanjang pantai. Perlindungan pantai dengan menggunakan satu buah groin tidak efektif, biasanya perlindungan pantai dilakukan dengan membuat satu seri bangunan yang terdiri dari beberapa groin yang ditempatkan dengan jarak tertentu. Dengan menggunakan satu sistem groin perubahan garis pantai yang terjadi tidak terlalu besar. Mengingat transpor sedimen sepanjang pantai terjadi di surf zone, maka groin akan efektif menahan sedimen apabila bangunan tersebut menutup seluruh lebar surf zone, dengan kata lain panjang groin sama dengan lebar surf zone.

Tetapi bangunan seperti itu dapat mengakibatkan suplai sedimen ke daerah hilir terhenti sehingga mengakibatkan erosi yang besar di daerah tersebut. Garis pantai di sebelah hulu dan hilir bangunan berubah secara mendadak dengan perubahan yang sangat besar. Oleh karena itu sebaiknya masih dimungkinkan terjadinya suplai sedimen ke daerah hilir, yaitu dengan membuat groin yang tidak terlalu panjang dan tinggi. Pada umumnya panjang groin adalah 40-60 persen dari lebar rerata surf zone, dan jarak antara groin adalah antara satu dan tiga kali panjang groin (Horikawa, 1978). Lebar surf zone berubah dengan elevasi muka air laut karena pasang surut. Nilai-nilai tersebut di atas dapat digunakan sebagai

pedoman awal dalam perencanaan. Dalam praktek di lapangan diperlukan penetapan panjang groin dan jarak antara groin berdasarkan kondisi lapangan.

Untuk dapat memberikan suplai sedimen ke daerah hilir groin dapat juga dilakukan dengan groin permeabel. Groin permeabel dapat dibuat dengan membuat memancang tiang pancang yang berjajar dengan jarak tertentu dengan arah tegak lurus pantai. Biasanya dibuat dua garis tiang, dan masing-masing tiang tersebut disatukan dengan balok memanjang dan melintang. Groin dapat dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu tipe lurus, tipe T dan tipe L. Menurut konstruksinya groin dapat berupa tumpukan batu, caison beton, turap, tiang yang dipancang berjajar, atau tumpukan buis beton yang di dalamnya diisi beton. Contoh groin dipantai kedung semak (Syamsudin, 1990) yang dibangun pada tahun 1986. Groin dibangun dari susunan pipa beton yang di dalamnya diisi batu kosong, dan bagian atasnya ditutup dengan plat beton. Karena pengaruh gelombang dan pemasangan batu kosong tidak sempurna, maka telah terjadi penurunan susunan batu kosong yang menyebabkan kerusakan plat beton penutup dan hubungan antara pipa. Secara teknis bangunan tersebut dapat berfungsi dengan baik, hanya perlu pemeliharaan dengan menambah batu-batu kosong kedalam pipa-pipa untuk mendapatkan kesatuan pipa yang baik. Contoh kedua bangunan pelindung pantai di Pantai Kuta Bali, pantai tersebut mengalami erosi cukup besar sejak dibangunnya landasan pacu (runway) Bandara Ngurahrai yang menjorok ke laut sepanjang 800 m. Gelombang dari arah samudera Indonesia dengan arah dominan dari barat laut menyebabkan transpor sedimen sepanjang pantai yang

bergerak dari selatan ke utara. Landasan pacu menghalangi transpor sedimen tersebut, sehingga suplai sedimen di pantai sebelah utara (Pantai Kuta) terhenti.

Akibatnya garis pantai tererosi, yang diperkirakan lebih dari 50 m dalam 10 tahun terakhir dan lebih dari 100 m sejak tahun 1960. Untuk menanggulangi erosi pantai tersebut telah di rencanakan perlindungan pantai secara terpadu (JICA,1988). Konsep dasar dari rencana perlindungan Pantai Kuta adalah mengembalikan pantai yang hilang dengan pengisian pasir (sand nourishment) dan mempertahankannya. Daerah yang diisi pasir sepanjang kurang lebih 2,7 km dan lebar pantai minimum 50 m yang berada di daerah I, II, dan III. Sepanjang daerah tersebut mengalami erosi, terutama di daerah II. Kemiringan pantai adalah 1:17. Volume pasir yang diisikan adalah sekitar 783.000 meter kubik.

Untuk mempertahankan agar pasir yang diisi tersebut tidak tererosi kembali, maka diperlukan bangunan seperti groin. Konsep dasar dari konservasi ini adalah membagi seluruh pantai yang di tinjau menjadi sebuah pias dan menstabilkan dalam pias pembatas dari masing-masing pias. Supaya pasir tidak keluar dari pias tersebut maka digunakan groin tipe T. Dengan demikian pasir hanya akan bergerak di dalam pias. Penggunaan groin tipe T didasarkan pada beberapa alasan berikut ini.

1. Untuk mengurangi energi gelombang datang oleh bagian groin yang sejajar pantai.
2. Daerah dibelakang groin yang sejajar pantai diharapkan dapat tenang sehingga dapat menghilangnya pasir ke arah laut.
3. Groin tersebut dapat digunakan untuk inspeksi dan turis.



4. Contoh ketiga groin di pantai Teluk Penyau di dekat pelabuhan minyak Pertamina Cilacap yang terbuat dari tiang pancang beton. Bangunan tersebut terdiri dari dua garis tiang yang berjarak 3 meter, tampang lintang adalah bujur sangkar dengan sisi 35 cm, dan jarak antara tiang dalam barisan adalah 40 cm. Groin tersebut yang merupakan bangunan permeabel memungkinkan sebagian dari transport sedimen sepanjang pantai melewati groin dan menyebabkan pengendapan pasir pada kedua sisi groin. Dengan demikian perubahan yang mendadak dari garis pantai di hulu dan di hilir bangunan dapat dikurangi. Groin yang berada di ujung selatan pantai adalah tipe impermeabel, yang berfungsi sebagai menahan masuknya angkutan pasir ke alur pelayaran.

Di dalam perencanaan groin masih dimungkinkan terjadinya suplai pasir melintasi groin ke daerah hilir. Pasir dapat melintasi groin dengan melewati sisi atasnya (*overpassing*) atau melewati ujungnya (*endpassing*). *Overpassing* tergantung pada elevasi pasir di sekitar groin dan elevasi puncak groin. Apabila elevasi terlalu rendah terhadap puncak groin, dan pasir akan terkumpul di hulu groin sehingga elevasi pasir bertambah sampai akhirnya pasir akan melewati groin. Proses terjadinya *endpassing* adalah serupa dengan *overpassing*, hanya faktor pengontrolnya adalah pertumbuhan endapan pasir ke arah laut. Endapan di sebelah hulu groin terus maju ke arah laut sehingga daerah gelombang pecah juga bergeser ke arah laut, sedemikian sehingga transport sedimen sepanjang pantai akan melintasi ujung groin. Pasang surut dan gelombang badai mempengaruhi perubahan elevasi muka air di groin. Pada saat pasang elevasi muka air naik

sehingga overpassing meningkat, sementara pada saat surut garis gelombang pecah bergerak ke arah laut sehingga endpassing bertambah.

Elevasi puncak sepanjang groin dapat dibuat horisontal atau menurun ke arah laut, yang tergantung pada fungsi (pasir dimungkinkan melompati groin atau tidak) dan pertimbangan biaya. Untuk merencanakan elevasi puncak yang menurun ke arah laut, groin dibagi menjadi tiga ruas yaitu ruas horisontal (RH), ruas miring (RM) dan ruas luar (RL). Biasanya ruas horisontal dibuat masuk ke daratan untuk mengangker groin. Tinggi RH tergantung pada tingkat limpasang (overpassing) pasir yang diijinkan. Biasanya tinggi ruas ini ditetapkan sama dengan tinggi berm. Tinggi maksimum groin untuk menahan semua pasir mencapai daerah tersebut adalah tinggi air maksimum dan uprush gelombang maksimum yang ditimbulkan oleh gelombang besar. Ruas miring terbentang antar ruas horisontal dan ruas luar. Bagian ini dapat dibuat kira-kira sejajar dengan kemiringan daerah foreshore. Ruas luar meliputi bagian groin yang menjorok ke arah laut dari ruas miring. Biasanya ruas ini adalah horisontal dengan elevasi cukup rendah, yaitu pada MLWL atau LLWL.

### c. Jetty

Jetty adalah bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan pada kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur sedimen oleh pantai. Pada penggunaan muara sungai sebagai alur pelayaran, pengendapan di muara dapat mengganggu laulintas kapal. Untuk keperluan tersebut jetty harus panjang sampai ujungnya berada di luar gelombang pecah. Dengan jetty panjang transpor sedimen sepanjang pantai dapat tertahan, dan pada alur pelayaran kondisi

gelombang tidak pecah sehingga memungkinkan kapal masuk ke muara sungai. Selain untuk melindungi alur pelayaran, jetty juga dapat digunakan untuk mencegah pendangkalan di muara dalam kaitannya dengan pengendalian banjir. Sungai-sungai yang bermuara pada pantai yang berpasir dengan gelombang cukup besar sering mengalami penyumbatan muara oleh endapan pasir. Karena pengaruh gelombang dan angin, endapan pasir terbentuk di muara.

Transpor sedimen disepanjang pantai juga sangat berpengaruh terhadap pembentukan endapan tersebut. Pasir yang melintas di depan muara akan terdorong oleh gelombang masuk ke muara dan kemudian diendapkan. Endapan yang sangat besar dapat menyebabkan tersumbatnya muara sungai. Kondisi ini banyak terjadi pada muara - muara sungai dipantai selatan Jawa Tengah. Penutupan tersebut terjadi pada musim kemarau dimana debit sungai kecil sehingga tidak mampu mengerosi endapan. Penutupan muara tersebut dapat menyebabkan terjadinya banjir didaerah sebelah hulu muara. Pada musim penghujan air banjir dapat mengerosi endapan sehingga sedikit demi sedikit muara sungai terbuka kembali. Selama proses penutupan dan pembukaan kembali tersebut biasanya disertai dengan membeloknya muara sungai dalam arah yang sama dengan arah transpor sedimen sepanjang pantai.

Jetty dapat digunakan untuk menanggulangi masalah tersebut. Mengingat fungsinya hanya untuk penanggulangan banjir, maka dapat digunakan salah satu dari bangunan berikut, yaitu jetty panjang, jetty sedang, atau jetty pendek. Jetty panjang apabila ujungnya berada diluar gelombang pecah, tipe ini efektif untuk menghalangi masuknya sedimen ke muara, tetapi biaya konstruksi sangat mahal,

sehingga kalau fungsinya hanya untuk penganggulangan banjir pemakaian jetty tersebut tidak ekonomis. Kecuali apabila daerah yang harus dilindungi terhadap banjir sangat penting. Jetty sedang, dimana ujungnya berada diantara muka air surut dan lokasi gelombang pecah, dapat menahan sebagian transpor sedimen sepanjang pantai. Alur diujung jetty masih memungkinkan terjadinya endapan pasir. Pada jetty pendek, kaki ujung bangunan berada pada muka air surut.

Fungsi utama bangunan ini adalah menahan berbeloknya muara sungai dan mengkonsentrasikan aliran pada alur yang telah ditetapkan untuk bisa mengerosi endapan, sehingga pada awal musim penghujan dimana debit besar (banjir) belum terjadi, muara sungai telah terbuka. Selain ketiga tipe jetty tersebut, dapat pula dibuat bangunan yang ditempatkan kedua sisi atau hanya satu sisi tebing muara yang tidak menjorok kelaut. Bangunan ini sama sekali tidak mencegah terjadinya endapan dimuara. Fungsi bangunan ini sama dengan jetty pendek, yaitu mencegah berbeloknya muara sungai dan mengkonsentrasikan aliran untuk mengerosi endapan.

#### d. Pemecah Gelombang Lepas Pantai

Seperti telah dijelaskan didepan bahwa pemecah gelombang dapat dibedakan menjadai dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama banyak digunakan pada perlindungan perairan pelabuhan, sedang tipe kedua untuk perlindungan pantai terhadap erosi. Secara umum, kondisi perencanaan kedua tipe adalah sama, hanya pada tipe pertama perlu ditinjau karakteristik gelombang dibeberapa lokasi disepanjang pemecah gelombang, seperti halnya pada perencanaan groin dan jetty.

Pemecahn gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Bangunan ini direncanakan untuk melindungi pantai yang terletak dibelakangnya dari serangan gelombang. Tergantung pada panjang pantai yang dilindungi, pemecahn gelombang lepas pantai dapat dibuat dari satu pemecah gelombang atau suatu seri yang terdiri dari beberapa ruas pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah. Perlindungan oleh pemecah gelombang lepas pantai terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang samai diperairan di belakng bangunan. Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindung akan mengurangi transpor sedimen sepanjang pantai yang berasal dari daerah di sekitarnya akan di endapkan di belakang bangunan. Pengendapan tersebut menyebabkan terbentuknya cusplate. Apabila bangunan ini cukup panjang terhadap jaraknya dri garis pantai maka akan terbentuk tombolo.

Pengaruh pemecah gelombang lepas pantai terhadap perubahan bentuk garis pantai dapat di jelaskan sebagai berikut ini. Apabila garis puncak gelombang sejajar dengan garis pantai asli, terjadi difraksi di daerah terlindung di belakng bangunan, dimana garis puncak gelombang membelok dan berbentuk busur liangkar. Perambatan gelombang yang terdifraksi tersebut disertai dengan angkutan sedimen menuju ke daerah terkandung dan di endapkan di perairan di belakang bangunan. Pengendapan sedimen tersebut menyebabkan terbentuknya cusplate di belakang bangunan. Proses tersebut akan berlanjut sampai garis pantai yang terjadi sejajar dengan garis puncak gelombang terdifraksi. Pada keadaan tersebut transpor sedimen sepanjang pantai menjadi nol.

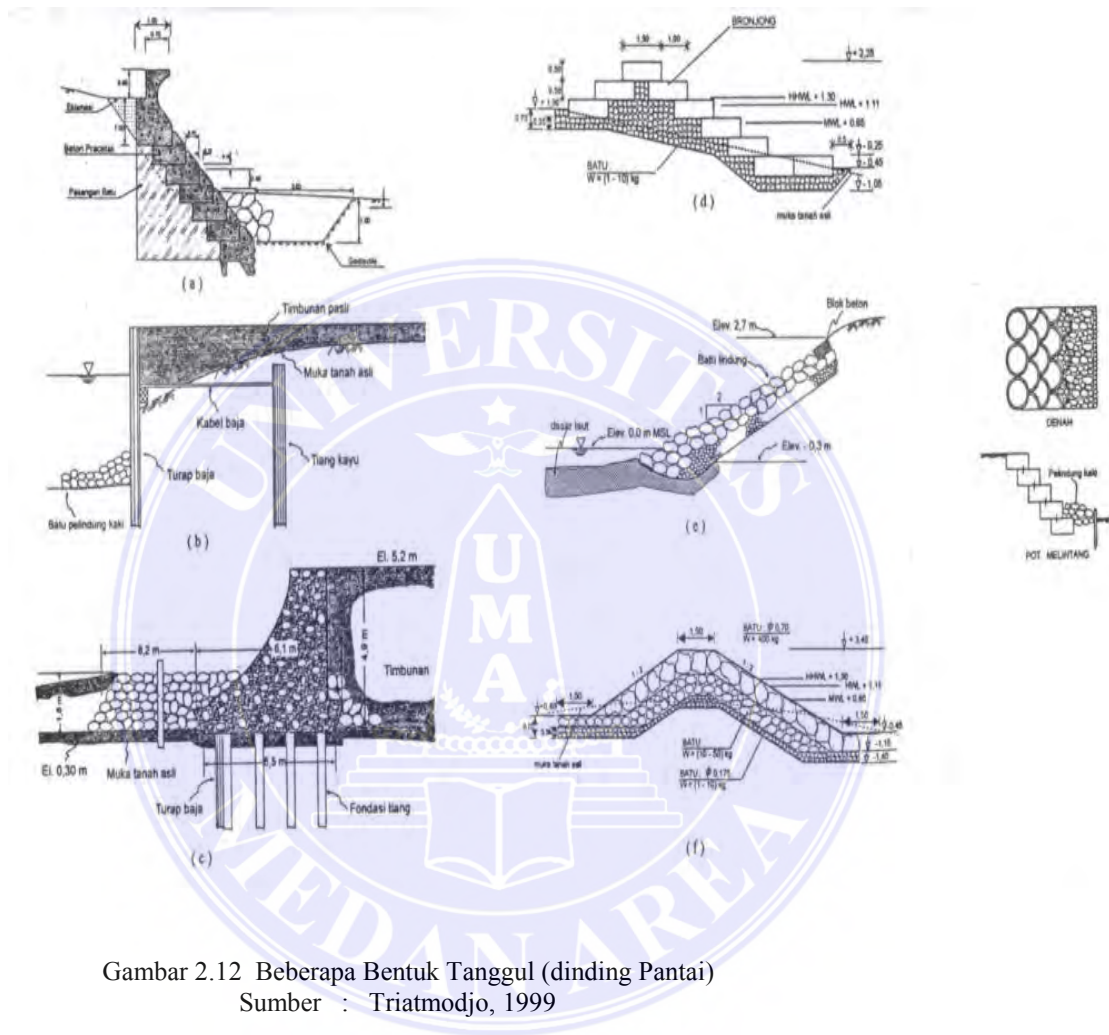


Apabila gelombang datang membentuk sudut dengan garis pantai, laju transpor sedimen sepanjang pantai akan berkurang, yang menyebabkan pengendapan sedimen yang terbentuk cusplate. Pengendapan berlanjut sehingga pembentukan cusplate terus berkembang sampai akhirnya terbentuk tombolo. Tombolo yang terbentuk akan merintang /menangkap transpor sedimen sepanjang pantai (berfungsi sebagai groin), sehingga suplai sedimen ke daerah hilir terhenti yang dapat berakibat terjadinya erosi pantai di hilir bangunan. Pemecah gelombang lepas pantai dapat direncanakan sedemikian sehingga terjadi limpasan gelombang yang dapat membantu mencegah terbentuknya tombolo.

Manfaat lain dari cara ini adalah membuat garis pantai dari cusplate menjadi lebih rata dan menyebar ke arah samping sepanjang pantai. Untuk perlindungan pantai yang panjang dibuat suatu seri pemecah gelombang lepas pantai yang dipisahkan oleh suatu celah. Energi gelombang bisa masuk ke darerah pantai melalui celah, sehingga dapat mengurangi kemungkinan terbentuknya tombolo. Energi yang sampai di daerah terlindung dipengaruhi oleh lebar celah antara bangunan dan difraksi gelombang melalui celah tersebut. Lebar celah paling tidak dua kali panjang gelombang dan panjang segmen bangunan lebih kecil dari jaraknya ke garis pantai. Seperi halnya dengan groin pemecah gelombang lepas pantai dapat juga dibuat dari tumpukan batu, beton, tumpukan buis beton, turap, dan sebagainya.

Dari beberapa pembahasan diatas, jenis dinding pantai dapat digambarkan sebagai berikut. Tanggul/dinding pantai bisa terbuat dari susunan

blok beton, turap baja, kayu atau bambu, tumpukan bronjong, tumpukan batu pecah dan tumpukan pipa (*buis*) beton, seperti terlihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Beberapa Bentuk Tanggul (dinding Pantai)  
 Sumber : Triatmodjo, 1999

Menurut (James Thoengsal, S.T., M.T., IPP) ada beberapa faktor yang diperhatikan sebelum merencanakan tanggul dipinggir pantai, hal-hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan tanggul:

1. Ukuran dan *layout* pelabuhan.
2. Bahan tanggul
3. Kedalaman perairan

4. Kondisi tanah dasar laut
5. Besar dan arah gelombang
6. Pasang surut.

Untuk tipe bangunan sisi miring metode pelaksanaannya tidak jauh berbeda dengan bangunan pelindung pantai lainnya seperti groin dan jeti yang juga menggunakan konstruksi sisi miring. Yang membedakan hanya cara pemindahan material dan alat-alat beratnya saja. Karena pemecah gelombang lepas pantai dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai maka untuk pemindahan material dan alat berat ke lokasi pemasangan menggunakan alat transportasi air misalnya kapal atau tongkang pengangkut material. Adapun metode pelaksanaannya dapat dipilah per lapisan sebagai berikut:

1. Untuk lapisan inti (core) material ditumpahkan ke dalam laut menggunakan dump truk. Untuk memudahkan penimbunan material oleh truk, bagian inti (core) idealnya mempunyai lebar antara 4-5 meter pada bagian puncak dan kira-kira 0,5 meter di atas level menengah permukaan laut, ketika ada suatu daerah pasang surut yang besar, sebaiknya berada di atas level tertinggi air pasang.
2. Lapisan bawah pertama (*under layer*) yang terdiri dari potongan-potongan tunggal batu. Penempatan batu-batu lapisan ini dapat dilakukan menggunakan ekskavator hidrolis, selain itu juga bisa dengan menggunakan sebuah mobile crane normal jika tersedia ruang yang cukup untuk landasannya. Jangan pernah menggunakan crane dengan ban karet pada lokasi yang tidak rata tanpa

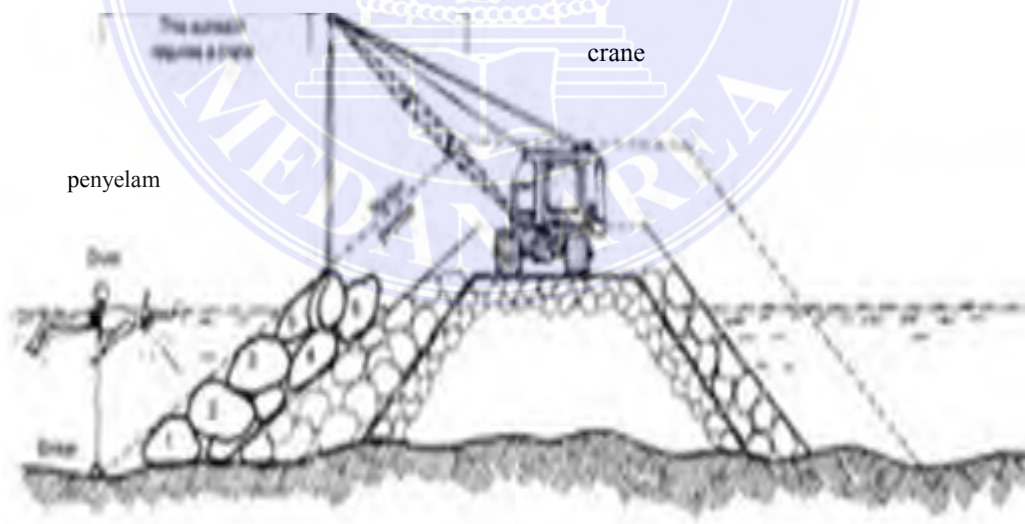
landasan yang cukup luas. Ekskavator harus menempatkan batuan yang lebih berat secepat mungkin sehingga bagian inti(core) tidak mengalami hempasan ombak. Jika suatu ombak badai mengenai lokasi dimana terlalu banyak bagian inti(core) yang mengalaminya, maka ada suatu bahaya yang serius pada bagian inti(core) yaitu penggerusan material. Gambar 9 menunjukkan susunan lapisan bawah. Dalam hal ini kemiringan lerengnya adalah 2,5/1 dan jarak H, adalah ketinggian dari puncak lapisan bawah ke dasar laut. Suatu tiang dari kayu harus ditempatkan pada bagian atas inti (core) dan disemen untuk meperkokohnya. Pada jarak sama dengan 2,5 x H, sebuah batu ladung yang berat dengan sebuah pelampung penanda harus ditempatkan di dasar laut. Sebuah senar nilon berwarna terang akan direntangkan dari batu ladung ke ketinggian yang diperlukan (H) pada tiang. Prosedur ini harus diulangi setiap 5 m untuk membantu operator crane atau ekskavator untuk menempatkan puncak lapisan di tingkatan yang benar. Seorang perenang dapat memastikan bahwa masing-masing batu batuan yang terpisah ditempatkan di dalam profil yang dibatasi oleh senar nilon.



Gambar 2.13 Penempatan batuan lapisan bawah menggunakan excavator  
Sumber : [www.google.co.id/metode+penyusunan+batu+tanggul](http://www.google.co.id/metode+penyusunan+batu+tanggul)



3. Lapisan pelindung utama (*main armor layer*). Dalam pelaksanaan penempatan batu maupun batu buatan dapat menggunakan crawler crane (crane penggerak roda kelabang) atau tracked crane (crane dengan rel). Crane jenis tersebut adalah alat berat yang paling cocok untuk pekerjaan menempatkan batuan berukuran besar. Batu-batu yang besar harus diangkat satu demi satu menggunakan sling atau pencengkram dan harus ditempatkan didalam air dengan pengawasan dari seorang penyelam. Ia harus ditempatkan satu demi satu berdasar urutannya untuk memastikan ia saling berkesinambungan. Hal ini untuk meyakinkan bahwa ombak tidak bisa menarik satu batu ke luar, yang menyebabkan batu-batu pada bagian atas longsor, menerobos lapisan pelindung dan mengakibatkan terbukanya bagian bawah yang batuanannya lebih kecil.



Tanah Pondasi

Gambar 2.14 Ilustrasi penempatan batu lapisan pelindung utama menggunakan crane  
Sumber : [www.google.co.id/metode+penyusunan+batu+tanggul](http://www.google.co.id/metode+penyusunan+batu+tanggul)



4. Untuk memastikan bahwa batu-batu ditempatkan dengan baik, penyelam tadi perlu mengarahkan operator crane setiap kali suatu batu ditempatkan sampai lapisan pelindung ini menerobos permukaan air. Sama seperti lapisan bawah, diperlukan dua lapisan pelindung untuk menyelesaikan lapisan pelindung utama. Profil kemiringan dapat diatur pada interval tetap 5 m menggunakan prosedur yang sama.

(Menurut Verhagen, 1996. Dalam jurnal SID Banjir sungai/Muara Krueng Meuruedu Kabupaten Pidie)

kedalaman gerusan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{h_s}{H_s} = \frac{0,4}{\left(\sinh \frac{2\pi \cdot h_o}{L}\right)^{1,35}} \dots\dots\dots(2.36)$$

Keterangan :

- $h_s$  = kedalaman gerusan (m);
- $H_s$  = tinggi gelombang di lokasi bangunan (m);
- $L$  = panjang gelombang (m);
- $h_o$  = kedalaman air di lokasi bangunan (m).

a. Berat batu *tanggul*

Untuk menghitung berat batu di gunakan rumus(Hudson, dalam jurnal SID Banjir sungai/Muara Krueng Meuruedu Kabupaten Pidie) :

$$W_{50} = \gamma_s \left[ \frac{H_s}{N_s \left( \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - 1 \right)} \right] \dots\dots\dots(2.37)$$

Dengan;

$W_{50}$  = Berat median batu (ton)

$\gamma_s$  = berat Volume Batu (ton/m<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  = berat Volume air (ton/m<sup>3</sup>)

$H_s$  = Tinggi gelombang Signifikan (m)

$N_s$  = angka Stabilitas

$$N_s = 1.0 p^{-0.13} \left( \frac{S}{\sqrt{N}} \right)^{0.2} \sqrt{\cot \theta} x \xi_z^p \dots \dots \dots (2.38)$$

dengan :

$p$  = koef isien permeabilitas

$S$  = tingkat kerusakan

$N$  = jumlah gelombang (1000 < N < 7000)

$\zeta$  = parameter kesamaan 'surf'

$$\xi_z = \frac{\tan \theta}{\left( \frac{2\pi H_s}{g T_z^2} \right)^{1/2}} \dots \dots \dots (2.39)$$

$T_z$  = Periode Rerata,  $T_z = T_s(0.67/0.80)$

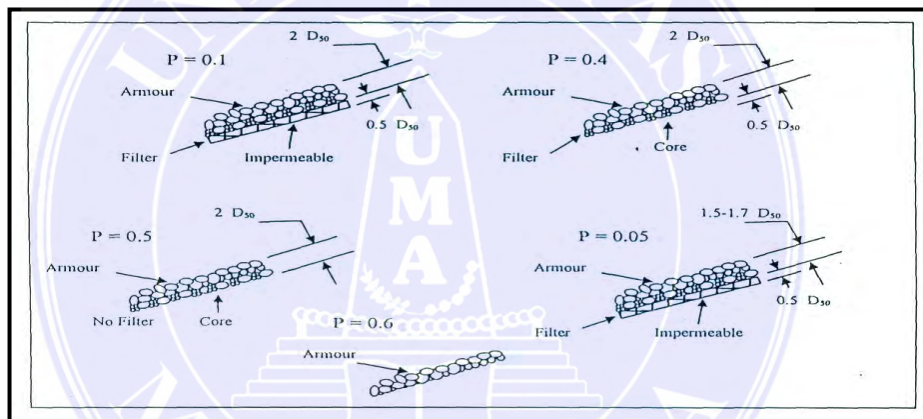
$T_s$  = Periode Gelombang Signifikan (det)

Tabel 2.4 Tingkat kerusakan

Cot □	Damage level S	
	start of Damage	failure (filter layer visile)
2.0	2	8
3.0	2	12
4.0	3	17
6.0	3	17

Sumber : Laporan Nota Penjelasan SID Kota Lhokseumawe

Untuk menentukan koefisin permeabilitas masing-masing jenis susunan batu, maka dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.15 Koefisin permeabilitas material tanggul  
Sumber : Triadmodjo, 1999

b. Tebal lapisan tanggul

Tebal minimum lapisan ditentukan dengan rumus berikut :

$$r_a = 2 \left( \frac{W_{50}}{\gamma_s} \right)^{1/3} \dots\dots\dots(2.40)$$

Tebal filter dipilih yang terbesar antara :

$$r_f = \frac{r_s}{4} \text{ atau } 1 \text{ ft}$$

Tebal total lapisan harus memenuhi persyaratan  $l \geq 2 H_s$

Dengan  $l = r_t \sqrt{1 + \cot^2 \theta}$ , dimana  $r_t = r_a + r_f$

c. Gradasi batu tanggul

Berat maximum batu dan minimum adalah sebagai berikut:

$$W_{\max} = 4 \cdot W_{50} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$W_{\min} = 1/8 \cdot W_{50} \dots\dots\dots (2.42)$$

$$W_{85} = 1.96 \cdot W_{50} \dots\dots\dots (2.43)$$

$$W_{15} = 0.40 \cdot W_{50} \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimensi batu dihitung dengan persamaan:

$$D_x = \left( \frac{W_x}{\gamma_s} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (2.45)$$

Dimana x menyatakan prosentasi gradasi batu tersebut.

d. Lapisan filter

Rasio ukuran batu lapisan filter di hitung dengan rumus :

$$\frac{D_{x(f)}}{D_{85(f)}} = 4 \dots\dots\dots (2.46)$$

Setelah diketahui  $D_{85(f)}$  maka ukuran median batu filter dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{D_{15(f)}}{D_{50(f)}} = e^{(0.01157x - 0.5785)} \dots\dots\dots (2.47)$$

Dimana  $x = 85$

D50 = Dimensi pada median batu 50

D15 = Dimensi pada median batu 15

e. Perhitungan run-up

*Run-up maximum* dihitung dengan menggunakan rumus :

$$R_{\max} = H_{mo} \frac{a\xi}{1 + b\xi} \dots\dots\dots(2.48)$$

Dimana a dan b adalah koefisien run up yang nilainya adalah

*Run up maximum* : a = 1.002 dan b = 0.247

*Run Up minimum* : a = 1.286 dan b = 0.247

$$H_{mo} = \frac{Hs}{\exp\left(Co\left(\frac{d}{gT_p}\right)\right)} \dots\dots\dots(2.49)$$

Dimana Co = 0.00089 dan Ci = 0.834

$$\xi = \frac{\tan \theta}{\left(\frac{2\pi H_{mo}}{gT_p^2}\right)^{1/2}} \quad \text{dan} \quad T_p = \frac{T_s}{0.8}$$

## 2.10 Analisa Gaya dan Stabilitas

Dalam peninjauan stabilitas tanggul, maka bagian yang ditinjau terutama adalah tubuh tanggul, karena bagian ini merupakan bagian yang paling lemah. Gaya yang bekerja pada tanggul adalah berat sendiri dan Momen. Untuk perhitungan stabilitas taggul terhadap gelombang air laut sudah dibahas pada subbab sebelumnya.



a. Berat sendiri Tanggul

Dikarenakan terbatasnya dasar teori mengenai perhitungan momen tanggul, disini penulis berasumsi berdasarkan kutipan dari tugas akhir (standar perencanaan irigasi 1986, dalam tugas akhir Nazla Razi), berat sendiri dapat dihitung dengan persamaan :

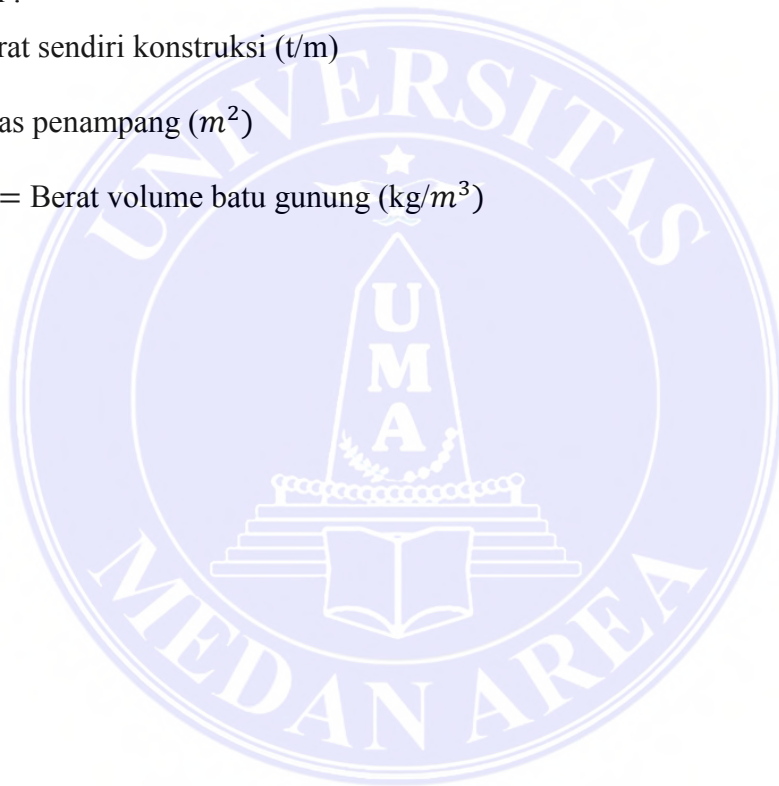
$$B = A \cdot \gamma_{\text{batu}} \dots\dots\dots(2.50)$$

Dengan :

B = Berat sendiri konstruksi (t/m)

A = Luas penampang ( $m^2$ )

$\gamma_{\text{batu}}$  = Berat volume batu gunung ( $kg/m^3$ )



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Teknik Pengumpulan Data**

Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data sekunder. Data sekunder adalah data yang bersumber dari tulisan seperti buku laporan, peraturan-peraturan, dokumen, dan sebagainya.

Adapun beberapa data sekunder tersebut, yaitu :

1. Data angin
2. Data pasang surut
3. Data gelombang
4. Gambar
5. Buku Kontrak proyek

Dalam penelitian ini data sekunder angin diperoleh dari hasil pengukuran yang dilakukan oleh Bandara Sultan Malikussaleh Lhokseumawe, data pasang surut diperoleh dari Pangkalan utama TNI AL Lhokseumawe, data gelombang diperoleh dari laporan nota penjelasan PT LAVITA INTI, & gambar, buku kontrak proyek di peroleh dari pihak Dinas pekerjaan umum Lhokseumawe & PT. Araz Mulia Mandiri sebagai pelaksana fisik.

#### **3.2 Pengolahan Data**

Data-data sekunder yang diperoleh kemudian diolah dengan persamaan-persamaan pada teori yang ada. Dari data-data tersebut, luasan yang diharapkan berupa tipe tanggul, penentuan tata letak tanggul, serta dimensi detail tanggul yang diusulkan.

### 3.3 Peta Lokasi Penelitian

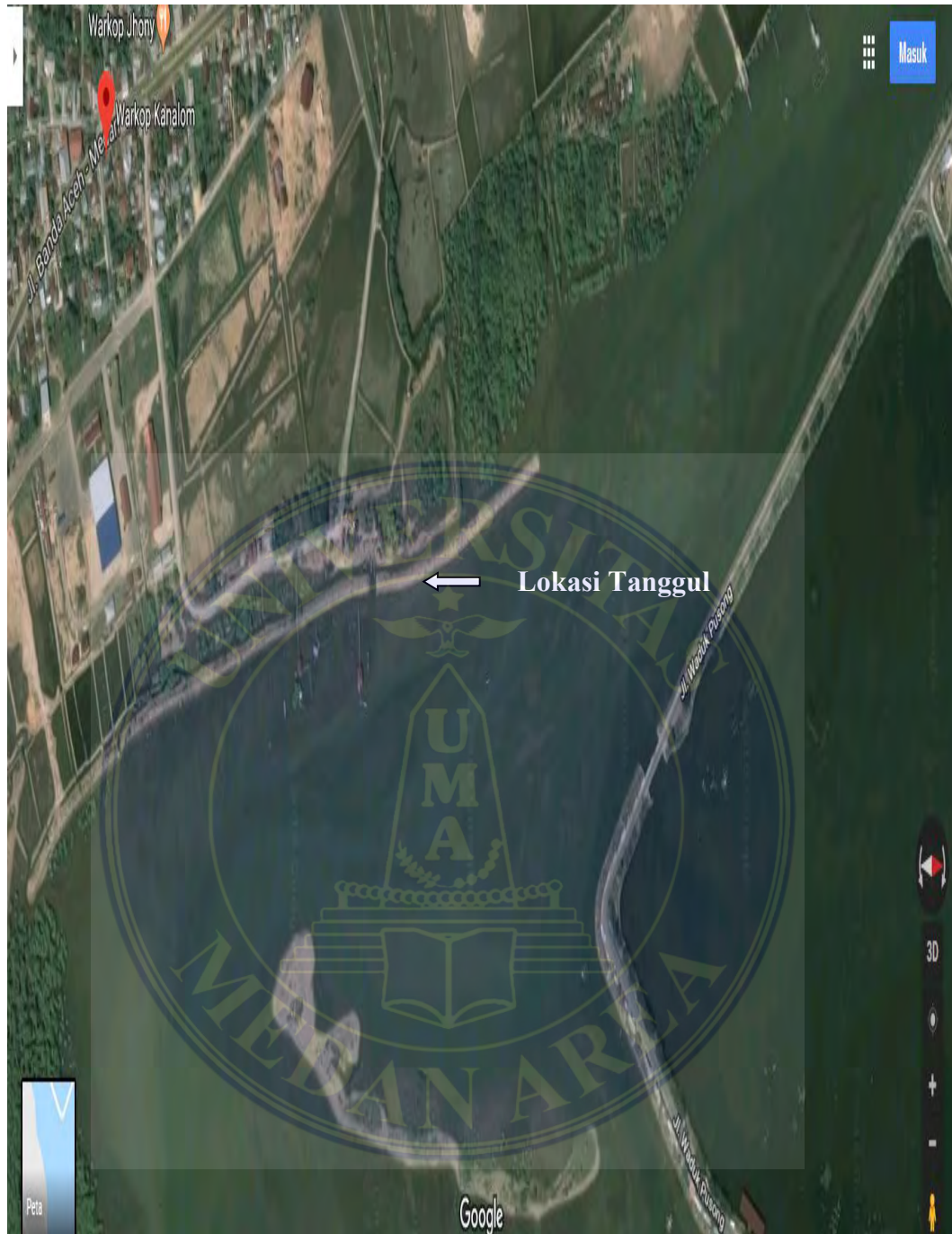


Gambar 3.1 Peta provinsi Aceh & Kota Lhokseumawe





Gambar 3.2 Peta lokasi tanggul



Gambar 3.3 Peta lokasi penelitian tanggul dari jarak lebih dekat



## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran untuk kesempurnaan hasil evaluasi tanggul yang telah diperoleh.

### 5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari evaluasi tanggul adalah :

1. Berdasarkan hasil perhitungan dan pengolahan data dapat disimpulkan bahwa dimensi tanggul aman terhadap stabilitas.
2. Dimensi struktur terbukti tahan terhadap pengaruh dari angin dan air ketika pasang, hal ini dikarenakan susunan material struktur kuat dan tinggi dari permukaan air ketika pasang tidak melewati tanggul. Disamping itu tanggul juga terbantu oleh pemecah gelombang alami yang mampu memperkecil kekuatan gelombang ketika mengenai ke badan tanggul.

### 5.2 Saran

Adapun saran dalam pelaksanaan penulisan ini adalah sebagai berikut :

1. Sebelum merencanakan pekerjaan tanggul, sangat penting memperhitungkan beberapa keadaan berikut, seperti persentasi angin yang terjadi, besarnya gelombang, tinggi permukaan air pasang dan pengaruh kapal yang bersandar.
2. Memilih tipe konstruksi dan material yang tepat yang sesuai pada daerah yang akan dibangun.
3. Melakukan kesiapan sumber material terdekat dari tempat pekerjaan tanggul.

4. Untuk pondasi, *Fetch*, fluktuasi muka air laut, kenaikan muka air karena gelombang, kenaikan muka air karena angin, tidak diperhitungkan semoga menjadi pertimbangan untuk penulisan selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adur, SA. 2011. *“Evaluasi Posisi Dermaga Pelabuhan Merak Ditinjau Dari Aspek Manuver Kapal Dan Kondisi Lingkungan”*. Depok : Skripsi Universitas Indonesia.
- Direktorat Rawa dan Pantai, Ditjen Pengairan, 2009. *“Pedoman Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai di Indonesia”*.
- Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina marga Direktorat Bina Teknik 2009. *“Pedoman Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah Dengan Gosintetik”* Jakarta Selatan.
- Febriansyah. 2012. *“Perencanaan Pemecah Gelombang (breakwater) Di Pelabuhan Merak”*. Skripsi
- [Http://syahrin88.wordpress.com/2010/09/09/bangunan-pelindung-pantai](http://syahrin88.wordpress.com/2010/09/09/bangunan-pelindung-pantai)”
- Irfani Maskur dan Irzan Mhd 2006. *“Perencanaan Pengaman Pantai Kragan Dalam Menangani Masalah Abrasi”*. Tugas Akhir.
- Marzuki. 1977. *“Metodologi Riset”*. Yogyakarta: BPFE-UII.
- PT LAVITA INTI. 2006. *Laporan Nota Penjelasan SID Kota Lhokseumawe*. Kota Lhokseumawe.
- Razi nazla, 1997. *“Tinjauan Perencanaan Hidrolis Bendung Irigasi Jeuram Kabupaten Aceh Barat”*. Proyek Akhir.
- Robydiansah. 2012. *“Kajian Ulang Stabilitas Geser dan Guling Parafet Di Sungai Grindulu Kabupaten Pacitan”*. Proyek Akhir. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Saputro, Suwandi. 2009. *“Gelombang Laut”*. Jakarta.
- Saputro, Suwandi. 2009. *“Perancangan Teknis Dermaga”*. Jakarta.
- Saputro, Suwandi. 2011. *“Perencanaan dan Pengelolaan Pelabuhan”*. Depok: Universitas Indonesia.
- Syamsudin dan Kardana, 1997. *“Rehabilitasi Pantai/Zona Pesisir”*. P3P Departemen Pekerja Umum.
- Triatmodjo, Bambang. 2003. *“Pelabuhan (3<sup>rd</sup> ed.)”*. Yogyakarta: Beta Offset.

Triatmodjo, Bambang. 1999. “*Teknik Pantai*”. Yogyakarta: Beta Offset.

[Www.google.co.id/keadaan+pasang+surut](http://www.google.co.id/keadaan+pasang+surut)

[Www.google.co.id/metode+penyusunan+batu+tanggul](http://www.google.co.id/metode+penyusunan+batu+tanggul).

Yuwono, Nur. 1992. “*Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai*”.  
Yogyakarta.



## Lampiran 1 Pengerjaan Pemasangan Geotextile



## Lampiran 2 Pengerjaan Penyusunan Material Batu Pemecah Ombak





### Lampiran 3 Struktur Tanggul kondisi 100 % Pengerjaan

