

SKRIPSI

OPTIMALISASI FUNGSI BREAKWATER DIPELABUHAN PENDARATAN IKAN (PPI) TANAH BERU KABUPATEN BULUKUMBA

Disusun dan diajukan oleh:

**RATIH PURWASIH
D081 19 1041**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

OPTIMALISASI FUNGSI BREAKWATER DIPELABUHAN
PENDARATAN IKAN (PPI) TANAH BERU KABUPATEN
BULUKUMBA

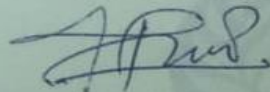
Disusun dan diajukan oleh

Ratih Purwasih
D081 19 1041

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana pada Program Studi Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 30 November 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

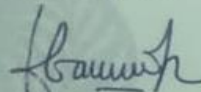
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Sabaruddin Rahman, ST., MT., Ph.D
NIP. 19760719 200112 1001

Pembimbing Pendamping,



Dr. Hasdinar Umar, ST., MT.
NIP. 19780428 200312 2002

Ketua Program Studi,



Dr. Ir. Chairul Paotonan, ST., MT.
NIP. 19750605 200212 1003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;
Nama : Ratih Purwasih
NIM : D081 19 1041
Program Studi : Teknik Kelautan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

(Optimalisasi Fungsi Breakwater Dipelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Tanah Beru
Kabupaten Bulukumba)

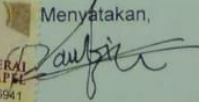
Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 21 Juni 2023

Menyatakan,

METERAI
TEMPAL
10000
60E7FAKX707096941

Ratih Purwasih
D081 19 1041

ABSTRAK

RATIH PURWASIH. *Optimalisasi Fungsi Breakwater Di pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Tanah Beru Kabupaten Bulukumba .* (dibimbing oleh Sabaruddin Rahman, ST., MT.Ph.D dan . Hasdinar Umar, ST.,MT)

Pada Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) telah dibangun bangunan pelindung pantai yang melindungi area sebagai upaya untuk memperoleh perairan yang tenang pada pelabuhan. Pemecah gelombang (*breakwater*) adalah prasarana yang dibangun untuk memecahkan ombak/gelombang dengan menyerap sebagai energi gelombang. Tipe-tipe pemecah gelombang yaitu pemecah gelombang sisi miring, pemecah gelombang sisi tegak dan pemecah gelombang campuran. Gelombang adalah salah satu bentuk energi yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui karakteristik transmisi gelombang dan alternatif konstruksi breakwater pada pelabuhan, disimulasikan dengan model hidrodinamika numerik untuk mensimulasikan gelombang. data yang di input berupa nilai tinggi gelombang, periode gelombang dan arah gelombang. Pada *Breakwater* Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) belum optimal dikarenakan gelombang yang masuk diarea pelabuhan pada musim barat mencapai 1.2 meter. Berdasarkan hasil rancangan breakwater yang digunakan dalam mengoptimalkan fungsinya hal tersebut dapat dibuktikan dengan adanya konstruksi *breakwater* yang dirancang dalam pemodelan dimana *breakwater* dengan panjang 150 m tinggi gelombang yang masuk kedalam daerah terlindungi sebesar 0,81 m, *breakwater* dengan panjang 300 m tinggi gelombang yang masuk kedalam daerah terlindungi sebesar 0,2 m, dan *breakwater* dengan panjang 500 m tinggi gelombang yang masuk kedalam daerah yang terlindungi sebesar 0,03 m.

Kata Kunci: Breakwater, Gelombang, Simulasi numerik , Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI)

ABSTRACT

RATIH PURWASIH. *Optimizing the Breakwater Function at the Fish Landing Harbor (PPI) Tanah Beru, Bulukumba Regency. (supervised by Sabaruddin Rahman, ST., MT.Ph.D dan . Hasdinar Umar, ST.,MT)*

At the Fish Landing Harbor (PPI) coastal protection buildings have been built to protect the area in an effort to obtain calm waters at the harbor. A breakwater is infrastructure built to break waves by absorbing wave energy. The types of wave breakers are sloping side breakwaters, vertical side breakwaters and mixed wave breakers. Waves are a form of energy that can shape beaches, cause currents and sediment transport in perpendicular directions and along the coast, and cause forces that act on coastal buildings. The aim of this research is to determine the characteristics of wave transmission and alternative breakwater construction in ports, simulated using a numerical hydrodynamic model to simulate waves. The input data is wave height, wave period and wave direction. The Fish Landing Harbor Breakwater (PPI) is not yet optimal because the waves entering the port area in the west season reach 1.2 meters. Based on the results of the breakwater design used to optimize its function, this can be proven by the existence of breakwater construction designed in modeling where the breakwater with a length of 150 m, the wave height entering the protected area is 0.81 m, the breakwater with a length of 300, the wave height entering the area protected by 0.2 m, and a breakwater with a length of 500, the wave height entering the protected area is 0.03 m.

Keywords: *Breakwater, Waves, Numerical Simulation, Fish Landing Harbor (PPI)*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT.....	xiii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xvii
KATA PENGANTAR	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	1
1.3 Tujuan penelitian/perancangan.....	2
1.4 Manfaat penelitian/perancangan	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Gelombang	3
2.2 Pasang Surut.....	7
Gambar 2.5. Tipe Pasang Surut	9
2.3 Elevasi Muka Air Laut	9
2.4 Pemecah Gelombang (<i>Breakwater</i>)	10
BAB 3 METODE PENELITIAN	16
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	16
3.2 Metode Penelitian	16
3.3 Prosedur Penelitian	16
3.4 Diagram Alir	18
3.5 Input Data dan Pemodelan	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Peta Batimetri	20
4.2 Pasang Surut.....	20
4.3 Analisis Data Gelombang	21
4.4 Pemodelan Gelombang	23
4.4.1 Digitasi <i>Land Boundary</i>	23
4.4.2 Meshing Grid	24
4.4.3 Simulasi Pemodelan Gelombang	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Refraksi Gelombang	4
Gambar 2.2 Difraksi Gelombang.....	5
Gambar 2.3 Penentuan tinggi gelombang pecah	6
Gambar 2.4 Penentuan kedalaman gelombang pecah	7
Gambar 2.5 Tipe pasang surut	9
Gambar 2.6 Pemecah gelombang tipe sisi miring	12
Gambar 2.7 Pemecah gelombang tipe sisi tegak.....	15
Gambar 2.8 Pemecah gelombang tipe campuran	15
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	16
Gambar 3.2 Menu Software Simulasi numeric	17
Gambar 4.1 Peta Batimetri daerah Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Bontobahari	20
Gambar 4.2 Grafik pasang surut pada koordinat Lat -5,539 dan Lon 120,36	21
Gambar 4.1 Mawar Gelombang Di Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Bontobahari Pada Musim Barat.....	22
Gambar 4.4 Mawar Gelombang Di Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Bontobahari Pada Musim Timur	22
Gambar 4.5 <i>Meshing</i> pada daerah pemodelan	23
Gambar 4.6 <i>Meshing</i> pada daerah pemodelan	24
Gambar 4.7 Kontur Kedalaman daerah pemodelan	24
Gambar 4.8 Hasil simulasi pola dalam bentuk vektor Musim Barat.....	25
Gambar 4.9 Hasil Simulasi Pola Dalam Vektor Musim Timur.....	25
Gambar 4.10 Hasil Simulasi Gelombang Pada Musim Barat	26
Gambar 4.11 Hasil Simulasi Gelombang Pada Musim Timur.....	26
Gambar 4.12 Hasil Simulasi Gelombang Pada Musim Barat	27
Gambar 4.13 Hasil Simulasi Gelombang Pada Musim Barat	28
Gambar 4.14 Hasil Simulasi Gelombang Pada Musim Barat	28
Gambar 4.15 Grafik Hasil Simulasi Gelombang Pada Musim barat	29

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Tinggi dan Periode Gelombang Per Musim (2013-2023).....	22
Tabel 4.2 Kala Ulang Gelombang.....	23
Tabel 4.3 Titik Tinjauan Tinggi Gelombang.....	27
Tabel 4.4 Titik Tinjauan Tinggi Gelombang.....	29
Tabel 4.5 Hasil Perubahan Tinggi Gelombang.....	29

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
H_b	Tinggi Gelombang
H'_0	Tinggi Gelombang Laut dalam Ekvivalen
L_0	Panjang Gelombang di Laut dalam
d_b	Kedalaman air pada saat gelombang pecah
m	Kemiringan dasar laut
g	Percepatan gravitasi
T	Periode gelombang
W	Berat butir batu pelindung
yr	Berat jenis batu
ya	Berat jenis air laut
H	Tinggi gelombang rencana
θ	Sudut kemiringan sisi pemecah gelombang
K_D	Koefisien stabilitas batu pelindung
Ir	Bilangan Irrabaren
L_o	Panjang gelombang di laut dalam
B	Lebar puncak
n	Jumlah butir batu
K_a	Koefisien lapis
t	Tebal lapis pelindung
A	Luas permukaan
P	Porositas rerata lapis pelindung

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadirat Allah SWT bahwasanya penulis dapat menyelesaikan Skripsi. Salawat serta salam penulis panjatkan kehadirat Nabi Muhammad SAW. Skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan judul:

“OPTIMALISASI FUNGSI BREAKWATER DIPELABUHAN PENDARATAN IKAN (PPI) TANAH BERU KABUPATEN BULUKUMBA”

Teristimewa penulis haturkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis Bapak **Muh. Arfa** dan Ibu **Samo** yang selalu memberikan dukungan, kasih sayang, doa, nasehat, serta kesabaran yang luar biasa dalam setiap langkah penulis sampai tahap skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Keberhasilan skripsi ini, tak luput pula berkat bantuan dari berbagai pihak yang diterima penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan secara tulus dan ikhlas kepada yang terhormat:

1. Bapak **Sabaruddin Rahman, ST.,MT.,Ph.D.** selaku dosen pembimbing Utama sekaligus kepala *Coastal and Ocean Modelling Laboratory* yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan pengarahan mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya penulisan skripsi ini
2. Ibu **Dr. Hasdinar Umar, ST.,MT.** selaku dosen pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk memberikan bimbingan dan skripsi ini.
3. Bapak **Dr. Ir. ChairulPaotonan, ST., MT.,** selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan dan dosen penasihat akademik yang telah mengesahkan skripsi ini.
4. Bapak **Dr. Ir. ChairulPaotonan, ST., MT.** dan Bapak **Eng. Achmad Yasir Baeda, ST., MT.,** Selaku dosen penguji yang memberikan kritik dan saran yang membangun pada skripsi ini.
5. Seluruh **Dosen Departemen Teknik Kelautan** yang telah memberikan pengalaman dan pengetahuannya kepada penulis selama proses perkuliahan.

6. **Staf Administrasi Departemen Teknik Kelautan** yang telah membantu segala aktivitas administrasi selama perkuliahan.
7. Kakak Tercinta **Fitri** yang tak henti-hentinya memberikan kasih sayang, mataeri, motivasi dan doa kepada penulis.
8. Kepada pemilik **NIM D081191054** terima kasih telah menjadi sosok yang selalu ada buat saya . telah berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini, meluangkan waktu, dan tenaga kepada saya.
9. **Teman-teman Mahasiswa khususnya Teknik Kelautan 2019** yang telah menjadi keluarga penulis selama perkuliahan dan selalu memberikan motivasi dan dukungannya membantu penulis hingga menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Kepada rekan-rekan **Labo Pantai, Caca, Gigi dan Galy** yang sama-sama berjuang dalam menyelesaikan studi.
11. Kepada seluruh pihak yang tak sempat penulis ucapkan satu per satu, terima kasih yang sebesar-besarnya untuk segala sumbangsih selama proses penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai bahan untuk menutupi kekurangan dari penulisan skripsi ini. Penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu Teknik Kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Gowa, 21 Juni 2023

Ratih Purwasih

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan pemecah gelombang dilakukan agar daerah pantai yang ada dibelakang bangunan terlindungi dari serangan gelombang sehingga bangunan yang berada di pantai tetap aman begitupun pantai itu sendiri. Pada daerah pelabuhan, pemecah gelombang berfungsi sebagai jalan keluar-masuknya kapal kepelabuhan tersebut. Pemecah gelombang yang digunakan untuk melindungi pelabuhan ialah pemecah gelombang sambung pantai. Salah satu persyaratan suatu pelabuhan adalah adanya perairan yang tenang terhadap gangguan gelombang sehingga kapal dapat merapat di dermaga untuk melakukan berbagai kegiatan. Dengan adanya pemecah gelombang di daerah perairan pelabuhan menjadi tenang dan kapal bisa melakukan aktifitasnya dengan mudah. Menurut *Hinrichsen* (1998), sekitar 50% tingkat kepadatan penduduk dan intensitas pembangunan industri berada di area pantai. Dengan demikian upaya dilakukan oleh pemerintah dan masyarakat dalam rangka melindungi wilayah pantai dari serangan gelombang adalah dengan membangun bangunan pelindung pantai. Seperti halnya dengan bangunan pemecah gelombang yang ada di depan pelabuhan pendaratan ikan (PPI) Tanah Beru. Pada Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) telah dibangun bangunan pelindung pantai yang melindungi area sebagai upaya untuk memperoleh perairan yang tenang pada pelabuhan. Selama ini bangunan pemecah gelombang yang ada di Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) Tanah Beru kinerjanya masih belum optimal karna jika memasuki musim barat para nelayan akan membawa kapal-kapalnya ke Pelabuhan yang ada di Bira karena gelombang yang tinggi tetap memasuki area Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI) dan aktifitas pembongkaran ikan yang dilakukan nelayan juga berpindah ke Pelabuhan penyeberangan Bira. Berdasarkan uraian diatas, maka penulis akan melakukan penelitian yang berjudul **“OPTIMALISASI FUNGSI BREAKWATER DIPELABUHAN PENDARATAN IKAN (PPI) TANAH BERU KABUPATEN BULUKUMBA”**

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang menjadi kajian dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik transmisi gelombang masuk ke kolam pelabuhan
2. Bagaimana mengoptimalkan fungsi pemecah gelombang (*breakwater*)

1.3 Tujuan penelitian/perancangan

Tujuan dari penelitian yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik gelombang transmisi pelabuhan pada musim barat dan timur.
2. Mencari alternatif layout breakwater dipelabuhan itu.
3. Mencari alternatif tipe kontruksi breakwater itu.

1.4 Manfaat penelitian/perancangan

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan pertimbangan bagi pihak-pihak atau lembaga pemerintah yang menjadi pengawas atau pemantau Pelabuhan Pendaratan Ikan (PPI)
2. Sebagai tambahan pengetahuan bagi penulis dalam memahami ilmu yang sedang ditekuni.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat terarah sesuai dengan kerangka yang direncanakan, maka penelitian ini hanya pada area pelabuhan dan pola yang dimodelkan adalah penjalaran gelombang dan tinggi gelombang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa dilaut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak, dan sebagainya. Gelombang adalah salah satu bentuk energi yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan faktor utama di dalam penentuan tata letak (*layout*) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya. (B. Triatmodjo, 1999).

Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidaklinernya, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang sangat random (suatu deret gelombang dapat mempunyai tinggi dan periode berbeda). Beberapa teori yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan gelombang alam. Ada beberapa teori dengan berbagai derajat kekompleksan dan ketelitian untuk menggambarkan gelombang di alam, diantaranya adalah teori *Airy*, *Stokes*, *Gersner*, *Mich*, *Knoidal* dan *Tuggal*. Masing-masing teori tersebut mempunyai batasan keberlakuan yang berbeda. Teori gelombang *Airy* merupakan gelombang amplitude kecil, sedangkan teori lain adalah gelombang amplitude batas (*finite amplitude waves*) (B. Triatmodjo, 1999).

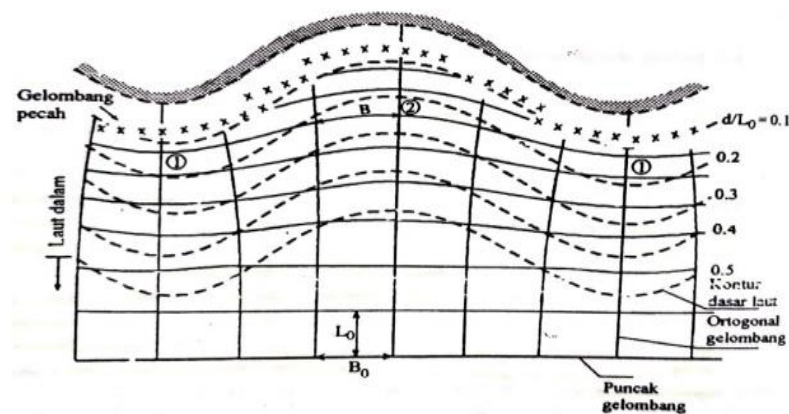
2.1.1. Deformasi Gelombang

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

2.1.2. Refraksi Gelombang

Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah yang kedalamannya lebih besar dari setengah panjang

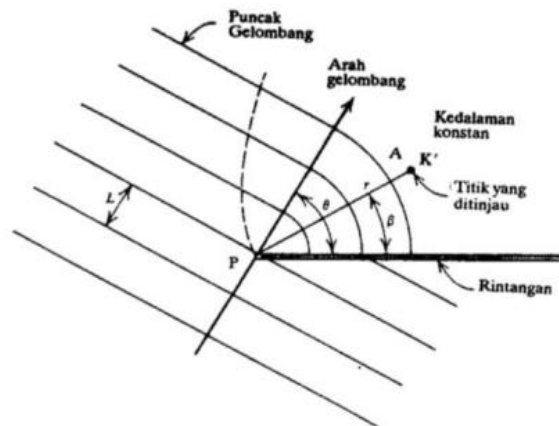
gelombang yaitu laut dalam. Gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. akan tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Apabila ditinjau suatu garis puncak gelombang, bagian dari puncak gelombang yang berada di air yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil daripada bagian di air lebih dalam. Akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kedalaman laut. Garis ortogonal gelombang, yaitu garis yang tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah perjalanan gelombang, juga akan membelok dan berusaha untuk menuju tegak lurus dengan garis kontur dasar laut.



Gambar 2.1 Refraksi Gelombang
(sumber: Triatmodjo 1999)

2.1.3. Difraksi Gelombang

Apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka akan terjadi proses difraksi gelombang. Gelombang akan masuk di celah antara dua ujung pemecah gelombang. Gelombang akan masuk ke celah dan menyebar ke kolam dengan tinggi gelombang menjadi lebih kecil.



Gambar 2.2 Difraksi Gelombang
(sumber: Triatmodjo 2010)

Dalam difraksi gelombang akan terjadi transfer energy dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung. Seperti terlihat gambar diatas, apabila tidak terjadi difraksi gelombang di daerah belakang rintangan akan tenang. Tetapi karena adanya proses difraksi maka daerah tersebut terpengaruh oleh gelombang datang. Transfer energi ke daerah terlindung menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut, meskipun tidak sebesar gelombang diluar daerah terlindung. Tinggi gelombang berkurang di sepanjang puncak gelombang menuju daerah terlindung.

2.1.4. Refleksi Gelombang

Gelombang yang mengenai/membentur suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Refleksi gelombang didalam pelabuhan akan menyebabkan ketidak tenang di dalam perairan pelabuhan. Untuk mendapatkan ketenangan di kolam pelabuhan maka bangunan-bangunan yang ada di pelabuhan harus bisa menyerap/menghansurkan gelombang. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu akan bisa menyerap energy gelombang yang lebih banyak di bandingkan denga bangunan yang tegak dan massif.

2.1.5. Gelombang Pecah

Gelombang menjalar dari tempat yang dalam menuju gelombang yang makin lama makin dangkal, pada suatu lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah. Kondisi gelombang pecah tergantung pada

kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H'_0}{L_0} \right)^{1/3}} \quad (2.1)$$

Kedalaman air di mana gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut:

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b/gT^2)} \quad (2.2)$$

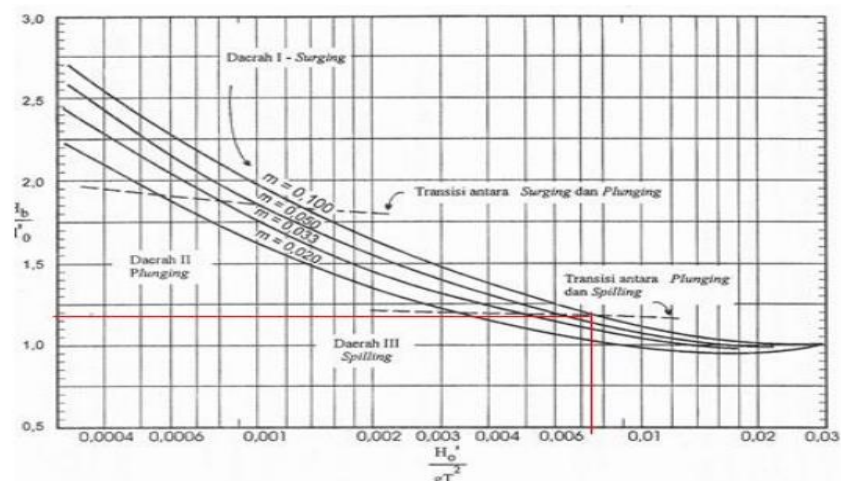
Di mana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut :

$$a = 43,75 (1 - e^{-19m}) \quad (2.3)$$

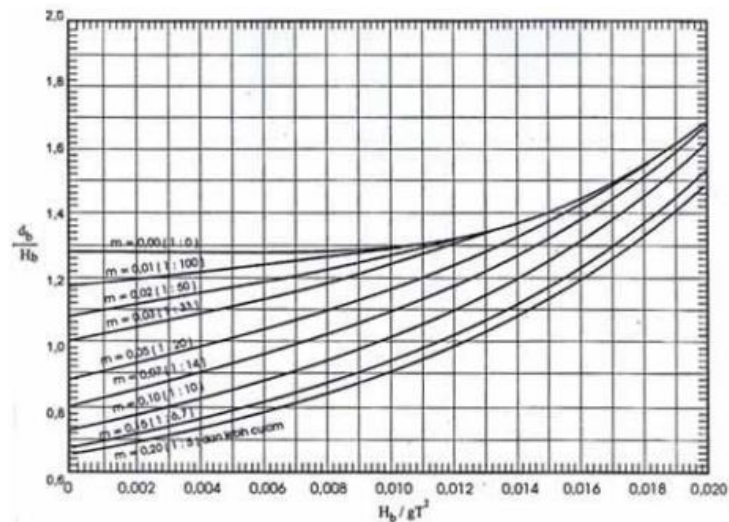
$$b = \left(\frac{1,56}{1 + e^{-19,5m}} \right) \quad (2.4)$$

Sudut datang gelombang pecah dihitung berdasarkan analisis refraksi pada kedalaman di mana terjadi gelombang pecah.

Untuk mempermudah perhitungan, Inversen, Galvin dan Goda (dalam SPM, 1984) menunjukkan bahwa H_b/H'_0 dan d_b/H_b tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kemiringan gelombang datang.



Gambar 2.3. Penentuan tinggi gelombang pecah (sumber: SPM, 1984)



Gambar 2.4. Penentuan kedalaman gelombang pecah
(sumber: SPM, 1984)

2.2 Pasang Surut

Pasang surut adalah 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, maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar dari pada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari. (B. Triatmodjo, 1999).

Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting di dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan tersebut. Elevasi puncak bangunan pemecah gelombang, dermaga, dsb. Ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sementara kedalaman alur pelayaran/pelabuhan ditentukan oleh muka air surut.

2.2.1. Kurva Pasang Surut

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berturutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang tergantung pada tipe pasang surut. Periode pada masa muka air naik disebut pasang, sedang pada saat air turun disebut surut. Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut, yang mengangkut massa air menimbulkan arus

yang disebut dengan arus pasang surut, yang mengangkut massa air dalam jumlah yang sangat besar. arus pasang terjadi pada waktu periode pasang dan arus surut terjadi pada periode air surut.

2.2.2. Tipe Pasang Surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut diberbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), harian ganda (*semidiurnal tide*) dan dua jenis campuran.

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terdapat di selat Malaka sampai laut Andaman.

2. Pasang surut harian tunggal (*durnal tide*)

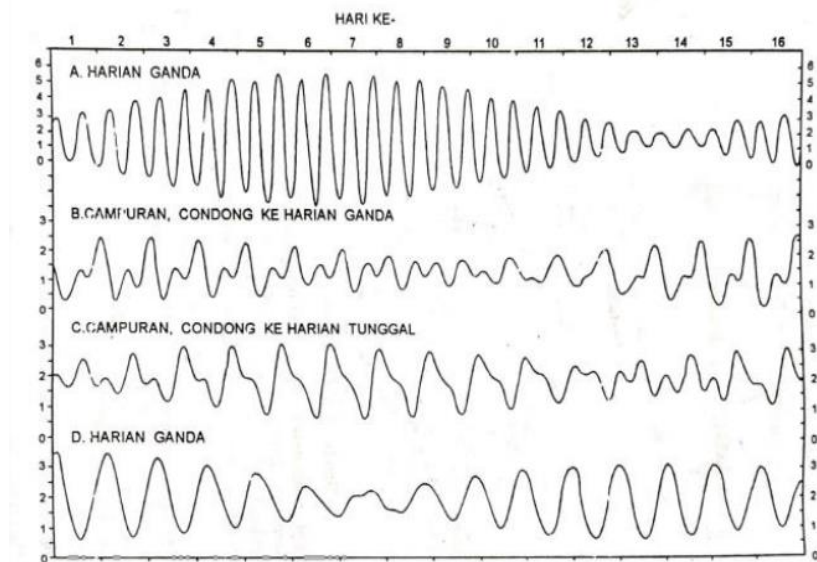
Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan selat Karimata.

3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*)

Dalam satu hari dapat terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terdapat di perairan Indonesia Timur.

4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)

Pada tipe ini dalam suatu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadinya dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut jenis ini terdapat di selat Kalimantan dan pantai utara Jawa Barat.



Gambar 2.5. Tipe Pasang Surut
(sumber: Ippen, A.T., 1966)

2.3 Elevasi Muka Air Laut

Elevasi muka air tertinggi (pasang) sangat menentukan elevasi puncak bangunan. Sedangkan elevasi muka air terendah sangat menentukan elevasi dasar suatu bangunan pengaman pantai. Oleh karena itu, pengetahuan tentang pasang surut sangat penting didalam perencanaan bangunan pengaman pantai. Selain itu diperlukan data hasil pengamatan muka air yang telah dianalisa sehingga didapat elevasi dari muka air (B. Triatmodjo, 1999) seperti:

1. Muka air tinggi (*high water level*), muka air tinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water level*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air suruh dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rata (*mean high water level, MHWL*), adalah rerata muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*mean low water level, MHWL*), adalah rerata muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*mean sea level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi dalam menetapkan elevasi daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level, HHWL*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*), adalah air terendah saat pasang surut purnama atau bulan mati.

Beberapa definisi muka air tersebut banyak digunakan dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan, misalnya *MHWL* atau *HHWL* digunakan untuk menentukan elevasi puncak pemecah gelombang, dermaga, panjang rantai pelampung penambat, dan sebagainya. Sedang *LLWL* diperlukan untuk menentukan kedalaman alut pelayaran dan kolam pelabuhan.

2.4 Pemecah Gelombang (*Breakwater*)

2.4.1. Pengertian Pemecah Gelombang (*Breakwater*)

Pemecah gelombang (*breakwater*) adalah prasarana yang dibangun untuk memecahkan ombak/gelombang dengan menyerap sebagai energy gelombang. Pemecah gelombang harus didesain sedemikian sehingga arus laut tidak menyebabkan pendangkalan karena pasir yang ikut dalam arus mengendap dikolam pelabuhan. Tinggi gelombang (*H*) mempunyai pengaruh yang besar terhadap kapal-kapal yang sedang bongkar muat. Karena gelombang tersebut akan mengganggu kapal-kapal untuk bongkar muat, maka tugas perencana untuk memperkecil tinggi gelombang di perairan pelabuhan dengan membuat pemecah gelombang (*Breakwater*). Pelabuhan yang dilengkapi dengan bangunan pemecah gelombang disebut dengan pelabuhan buatan. Jadi, pemecah gelombang dibangun dengan tujuan untuk melindungi wilayah perairan pelabuhan agar kapal dapat berlabuh dan melakukan bongkar muat barang dan penumpang dengan aman dan nyaman. Disamping itu juga digunakan untuk mengendalikan abrasi yang mengerus pantai. Disamping fungsi utama tersebut kadang-kadang digunakan untuk maksud ganda yaitu disamping sebagai pemecah gelombang untuk melindungi perairan pelabuhan juga dijadikan sebagai dermaga tempat kapal bertambat. Dengan dibangunnya pemecah gelombang, maka arah gelombang laut asal (*incident wave*) akan terganggu oleh adanya struktur baru tersebut, akan terjadi pembelokan arah maupun perubahan karakteristik gelombang yaitu tinggi, panjang dan waktu gelombang. Perlindungan oleh pemecah gelombang terjadi karena kurangnya energy gelombang yang sampai di sisi dalam perairan pelabuhan yang dilindungi di belakang bangunan yang disebut *Leeward side*. Gelombang yang menjalar mengenai suatu bangunan peredam/lapisan perlindungan yang biasa disebut *armour layer*, sebagian energinya akan dipantulkan (*refleksi*), sebagian diteruskan (*transmisi*) dan sebagian dihancurkan (*dissipasi*) melalui pemecahnya gelombang, yang tergantung pada kekentalan fluida, gesekan dasar dan lain-lain. Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan, dihancurkan dan diteruskan tergantung karakteristik gelombang datang (periode, tinggi,

kedalaman air), tipe bangunan peredam gelombang (permukaan halus atau kasar, lulus air atau tidak lulus air) dan geometrik bangunan peredam (kemiringan, elevasi, dan puncak bangunan). Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindung (*lee side*) akan mengurangi pengiriman sedimen di daerah tersebut. Pengiriman sedimen sepanjang pantai yang berasal dari daerah di sekitarnya akan diendapkan di belakang bangunan. Pantai dibelakang struktur akan stabil dengan terbentuknya endapan sedimen tersebut. Pemecah gelombang harus didesain sedemikian agar arus laut tidak menyebabkan pendangkalan karena pasir yang ikut dalam arus menghadap di kolam pelabuhan. Bila hal ini terjadi maka pelabuhan perlu dikeruk secara regular dan biaya pengerukan sangat menentukan layak tidaknya pelabuhan dibangun.

2.4.2. Tipe-tipe Pemecah Gelombang (*Breakwater*)

Pemecah gelombang adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan dari gangguan gelombang. Pemecah gelombang dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama digunakan untuk perlindungan perairan pelabuhan sedang tipe kedua untuk perlindungan pantai terhadap erosi. Pemecah gelombang lepas pantai bisa dibuat dari satu pemecah gelombang atau suatu seri bangunan yang terdiri dari beberapa ruas pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah. Pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi 3 tipe (B. Triatmodjo, 1999) yaitu:

1. Pemecah gelombang tipe sisi miring

Pemecah gelombang ini biasanya terbuat dari tumpukan batu alam, blok beton, gabungan antara batu pecah dan blok beton, batu buatan dari beton dengan bentuk khusus seperti tetrapod, quadripods, tribars, dolos dan sebagainya. Menurut soedjono dan soehedy (2011) semakin dalam suatu perairan maka semakin besar dan kekuatan gelombang makin kecil atau berkurang. Pemecah gelombang tipe ini banyak digunakan di Indonesia, mengingat dasar laut di pantai perairan di 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 satu sama lain dengan lebih baik sehingga lebih stabil. Dalam perencanaan pemecah gelombang sisi miring, ditentukan berat butir batu pelindung dengan menggunakan rumus Hudson:

$$W = \frac{yrH^3}{KD(Sr-1)^3 \cot \theta} \quad (2.5)$$

$$Sr = \frac{yr}{ya} \quad (2.6)$$

Elevasi pemecah gelombang dapat diperoleh menggunakan rumus berikut:

$$EL_{PenGel} = MHWL + Ru + Tinggi bebas \quad (2.7)$$

Dimana Ru merupakan nilai run up gelombang yang diperoleh dari fungsi bilangan Iribaren:

$$Ir = \frac{tg \theta}{\left(\frac{H}{Lo}\right)^{0,5}} \quad (2.8)$$

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

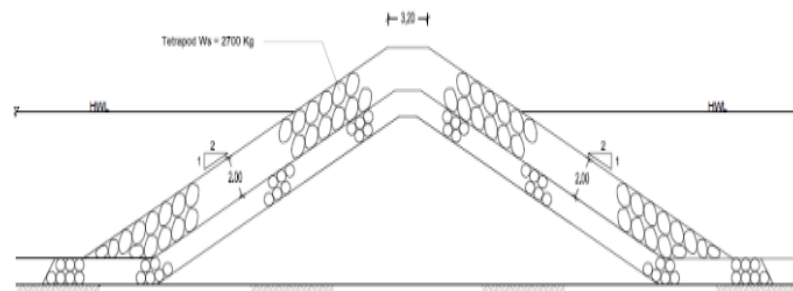
$$Sr = nKa \left(\frac{W}{yr}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.9)$$

Tebal lapis pelindung dan jumlah butir batu tiap satuan luasan diberikan dalam rumus berikut:

$$t = nKa \left(\frac{W}{yr}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.10)$$

$$Sr = AnKa \left(1 - \frac{p}{100}\right) \left(\frac{W}{yr}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.11)$$

Dibawah ini merupakan gambar dari pemecah gelombang sisi miring:



Gambar 2.6 Pemecah Gelombang Tipe Sisi Miring

2. Pemecah gelombang tipe sisi tegak

Pemecah gelombang ini biasanya terbuat ditempatkan dilaut dengan kedalaman lebih besar dari tinggi gelombang, akan memantulkan gelombang tersebut. Superposisi antara gelombang datang dan gelombang pantul akan menyebabkan terjadinya gelombang stasioner yang disebut dengan klapotis. Kedalaman maksimum pemecah gelombang ini masih bisa dibangun antara kedalaman 15-20 meter. Bila lebih besar dari kedalaman tersebut, pemecah gelombang menjadi sangat lebar (B. 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, kaisan beton, turap beton atau baja yang dipancang. Satu blok beton bisa mempunyai berat 10 sampai 50 ton. Kaisan adalah kontriksi 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 sisi miring, stabilitas terhadap penggulingan merupakan faktor penting.
- b. Tinggi dinding harus cukup untuk memungkinkan terjadinya klapotis.
- c. Pondasi bangunan harus dibuat sedemikian rupa sehingga tidak terjadi erosi pada kaki bangunan yang dapat membahayakan stabilitas bangunan.

Gelombang yang menghantam pemecah gelombang sisi tegak akan memberikan tekanan pada bangunan tersebut. Tekanan gelombang pada dinding vertikal diberikan oleh rumus-rumus berikut ini:

$$P1 = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) (\alpha + \alpha^2 \cos^2 \beta) \gamma_o H_{maks} \quad (2.12)$$

$$P2 = \frac{p1}{\cos\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \quad (2.13)$$

$$P3 = \alpha 3 p l \quad (2.14)$$

Elevasi maksimum dimana tekanan gelombang bekerja diberikan oleh rumus berikut:

$$\eta = 0,75 (1 + \cos \beta) H_{maks} \quad (2.15)$$

Di dalam rumus tersebut digunakan tinggi gelombang rencana yang nilainya adalah $H_{maks} = 1,8 H_s$ dan periode gelombang maksimum adalah sama dengan periode gelombang signifikan. Tekanan apung dihitung berdasarkan berat air laut yang dipindahkan oleh pemecah gelombang. Sedangkan tekanan ke atas yang bekerja pada dasar pemecah gelombang mempunyai bentuk distribusi segitiga, dengan tekanan p_u pada kaki depan bangunan dan nol pada kaki belakang bangunan. Tekanan ke atas dihitung dengan rumus berikut:

$$P_u = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) \alpha 1 \alpha 3 \gamma_o H_{maks} \quad (2.16)$$

Dari tekanan gelombang yang telah dihitung dengan rumus-rumus di atas, selanjutnya dapat dihitung gaya gelombang dan momen yang ditimbulkan oleh gelombang terhadap kaki pemecah gelombang vertikal dengan menggunakan rumus berikut:

$$P = \frac{1}{2} (p1 + p3) d' + \frac{1}{2} (p1 + p4) d c \quad (2.17)$$

$$M_p = \frac{1}{2} (2p1 + p3) d'^2 + \frac{1}{2} (p1 + p4) d' d c^* + \frac{1}{6} (p1 + 2p4) d c^{*2} \quad (2.18)$$

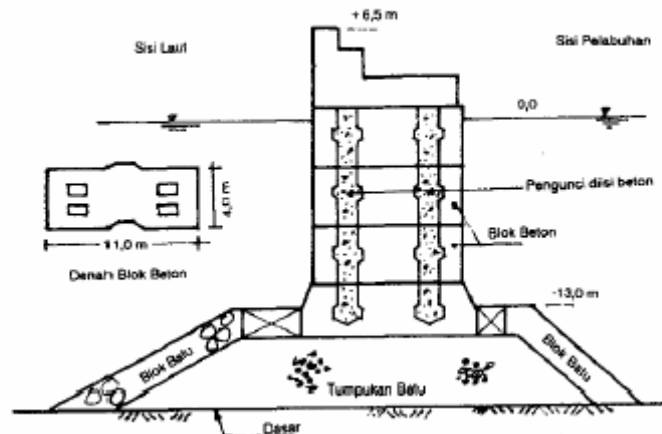
Gaya angkat dan momennya terhadap ujung belakang kaki bangunan adalah:

$$U = \frac{1}{2} p_u B \quad (2.19)$$

$$M_u = \frac{1}{2} U B \quad (2.20)$$

Dengan B adalah lebar dasar bangunan vertikal.

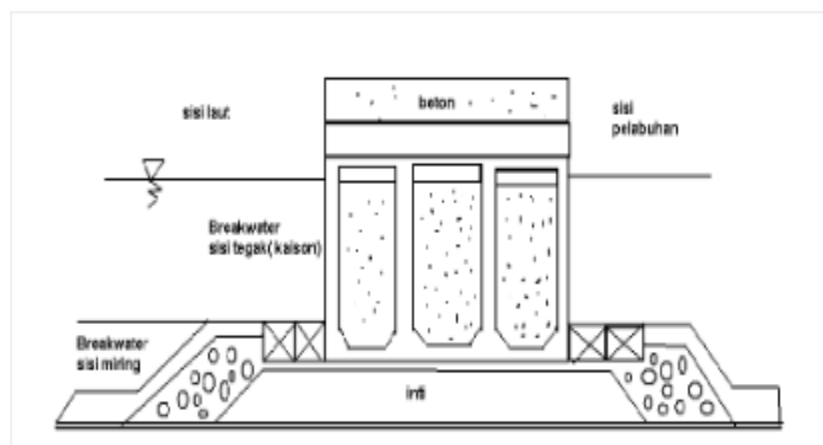
Dibawah ini merupakan gambar dari pemecah gelombang sisi tegak:



Gambar 2.7 Pemecah Gelombang Tipe Sisi Tegak

3. Pemecah gelombang tipe campuran

Pemecah gelombang campuran ini terdiri dari pemecah gelombang sisi tegak yang dibuat di atas pemecah gelombang tumpukan batu. Bangunan ini dibuat apabila kedalaman air sangat besar dan tanah dasar tidak mampu menahan beban dari pemecah gelombang sisi tegak. Pemecah gelombang ini juga harus mampu menahan serangan gelombang pecah. Tipe ini dibuat digunakan pada kedalaman air yang besar dan apabila pemecah gelombang sisi miring dan sisi tegak dinilai tidak ekonomis. Bahan yang digunakan merupakan kombinasi dari kedua tipe sebelumnya.



Gambar 2.8 Pemecah Gelombang Tipe Campuran