

3100000011186

TUGAS AKHIR
OE.1701

**PERENCANAAN DETACHED BREAKWATER
SEBAGAI BANGUNAN PENGAMAN
PANTAI SANGSIT, BALI**



RSke
627.24
Bud
P-1

1997

Disusun oleh :
ARIEF BUDIJANTO
4391 100 017

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	19-11-99
Terima Dari	IT
No. Agenda Prp.	8768

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1997**

LEMBAR PENGESAHAN

Surabaya, 17 Oktober 1997
Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh

Pembimbing I



(Ir. W. A. Pratikto MSc., PhD)

Pembimbing II

(Ir. Suntoyo)

"Bismillahirrohmanirrohim"

Rabbisrahli Shod-ri wa yashirkii amri walihlul-uqdatammisani yafqohulhouli

*Untuk Seluruh Keluargaku
Ayah, Ibu dan Adik-adikku, Dik Ayon, Dik Wawang, Dik Ayok,
Dimana mereka telah mengikatku erat dengan kasih sayang.*

A b s t r a k s i

Untuk mengurangi energi gelombang dan intensitas arus sejajar pantai akibat induksi gelombang, perlu suatu bangunan pemecah gelombang yang sering disebut breakwater. Dengan adanya bangunan pemecah gelombang ini diharapkan perilaku arus sejajar pantai akibat induksi gelombang dapat dikendalikan sehingga laju angkutan sedimen dapat berkurang. Breakwater efektif untuk kondisi gelombang datang tegak lurus terhadap arah memanjang konstruksi. Disamping itu breakwater cukup efektif untuk menahan perpindahan sedimen dari darat ke laut atau sebaliknya pada lokasi yang ditinjau yaitu Pantai Sangsit, Kabupaten Dati II Buleleng, Bali.

Dari perhitungan yang akan dilakukan pada Tugas Akhir ini akan didapatkan spesifikasi Detached Breakwater yang direncanakan. Analisa-analisa yang dilakukan meliputi analisa pasang surut, analisa hidrologi dan transportasi sedimen serta perhitungan biaya pembangunan detached breakwater tersebut. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan data-data dari kasus yang sudah ada agar dapat dilakukan perbandingan terhadap hasil perhitungan ini.

Hasil akhir dari perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan tersebut berupa dimensi geometris struktur breakwater, respon pantai yang terjadi setelah dibangunnya struktur detached breakwater tersebut, dan kondisi gelombang setelah melewati struktur detached breakwater serta besarnya biaya untuk kebutuhan material terpilih yang digunakan dalam pembangunan detached breakwater tersebut.



KATA PENGANTAR
&
UCAPAN TERIMA KASIH

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirrobbil'alamin. Segala puji hanya kepada Allah SWT., Tuhan sesembahan seluruh semesta alam. Dan kalimat inilah yang pantas penulis ucapkan atas seluruh kerja yang telah penulis lakukan. Atas karunia Allah SWT. pula penulisan Laporan Tugas Akhir berjudul **"Perencanaan Detached Breakwater Sebagai Bangunan Pengaman Pantai Sangsit, Bali"** ini dapat penulis selesaikan. Semua ini juga tidak lepas dari bantuan, perhatian, serta bimbingan yang begitu besar dari Bapak. Ir. W.A. Pratikto MSc. PhD. dan Bapak Ir. Suntoyo selaku Dosen Pembimbing. Dan tak lupa rasa terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bpk. Dr. Ir. Eko Budi Djatmiko bersama seluruh staff pengajar di Jurusan Teknik Kelautan atas bimbingannya kepada penulis. Kepada Bapak Ir. Made Wirawan dari Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali atas bantuan data yang penulis butuhkan.

Laporan Tugas Akhir ini ditulis untuk melengkapi pengerjaan Mata Kuliah Tugas Akhir (OE 1701). Dalam laporan ini dijelaskan urutan pekerjaan perencanaan sejak data diterima, pengolahannya serta hasil perhitungan perencanaan berupa dimensi struktur serta lay-out struktur. Dari hasil perencanaan ini diharapkan dapat dipakai sebagai bahan acuan untuk perencanaan pada lokasi yang telah disebutkan atau sebagai pembanding teori untuk perencanaan bangunan serupa pada lokasi-lokasi yang lain.

Pada akhirnya penulis hanya bisa berharap bahwa seluruh pekerjaan ini dapat sepenuhnya bermanfaat dan berguna. Baik bagi penulis pribadi maupun pembaca sekalian.

Surabaya, 9 Oktober 1997

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala usaha, peran serta dan bantuan banyak pihak dalam penyelesaian Tugas Akhir ini adalah sesuatu yang berharga bagi penulis selain Karunia, Rahmat dan Pertolongan Allah SWT.. Inilah karya yang selesai atas banyak peran serta dan bantuan yang tak terhingga. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin sampaikan penghargaan yang setulus-tulusnya dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayahanda Suprayitno, BA dan Ibunda Isdiharti tercinta dan senantiasa saya hormati yang selalu melimpahkan kasih dan sayang kepada penulis sejak lahir hingga sekarang.
2. Bapak Ir. W.A. Pratikto MSc., PhD. selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir ini yang atas bantuan dan bimbingan beliau, penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Dimana beliau juga berkenan menanamkan suatu nilai yang berharga kepada perjalanan hidup penulis.
3. Bapak Ir. Suntoyo selaku Dosen pembimbing Tugas Akhir ini yang atas bantuan dan bimbingan beliau penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Made Wirawan salah satu staf pada Kantor Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali yang telah banyak memberikan bantuan kepada penulis.
5. Bapak Dr. Ir. Eko Budi Djatmiko selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan.
6. Bapak Ir. Handayanu MSc., Bapak Ir. Hasan Ikhwan MSc., dan Bapak Dr. Ir. Wahyudi MSc. selaku dosen wali selama penulis menempuh studi di Jurusan Teknik Kelautan ITS, yang senantiasa memberikan arahan akan perjalanan saya di ITS.
7. Seluruh Dosen Pengajar Jurusan Teknik Kelautan - ITS atas seluruh pengetahuan, ilmu, teknologi serta pengalaman dan yang lebih penting adalah sikap dan nilai hidup yang seringkali begitu luhur untuk dijalankan.
8. Seluruh karyawan di ITS, khususnya di Jurusan Teknik Kelautan atas segala fasilitas yang diberikan kepada penulis.

-
9. Rekan seperjalanan saya dalam memperoleh data TA ke Pulau Dewata, Sukma Widyawan dan Beny Chandra.
 10. H. Syafi'i, H. Suhada', Kak Miftah, Boedhi dan Pertiwi atas segala diskusi spiritual yang begitu agung dan dalam.
 11. Rekan-rekan Jurusan Teknik Kelautan Angkatan tahun 1991, Baron "Botak", Iwan, Wiwid, Roni, Budiyono, Gatot, Vera, Budiasih, Ice "the Italian Man", Imam Masngudin, Heri Artis, Sekar, Dargombes dan semuanya atas segala kenangannya.
 12. Adik-adikku di Kelautan, Adi, Taufik, Arifin, Iman, Yeyes, Ivan, Niken, Alfi, Momo, Syaiful HIMA, Charchi, Heni, Audi, Kristin, Ratih dan seluruhnya atas segala perhatian dan do'a kalian.
 13. Teman-teman Lantai IV, Mas Edi, Mas Hery, Gimbun, Gering dan semuanya atas "antar pulangny".
 14. Dan kepada pihak-pihak yang dengan tidak mengurangi rasa hormat tidak dapat saya sebutkan satu per satu dalam lembar ini.

Tiada yang pantas saya ucapkan sekali lagi adalah beribu terima kasih atas segala yang telah terbantukan kepada saya selama ini.



• DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	
Abstrak	
Kata Pengantar	i
Ucapan Terima Kasih	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	viii
Daftar Gambar	x
Daftar Notasi	xii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang Masalah	I-1
1.2 Perumusan Masalah	I-4
1.3 Batasan Masalah	I-5
1.4 Tujuan	I-7
1.5 Manfaat	I-7
1.6 Metodologi Penelitian Dan Sistematika Laporan	I-8
BAB II PERLINDUNGAN PANTAI	II-14
2.1 Tinjauan Umum Pengamanan Pantai	II-14
2.2 Struktur Bangunan Pengaman Pantai	II-16
2.2.1 Breakwater	II-18
2.2.2 Groin	II-18
2.2.3 Jetties	II-19
2.2.4 Seawalls, Bulkheads dan Revetmen	II-20
2.3 Detached Breakwater	II-20
2.3.1 Pengertian Detached Breakwater	II-20
2.3.2 Fungsi Operasional Detached Breakwater	II-21

2.4 Prinsip Dasar Konstruksi Detached Breakwater	II-23
2.4.1 Lebar dan Elevasi Puncak	II-24
2.4.2 Lapisan Utama	II-25
2.4.3 Ketebalan Lapisan	II-26
2.4.4 Pondasi Dasar	II-26
BAB III ANALISA KONDISI LINGKUNGAN PANTAI SANGSIT	
3.1 Kondisi Gelombang	III-28
3.2 Kondisi Angin	III-30
3.3 Kondisi Angkutan Sedimen	III-32
3.4 Kondisi Pasang Surut	III-33
3.5 Permasalahan Dan Alternatif Pengamanan Pantai	III-35
BAB IV DASAR PERENCANAAN DETACHED BREAKWATER	
4.1 Informasi Umum Perencanaan	IV-36
4.2 Aspek-Aspek Perencanaan	IV-38
4.3 Penentuan Tinggi Gelombang	IV-41
4.3.1 Tinggi Gelombang Rencana (Design Wave)	IV-41
4.3.2 Tinggi Gelombang Pada Titik Yang Ditinjau	IV-46
4.4 Panjang Breakwater Dan Jaraknya Terhadap Garis Pantai	IV-48
4.5 Stabilitas Breakwater	IV-50
4.5.1 Berat Satuan Batu Pelapis	IV-51
4.6 Kriteria Pemilihan Material Pelapis	IV-52
BAB V PERHITUNGAN PERENCANAAN DETACHED BREAKWATER	
5.1 Ketinggian Struktur Breakwater	V-54
5.2 Panjang Breakwater Dan Jaraknya Terhadap Garis Pantai	V-56
5.2.1 Pemilihan Indeks Respon Pantai	V-57

5.2.2 Pemilihan Alternatif Struktur Detached Breakwater	V-58
5.3 Tinggi Gelombang Dan Periode Gelombang	V-60
5.3.1 Tinggi Gelombang Laut Dalam	V-60
5.3.2 Periode Gelombang Laut Dalam	V-61
5.3.3 Penentuan Tinggi Gelombang Pada Titik Yang Ditinjau	V-61
5.3.4 Penentuan Jenis Aksi Gelombang	V-62
5.3.5 Kondisi Gelombang Setelah melewati Breakwater	V-63
5.4 Perhitungan Lebar Mercu Breakwater	V-66
5.5 Penentuan Berat Satuan Batu Pelapis	V-67
5.6 Perencanaan Dan Perhitungan Nilai Ekonomis	V-68

BAB VI P E N U T U P

6.1 Kesimpulan	VI-73
6.2 Saran	VI-75

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN - A

LAMPIRAN - B

LAMPIRAN - C





• DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1** Jumlah jam kejadian angin keseluruhan tahun 1986 - 1994 untuk stasiun pengamatan Banyuwangi
- Tabel 3.2** Prosentase Kejadian Angin Keseluruhan tahun 1986 - 1994 untuk Stasiun Pengamatan Banyuwangi.
- Tabel 4.1** Arah, Tinggi dan Periode Gelombang Tahunan maksimum lokasi perairan Pantai Sangsit (Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali, 1996)
- Tabel 4.2** Hubungan Tinggi Gelombang dengan Periode Gelombang.
- Tabel 4.3** Tinggi Gelombang Rencana di Laut dalam di kawasan Pantai Sangsit
- Tabel 4.4** Indeks Respon Pantai oleh Pope & Dean (1986)
- Tabel 4.5** Indeks respon pantai oleh Ahrens & Cox (1984)
- Tabel 5.1** Alternatif panjang breakwater, jaraknya terhadap garis pantai dan lebar gap antar breakwater
- Tabel 5.2** Panjang Total Konstruksi untuk tiap-tiap alternatif
- Tabel 5.3** Perhitungan biaya material.
- Tabel A-1.1** Data Tinggi Gelombang Maksimum tiap tahun
- Tabel A-2.2** Perhitungan Tinggi Gelombang Rencana
- Tabel B-1.1** Nilai d/L_0 untuk perhitungan refraksi gelombang





DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Pulau Bali

Gambar 1.2 Detail Lokasi Studi

Gambar 1.3 Pembagian Zona dari keseluruhan lokasi studi

Gambar 2.1 Pembentukan lekukan-lekukan tanjung oleh adanya struktur offshore breakwater

Gambar 2.2 Penampang Melintang Rubble-Mound Breakwater

Gambar 3.1 Pengukuran pasang surut dengan pengikatan peilskal terhadap BM 0 pelabuhan

Gambar 4.1. Sketsa refraksi gelombang berdasarkan hukum snellius

Gambar 4.2 Seketsa Panjang Breakwater dan Jaraknya terhadap garis pantai

Gambar 5.1 Perubahan Garis Pantai yang direncanakan

Gambar 5.2 Gambar Perkiraan titik jatuhnya gelombang pada breakwater.

Gambar 5.3 Penampang dan dimensi breakwater





DAFTAR NOTASI

DAFTAR NOTASI

B	= lebar puncak breakwater
d	= kedalaman perairan
d_b	= kedalaman perairan pada saat gelombang pecah
g	= percepatan gravitasi
H_0	= tinggi gelombang laut dalam
H	= tinggi gelombang pada suatu titik yang ditinjau
H_b	= tinggi gelombang pecah
H_D	= tinggi gelombang setelah melalui proses difraksi oleh pengaruh struktur
H_s	= tinggi gelombang signifikan
K	= faktor frekuensi
K_R	= koefisien refraksi
K_S	= koefisien pendangkalan
K'	= koefisien difraksi
$k\Delta$	= koefisien ketebalan lapisan
L_0	= panjang gelombang di laut dalam
L	= panjang gelombang pada suatu titik yang ditinjau
L_p	= panjang gelombang pada titik penempatan breakwater
L_s	= panjang struktur
L_g	= lebar celah antar breakwater
N_s	= angka stabilitas struktur
n	= jumlah batu untuk setiap lapisan
r	= ketebalan lapisan batuan
S_x	= standard deviasi
T	= periode gelombang laut dalam
T_r	= periode tahun berulang
w	= berat satuan batu pelapis
W_r	= berat jenis batu pelapis
X_{T_r}	= besarnya tinggi gelombang untuk suatu periode tahun berulang
\bar{X}	= rata-rata tinggi gelombang maksimum selama tahun berulang T_r .
x	= jarak struktur tegak lurus terhadap garis pantai
Y_{T_r}	= reduce variate
ϕ	= sudut datang gelombang terhadap struktur dan garis pantai



BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

P E N D A H U L U A N

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Bali merupakan salah satu dari 27 propinsi yang ada di Indonesia. Pulau Bali terletak di sebelah timur Pulau Jawa, antara lintang 8° sampai 9° Lintang Selatan dan bujur $114^{\circ}30''$ dan $115^{\circ}30''$ Bujur Timur. Secara lebih jelas Peta Pulau Bali disajikan dalam gambar 1.1. Pulau Bali memiliki luas daratan sebesar $5.632,86 \text{ km}^2$ dan pada tahun 1992 tercatat memiliki populasi sebesar kurang lebih 2,7 juta jiwa. Secara geografis Pulau Bali berbentuk satu pulau tersendiri dan dikaruniai kelebihan alam yaitu memiliki pantai yang indah. Oleh karena itu pantai-pantai di Pulau Bali merupakan daerah tujuan wisata yang masyhur sampai ke seluruh penjuru dunia. Walaupun demikian, Pulau Bali bukan hanya sekedar tempat industri wisata semata meski hal itu adalah primadona perekonomian di sana, banyak aspek kehidupan sosial, budaya dan ekonomi yang terdapat di sana layaknya sebuah komunitas masyarakat. Begitu pula pada lokasi yang ditinjau dalam penelitian

ini. Yaitu, kawasan pantai sepanjang 8,1 km di Desa Sangsit, Kecamatan Sawan, Kabupaten Buleleng.

Di kawasan lokasi ini, pariwisata belum berkembang seperti di beberapa daerah pantai lain di Bali misalnya Kuta, Candidasa ataupun Sanur. Dari sini dapat dilihat bahwa studi ini dilakukan bukan hanya untuk sekedar mengamankan aset pariwisata semata, namun juga aspek-aspek lain dalam kehidupan masyarakat. Dimana pada lokasi terdapat tempat-tempat peribadatan, lahan pertanian dan perkampungan nelayan.

Pada lokasi studi yang ditinjau pada Tugas Akhir ini yaitu pada Pantai Sangsit terdapat permasalahan berupa abrasi dan erosi terus menerus sehingga garis pantai bergerak mundur ke arah darat. Permasalahan yang terjadi diakibatkan pada sepanjang pantai selalu terjadi transportasi sedimen oleh air laut. Baik akibat arus yang ditimbulkan oleh gelombang, maupun oleh arus lainnya seperti arus angin dan arus pasang surut.

Pada pantai yang stabil, akan terdapat keseimbangan sedimen yang terbawa arus dan sedimen yang diendapkan pada lokasi tersebut. Keseimbangan ini dapat terjadi pada satu periode siklus

iklim gelombang. Yaitu, satu musim pantai tersebut tererosi, dan pada musim lain terjadi akresi pantai. Atau dapat juga terjadi bahwa transportasi pada pantai tersebut seimbang, yaitu jumlah sedimen yang terendapkan selalu sama dengan yang tergerus. Keseimbangan pantai ini mulai terganggu di Pantai Sangsit. Erosi pantai pada Pantai Sangsit terjadi disebabkan ketidakseimbangan antara sedimen yang hanyut dengan sedimen yang terendapkan. Dimana akan lebih banyak sedimen yang mengalami erosi daripada yang mengalami deposisi. Permasalahan tersebut juga timbul dengan masih adanya penambangan pasir komersial oleh penduduk sekitar yang dapat menyebabkan abrasi pantai disepanjang pantai.

Akibat dari terjadinya permasalahan tersebut adalah rusaknya kawasan pantai sekaligus merusak lingkungan di sekitarnya. Hal itu berarti pula akan mengganggu keberadaan pemukiman penduduk, kawasan pertanian, serta tempat-tempat ibadah. Oleh karena itu perlindungan terhadap kawasan Pantai Sangsit merupakan hal yang harus dilakukan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan studi dan perencanaan bangunan pelindung dan pengaman pantai.

Ada beberapa alternatif metode perlindungan pantai yang mungkin dilakukan untuk mengatasi permasalahan di atas. Salah satu bentuk perlindungan pantai yang memungkinkan berupa bangunan pemecah gelombang. Alternatif bangunan pemecah gelombang yang dapat dipergunakan yaitu berupa bangunan pemecah gelombang lepas pantai atau *detached breakwater*. Dengan adanya bangunan pengaman gelombang ini diharapkan perilaku arus sejajar pantai yang menyebabkan transportasi sedimen akibat induksi gelombang dapat dikendalikan.

Perencanaan yang dilakukan didahului dengan melakukan analisa-analisa kondisi lingkungan lokasi. Kemudian dilanjutkan dengan studi terhadap kasus yang terdapat pada lokasi tersebut. Dari hasil analisa-analisa yang dilakukan tersebut diharapkan dapat diperoleh hasil perencanaan *Detached Breakwater* yang mampu mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut di atas.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Dalam tugas akhir ini yang akan dilakukan adalah membuat disain *detached breakwater* yang memenuhi spesifikasi standard dari konstruksi *breakwater* pada lokasi, yaitu di Pantai Sangsit. Disain

tersebut meliputi dimensi-dimensi breakwater seperti kedalaman breakwater, lebar mercu breakwater dan panjang breakwater serta perhitungan yang telah memenuhi ketentuan stabilitasnya. Disain tersebut didasarkan pada data-data gelombang, arus pasang surut dan volume sedimen transport yang terjadi serta elevasi muka air yang terjadi di lokasi.

Dari hasil disain dimensi ditinjau pula stabilitas konstruksi yang dihitung berdasarkan berat satuan batu pelapis. Batu pelapis ini dapat mempergunakan batu alam ataupun batu buatan seperti tetrapod, quadripod, hexapod, tribar, dolos, A-jack, dan dapat pula kubus. Dari hasil pemilihan batu pelapis yang dilakukan dengan berbagai pertimbangan maka dapat dilakukan pula analisa biaya dari keseluruhan kebutuhan material bangunan perlindungan pantai.

1.3 BATASAN MASALAH

Pembatasan masalah dilakukan agar pembahasan tidak melebar kepada persoalan-persoalan lain. Tujuan lain pembatasan masalah adalah untuk mempermudah penyelesaian Tugas Akhir ini dengan tanpa mengurangi bobot penelitian. Dalam Tugas Akhir ini

perancangan dibatasi pada batasan-batasan lokasi yang ditinjau dan batasan pembahasan.

Secara lebih rinci pembatasan permasalahan adalah sebagai berikut:

1. Meski terdapat beberapa alternatif bangunan perlindungan pantai namun pada tugas akhir ini yang akan dibahas secara rinci adalah *detached breakwater*.
 2. Perencanaan konstruksi meliputi perencanaan dimensi standard berupa kedalaman breakwater, panjang breakwater serta lebar mercu serta kemiringan dari konstruksi tersebut. Selanjutnya dilakukan pula perhitungan biaya material yang diperlukan untuk pembangunan konstruksi tersebut.
 3. Dari keseluruhan lokasi Pantai Sangsit perencanaan konstruksi *detached breakwater* dilakukan hanya untuk zona I, yaitu antara Muara Tukad Buwus sampai Tanjung Panarukan sepanjang 2,7 km. Sebab, dari hasil penelitian pendahuluan zona inilah yang lebih sesuai untuk dibangun konstruksi *detached breakwater*. Keseluruhan detail lokasi dan pembagian zona dari lokasi studi ditunjukkan pada gambar 1.2 dan 1.3.
-

1.4 TUJUAN

Dari keseluruhan pengerjaan Tugas Akhir ini akan diharapkan dapat dicapai beberapa tujuan. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Merencanakan bangunan pengaman dan perlindungan Pantai Sangsit dengan *detached breakwater* yang secara efektif dan efisien mampu melindungi Pantai Sangsit.
2. Untuk mengetahui spesifikasi *Detached Breakwater* yang mampu mengatasi permasalahan transportasi sedimen dalam rangka pengamanan dan perlindungan pantai.

1.5 MANFAAT

Manfaat yang hendak dicapai dalam rangka perencanaan *detached breakwater* ini adalah:

1. Memberikan alternatif disain *detached breakwater* pada lokasi yang telah ditentukan.
 2. Keseluruhan hasil perencanaan ini dapat dipergunakan sebagai acuan untuk pembangunan *breakwater* di lokasi baik dari segi kekuatan konstruksi, stabilitasnya, maupun kebutuhan biaya pembangunannya.
-

1.6 METODOLOGI PENELITIAN DAN SISTEMATIKA LAPORAN

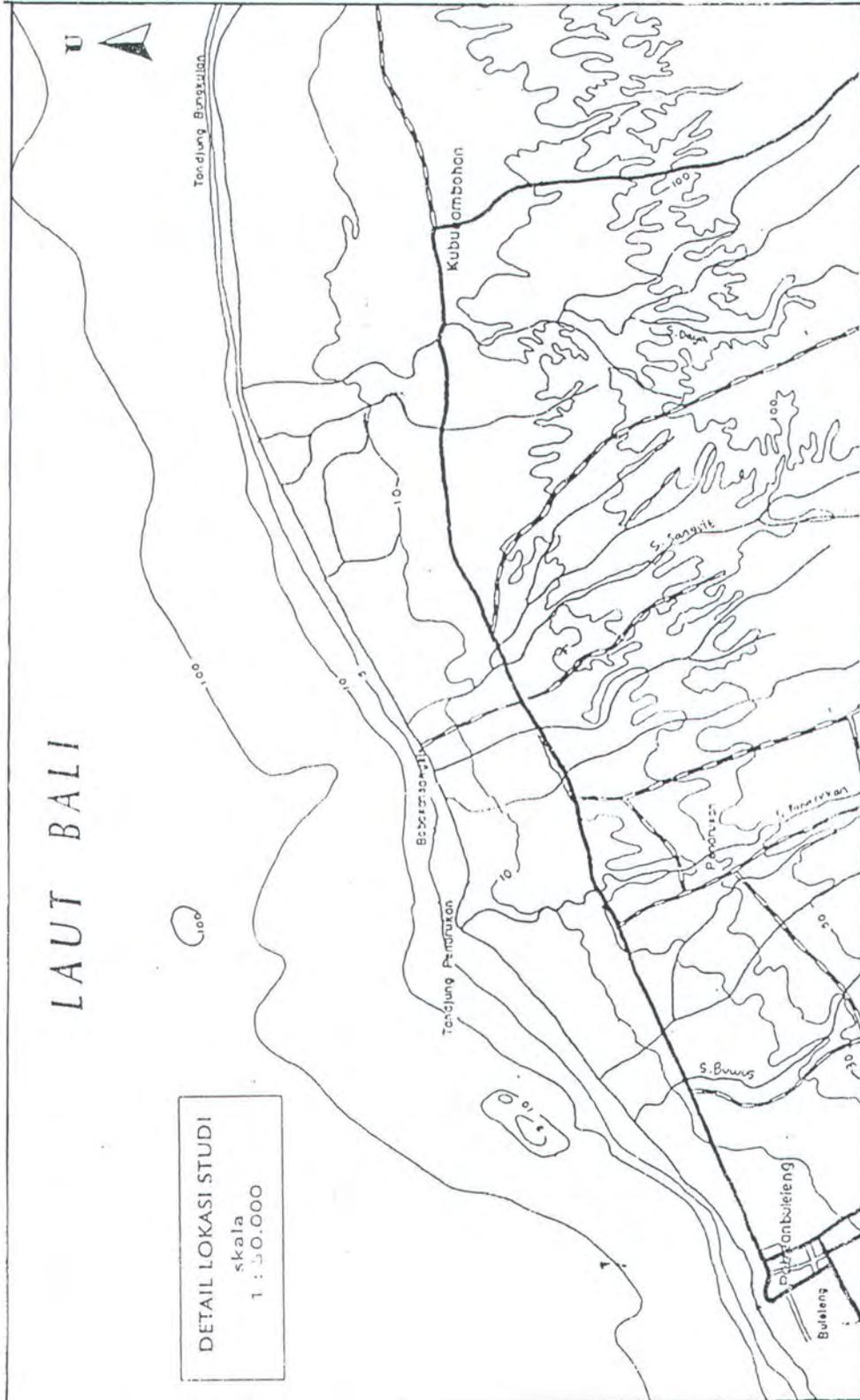
Analisa dan perancangan yang dilakukan, dibangun dari konsep-konsep dasar yang digali dari beberapa referensi dan literatur. Selanjutnya dilakukan analisa mengenai kondisi lingkungan yang terdapat di lokasi yang ditinjau seperti analisa gaya gelombang dan analisa pasang surut.

Berdasarkan data-data yang ada tersebut dapat dilakukan perancangan konstruksi detached breakwater. Perhitungan perancangan dimulai dengan penentuan besar volume transportasi sedimen yang diakibatkan oleh energi gelombang. Selanjutnya dari data elevasi muka air pasang surut ditentukan dimensi geometris dari breakwater yang direncanakan. Karena konstruksi breakwater yang direncanakan merupakan breakwater gravitasi, maka stabilitasnya akan tergantung pula dari berat batu alam yang dipergunakan. Untuk itu dilakukan pula perhitungan berat satuan batu pelapis yang akan dipergunakan sebagai material penyusunnya. Setelah dimensi geometris telah ditentukan maka dilakukan pula analisa biaya dari harga material bahan penyusun breakwater sebagai acuan atas biaya pembangunan konstruksi tersebut. Sedangkan hasil akhir yang diharapkan adalah suatu spesifikasi

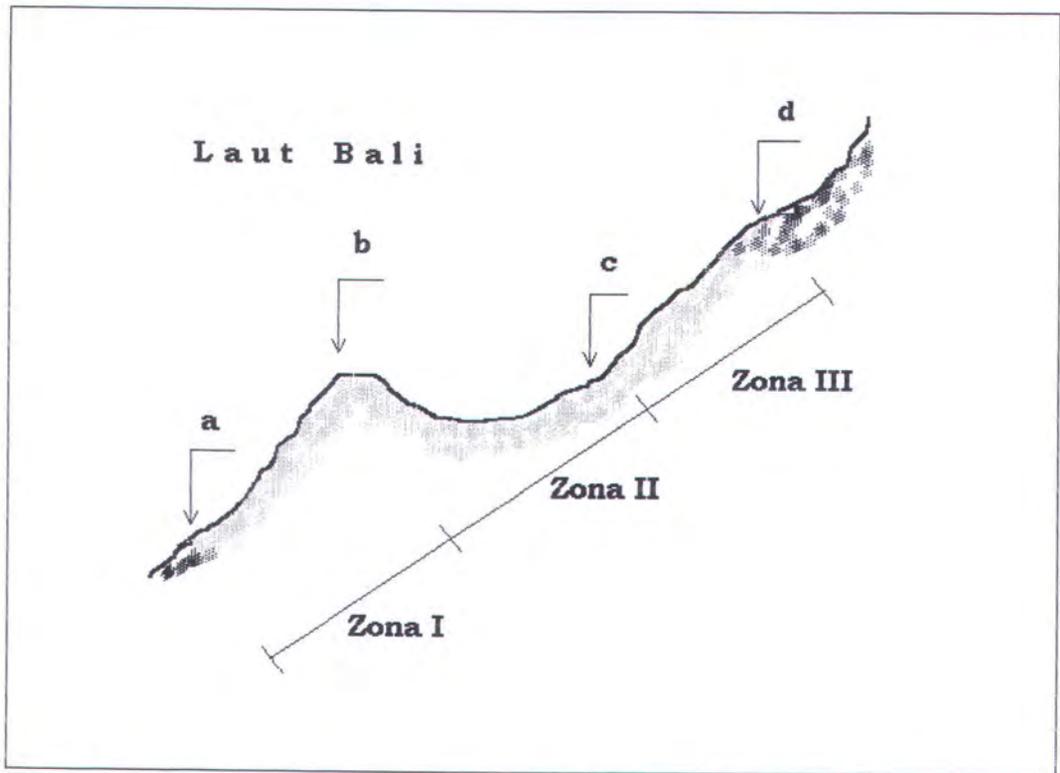
standard dari detached breakwater melalui perhitungan-perhitungan lanjutan dari hasil analisa yang telah dilakukan.

Selanjutnya hasil perhitungan yang telah dilakukan disusun dalam bentuk laporan pengerjaan tugas akhir dengan sistematika sebagai berikut. Bab I sebagai bab Pendahuluan menguraikan tentang latar belakang, perumusan masalah beserta batasan-batasannya, tujuan dari perencanaan detached breakwater ini serta manfaatnya dan diakhiri dengan penjelasan mengenai metodologi perencanaan detached breakwater ini. Bab II menguraikan tentang dasar-dasar teori mengenai pengamanan pantai serta struktur yang dibangun dalam rangka menyediakan sistem pengamanan pantai. Bab III merupakan bab yang membahas mengenai analisa kondisi lingkungan Pantai Sangsit yang meliputi kondisi gelombang, angin, tinggi elevasi permukaan air, serta analisa permasalahan yang terjadi di sekitar Pantai Sangsit. Bab IV menguraikan pembahasan mengenai dasar-dasar yang dipakai dalam perencanaan detached breakwater berupa standard-standard yang diperoleh dari CERC, US Army, dan sebagainya. Sedangkan Bab V menyajikan hasil perhitungan yang telah dilakukan berupa

harga-harga yang telah diperoleh selama perhitungan. Sedangkan Bab VI sebagai bab penutup menguraikan tentang kesimpulan dan saran-saran setelah melakukan perencanaan.



Gambar 1.2
Detail Lokasi Studi



a : Tukad Buwus
c : Pabean Sangsit

b : Tanjung Penarukan
d : Tukad Daya

Gambar 1.3
Pembagian Zona dari keseluruhan lokasi studi





B A B I I
PERLINDUNGAN PANTAI

BAB II

PERLINDUNGAN PANTAI

2.1 TINJAUAN UMUM PENGAMANAN PANTAI

Secara alamiah sebenarnya pantai telah memiliki mekanisme perlindungannya sendiri, yaitu berupa kemiringan pantai dan bukit-bukit pasir yang terdapat di sepanjang pantai (CERC, SPM. Vol.1,1984). Kemiringan pantai merupakan garis terluar pertahanan dalam meredam energi gelombang. Meskipun tetap akan terjadi pengikisan pada pantai, namun seringkali bukit-bukit pasir ini akan dapat secara alami terbentuk kembali. Dengan demikian akan mampu melindungi tanah daratan yang ada di belakangnya. Pembentukan kembali bukit-bukit pasir tersebut terjadi dalam suatu periode kurun waktu tertentu. Dalam hal ini jumlah sedimen yang terkikis akan dapat digantikan oleh adanya endapan pada daerah tersebut. Inilah yang disebut sebagai pantai yang stabil atau seimbang. Stabilitas pantai tergantung pada kecepatan debit sedimen yang terendapkan dan yang terpindahkan dari suatu kawasan

pantai. Perpindahan sedimen terjadi karena interaksi gelombang, angin, arus, pasang surut dan gaya-gaya lingkungan lainnya.

Seiring dengan perkembangan kemajuan peradaban manusia, dimana terjadi pembangunan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhannya, maka seringkali kestabilan pantai ini terganggu oleh perilaku manusia tersebut. Pembangunan jalan, perumahan-perumahan mewah, sarana-sarana pariwisata serta penambangan material yang sembarangan serta masih pula diperberat dengan adanya penebangan tanaman pantai secara liar dan sebagainya merupakan awal dari kerusakan pantai itu sendiri oleh tangan manusia. Dimana terdapat kemungkinan kemiringan pantai dan bukit-bukit pasir yang ada di sepanjang pantai rusak. Akibatnya, mekanisme keseimbangan erosi dan pengendapan pada pantai yang merupakan syarat terbentuknya pantai yang stabil menjadi terganggu pula.

Pada saat sistem perlindungan pantai yang alami ini mulai terganggu, maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah dengan memakai metode *quasi-natural* atau metode yang meniru perilaku alam, misalnya membuat bukit-bukit pasir tiruan misalnya

berupa sand dune untuk mengatasi permasalahan di atas. Dan selama kondisi permasalahan masih mampu untuk diatasi dengan metode tersebut maka metode ini akan tetap dipakai tanpa perlu mempergunakan metode perlindungan pantai dalam bentuk yang lain. Apabila sudah tidak lagi memungkinkan menggunakan metode ini dimana erosi, serta transportasi sedimen masih saja terjadi dimana akan merusak kondisi lingkungan kawasan pantai, maka selanjutnya diperlukan suatu konstruksi buatan untuk melindungi kawasan pantai.

2.2 STRUKTUR BANGUNAN PENGAMAN PANTAI

Struktur pengaman pantai dibangun untuk mengendalikan erosi yang terjadi di pantai. Selain itu juga berguna untuk merawat kondisi pantai. Seperti telah dijelaskan di atas bahwasanya erosi terjadi ketika material yang tererosi volumenya lebih banyak dari pada material yang terdeposisi di lokasi. Oleh karena itu perencanaan struktur pengaman pantai merupakan suatu solusi bagi permasalahan pantai.

Pada umumnya langkah-langkah yang direncanakan untuk memberikan stabilitas terhadap pantai dibedakan ke dalam dua

kelas (CERC, SPM. Vol.1., 1984). Yang pertama adalah struktur yang dipergunakan untuk menjaga agar gelombang dengan ketinggian gelombang yang besar tidak menjangkau kawasan pantai, dermaga ataupun pelabuhan. Di sini dapat diambil contoh yaitu, breakwater, seawall, bulkheads, serta revetment. Yang kedua struktur buatan yang digunakan untuk mengurangi laju sedimen transport sepanjang pantai, baik yang sejajar dengan garis pantai maupun pada arah yang tegak lurus garis pantai. Contoh dari struktur bangunan ini misalnya groin dan jetties.

Sedangkan secara fisik dan penempatan struktur dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok (Sorensen, 1978). Pertama, struktur yang dibangun tegak lurus terhadap garis pantai dan biasanya berhubungan secara fisik terhadap garis pantai. Yang termasuk kelompok ini antara lain groin untuk menjaga stabilitas pantai, jetties pada pelabuhan dan beberapa tipe breakwater. Yang kedua adalah struktur yang dibangun di lepas pantai dan sejajar terhadap garis pantai. Yang termasuk kelompok ini terutama adalah breakwater untuk perlindungan pantai. Kelompok ketiga adalah struktur yang dibangun pada permukaan garis pantai dan sejajar

terhadap garis pantai. Contoh struktur yang termasuk kelompok ini antara lain seawall dan revetmen. Penjelasan detil mengenai beberapa jenis struktur pengaman pantai disajikan pada poin-poin berikut ini.

2.2.1 Breakwater

Breakwater adalah struktur yang dibangun untuk melindungi kawasan pantai dan pelabuhan. Biasanya dibangun berupa rubble-mound, struktur beton, sheet-piling dan sebagainya, dan bisa juga berupa struktur floating.

Ada dua jenis breakwater yang biasa dibangun (CERC, SPM. Vol.1,1984), yaitu Shore-connected Breakwater dan Offshore Breakwater. Shore-connected Breakwater dicirikan bahwa struktur ini berhubungan secara langsung dengan daratan. Sedangkan Offshore Breakwater sebaliknya tidak berhubungan sama sekali secara fisik dengan daratan. Keduanya hampir dapat dipastikan mempunyai kesamaan dalam kegunaannya.

2.2.2 Groin

Groin adalah salah satu jenis struktur pengaman pantai yang didisain pada sepanjang pantai untuk membangun pantai yang

stabil. Biasanya groin dibangun dengan material batu alam, tribar, dolos dan sebagainya. Secara operasional groin ditentukan oleh beberapa ketentuan (CERC, SPM. Vol.1, 1984), yaitu:

1. Groin hanya dapat digunakan terhadap kondisi *longshore transport*.
2. Penyesuaian keadaan pantai disekitar Groin akan bergantung pada jarak serta arah *longshore transport*.
3. Hasil akumulasi longshore transport oleh groin pada pantai akan mengubah profil pantai.
4. Gelombang yang menempa groin kadang-kadang akan dipantulkan ke lepas pantai sepanjang sisi groin.
5. Prosentase longshore transport yang melalui groin akan bergantung pada dimensi groin, dimensi material pengisi groin, water level, dan iklim gelombang.
6. Endapan longshore transport yang terkumpul akan menumbuhkan pasir penyeimbang naik.

2.2.3 Jetties

Pengertian Jetties adalah suatu struktur yang dibangun memanjang ke perairan dan ke arah batas sungai atau aliran pasang surut. Jetties dibangun untuk mencegah terjadinya pendangkalan

oleh karena pengendapan material litoral. Jetties biasanya ditempatkan pada sekitar muara sungai untuk melindunginya terhadap aksi gelombang dan arus (CERC, SPM. Vol.1, 1984; Ehrlich & Kulhawy, 1982)

2.2.4 Seawalls, Bulkheads Dan Revetmen

Ketiga struktur ini ditempatkan secara paralel terhadap garis pantai. Tujuannya adalah untuk memberikan pembatas antara garis pantai dan perairan (CERC, SPM. Vol.1, 1984). Dengan pembatas tersebut diharapkan kawasan pantai khususnya pada garis pantai dapat terlindung dari erosi karena pengaruh aksi gelombang.

2.3 DETACHED BREAKWATER

2.3.1 Pengertian Detached Breakwater

Detached Breakwater adalah konstruksi yang termasuk dalam golongan Offshore Breakwater. Yaitu, suatu konstruksi breakwater yang diletakkan di lepas pantai terpisah dari garis pantai dan sama sekali tidak berhubungan secara fisik dengan pantai.

Detached breakwater adalah suatu struktur yang dirancang untuk melindungi daerah sepanjang garis pantai dari hempasan

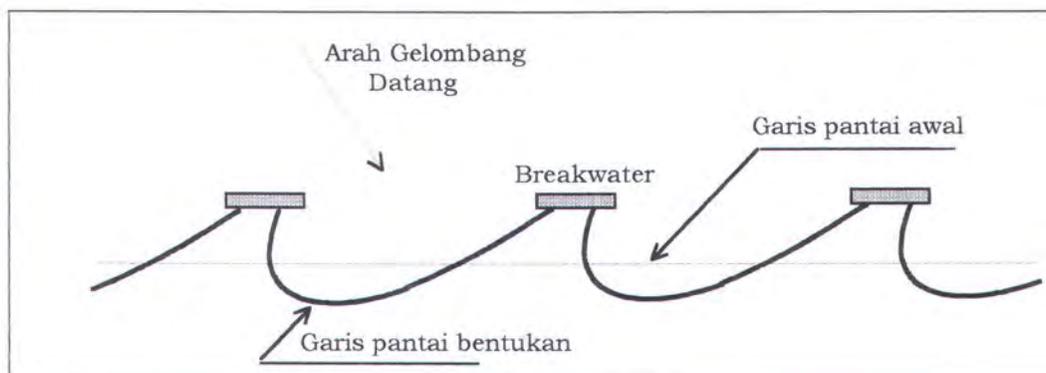
gelombang laut. Biasanya dibangun secara paralel sejajar terhadap pantai dan berada di lepas pantai pada jarak tertentu (CERC, SPM. Vol.1, 1984). Konstruksi ini juga dirancang untuk melindungi dermaga atau daerah pantai yang tak dikehendaki terjadi erosi. Pada umumnya konstruksi ini berupa konstruksi rubble-mound atau tumpukan batu, baik berupa batu alam maupun batu buatan. Meski demikian dapat pula berbentuk konstruksi sheet-pile, kayu ataupun suatu konstruksi terapung (floating breakwater).

2.3.2 Fungsi Operasional Detached Breakwater

Pada dasarnya detached breakwater beroperasi dengan mereduksi energi yang menyertai terjadinya gelombang di pantai. Struktur tersebut memantulkan gelombang dan memindahkan energi gelombang dalam bentuk difraksi gelombang setelah terjadi tumbukan (CERC, SPM. VOL.1,1984). Hasil reduksi energi gelombang ini akan mengurangi pula perpindahan sedimen ke lepas pantai yang diakibatkan oleh pengaruh gelombang. Dengan demikian sedimen akan dipindahkan dari daerah tersebut hanya pada arah sejajar garis pantai atau akan mengumpul di balik struktur. Jika panjang struktur cukup besar dibandingkan dengan jarak struktur dari garis

pantai, maka pengendapan sedimen di balik struktur akan semakin besar. Sedimen yang mengendap di balik struktur ini akan membentuk tombolo.

Beberapa Offshore Breakwater dibangun dengan puncak yang mendekati Mean Sea Level (MSL). Hal ini memungkinkan energi yang menyertai terjadinya gelombang dapat diteruskan melewati breakwater menuju pantai. Baik secara langsung maupun melalui mekanisme overtopping water. Pengendalian endapan pasir akan terjadi di sekitar breakwater. Silvester juga merekomendasikan fungsi breakwater (Silvester, 1974) adalah untuk membentuk lekukan-lekukan tanjung seperti ditunjukkan pada gambar 2.1 dibawah ini. Jika terdapat cukup longshore transportasi sedimen serta breakwater diletakkan mendekati kawasan pantai, maka lekukan-lekukan tanjung baru akan terbentuk secara alami.



Gambar 2.1.
Pembentukan lekukan-lekukan tanjung
oleh adanya struktur offshore breakwater

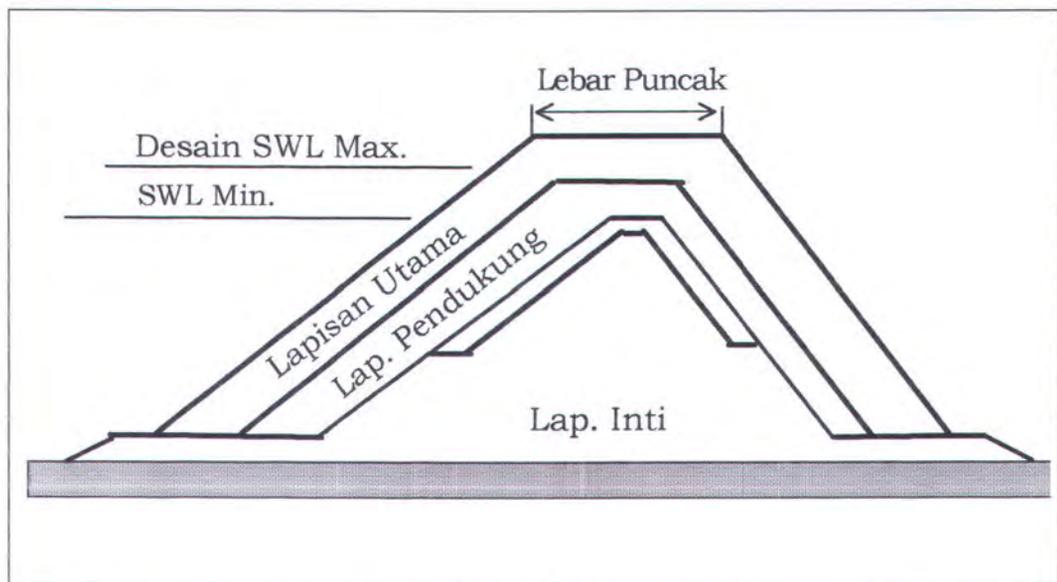
Jadi breakwater bukan hanya sekedar melindungi pantai dengan mereduksi energi gelombang saja, tetapi juga membentuk mekanisme keseimbangan pantai baru dengan terbentuknya tombolo. Hal tersebut akan dapat bekerja pada saat terjadi badai gelombang pada saat-saat tertentu.

2.4 PRINSIP DASAR KONSTRUKSI DETACHED BREAKWATER

Sebagian besar Detached Breakwater yang dibangun di berbagai lokasi di seluruh dunia berupa konstruksi *rubble-mound* breakwater. Yaitu, konstruksi yang dibangun berupa lapisan-lapisan batuan yang ditata miring. Dan hampir setiap *rubble-mound* breakwater dibangun berlapis-lapis (Ehrlich & Kulhawy, 1982). Sebagai aturan umum desain breakwater, tiap-tiap lapisan harus didisain agar lapisan yang terdiri atas material yang lebih halus tidak mudah berpindah atau berubah susunannya. Sedangkan lapisan terluar (*coverlayer*) harus didisain untuk dapat menahan hempasan gelombang yang diterimanya.

Penampang melintang rubble-mound breakwater ditunjukkan dalam gambar 2.2. Sebagian besar disain standard rubble-mound breakwater mengacu pada penampang melintang ini. Tiap-tiap

lapisan terdiri dari batu-batuan, baik batu alam maupun batu buatan seperti dolos, A-jack dan sebagainya. Tiap satuan batuan ini disebut *Armor Unit*. Tiap-tiap armor unit harus memiliki ukuran yang mampu untuk menahan hantaman gelombang. Ukuran tiap-tiap armor unit dinyatakan sebagai berat rata-rata tiap-tiap armor unit, W atau berat satuan batu pelapis.



Gambar 2.2.
Penampang Melintang Rubble-Mound Breakwater

2.4.1 Lebar Dan Elevasi Puncak

Lapisan pada puncak rubble-mound biasanya dapat bertahan sesuai keadaan jika tidak membangkitkan gelombang yang merugikan kaki-kaki struktur. Elevasi puncak relatif terhadap desain *Still Water Level* (SWL) dan tinggi gelombang run-up (Ehrlich & Kulhawy, 1982).

Lebar puncak rubble-mound tergantung besarnya lapisan teratas. Lebar puncak ini dapat dihitung dengan formulasi (Ehrlich & Kulhawy, 1982):

$$B = 0,3 L_p \text{ sampai dengan } B = 0,5 L_p \quad (2.1)$$

dimana: B = lebar puncak

L_p = panjang gelombang pada titik yang ditinjau.

2.4.2 Lapisan Utama

Syarat perluasan ke bawah ke arah kaki struktur didasarkan pada kedalaman air dan relatif terhadap tinggi gelombang. Instabilitas kritis akan dapat terjadi pada perpotongan antara lapisan dan sedimen. Instabilitas dapat pula terjadi dengan dimulai pada ujung lapisan puncak struktur.

Oleh karena itu lapisan utama memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap keberadaan stabilitas breakwater. Perhatian terhadap lapisan utama adalah dengan melakukan perhitungan yang teliti terhadapnya. Khususnya pada berat satuan batu pelapis pada lapisan utama. Juga saat pembangunannya ketentuan ukuran batu pelapis harus benar-benar diperhatikan.

2.4.3 Ketebalan Lapisan

Ketebalan lapisan batuan pelapis struktur digunakan pada perhitungan volume konstruksi. Sedangkan perhitungan volume ini dipergunakan untuk memperkirakan biaya material yang dibutuhkan dalam pembangunan struktur detached breakwater yang akan direncanakan.

Ketebalan lapisan dihitung dengan persamaan berikut ini (CERC, SPM. Vol. 1., 1984):

$$r = n \cdot k_{\Delta} \cdot \left[\frac{w}{Wr} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.2)$$

dimana: r = ketebalan lapisan batuan

n = jumlah batu untuk setiap lapisan

k_{Δ} = koefisien ketebalan lapisan batuan

w = berat satuan batu pelapis

Wr = berat jenis batu pelapis.

2.4.4 Pondasi Dasar

Pondasi dasar sangatlah penting pada perancangan dan pembangunan rubble-mound. Dua hal yang menjadikan persiapan pondasi dasar ini penting (Ehlich & Kulhawy, 1982) adalah:

1. Mendistribusikan beban dan menjaga kemampuan daya dukung tanah.
 2. Memberikan pengendalian erosi dengan menjaga *scour* pada ujung material pondasi.
-



B A B I I I
ANALISA KONDISI LINGKUNGAN
PANTAI SANGSIT



BAB III ANALISA KONDISI LINGKUNGAN PANTAI SANGSIT

3.1 KONDISI GELOMBANG

Kondisi alam yang amat berpengaruh terhadap keberadaan pantai adalah keadaan gelombang. Baik yang disebabkan oleh adanya tiupan angin atau karena arus pasang surut dan sebagainya. Beban-beban gelombang ini juga akan mempengaruhi stabilitas konstruksi bangunan pengaman pantai yang direncanakan akan dibangun.

Dari hasil penelitian pendahuluan yang telah dilakukan oleh Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali, Proyek Pengaman Pantai Propinsi Bali, diperoleh data-data keadaan gelombang yang disajikan berikut ini:

1. Secara keseluruhan, prosentase kejadian ada gelombang akibat angin hanya sekitar 21,6 % dari total kejadian.
 2. Secara keseluruhan, angin dan gelombang dominan bertiup dari arah utara. Gelombang dari arah utara cukup dominan dengan gelombang yang lebih besar dari 0,8 m berjumlah 9,5 % gelombang dari kejadian ada gelombang akibat angin.
-

3. Distribusi gelombang dominan setiap bulan adalah sebagai berikut:

- Januari : dari utara dengan tinggi > 1 m.
- Pebruari : dari utara dengan tinggi > 1 m.
- Maret : dari utara dengan tinggi > 1 m.
- April : dari utara (tidak terlalu dominan).
- Mei : dari utara (tidak terlalu dominan).
- Juni : dari utara (tidak terlalu dominan).
- Juli : lebih dominan tidak ada gelombang akibat angin.
- Agustus : lebih dominan tidak ada gelombang akibat angin.
- September : lebih dominan tidak ada gelombang akibat angin.
- Oktober : lebih dominan tidak ada gelombang akibat angin
- Nopember : lebih dominan tidak ada gelombang akibat angin.
- Desember : dari utara (tidak terlalu dominan).

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa gelombang akibat angin akan mencapai harga maksimum pada Bulan Januari hingga Bulan Maret. Gelombang ini diidentifikasi berasal dari arah utara sebagai arah yang paling dominan kejadiannya.

3.2 KONDISI ANGIN

Angin akan mengakibatkan terjadinya gelombang laut, oleh karena itu data angin dapat digunakan untuk prediksi tinggi dan arah gelombang di lokasi. Gelombang yang diakibatkan oleh angin berkembang sebagai akibat adanya energi dari udara di atas gelombang.

Data angin yang digunakan dalam perencanaan ini adalah data angin dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Jakarta untuk stasiun pengamatan Banyuwangi, Jawa Timur. Hasil pengukuran angin yang diperoleh berupa data kecepatan angin harian untuk kurun waktu 1986 hingga 1994 disajikan di bawah ini dalam tabel 3.1 dan tabel 3.2.

Tabel 3.1
Jumlah jam kejadian angin keseluruhan tahun 1986 - 1994
untuk stasiun pengamatan Banyuwangi

Arah	Kecepatan Angin Keseluruhan V (knot)					Jumlah
	$0 < V < 5$	$5 < V < 10$	$10 < V < 15$	$15 < V < 20$	> 20	
Utara	434	1.382.	568	220	120	2.724.
Timur Laut	201	657	230	97	40	1.225.
Timur	282	685	128	16	14	1.125.
Tenggara	903	2.326.	392	51	9	3.681.
Selatan	2.842.	10.216.	1.876.	273	87	15.294.
Barat Daya	405	880	116	23	8	1.432.
Barat	112	417	46	8	3	586
Barat Laut	16	33	12	6	2	69
Jumlah Jam berangin					=	26.136.
Jumlah Jam tidak ada angin					=	27.863.
Jumlah Jam tidak tercatat					=	7.369.
Jumlah kejadian total					=	61.368.

Tabel 3.2
 Prosentase Kejadian Angin Keseluruhan tahun 1986 - 1994
 untuk Stasiun Pengamatan Banyuwangi.

Arah	Kecepatan Angin Keseluruhan V (knot)					Jumlah
	$0 < V < 5$	$5 < V < 10$	$10 < V < 15$	$15 < V < 20$	> 20	
Utara	0.7	2.3	0.9	0.4	0.2	4.4
Timur Laut	0.3	1.1	0.4	0.2	0.1	2
Timur	0.5	1.1	0.2	0	0	1.8
Tenggara	1.5	3.8	0.6	0.1	0	6
Selatan	4.6	16.6	3.1	0.4	0.1	24.9
Barat Daya	0.7	1.4	0.2	0	0	2.3
Barat	0.2	0.7	0.1	0	0	1
Barat Laut	0	0.1	0	0	0	0.1
Prosentase kejadian berangin					=	42.6
Prosentase kejadian tidak ada angin					=	45.4
Prosentase kejadian tidak tercatat					=	12
Prosentase kejadian total					=	100

Dari data yang merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali diperoleh ikhtisar sebagai berikut:

1. Secara keseluruhan angin didominasi tiupan dari arah selatan dengan prosentase sebesar 24,9 %.
2. Bila dipilahkan menurut bulannya, angin dominan bertiup dari arah sebagai berikut:
 - Januari : dari Selatan.
 - Pebruari : dari Utara dan Selatan (berimbang).
 - Maret : dari Utara dan Selatan (Selatan dominan).
 - April : dari Utara dan Selatan (Selatan dominan).
 - Mei : dari Selatan.
 - Juni : dari Selatan.
 - Juli : dari Selatan.

Agustus : dari Selatan.
September : dari Selatan.
Oktober : dari Selatan
Nopember : dari Selatan.
Desember : dari Selatan.

3.3 KONDISI ANGKUTAN SEDIMEN

Salah satu alasan dibangunnya Breakwater atau bentuk-bentuk pengaman pantai lainnya adalah untuk mengendalikan Angkutan Sedimen. Angkutan Sedimen bisa berupa *Onshore-Offshore Transport* atau bisa pula berupa *Longshore Transport*. Onshore-Offshore Transport adalah jumlah angkutan sedimen rata-rata dengan arah tegak lurus terhadap garis pantai, baik ke arah pantai maupun ke arah lepas pantai. Sedangkan Longshore Transport adalah jumlah angkutan sedimen dengan arah sejajar garis pantai. Di areal perairan seringkali angkutan sedimen merupakan gabungan antara *onshore-offshore transport* dan *longshore transport*.

Adanya angkutan sedimen ini akan mengakibatkan perubahan garis pantai. Dari data yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali, diketahui bahwa angkutan sedimen yang terjadi lebih banyak berupa angkutan sejajar pantai atau *longshore transport*. Besarnya volume angkutan sedimen yang terdapat di lokasi

penelitian tersebut adalah 321903 m³/tahun dengan arah menuju ke Barat Daya. Terjadinya angkutan sedimen tersebut sebagian juga mengakibatkan penggerusan pada beberapa kawasan pantai di Sangsit, Kabupaten Buleleng, Propinsi Bali. Oleh karena itu apabila dibiarkan akan mengganggu aktifitas masyarakat sekitar. Lebih jauh akan mengakibatkan perubahan garis pantai ke arah daratan.

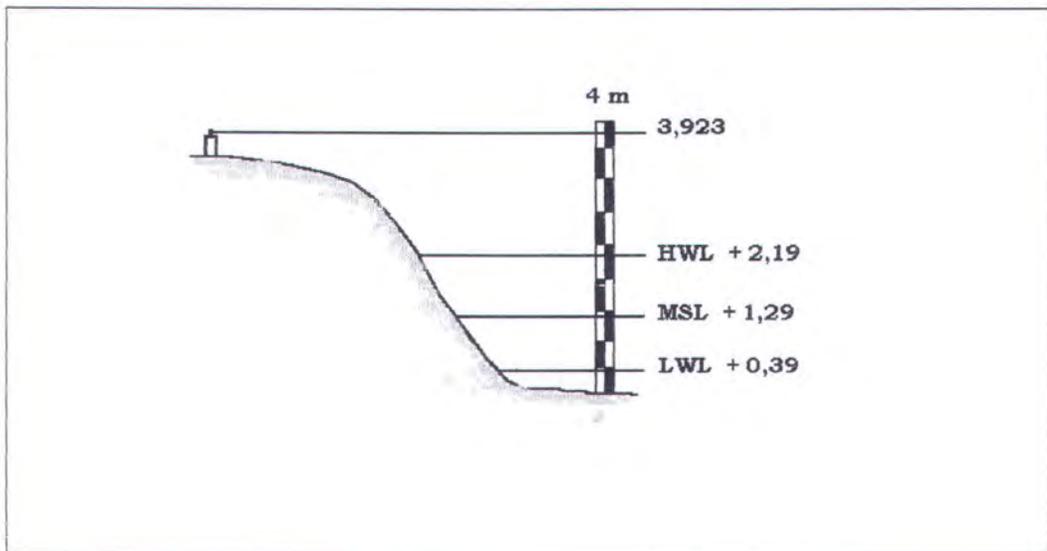
3.4 KONDISI PASANG SURUT

Penggambaran perubahan elevasi permukaan air berguna untuk mengetahui osilasi frekuensi tinggi yang disebabkan oleh gravitasi permukaan gelombang. Di lokasi perairan, elevasi permukaan air diketahui dengan mengukur elevasi permukaan pada kondisi yang dianggap tenang. Fluktuasi elevasi permukaan air dibedakan dalam beberapa jenis penyebab (CERC, SPM. Vol 1., 1984; Sorensen, 1978), yaitu:

1. Pasang Surut Astronomis
 2. Tsunami
 3. Gempa Bumi
 4. Wave Setup
 5. Badai laut
 6. Variasi iklim
-

Pada lokasi yang ditinjau yaitu Pantai Sangsit, data pasang surut yang dipakai merupakan data hasil pengamatan oleh Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali, dan data dari Dinas Hidro-oseanografi TNI-AL sebagai pembanding. Dari hasil pengolahan data pengamatan tersebut diperoleh data elevasi permukaan air sebagai berikut:

- MSL (Mean Sea Level) : + 1,29 m skala Palem.
- LWS (Low Water Surface) : + 0,39 m skala Palem.
- HWS (High Water Surface) : + 2,19 m skala Palem.



Gambar 3.1
Pengukuran pasang surut dengan pengikatan peiskal terhadap BM 0 pelabuhan

3.5 PERMASALAHAN DAN ALTERNATIF PENGAMANAN PANTAI

Dari hasil analisa data keadaan lingkungan yang telah dibahas di atas, dapat diperoleh keadaan bahwa kawasan sebelah Barat Tanjung Panarukan terjadi penggerusan yang cukup serius. Gerusan ini telah menimbulkan kerusakan pada beberapa fasilitas umum yang ada di kawasan tersebut, yaitu jalan beraspal. Jika kondisi ini dibiarkan, gerusan akan mencapai areal pertanian di sekitar lokasi pantai. Sehingga dalam hal ini diperlukan bangunan perlindungan pantai untuk mencegah kerusakan yang lebih besar lagi.

Salah satu alternatif yang dapat dipakai adalah detached breakwater disamping alternatif lain yang berupa revetmen dan groin. Dengan adanya breakwater tersebut diharapkan akan dapat mencegah kerusakan yang lebih besar. Lebih jauh lagi diharapkan dapat terbentuk garis pantai baru dari terbentuknya tombolo oleh konstruksi detached breakwater tersebut.



B A B I V
DASAR PERENCANAAN
DETACHED BREAKWATER

BAB IV

DASAR PERENCANAAN DETACHED BREAKWATER

4.1 INFORMASI UMUM PERENCANAAN

Untuk melaksanakan pekerjaan perencanaan detached breakwater tentu diperlukan informasi umum berupa data awal. Informasi umum ini selanjutnya akan dipakai sebagai dasar untuk melakukan perencanaan sesuai dengan kondisi lingkungan yang ada. Dengan informasi ini diharapkan dapat diperoleh hasil perencanaan yang optimal. Data tersebut misalnya data hidro-oceanographi, bathymetri, topografi, dan sebagainya.

Secara lebih detail data yang dibutuhkan tersebut dapat diperinci sebagai berikut:

- Data Hidro-oceanografi.

Yaitu data tentang perilaku fisik perairan. Dalam hal ini berupa misalnya data tentang kondisi gelombang, arus dan pasang surut yang terjadi di lokasi. Data gelombang meliputi data tentang tinggi gelombang, serta periode gelombang dan sebagainya.

Sedangkan data tentang arus meliputi arah dan kecepatan arus. Untuk data pasang surut dilakukan untuk menentukan konstanta pasang surut.

Data Bathymetri.

Survei bathymetri dilakukan untuk memetakan perairan di lokasi yang ditinjau. Data bathymetri berupa kedalaman dasar laut. Data ini penting untuk menentukan dimensi geometris dari konstruksi breakwater serta menentukan tinggi gelombang pada titik yang ditinjau.

Data Topografi

Data topografi merupakan informasi detail mengenai topografi dasar laut di sekitar lokasi. Topografi merupakan bentuk-bentuk kedalaman dasar laut.

Data Transportasi Sedimen

Data ini diperoleh dengan mensurvei contoh sedimen dasar dan yang melayang diperairan termasuk yang berasal dari sungai-sungai disekitar lokasi. Survei sedimen dilakukan untuk mengetahui distribusi dari sedimen dasar di lokasi studi.

Selain data di atas yang merupakan data primer juga diperlukan data sekunder yang meliputi:

Data Klimatologi

Data klimatologi ini terutama berupa data angin dan hujan. Data ini biasanya diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika. Data angin meliputi data tentang distribusi arah dan kecepatannya. Data angin ini diperlukan untuk memprediksi tinggi dan arah gelombang.

Data hujan berupa data curah hujan bulanan rata-rata, curah hujan maksimum harian dan data distribusi curah hujan harian. Data hujan ini diperlukan untuk memperkirakan debit transportasi sedimen.

Peta

Informasi peta meliputi peta Geologi, peta topografi dan peta bathymetri.

4.2 ASPEK-ASPEK PERENCANAAN

Untuk melaksanakan pekerjaan perencanaan harus diperhatikan aspek-aspek perencanaan. Ketiga aspek tersebut selalu saling berhubungan. Perubahan pada salah satu aspek pekerjaan

akan menimbulkan perubahan pada aspek yang lainnya. Aspek-aspek pekerjaan tersebut meliputi beberapa hal seperti yang telah diidentifikasi (Ehrlich & Kulhawy, 1982) berikut ini:

1. Mekanisme operasi:

Menentukan bagaimana struktur tersebut bekerja. Untuk tujuan apakah struktur tersebut dibangun. Secara umum breakwater dibangun untuk mereduksi atau menahan aksi gelombang pada suatu area.

2. Perencanaan Tata Letak:

Menentukan dimana struktur tersebut bekerja. Dimana letak dari struktur relatif terhadap garis pantai dan komponen-komponen geometris, seperti tinggi, panjang dan jarak antar breakwater. Ketinggian dan panjang gelombang merupakan dua parameter geometris dasar pada struktur detached breakwater.

3. Structural Design:

Meliputi penentuan jenis material yang dipergunakan, dan metode pembangunannya. Jenis material, seperti yang telah disebutkan pada bab terdahulu ada beberapa jenis, antara lain batu alam, tribar, dolos, A-jack, dan sebagainya.

Sedangkan metode pembangunannya adalah bagaimana struktur tersebut dibangun, dimana metode pembangunan struktur ini akan mempengaruhi kekuatan dan stabilitas struktur.

Untuk menggambarkan suatu breakwater harus di ditetapkan karakter-karakter khususnya (Ehrlich & Kulhawy, 1982). Karakter-karakter khusus tersebut antara lain:

1. Jenis Struktur, dimana struktur tersebut merupakan struktur yang terletak pada dasar (*bottom-supported*) atau merupakan struktur terapung (*floating*). Juga jenis material yang dipergunakan dalam pembangunannya. Dalam hal ini material yang akan dipergunakan adalah batu alam.
 2. Tata Letak, merupakan jenis shore-connected atau offshore. Pada perencanaan breakwater yang dilakukan ini merupakan jenis offshore breakwater atau detached breakwater.
 3. Komponen-komponen Geometris, meliputi tinggi, lebar dan kemiringan dari struktur yang direncanakan tersebut.
-

4.3 PENENTUAN TINGGI GELOMBANG

4.3.1 Tinggi Gelombang Rencana (Design Wave)

Pemilihan gelombang rencana untuk perencanaan konstruksi breakwater harus mempertimbangkan keadaan gelombang yang menimpa struktur. Keadaan gelombang yang menimpa struktur bisa berupa gelombang *breaking*, *nonbreaking* atau *broken*. Pertimbangan lain adalah porositas dan geometris struktur (CERC, SPM.Vol.1., 1984). Banyak prosedur analisa dapat digunakan untuk memperkirakan gelombang rencana. Hasil akhir dari analisa matematis peramalan gelombang menghasilkan informasi tentang gelombang maksimum tahunan. Gelombang rencana untuk periode ulang tertentu dapat ditentukan secara statistik dengan menganggap bahwa gelombang tersebut memiliki distribusi tertentu. Gelombang yang didapat dari hasil peramalan gelombang adalah gelombang signifikan. Gelombang rencana ditetapkan dengan cara sebagai berikut:

1. Dari hasil pasca-kiraan gelombang diambil tinggi gelombang yang terbesar dengan periodenya untuk tiap-tiap arah yang
-

mendatangkan gelombang tiap tahun seperti diperlihatkan dalam tabel 4.1.

2. Dari tabel tersebut untuk tiap-tiap tahun diambil gelombang terbesar tidak memperdulikan arahnya.
3. Dilakukan analisa harga ekstrim berdasarkan data gelombang terbesar tahunan. Metoda yang digunakan dalam hal ini adalah Metode Harga Ekstrim Gumbel. Hasil analisa harga ekstrim disajikan dalam tabel 4.3.
4. Sebagai gelombang rencana diambil gelombang dengan periode ulang 25 tahun.

Tabel 4.1

Arah, Tinggi dan Perioda Gelombang Tahunan maksimum lokasi perairan Pantai Sangsit (Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Bali, 1996)

Arah	Tinggi dan Perioda Gelombang Per Tahun (Periode ditulis dalam kurung)						
	1986	1987	1988	1990	1992	1993	1994
Utara	3.694 (8.752)	3.62 (8.693)	3.857 (8.879)	3.62 (8.693)	4.022 (9.002)	4.522 (9.362)	2.362 (7.270)
Timur Laut	1.028 (4.432)	1.502 (5.175)	1.216 (4.955)	2.036 (6.316)	1.52 (5.419)	2.526 (7.293)	0.73 (3.648)
Timur	0.69 (3.777)	0.69 (3.777)	0.688 (3.521)	0.671 (3.253)	2.036 (6.316)	2.329 (6.909)	0.668 (3.521)
Barat Daya	0.896 (3.597)	0.493 (2.875)	0.631 (3.2)	0.896 (3.597)	0.611 (3.134)	0.896 (3.597)	0.458 (2.876)
Barat	0.815 (4.223)	0.327 (2.439)	0.41 (2.671)	0.556 (3.271)	1.469 (5.622)	1.989 (6.22)	0.981 (4.350)
Barat Laut	0.531 (2.578)	0.169 (1.633)	0.556 (3.271)	0 (0)	0.829 (3.838)	1.049 (4.997)	0.364 (2.216)

Hubungan antara tinggi gelombang dan periode dapat dipakai untuk memperkirakan periode gelombang pada kondisi tinggi gelombang tertentu. Untuk itu digunakan analisa regresi. Harga tinggi gelombang dan periode yang telah disajikan pada tabel 4.1 di atas dapat diurutkan dari nilai tinggi gelombang terkecil hingga nilainya yang terbesar untuk pelaksanaan analisa regresi. Dengan bantuan program spreadsheet MSEXcel dapat ditentukan persamaan regresi dari hubungan tersebut. Tabel 4.2 di bawah ini menyajikan hubungan antara tinggi gelombang dan periodenya dengan mengabaikan arah gelombang.

Tabel 4.2
Hubungan Tinggi Gelombang dengan Periode Gelombang.

H	0	0.169	0.327	0.364	0.41	0.458	0.493	0.531	0.556	0.556	0.611
T	0	1.633	2.875	2.216	2.671	2.876	2.875	2.578	3.271	3.271	3.134
H	0.631	0.668	0.671	0.69	0.69	0.73	0.815	0.829	0.896	0.896	0.896
T	3.2	3.521	3.253	3.777	3.777	3.648	4.233	3.83	3.597	3.597	3.597
H	0.981	1.028	1.049	1.216	1.469	1.502	1.52	1.989	2.036	2.036	2.329
T	4.35	4.432	4.997	4.995	5.622	5.157	5.419	6.22	6.316	6.316	6.909
H	2.362	2.526	3.62	3.62	3.694	3.857	4.022	4.522			
T	7.27	7.293	8.693	8.693	8.752	8.879	9.002	9.362			

Persamaan umum E.J. Gumbel untuk menghitung analisa frekuensi adalah (Gumbel, 1976):

$$X_{T_r} = \bar{X} + K.S_x \tag{4.1}$$

dimana: X_{Tr} : besarnya gelombang untuk periode tahun
berulang (Tr).

\bar{X} : rata-rata gelombang maksimum selama tahun
pengamatan.

dengan : $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$ (4.2)

S_x : standart deviasi.

dengan : $S_x = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}}$ (4.3)

K : faktor frekuensi.

dengan perhitungan K melalui persamaan:

$$K = \frac{Y_{Tr} - \bar{Y}}{S_n} \quad (4.4)$$

Sedangkan S_n dan Y_n merupakan fungsi jumlah data pengukuran
tinggi gelombang maksimum yang diperoleh dari tabel 4.1., serta Y_{Tr}

adalah reduce variate yang didapat dari persamaan:

$$Y_{Tr} = - \left[0,834 + 2,303 \log . \log \left(\frac{Y_{Tr}}{Tr-1} \right) \right] \quad (4.5)$$

dimana : $n = 42$

$\bar{X} = 4,6552$

$S_n = 1,1774$

Proses perhitungan beserta tabel-tabel perhitungannya dapat
dilihat pada Lampiran-A. Sedangkan hasil perhitungan tinggi
gelombang rencana disajikan pada tabel 4.3 di bawah ini.

Tabel 4.3
Tinggi Gelombang Rencana di Laut dalam
di kawasan Pantai Sangsit

Periode Ulang (tahun)	Tinggi Gelombang Rencana (meter)
5	3.7244
10	4.1373
15	4.3702
20	4.5332
25	4.6588
50	5.0458
75	5.2707
100	5.4298

Data gelombang yang telah melalui proses peramalan gelombang disajikan dalam tabel 4.3., berupa data gelombang tahunan. Sedangkan pemilihan tinggi gelombang rencana tergantung keadaan struktur yang dibedakan ke dalam bentuk rigid, semirigid dan fleksibel (CERC, SPM.Vol.1., 1984). Dan untuk masing-masing struktur dipakai ketentuan pemilihan gelombang rencana sebagai berikut:

1. Untuk struktur rigid, misalnya sheet-pile walls digunakan gelombang rencana H_1 .
2. Untuk struktur semirigid seperti sheet-pile cell digunakan gelombang rencana H_{10} .

3. Untuk struktur flexible seperti rubble-mound digunakan gelombang rencana yang berkisar antara H_s sampai H_5 .

Gelombang yang lebih tinggi daripada gelombang rencana yang menimpa struktur fleksibel jarang yang dapat mengakibatkan kerusakan serius pada struktur. Kerusakan pada struktur rubble-mound biasanya berjalan lambat. Dan periode gelombang yang besar digunakan tinggi struktur tersebut mengalami kerusakan. Oleh karena itu dalam pemilihan tinggi gelombang rencana harus dipertimbangkan pula frekuensi kejadiannya (CERC, SPM. Vol.1, 1984).

4.3.2 Tinggi Gelombang Pada Titik Yang Ditinjau

Untuk menentukan tinggi gelombang pada titik yang ditinjau di kawasan pantai, dilakukan dengan analisa refraksi dengan mengacu pada persamaan berikut ini (CERC, SPM.Vol.1,1984; Sorensen,1978):

$$H = H_0 \cdot K_R \cdot K_S \quad (4.6)$$

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{C_0}{C}} \cdot K_R \quad (4.7)$$

dimana: H = tinggi gelombang pada titik yang ditinjau.

H_0 = tinggi gelombang di laut dalam.

K_R = koefisien refraksi

$$K_R = \sqrt{\frac{C_0}{C}} \tag{4.8}$$

K_s = koefisien pendangkalan

$$\frac{1}{n} = \frac{1 + \left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{L}\right)}{\sinh\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{L}\right)} \tag{4.9}$$

$$\frac{C_0}{C} = \tanh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot d}{L}\right) \cdot \left[1 + \left(\frac{\pi \cdot H_0}{L}\right)^2\right] \cdot \left[14 + \frac{\left(4 \cosh\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{L}\right)\right)^2}{\left(16 \cdot \sinh\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot d}{L}\right)\right)^4}\right] \tag{4.10}$$

L_0 = Panjang gelombang di laut dalam.

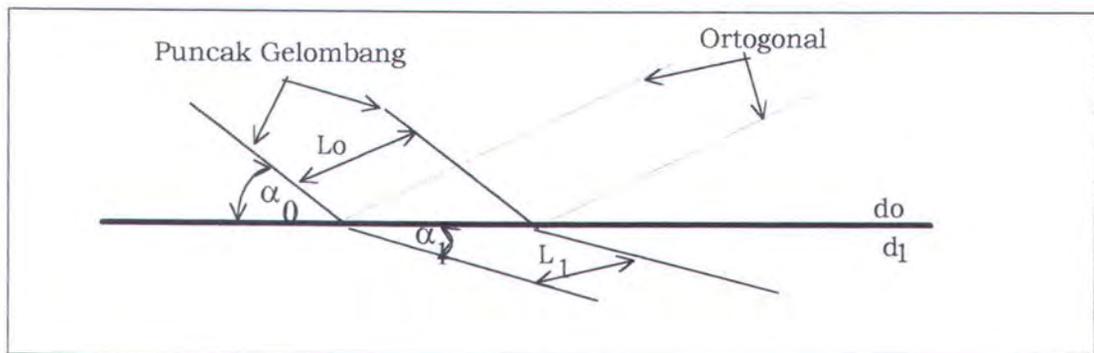
L = Panjang gelombang pada titik yang ditinjau.

d = kedalaman air pada titik yang ditinjau

$$L_0 = \frac{g \cdot T^2}{2 \cdot \pi} \tag{4.11}$$

$$L_p = \sqrt{2 \cdot \pi \cdot d \cdot L_0} \cdot \left(1 - \frac{\pi \cdot d}{3 \cdot L_0}\right) \tag{4.12}$$

Penggambaran adanya refraksi pada pantai digambarkan pada gambar 4.1 berikut ini.



Gambar 4.1.

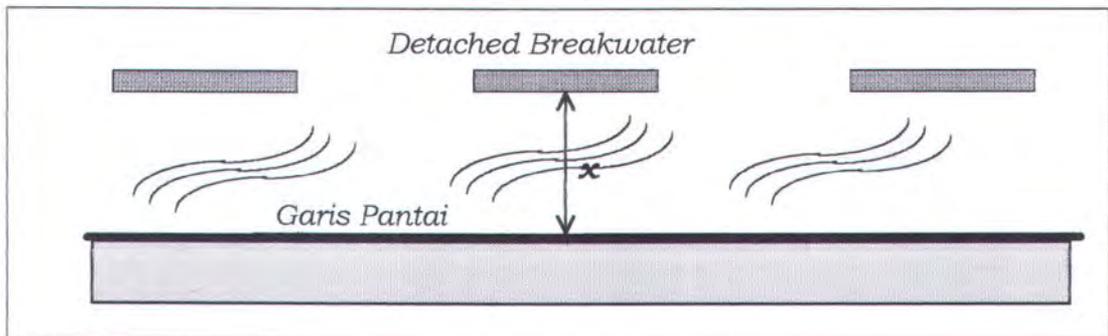
Sketsa refraksi gelombang berdasarkan hukum snellius

4.4 PANJANG BREAKWATER DAN JARAKNYA TERHADAP GARIS PANTAI

Formasi tombolo biasanya dapat tetap terjaga jika panjang struktur (l_s) kurang dari jaraknya terhadap garis pantai (x). Sketsa penggambaran panjang breakwater dan jaraknya terhadap garis pantai ditunjukkan dalam gambar 4.2 di bawah ini. Dalam suatu persamaan pernyataan di atas digambarkan sebagai berikut (CERC, SPM. Vol.1,1984):

$$l_s < x \quad (4.13)$$

Seperti kita ketahui bahwa terbentuknya tombolo akan merupakan awal dari mekanisme perlindungan pantai.



Gambar 4.2

Sketsa Panjang Breakwater dan Jaraknya terhadap garis pantai

Oleh Pope & Dean (1986) respon pantai digambarkan dalam suatu Indeks Respon Pantai. Indeks Respon Pantai ini diperoleh berdasarkan hasil penelitian terhadap offshore breakwater pada

beberapa lokasi yang berbeda. Indeks Respon Pantai oleh Pope & Dean ditunjukkan dalam tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4
Indeks Respon Pantai oleh Pope & Dean (1986)

Indeks Respon Pantai	Klasifikasi
1,0	Tombolo Permanen
2,0	Tombolo Periodik
3,0	Gundukan Sedimen
4,0	Gundukan Sedimen lembek
5,0	Tidak terjadi lekukan

Hasil penelitian Pope & Dean (1986) ini dilanjutkan oleh Ahrens & Cox dan menghasilkan Indeks Respon Pantai baru yang didasarkan pada perbandingan panjang breakwater dengan jaraknya terhadap garis pantai. Indeks Respon Pantai oleh Ahrens & Cox ditunjukkan dalam tabel 4.5 di bawah ini (Ahrens & Cox, 1984).

Tabel 4.5
Indeks respon pantai oleh Ahrens & Cox

Perbandingan Panjang Breakwater dengan Jaraknya Terhadap Pantai				Indeks Respon Pantai	
l_s	x	l_s	x		
50	200	75	300	0,25	5,0 / Tidak terjadi lekukan
50	100	75	150	0,5	4,5 / Tidak terjadi lekukan
50	75	75	112	0,67	4,2 / Timbunan sedimen lembek
50	67	75	100	0,75	4,1 / Timbunan sedimen lembek
50	50	75	75	1,00	3,7 / Timbunan sedimen lembek
50	40	75	60	1,25	3,3 / Timbunan sedimen
50	33	75	50	1,50	3,0 / Timbunan sedimen
50	29	75	43	1,75	2,7 / Timbunan sedimen
50	75	75	38	2,00	2,5 / Tombolo periodik

Keterangan :

l_s = panjang breakwater

x = jarak breakwater terhadap garis pantai

4.5 STABILITAS BREAKWATER

Stabilitas konstruksi breakwater merupakan bagian dari keseluruhan perhitungan yang harus dilakukan dalam perencanaan. Sebab, breakwater sendiri dibangun agar mampu untuk bertahan dari hempasan beban-beban lingkungan. Beban lingkungan tersebut antara lain berupa beban gelombang, arus, tegangan tanah, adanya gempa dan tsunami. Hempasan gelombang akan membawa tekanan dinamis terhadap material konstruksi. Oleh karena itu bentuk material yang dipergunakan, apakah mulus atau kasar, sangat perlu untuk diperhatikan. Arus akan berpengaruh terhadap adanya *scouring* pada bagian dasar konstruksi. Hal tersebut akan berpengaruh pula terhadap kekuatan pondasi struktur. Selain itu pondasi akan dipengaruhi pula oleh daya dukung dan keadaan tegangan tanah.

Struktur rubble-mound dalam hal ini adalah struktur yang terdiri dari elemen-elemen diskrit yang cukup fleksibel untuk menahan hempasan beban-beban lingkungan. Masing-masing elemen pada saat menerima hempasan akan bergerak relatif terhadap yang lain. Hal ini akan menciptakan konfigurasi yang stabil. Untuk menambah kemampuan struktur dalam menahan

hempasan beban lingkungan, material dalam konstruksi breakwater harus mempunyai kepadatan yang tinggi. Kepadatan material tersebut harus lebih besar daripada kepadatan air.

4.5.1 Berat Satuan Batu Pelapis

Lapisan utama rubble-mound breakwater seringkali menjadi parameter yang penting untuk menjamin stabilitas rubble-mound. Oleh karena itu sebagian besar formulasi mengenai stabilitas breakwater tergantung pada berat satuan batu pelapis (armor unit) pada kondisi gelombang tertentu baik panjang maupun tinggi gelombang tersebut. Selain itu juga tergantung pula pada berat jenis batuan yang dipergunakan dan berat jenis air. Formulasi yang banyak dipakai untuk menentukan berat satuan batu pelapis (armor unit) pada struktur detached breakwater adalah (CERC, SPM. VOL. 1., 1984):

$$N_s = \frac{(H_T^2 \cdot L_p)^{\frac{1}{3}}}{\left(\frac{W}{W_r}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{W_r}{W_{10}} - 1\right)} \quad (4.16)$$

dimana :

$N_s < 6$ untuk pergerakan kerusakan yang sangat kecil

$N_s > 8$ untuk kerusakan yang mengakibatkan berubahnya bentuk breakwater.

w = berat satuan batu pelapis.

W_r = berat jenis batuan, diambil $2,6 \text{ ton/m}^3$

W_w = berat jenis air laut, $1,00 \text{ ton/m}^3$

H_T = Tinggi gelombang pada titik yang ditinjau

L_p = panjang gelombang pada perairan yang ditinjau.

Dengan formulasi tersebut akan diperoleh harga berat satuan batu pelapis utama yang akan dipergunakan dalam konstruksi.

4.6 KRITERIA PEMILIHAN MATERIAL PELAPIS

Material pelapis dalam suatu struktur breakwater mempunyai fungsi utama yaitu sebagai material pembentuk geometris struktur sekaligus juga akan menentukan tingkat stabilitas struktur terutama terhadap hempasan gelombang. Oleh karena itu diperlukan perhatian yang khusus dalam memilih material untuk konstruksi breakwater ini. Sebab kesempurnaan struktur sepenuhnya tergantung pada stabilitas material lapisan armor unit tersebut. Salah satu kemampuan yang harus dimiliki material pelapis adalah

tahan lama. Material tersebut harus dapat menahan beban-beban lingkungan yang menimpa breakwater.

Armor Unit dapat berupa batu alam atau bentuk-bentuk beton cetakan. Pertimbangan-pertimbangan pemilihan material konstruksi (Silvester, 1974; de Quin, 1976) adalah sebagai berikut :

1. Harga bahan-bahan yang diperlukan.
2. Ketersediaan bahan di kawasan proyek.
3. Kemudahan pelaksanaan pembangunan di lapangan.
4. Ketersediaan peralatan yang akan dipakai dalam pelaksanaan konstruksi.
5. Lokasi/sarana yang diperlukan untuk penempatan alat-alat tersebut.
6. Keahlian dan kondisi tenaga kerja yang ada.

Pada akhirnya pertimbangan material yang mempunyai nilai paling ekonomis dan dari segi kekuatan dan stabilitas yang memadai yang akan dipilih.



B A B V
PERHITUNGAN PERENCANAAN
DETACHED BREAKWATER

BAB V

PERHITUNGAN PERENCANAAN DETACHED BREAKWATER

5.1. KETINGGIAN STRUKTUR BREAKWATER

Ketinggian struktur detached breakwater akan mempengaruhi tata letaknya pada perairan. Untuk itu dalam menentukan ketinggian struktur detached breakwater perlu dipertimbangkan beberapa hal berikut (CERC, SPM. VOL. 1.,1984; Ehrlich & Kulhawy, 1982):

1. Aktivitas masyarakat di sekitar kawasan yang ditinjau.
2. Estetika pantai.
3. Tujuan yang ingin dicapai dengan dibangunnya struktur detached breakwater tersebut.
4. Efektifitas bangunan dalam memenuhi tujuan.
5. Biaya yang dibutuhkan.

Meskipun lokasi perairan Pantai Sangsit bukan merupakan tujuan utama pariwisata di Propinsi Bali namun tidak menutup kemungkinan untuk dikembangkan menjadi salah satu daerah

tujuan wisata. Hal tersebut mengingat bahwa secara umum Pulau Bali merupakan tempat yang banyak dikunjungi wisatawan. Aktivitas masyarakat sekitar sebagai nelayan juga merupakan salah satu hal yang harus pula dipertimbangkan. Sedangkan tujuan dari dibangunnya detached breakwater ini sendiri adalah untuk melindungi garis pantai dari gerusan yang diakibatkan oleh adanya arus *on-offshore transport* maupun *longshore transport*.

Pertimbangan-pertimbangan di atas menjadi dasar penentuan ketinggian struktur detached breakwater. Untuk itu struktur detached breakwater ini direncanakan dibangun pada kondisi berikut ini:

1. Pada ambang rendah agar struktur tidak terlalu terlihat dipermukaan atas pertimbangan nilai estetis.
 2. Ketinggian struktur yang direncanakan adalah 1,29 meter atau setinggi Mean Sea Level (LWL) dan untuk menghindari *scouring* maka dasarnya ditempatkan di bawah elevasi lembah gelombang terendah, yaitu pada elevasi 0,00 meter.
 3. Jarak antar detached breakwater yang direncanakan dibatasi minimal 50 meter. Jarak minimal tersebut dipilih dengan pertimbangan bahwa lebar tersebut masih dapat
-

dilewati perahu para nelayan di sekitar lokasi. Jarak yang lebih kecil dari 50 meter akan menyulitkan perahu-perahu nelayan yang keluar masuk kawasan tersebut.

4. Pada tiga kondisi yang direncanakan di atas struktur telah mampu untuk memenuhi tujuannya yaitu memberikan perlindungan terhadap kawasan pantai.

Bentuk geometris serta dimensi ketinggian struktur dapat dilihat pada gambar 5.1.

5.2 PANJANG BREAKWATER DAN JARAKNYA TERHADAP GARIS PANTAI

Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa mekanisme perlindungan pantai juga dipengaruhi pula oleh panjang breakwater dan jaraknya terhadap garis pantai. Terbentuknya tombolo tergantung dari panjang celah antar breakwater dan jaraknya terhadap garis pantai. Pada Bab IV telah disajikan indeks respon pantai karena pengaruh perbandingan antara panjang breakwater dengan jaraknya terhadap garis pantai. Oleh karena itu diberikan pula alternatif untuk beberapa kondisi panjang breakwater, jaraknya terhadap garis pantai dan panjang celah antar

breakwater serta nilai indeks respon pantai yang mungkin akan terjadi pada tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1.

Alternatif panjang breakwater, jaraknya terhadap garis pantai dan lebar gap antar breakwater

Alternatif	L_s (m)	x (m)	L_s/x	L_g (m)	Indeks Respon pantai
1A	100	150	0,67	50	4,2
2A	100	100	1	50	3,7
3A	100	80	1,25	50	3,3
4A	100	50	2	50	2,5
1B	100	150	0,67	75	4,2
2B	100	100	1	75	3,7
3B	100	80	1,25	75	3,3
4B	100	50	2	75	2,5
1C	100	150	0,67	100	4,2
2C	100	100	1	100	3,7
3C	100	80	1,25	100	3,3
4C	100	50	2	100	2,5
1D	100	150	0,67	120	4,2
2D	100	100	1	120	3,7
3D	100	80	1,25	120	3,3
4D	100	50	2	120	2,5
Ls : Panjang Struktur					
Lg : Jarak antar struktur					
x : Jarak struktur terhadap garis pantai					

5.2.1 Pemilihan Indeks Respon Pantai

Pemilihan Indeks Respon Pantai dilakukan berdasarkan respon pantai yang dikehendaki setelah dibangunnya detached breakwater.

Pada kasus ini indeks respon pantai dipilih pada angka 2,5 adalah untuk membentuk tombolo periodik. Dengan tombolo periodik ini diharapkan keseimbangan pantai dapat kembali terpenuhi. Sehingga dengan demikian kerusakan pantai yang lebih jauh dapat segera diatasi.

5.2.2 Pemilihan Alternatif Struktur Detached Breakwater

Selanjutnya dilakukan pemilihan alternatif struktur detached breakwater. Pemilihan ini dilakukan dengan dasar-dasar pertimbangan sebagai berikut:

1. Panjang bangunan dipilih bangunan terpendek.
2. Kedalaman dasar dipilih bangunan yang dibangun pada dasar yang paling dangkal.
3. Perubahan pantai dipilih apabila terjadi perubahan pantai oleh erosi yang paling kecil.
4. Transport sedimen karena pengaruh perbandingan-perbandingan ukuran di atas dipilih transport sedimen yang paling kecil.

Dengan dasar-dasar pertimbangan di atas dipilih bangunan pada nomer alternatif 4A, 4B, 4C dan 4D. Bangunan detached breakwater dengan nomor alternatif ini memiliki panjang breakwater 100 meter, jarak antar breakwater untuk masing-masing nomor

alternatif adalah 50 m., 75 m., 100 m., 120 m. dan jaraknya terhadap garis pantai 50 meter. Detached breakwater dengan ukuran tersebut dipilih karena beberapa hal berikut:

1. Panjang total bangunan yang akan dibangun pada pantai sepanjang 2,7 km adalah 1400 meter.

Selanjutnya dipilih dengan pertimbangan harga terendah untuk setiap material yang dibutuhkan pada masing-masing alternatif. Tabel panjang struktur dan panjang total konstruksi dapat dilihat pada tabel 5.2 dibawah ini.

2. Kedalaman rata-rata pada jarak 50 meter terhadap garis pantai adalah 1,56 meter.
 3. Konstruksi detached breakwater ini memiliki indeks respon pantai 2,5. Dengan demikian hanya akan menghasilkan tombolo periodik. Tombolo periodik ini akan mengakibatkan perubahan yang kecil pada pantai dan meskipun terjadi transportasi sedimen namun tetap akan terjadi keseimbangan pantai.
-

Tabel 5.2.
Panjang Total Konstruksi untuk tiap-tiap alternatif

Nomer Alternatif	Ls (m)	x (m)	Lg (m)	Jml. Rencana Konst.	Panjang Total Konst.	Panjang Total Gap
4A	100	50	50	9	900	450
4B	100	50	75	8	800	600
4C	100	50	100	7	700	700
4D	100	50	120	6	600	720

5.3 TINGGI GELOMBANG DAN PERIODE GELOMBANG

5.3.1. Tinggi Gelombang Laut Dalam

Penentuan tinggi gelombang dilakukan berdasarkan data tinggi gelombang laut dalam yang telah melalui proses peramalan. Hasil proses peramalan telah disajikan di tabel 4.3 pada Bab sebelumnya berupa data gelombang tahunan. Sebagai gelombang rencana diambil gelombang dengan kala ulang 25 tahunan. Sedangkan untuk memenuhi persyaratan perencanaan dipilih tinggi gelombang rencana sebesar 4.7 m. Tinggi gelombang ini mengacu pada hasil penelitian CERC, yang mempersyaratkan tinggi gelombang H_s sampai H_5 untuk struktur bangunan yang fleksibel seperti detached breakwater ini. Dengan demikian tinggi gelombang H_s yaitu sebesar 4.7 meter dapat dipakai dalam perhitungan selanjutnya.

5.3.2 Periode Gelombang Laut Dalam

Untuk menentukan tinggi gelombang pada titik yang ditinjau di kawasan pantai dilakukan dengan analisa refraksi. Agar memberikan kemudahan pada analisa refraksi ini, maka harus diketahui pula besar Periode (T). Harga periode ini diperoleh dengan melakukan analisa regresi terhadap data gelombang maksimum beserta periodanya seperti ditunjukkan pada tabel 4.1 pada Bab 4. Dengan analisa regresi ini harga periode dan tinggi gelombangnya dapat ditaksir dengan suatu persamaan tertentu. Persamaan tersebut dapat ditentukan dengan bantuan Program Spreadsheet MSEXcel.

$$Y = 0,047.X^5 - 0,5823X^4 + 2,6243.X^3 - 5,4961.X^2 + 7,3856.X + 0,2783 \quad (5.1)$$

Dengan memasukkan nilai Tinggi gelombang rencana ke dalam persamaan tersebut sebagai X maka akan dapat diperoleh harga periode gelombang pada ketinggian tersebut sebesar 9.7 detik.

5.3.3 Penentuan Tinggi Gelombang Pada Titik Yang Ditinjau

Tinggi gelombang yang dipakai pada perhitungan-perhitungan perencanaan selanjutnya adalah tinggi gelombang pada kawasan pantai. Tinggi gelombang ini telah melalui proses refraksi dan pengaruh pendangkalan hingga sampai pada kawasan pantai. Jadi besarnya berbeda dengan tinggi gelombang laut dalam. Dalam hal ini



tinggi gelombang pada titik yang ditinjau dihitung dengan mempergunakan program yang dibuat khusus dan dinamakan program REF-SHOL (listing program disajikan pada *Lampiran-B*).

Masukan untuk menjalankan program ini adalah harga tinggi gelombang laut dalam (H_0), periode gelombang (T) dan kedalaman titik yang ditinjau (d). Hasil yang diperoleh dari eksekusi program ini adalah harga tinggi gelombang pada titik yang ditinjau adalah 0,9069 meter. Tinggi gelombang inilah yang nantinya akan dipakai dalam perhitungan perencanaan selanjutnya.

5.3.4. Penentuan Jenis Aksi Gelombang

Jenis aksi gelombang yang menerpa pantai ada dua jenis yaitu Non-breaking wave dan Breaking wave. Pada saat gelombang bergerak pada perairan dangkal, gelombang akan mengalami apa yang disebut breaking wave. Karakteristik gelombang dari laut dalam akan berubah seiring dengan berubahnya kedalaman. Penentuan jenis gelombang didasarkan pada formulasi yang dikembangkan oleh CERC (CERC, SPM. VOL. 1,1984):

$$\frac{H_b}{H_0} = \frac{1}{3,3 \cdot \left(\frac{H_0}{L_0}\right)^{\frac{1}{3}}} \quad (5.2)$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,28 \quad (5.3)$$

dimana:

H_b = tinggi gelombang terpecah (*the breaker wave*).

H_0' = tinggi gelombang pada titik yang ditinjau (kawasan pantai). Dari hasil perhitungan diperoleh 0,9069 m.

L_0 = panjang gelombang laut dalam

d_b = kedalaman perairan saat terjadi breaking wave.

$$H_b = \frac{0,9069}{3,3 \left(\frac{0,9069}{143,8344} \right)^{\frac{1}{3}}}$$
$$= 1,4876 \text{ m}$$

$$d_b = 1,4876 \cdot 1,28$$

$$= 1,9 \text{ meter.}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan bahwa breaking wave terjadi pada saat kedalaman mencapai 1,9 meter. Sedangkan kedalaman struktur direncanakan dibangun pada kedalaman 1,29 meter. Dengan demikian struktur akan berada pada kondisi gelombang *breaking wave*. Kondisi gelombang ini akan berpengaruh pada penentuan koefisien kerusakan (damage koeficient, K_D).

5.3.5 Kondisi Gelombang Setelah Melewati Breakwater

Setelah melewati breakwater gelombang akan mengalami difraksi. Adanya proses difraksi ini akan mempengaruhi panjang gelombang pada pantai. Sebagai perhitungan pendekatan dari proses

difraksi ini harus mempertimbangkan panjang celah antar breakwater dan sudut datang gelombang terhadap breakwater. Memos (1980) memberikan pendekatan analitik untuk terjadinya proses difraksi yang melalui suatu celah antara dua buah breakwater. Perubahan yang terjadi adalah pada pola arah gelombang dan panjang gelombang. Pola setelah proses difraksi untuk kasus Pantai Sangsit dimana $\phi = 45^\circ$ ditunjukkan pada Fig. 2-56 SPM. Vol.1. Sedangkan untuk perubahan tinggi gelombang dihitung dengan persamaan berikut ini (CERC, SPM. Vol.1, 1984):

$$H_D = K' \cdot H_s \quad (5.4)$$

dimana:

$$\begin{aligned} H_D &= \text{Tinggi gelombang setelah melalui proses difraksi} \\ &\quad \text{oleh struktur breakwater.} \\ K' &= \text{Koefisien difraksi} \\ &= \sqrt{K'_R{}^2 + K'_L{}^2 + 2 \cdot K'_L{}^2 \cdot K'_R{}^2 \cdot \cos \theta} \quad (5.5) \\ H_s &= \text{Tinggi gelombang pada pantai.} \\ &= 0,97 \text{ meter.} \end{aligned}$$

Dalam persamaan ini koefisien difraksi diperoleh dari Fig. 2-28 sampai Fig. 2-39, SPM. Vol. 1. Grafik ini disajikan pada *Lampiran-C*. Untuk memperoleh K' harus diketahui terlebih dahulu harga perbandingan panjang celah antar breakwater dengan panjang

gelombang pada pantai (X/L). Pada kasus ini $L = 34,19$ m., dimana harga ini diperoleh dari program perhitungan REF-SHOL.

- Untuk $X = 120$ meter

$$X/L = 120/34,2 = 3,5 \approx 4$$

Dengan menggunakan Fig. 2-30 dan Fig. 2-36 pada SPM.

Vol.1. diperoleh harga K' yaitu:

$$K'_R = 0,6 \text{ (Fig. 2-30)}$$

$$K'_L = 0,1 \text{ (Fig. 2-36)}$$

Dari persamaan (5.5) diperoleh harga K' sebesar:

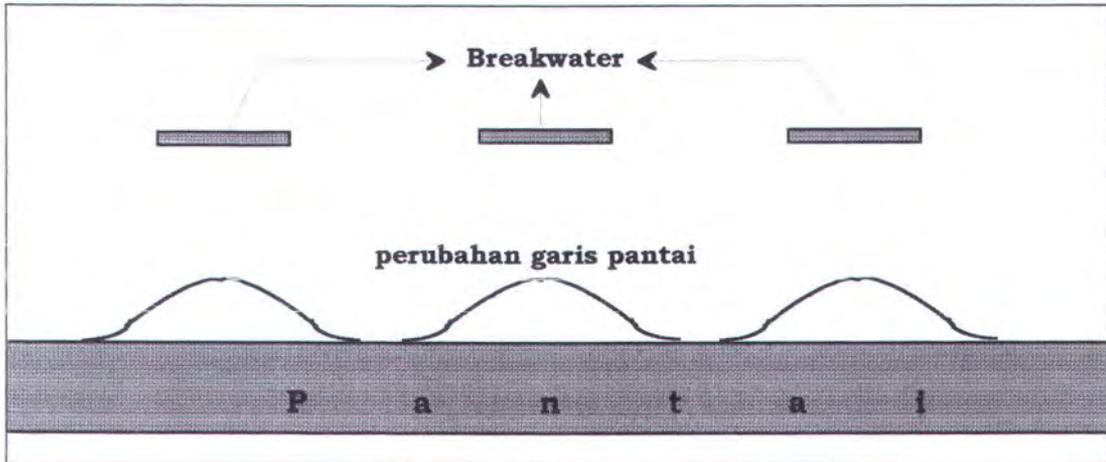
$$\begin{aligned} K &= \sqrt{K_R'^2 + K_L'^2 + 2 \cdot K_L'^2 \cdot K_R'^2 \cdot \cos \theta} \\ &= \sqrt{0,6^2 + 0,1^2 + 2 \cdot 0,1 \cdot 0,6 \cdot \cos 45^\circ} \\ &= \sqrt{0,455} \\ &= 0,67 \end{aligned}$$

Dengan demikian dapat diperoleh harga H_D sebesar:

$$\begin{aligned} H_D &= K' \cdot H_s \\ &= 0,67 \cdot 0,91 \\ &= 0,6097 \approx 0,61 \text{ meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas dapat dilihat bahwa tinggi gelombang di belakang breakwater menjadi 0,61 meter. Dengan perubahan tersebut akan mempengaruhi pula bentuk pola endapan yang akan terjadi di belakang breakwater. Selanjutnya akan berpengaruh pula pada perubahan yang terjadi pada garis pantai. Perubahan garis

pantai yang diharapkan pada kasus Pantai Sangsit ini adalah sinusoidal seperti terlihat pada gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2. Perubahan Garis Pantai yang direncanakan

5.4. PERHITUNGAN LEBAR MERCU BREAKWATER

Perhitungan lebar mercu detached breakwater ambang rendah ditentukan dengan formulasi seperti yang telah ditunjukkan pada persamaan (2.1) dan diambil sebesar (CERC, SPM. VOL. 1., , 1984):

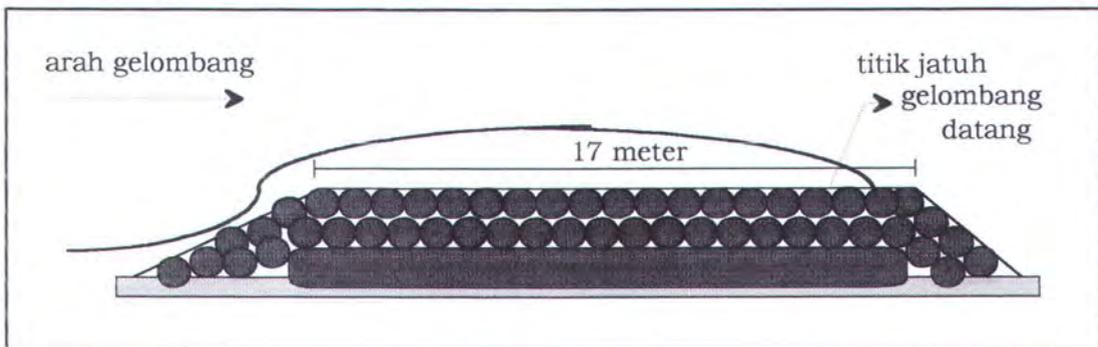
$$B = 0,5 L_p$$

Dengan mengambil tinggi gelombang rencana (H_0) 4,6588 dan periode gelombang sebesar 9,5957 detik serta kedalaman perairan (d) 1,29 meter maka L_p yang diperoleh dari program REF-SHOL dan didapatkan besarnya panjang gelombang pada titik yang ditinjau adalah 34,2 meter.

Dengan demikian harga lebar mercu detached breakwater adalah:

$$\begin{aligned} B &= 0,5 \cdot 34,2 \\ &= 17,1 \text{ meter} \approx 17 \text{ meter} \end{aligned}$$

Penggambaran hempasan gelombang terhadap struktur disajikan pada gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1. Gambar Perkiraan titik jatuhnya gelombang pada breakwater.

5.5. PENENTUAN BERAT SATUAN BATU PELAPIS

Penentuan berat satuan batu pelapis (armor unit) dilakukan dengan memakai formulasi dikembangkan oleh CERC, US Army seperti yang ditunjukkan oleh persamaan 4.16 pada Bab IV di bawah ini (CERC, SPM.Vol.1., 1984):

$$N_s = \frac{(H_T^2 L_p)^{\frac{1}{3}}}{\left(\frac{W}{W_r}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{W_r}{W_w} - 1\right)}$$

dimana:

N_s = digunakan $N_s = 8$.

H_T = 0,9069 m.

W = berat satuan batu pelapis

W_r = 2,6 ton/m³.

W_w = 1,0 ton/m³.

L_p = 34,2 meter

Dengan demikian diperoleh harga berat satuan batu pelapis sebesar $W = 35$ kg. Sedangkan untuk berat lapisan pendukung dan lapisan inti akan mengikuti berat lapisan utama, yaitu:

- Untuk Lapisan pendukung dipakai $W_p = \frac{W}{10}$. Atau $W_p = 3,5$ kg. dengan harga berat batuan berkisar antara 125 % sampai dengan 75 % dari ukuran yang seharusnya.
- Untuk Lapisan inti dipakai $W_i = \frac{W}{200}$ atau $W_i = 0,2$ kg. dengan harga berat batuan berkisar antara 170 % sampai dengan 30 % dari ukuran yang seharusnya.

5.6 PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN NILAI EKONOMIS

Perencanaan ekonomis dilakukan dengan didasarkan informasi harga material yang diperoleh dari Departemen Pekerjaan Umum, Propinsi Bali tahun 1995 sebagai berikut.

1. Harga batu unit 600 kg sebesar Rp. 125.000,00 per m³.

Harga batu unit 200 kg sebesar Rp. 110.000,00 per m³.

Harga batu unit 50-150kg sebesar Rp.100.000,00 per m³.

Harga batu unit 25 - 50 kg sebesar Rp. 90.000,00 per m³.

Harga batu unit 0 - 25 kg sebesar Rp. 80.000,00 per m³.

2. Harga Kubus beton dengan ukuran 70 x 70 x 70 adalah sebesar Rp. 350.000,00 per m³.
3. Harga Tetrapod 500 kg sebesar Rp. 500.000,00 per m³.
4. Harga A-Jack 200 kg sebesar Rp. 500.000,00 per m³.

Dengan memperhatikan informasi di atas dan hasil perhitungan berat satuan batu pelapis, dapat dilakukan perhitungan kebutuhan biaya material. Sedangkan material yang akan digunakan dalam konstruksi ini adalah batu alam. Dengan pertimbangan awal bahwa harga lebih murah dan ketersediaan material pada lokasi. Perhitungan biaya dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Perhitungan volume total konstruksi breakwater diperoleh dengan memperhitungkan dimensi breakwater dan ketebalan tiap-tiap lapisan breakwater. Ketebalan lapisan diperoleh dengan persamaan 2.2 pada Bab 2, yaitu:

$$r = n \cdot k_{\Delta} \cdot \left[\frac{w}{W_r} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.2)$$

dimana :

$$n = 2$$

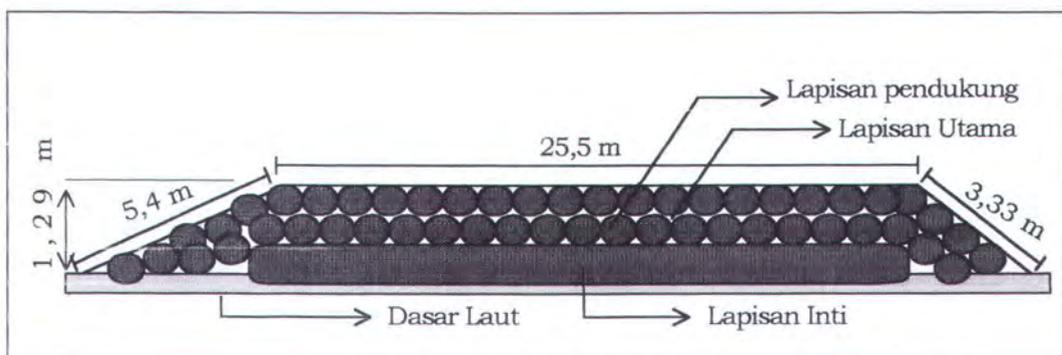
$$k_{\Delta} = 1,02 \text{ [tabel 7-13 CERC, SPM. VOL. 2,1984]}$$

$W = 35 \text{ kg}$ [berat satuan batu pelapis]

$W_r = 2,6 \text{ ton/m}^3$

Dengan memasukkan harga-harga di atas ke dalam persamaan 2.1 tersebut diperoleh harga ketebalan lapisan utama dari struktur breakwater sebesar 0,5 meter. Untuk lapisan pendukung dipakai satuan batu pelapis W_{10} yaitu sebesar 3,5 kg dan diperoleh ketebalan lapisan sebesar 0,23 meter.

Dimensi lain yang dapat diketahui adalah besarnya slope breakwater yang menghadap ke arah laut lepas dan yang menghadap pantai. Besarnya slope yang menghadap laut lepas adalah 1,5 dan yang menghadap pantai adalah 1. Dari informasi ini dapat diketahui panjang kedua sisi miring breakwater seperti ditunjukkan pada gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Penampang dan dimensi breakwater

Dengan mengalikan panjang sisi-sisi breakwater dengan ketebalan breakwater dan selanjutnya dikalikan lagi dengan panjang total struktur seperti ditunjukkan pada tabel 5.3 akan diperoleh volume total dari keseluruhan struktur breakwater. Dari volume tersebut akan diperoleh besarnya biaya untuk material yang dibutuhkan bagi pembangunan detached breakwater yang telah direncanakan.

Dari perhitungan yang diperlihatkan pada tabel 5.3 berikut ini dapat disimpulkan bahwa alternatif konstruksi yang termurah biaya materialnya adalah alternatif nomer 4D yaitu Rp. 2.276.997.000,00

Tabel 5.3.
Perhitungan biaya material.

Alternatif Struktur	Material Penyusun	Panjang Total Struktur (m)	Volume Total (m ³)	H a r g a (Rp.)	Total Harga (Rp.)
4A	Batu alam (25-50kg)	900	11.578,5	1.042.065.000	2.025.990.000
	Batu alam (25-50 kg)		4.212,5	379.125.000	
	Batu alam (0-25 kg)		7.560	604.800.000	
4B	Batu (25-50kg)	800	10.292	926.280.000	1.800.876.000
	Batu (25-50 kg)		3.744,4	336.996.000	
	Batu alam (0-25 kg)		6.720	537.600.000	
4C	Batu (25-50kg)	700	9.005,5	810.595.000	1.575.880.000
	Batu (25-50 kg)		3.276,5	294.885.000	
	Batu alam (0-25 kg)		5.880	470.400.000	
4D	Batu (25-50kg)	600	7.719	694.710.000	1.350.657.000
	Batu (25-50 kg)		2.808,3	252.747.000	
	Batu alam (0-25 kg)		5.040	403.200.000	



B A B VI
P E N U T U P

BAB VI

P E N U T U P

6.1 KESIMPULAN

Dari hasil studi perencanaan dan perhitungan yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Tinggi gelombang rencana sebesar 4,7 meter. Sedangkan yang dipakai untuk perencanaan detached breakwater ini dipakai H_s sebagai syarat standard. Dengan demikian Tinggi gelombang rencana adalah 4,7 meter. Selanjutnya dengan melalui analisa pendangkalan diperoleh harga tinggi gelombang pada titik yang ditinjau yaitu pada daerah pantai sebesar 0,91 meter.
 2. Dari tinggi gelombang rencana tersebut dapat diperoleh harga periode dengan melalui analisa regresi sebesar 9,7 detik.
 3. Kedalaman detached breakwater direncanakan dengan pertimbangan-pertimbangan seperti yang telah disajikan pada Bab 5 dan diperoleh harga kedalaman detached breakwater 1,29 meter.
-

-
4. Panjang detached breakwater yang direncanakan dengan mempertimbangkan kegunaan dan tujuannya dipilih panjang detached breakwater 100 meter dengan jarak antar breakwater 120 meter, dan jaraknya terhadap garis pantai sebesar 50 meter. Dengan demikian untuk zona perencanaan yang ditinjau sepanjang 1400 meter dibangun detached breakwater sepanjang 600 meter.
 5. Lebar mercu detached breakwater adalah 17 meter. Konstruksi breakwater direncanakan menggunakan tiga lapisan yang telah memenuhi standard perencanaan. Tiga lapisan tersebut yaitu lapisan pelindung utama, lapisan pendukung dan lapisan inti. Dimana:
 - *) Tebal lapisan utama adalah 0,5 meter. Berat satuan batu pelapis (armor unit) untuk lapisan pelindung utama sebesar $W = 35$ kg.
 - *) Tebal lapisan pendukung adalah 0,23 meter. Berat satuan batu pelapis lapisan pendukung sebesar $W/10$ atau 3,5 kg.,
 - *) Tebal Lapisan inti adalah 0,57 meter. Berat satuan batu pelapis lapisan inti sebesar $W/200$ atau sebesar 0,23 kg.
 6. Respons pantai yang diharapkan terjadi setelah dibangunnya struktur breakwater tersebut adalah
-

terjadinya tombolo periodik yang akan menjaga stabilitas pantai. Dan tinggi gelombang dibelakang struktur setelah melewati struktur tersebut adalah 0,61 meter.

7. Volume total dari batu pelapis utama untuk keseluruhan konstruksi pada alternatif yang dipilih adalah 15.567,3 m³. Biaya material untuk konstruksi dengan volume tersebut adalah sebesar Rp. 1.350.657.000,00

6.2 SARAN

Dengan mempertimbangkan keseluruhan hasil perencanaan yang telah dilakukan dan berdasarkan pula pada data yang telah diperoleh dari lokasi, saran yang dapat penulis sampaikan adalah:

1. Pada pelaksanaan pembangunannya nanti diharapkan memperhatikan kondisi sosial masyarakat di sekitar lokasi pantai sebab banyak kepentingan yang tersimpan diantara derap kehidupan masyarakat Pantai Sangsit. Hal tersebut dilakukan agar jangan sampai pelaksanaan pembangunan struktur detached breakwater ini mengganggu kelancaran kehidupan masyarakat Pantai Sangsit.
 2. Meskipun tujuannya adalah untuk melindungi kawasan pantai, bukan berarti tidak memperhatikan peruntukan lain
-

pada wilayah ini. Misalnya, keadaan pertanian, perikanan laut, pariwisata, tempat peribadatan dan sebagainya.

3. Pelaksanaan pembangunan hendaknya benar-benar sesuai dengan hasil perencanaan yang telah dilakukan agar kerusakan dapat diperkecil sedemikian rupa sehingga struktur dapat bertahan dalam waktu yang lama.
4. Monitor dan pemeriksaan serta pengawasan pasca pembangunan harus pula dilaksanakan untuk melihat perkembangan kondisi kawasan pantai apakah telah sesuai dengan tujuan perencanaan.

Pada akhirnya harapan yang senantiasa penulis inginkan adalah segala yang telah direncanakan dan dikerjakan dapat bermanfaat dengan semaksimal mungkin.





DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

Ahrens, J.P., and Cox, J., 1984, "*Design and Performance of Reef Breakwater*", Submitted to Journal of Coastal Research.

Department of the Army, US Army Corps of Engineers (1984), "*Shore Protection Manual Vol. 1*", Coastal Engineering Research Center, Washington.

Department of the Army, US Army Corps of Engineers (1984), "*Shore Protection Manual Vol. 2*", Coastal Engineering Research Center, Washington.

De F Quinn, Alfonso, (1976), "*Design & Construction of Ports & Marine Structure*", McGraw Hill Book Company, New York, .

Ehrlich, L.A. & Kulhawy, F.H., (1982), "*Breakwater, Jetties and Groin: A Design Guide*", Cornell University, Ithaca, New York.

Fulford, T. Edward and Usab, M. Kenneth, 1992, "*Bay Ridge, Anne Arroundel County, Maryland Offshore Breakwater and Beach Fill Design*", Proceeing of Enginerring Practice '92, American Society of Civil Engineers, pp. 205-220.

Memos, C.D., (1976), "*Difraction of Wafes Through a Gap Between Two Inclined Breakwaters*", Ph.D. Thesis, University of London, London, England.

Pope, J., and Dean, J.L., 1986, "*Development of Design Criteria for Segemented Breakwaters*", Proceedings 20th International Coastal Engineering Conference, November 9-14, Taipei, Taiwan, American Society of Civil Engineers, pp.2144-2158.

Pratikto, W.A., Haryo, D.A, & Suntoyo, (1996), "*Perencanaan Fasilitas Pantai dan Lautan*", FT Kelautan - ITS, Surabaya.

Sorensen, Robert M.(1978), "*Basic Coastal Engineering*", Jhon Wiley & Sons, New York.

Silvester, R (1974), "*Coastal Engineering 1*", Elseiver Scientific Publishing Company, Amsterdam.

Silvester, R (1974), "*Coastal Engineering 2*", Elseiver Scientific Publishing Company, Amsterdam.

Triatmaja, B., (1989), "*Teknik Pantai*", Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta.



LAMPIRAN - A

PERHITUNGAN TINGGI GELOMBANG RENCANA

PERHITUNGAN TINGGI GELOMBANG RENCANA

Tinggi gelombang rencana digunakan untuk perhitungan stabilitas detached breakwater. Dengan tinggi gelombang rencana tersebut akan dihitung berat satuan batu pelapis yang merupakan faktor pendukung utama stabilitas breakwater. Sebagai data awal perhitungan adalah data tinggi gelombang maksimum tahunan.

Tabel Tinggi gelombang maksimum (X_i) untuk tiap-tiap tahun pengukuran antara tahun 1986 hingga tahun 1994. Data ini diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum, Propinsi Bali tahun 1994.

Tabel A-1.1

Data Tinggi Gelombang Maksimum tiap tahun

Tahun	X_i
1986	3,694
1987	3,62
1988	3,857
1990	3,62
1992	4,022
1993	4,522
1994	2,362

\bar{X}_i : rata-rata tinggi gelombang maksimum.

$$\begin{aligned}\bar{X}_i &= \frac{\sum X_i}{n} \\ &= 3,671\end{aligned}$$

S_x : standart deviasi.

$$\begin{aligned}S_{x_i} &= \sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}} \\ &= 0,6584\end{aligned}$$

Hasil perhitungan disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel A-2.2
Perhitungan Tinggi Gelombang Rencana

Perd. Ulang	Reduce Variate (Y_{TR})	Fakt. Frek (K)	Glb. Rencana ($H_D = X_{Tr}$)
5	1,504	0,0812	3,7245
10	2,251	0,7081	4,1373
15	2,6744	1,0619	4,3702
20	2,9709	1,3095	4,5332
25	3,1993	1,5003	4,6588
50	3,9028	2,0879	5,0458
75	4,3117	2,4295	5,2707
100	4,6012	2,6712	5,4298

Y_{Tr} diperoleh dari persamaan 4.5 sedangkan harga faktor frekuensi K

diperoleh dari persamaan 4.4 pada Bab IV.

$$Y_{Tr} = - \left[0,834 + 2,303 \log \cdot \log \left(\frac{Y_{Tr}}{Tr-1} \right) \right]$$

$$K = \frac{Y_{Tr} - \bar{Y}}{S_n}$$

$$X_{Tr} = \bar{X} + K \cdot S_x$$



LAMPIRAN - B

**LISTING PROGRAM PERHITUNGAN
REFRAKSI DAN PENDANGKALAN**

LISTING PROGRAM PERHITUNGAN

Refraksi Dan Pendangkalan

Program penentuan tinggi gelombang pada daerah sekitar pantai yang dipakai ini dibuat berdasarkan teori refraksi gelombang yang dikembangkan oleh CERC, US Army seperti telah dijelaskan pada Bab IV. Selanjutnya dengan mempertimbangkan data arah datang gelombang dan jenis contour pada dasar perairan Pantai Sangsit maka diambil beberapa asumsi yaitu arah datangnya gelombang dianggap dari arah utara atau membentuk sudut 45° dari garis pantai. Asumsi kedua adalah perubahan kedalaman contour dianggap paralel. Dengan dua asumsi di atas perhitungan tinggi gelombang pada pantai didapat dengan mengacu pada tabel harga d/L_0 yang dikembangkan oleh Silvester. Dalam hal ini dipakai penambahan harga d/L_0 seperti terlihat di bawah ini (Silvester, 1974):

Tabel B-1.1
 Nilai d/L_0 untuk perhitungan refraksi gelombang

$\alpha_0 < 70^{\circ}$	0,5	0,2	0,12	0,07	0,04	0,025	0,015
$\alpha_0 > 70^{\circ}$	0,5	0,4	0,3	0,2	0,04	0,025	0,015

Dengan demikian dipakai pada $\alpha_0 < 70^{\circ}$. Setelah dapat diketahui harga d/L_0 maka dapat pula diperoleh harga L dengan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan pada Bab IV. Sehingga akhirnya dapat pula diperoleh harga tinggi gelombang pada daerah di sekitar pantai.

Program perhitungan ini memakai bahasa pemrograman Watfor77. Sebagai masukan adalah tinggi gelombang rencana beserta periodenya dan

kedalaman perairan di sekitar pantai yang ditinjau. Selanjutnya akan diperoleh keluaran berupa tinggi gelombang pada daerah disekitar pantai. Listing program perhitungan ini disajikan pada halaman berikut.

c\$noext
c\$nolist

```

REAL*8 AL1,AL
write(*,*)'masukkan tinggi gelombang deep water'
read(*,*)ho
write(*,*)'masukkan periode gel'
read(*,*)t
write(*,*)'masukkan kedalaman yang ditinjau'
read(*,*)do
pi=3.14
g=9.81
alo=(g*t**2)/(2*pi)
write(*,20)alo
20 format(/////,'panjang gel, Lo =',f8.4,/)
write(*,5)
5 format('-----',/,3x,'d/Lo',8x,
1 'L',8x,'ho',8x,'h',/, '=====')

d=0.5*alo
ho2=ho
al1=alo
call panjang(d,al1,al,h2,ho2,alo)

d=0.2*alo
al1=al
ho2=h2
call panjang(d,al1,al,h2,ho2,alo)

d=0.12*alo
al1=al
ho2=h2
call panjang(d,al1,al,h2,ho2,alo)

d=0.07*alo
al1=al
ho2=h2
call panjang(d,al1,al,h2,ho2,alo)

d=0.04*alo
al1=al
ho2=h2
call panjang(d,al1,al,h2,ho2,alo)

```

```
d=0.025*alo
al1=al
ho2=h2
call panjang(d,al1,al,h2,ho2,alo)

d=0.015*alo
al1=al
ho2=h2
call panjang(d,al1,al,h2,ho2,alo)

d=do
al1=al
ho2=h2
call panjang(d,al1,al,h2,ho2,alo)

stop
end

subroutine panjang(d,al1,al,h2,ho2,alo)
real*8 al1,al
pi=3.14
10 al=alo*tanh(2*pi*d/al1)
if(abs(al1-al).ge.0.0001)then
al1=al
goto 10
endif
dl=d/alo
an=(1+(4*pi*d/al)/sinh(4*pi*d/al))/2
ac=tanh(2*pi*d/al)*(1+(pi*ho2/al)**2*((14+4*(cosh(4*pi*d/al))**2)
1 /(16*(sinh(2*pi*d/al)**4))))
h2=ho2*(sqrt(1/(2*an*ac)))*sqrt(ac)
write(*,30)dl,al,ho2,h2
30 format(f8.4,3x,f8.4,1x,f8.4,2x,f8.4)
return

end
```

Dari out-put hasil running program diperoleh besarnya panjang gelombang, tinggi gelombang sebelum mengalami refraksi dan tinggi gelombang setelah mengalami refraksi untuk tiap-tiap perubahan perbandingan panjang gelombang dan kedalaman. Lay-out dari out-put program disajikan berikut ini.

panjang gel, $L_0 = 1.2936$

d/ L_0	L	H_0	H
0.5000	146.4410	4.7000	4.6467
0.2000	130.5637	4.6467	4.0208
0.1200	111.5177	4.0206	3.2238
0.0700	90.2787	3.2238	2.4541
0.0400	70.5709	2.4541	1.8100
0.0250	56.7102	1.8100	1.3139
0.0150	44.4013	1.3139	0.9438
0.0088	34.1893	0.9438	0.9069



LAMPIRAN - C

**GRAFIK PERHITUNGAN
TINGGI GELOMBANG TERDIFRAKSI**

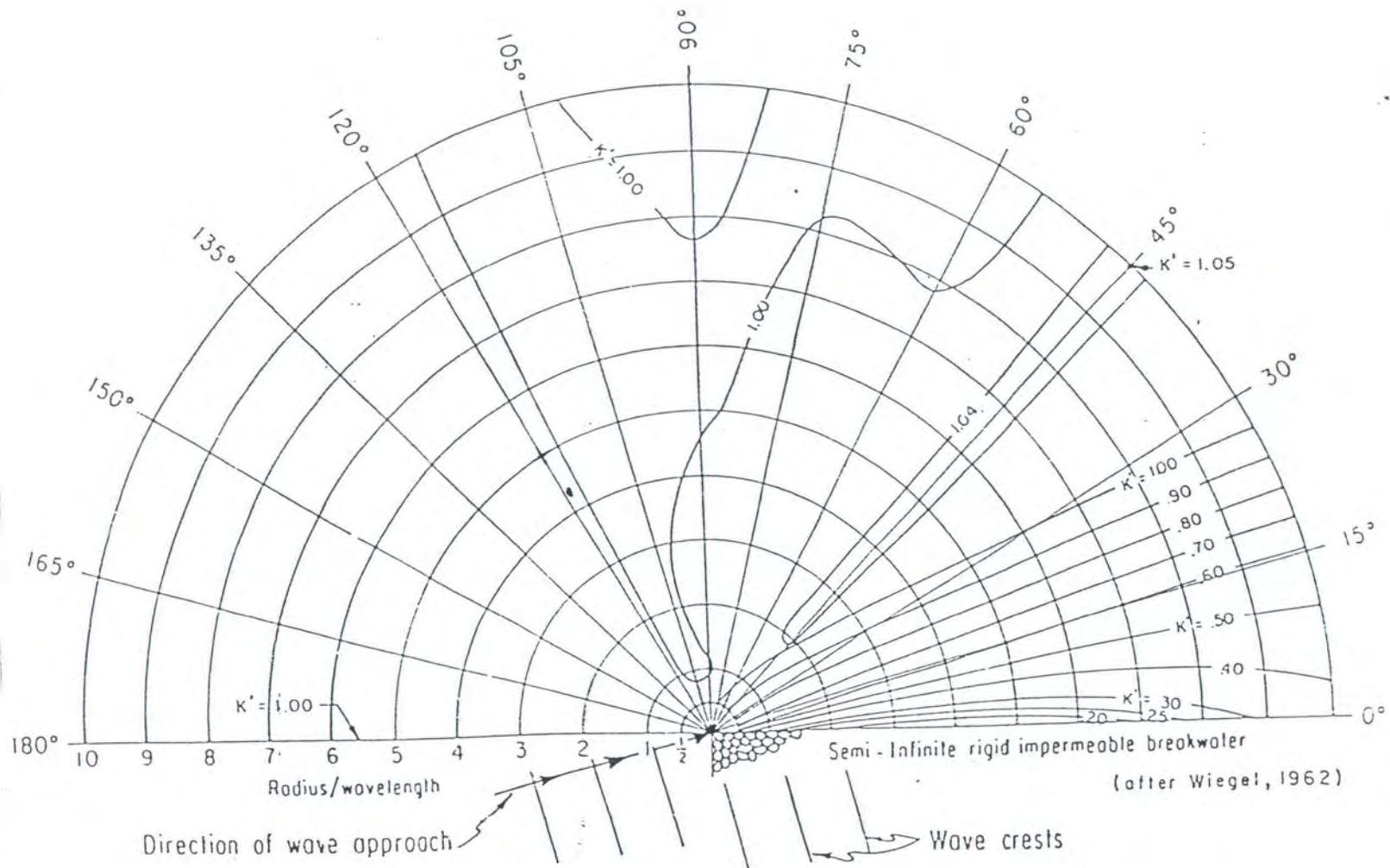


Figure 2-28. Wave diffraction diagram--15° wave angle.

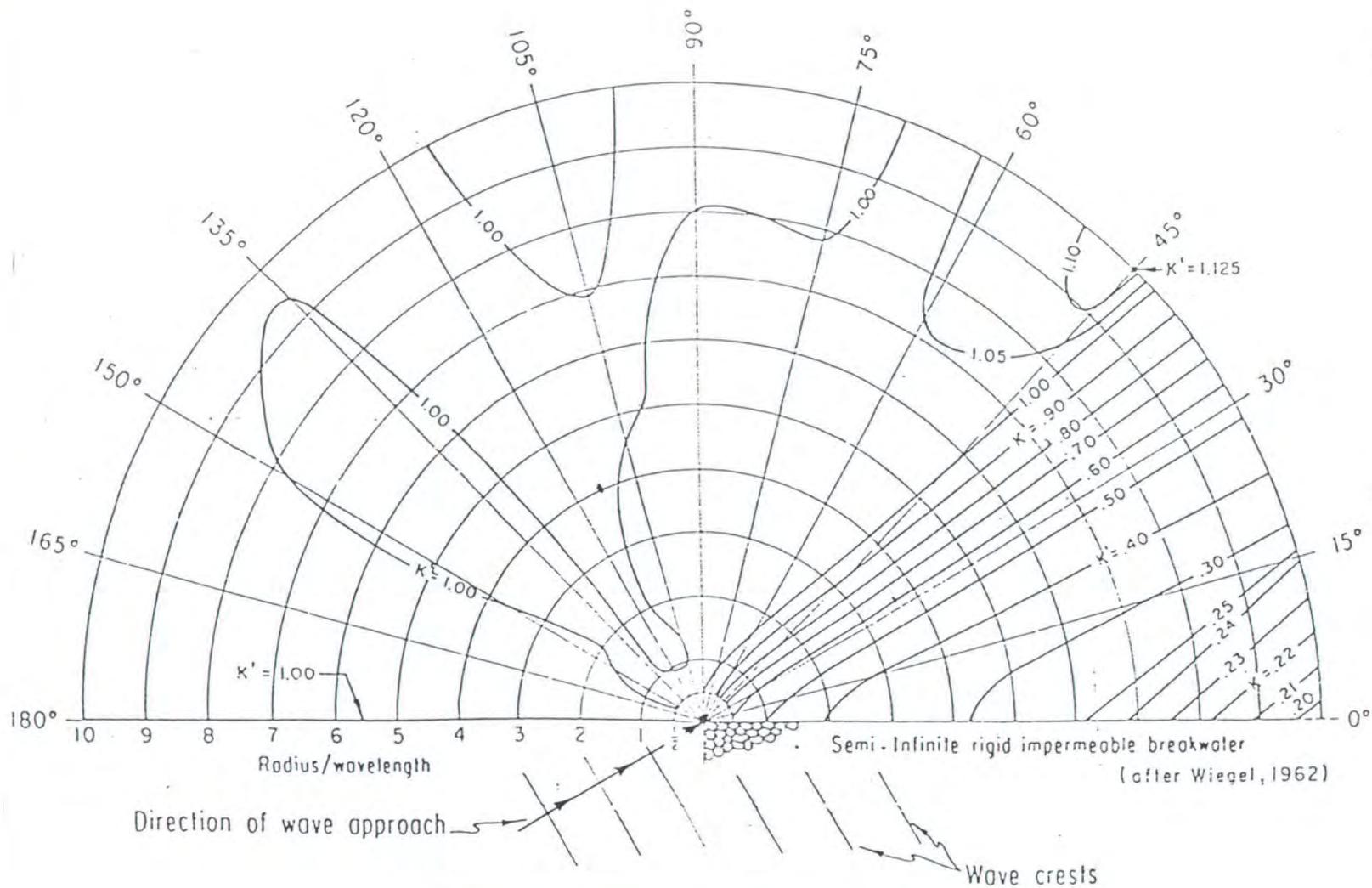


Figure 2-29. Wave diffraction diagram--30° wave angle.

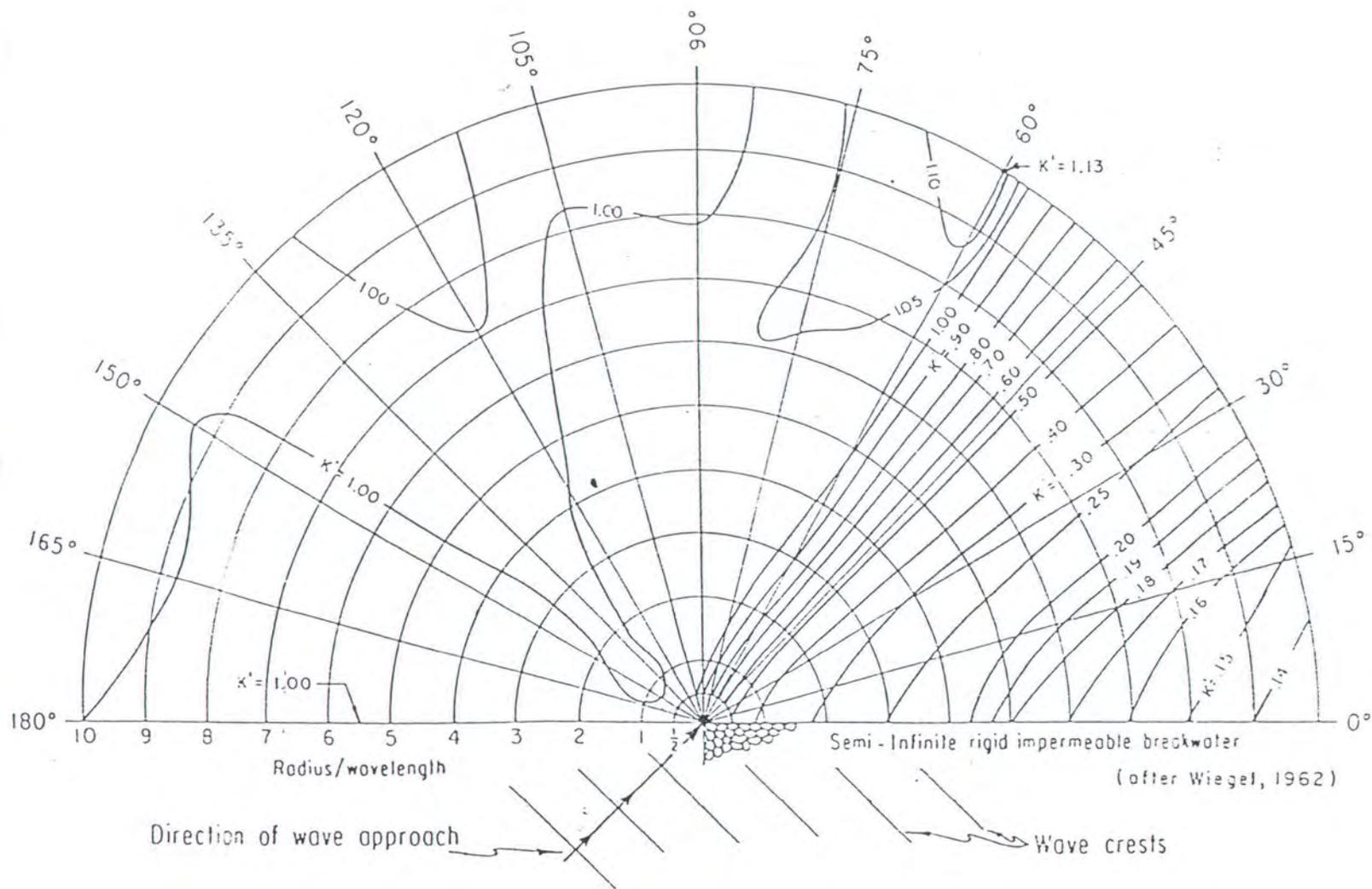


Figure 2-30. Wave diffraction diagram--45° wave angle.

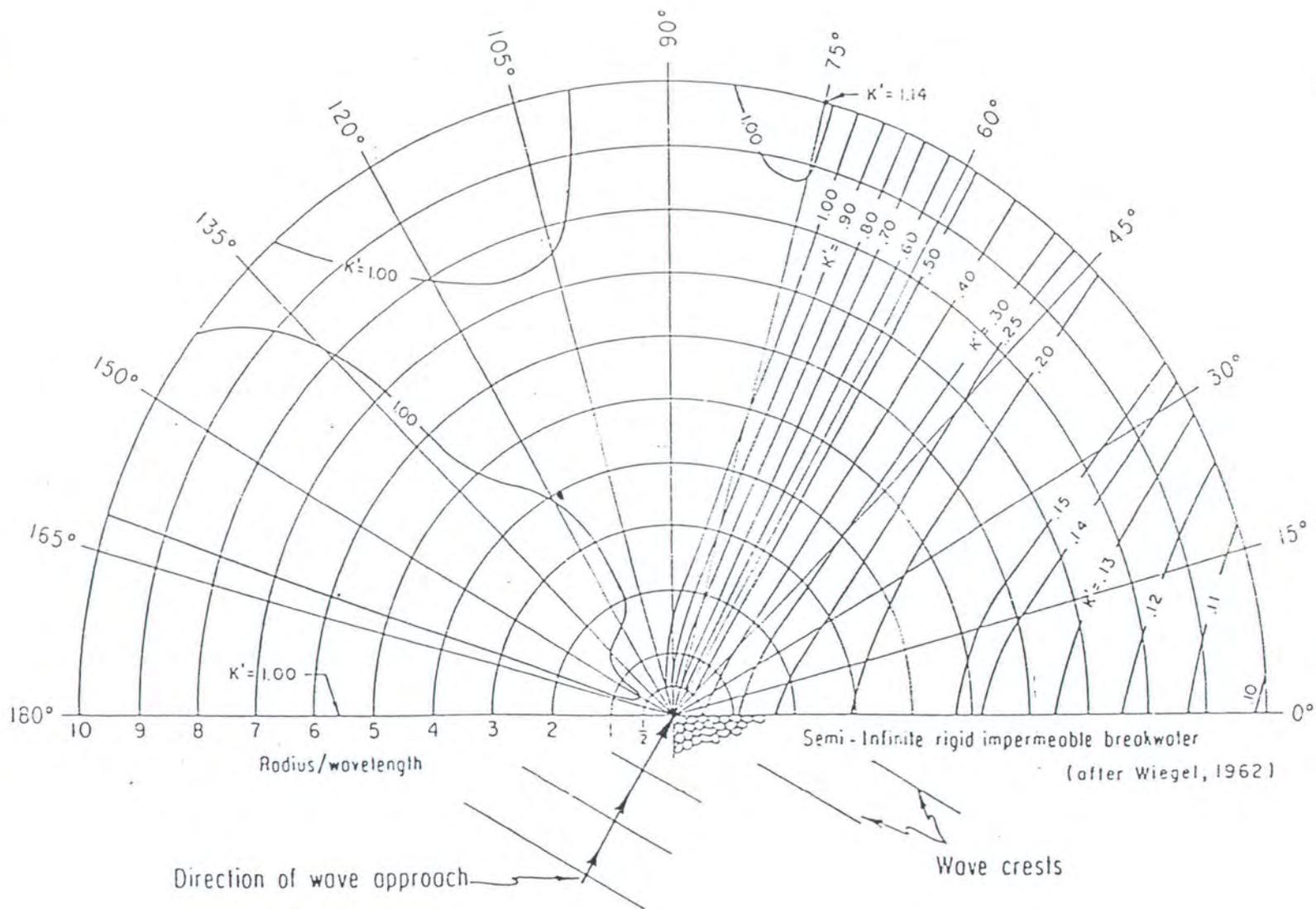


Figure 2-31. Wave diffraction diagram--60° wave angle.

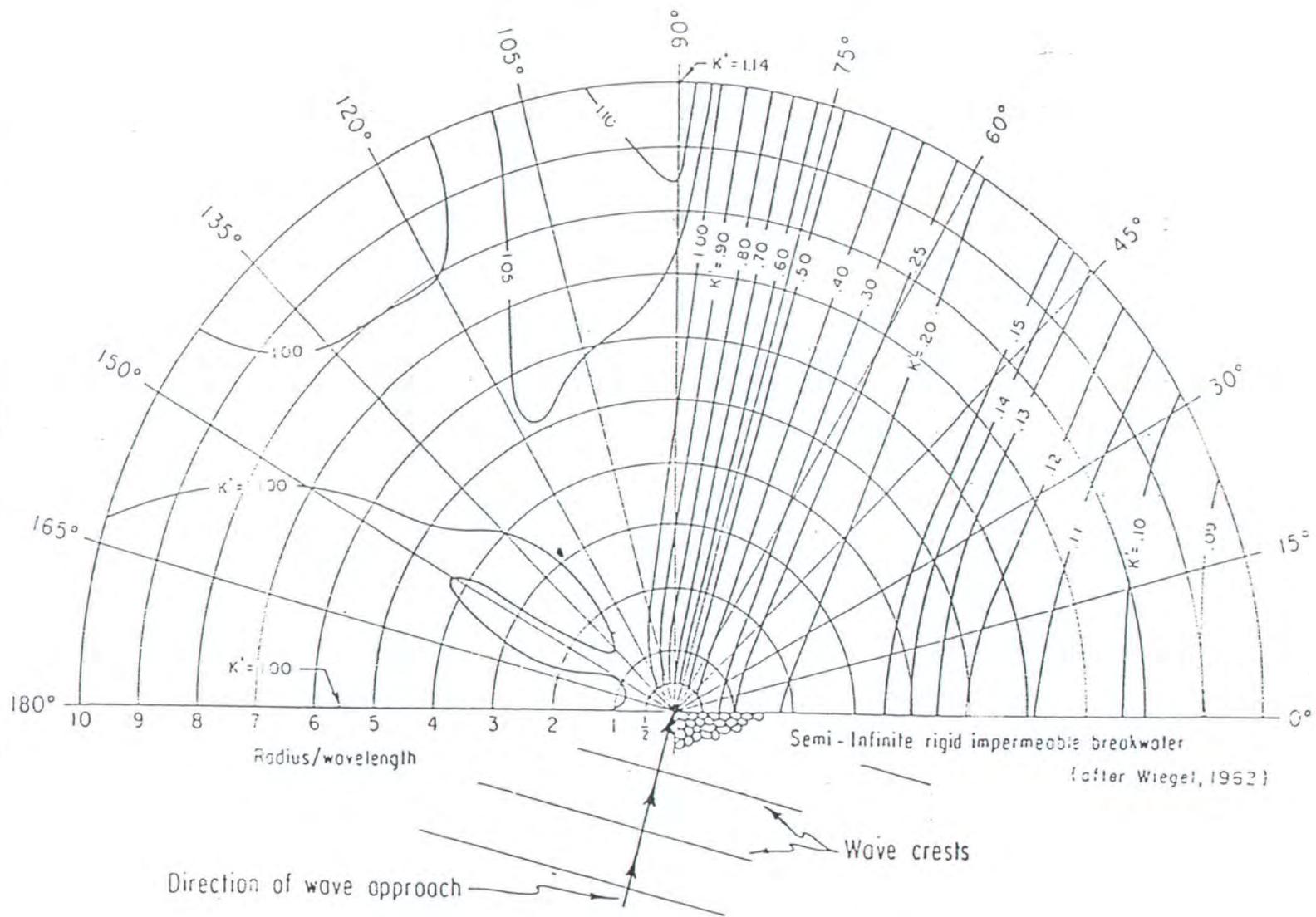


Figure 2-32. Wave diffraction diagram--75° wave angle.

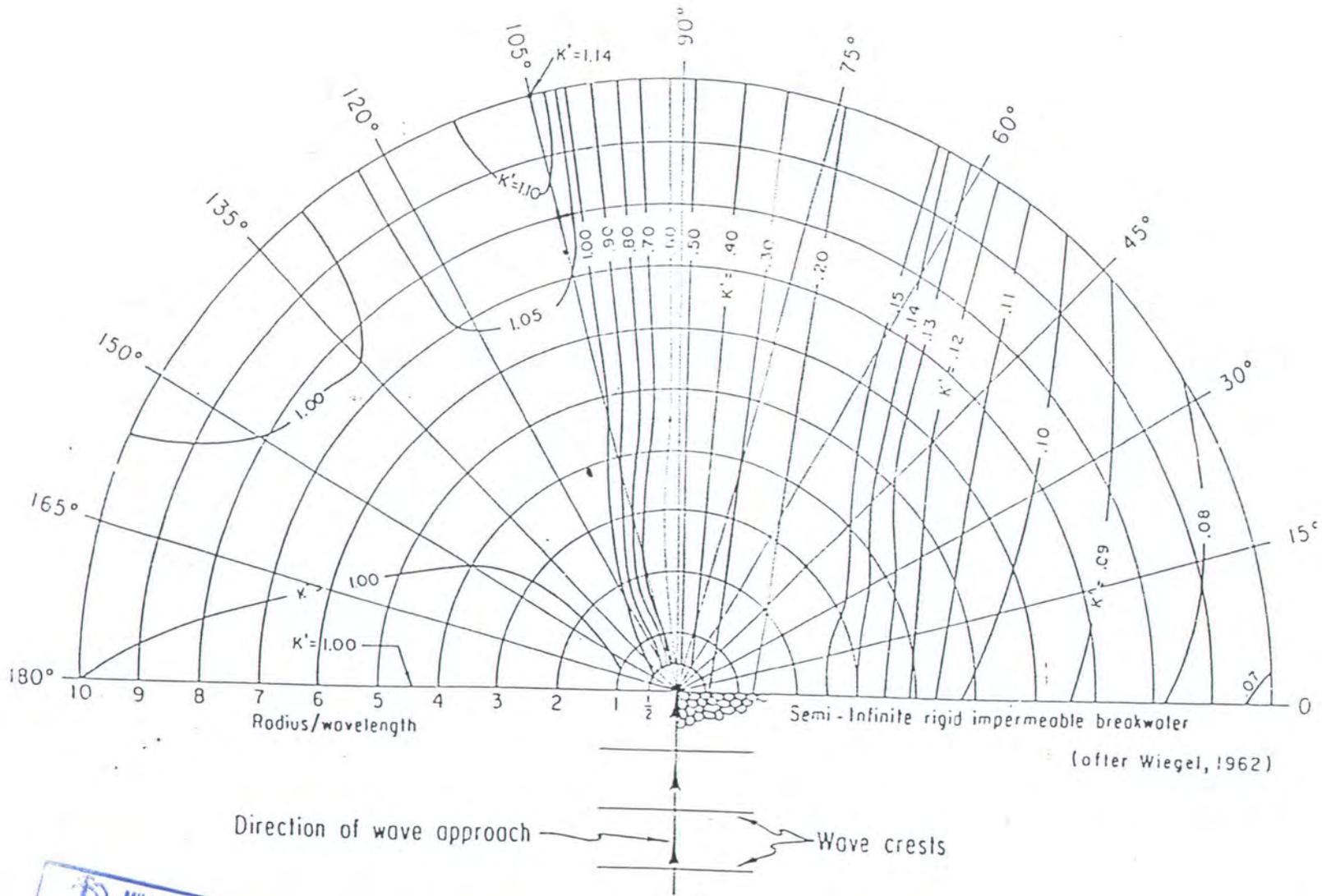


Figure 2-33. Wave diffraction diagram--90° wave angle.

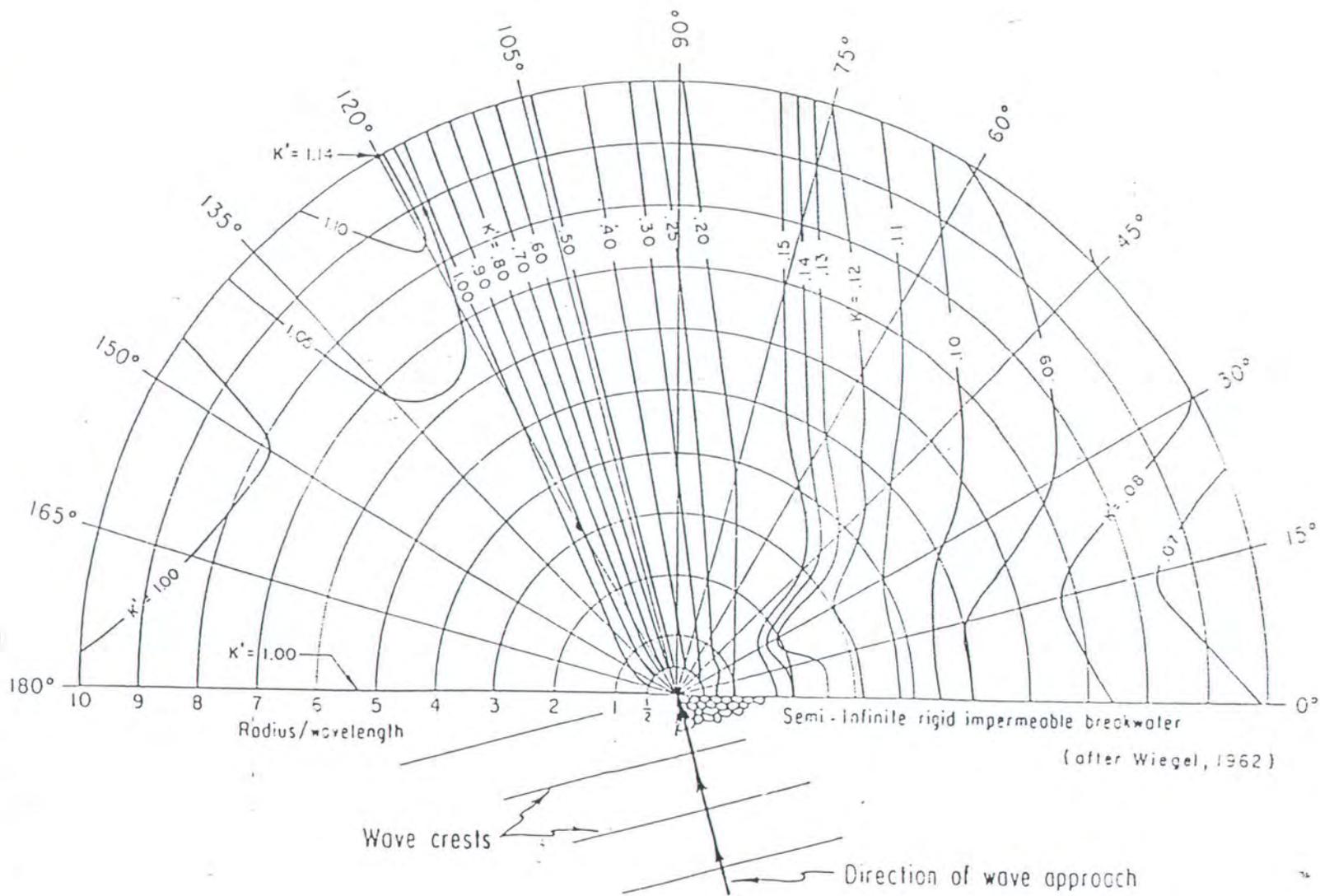


Figure 2-34. Wave diffraction diagram--105° wave angle.

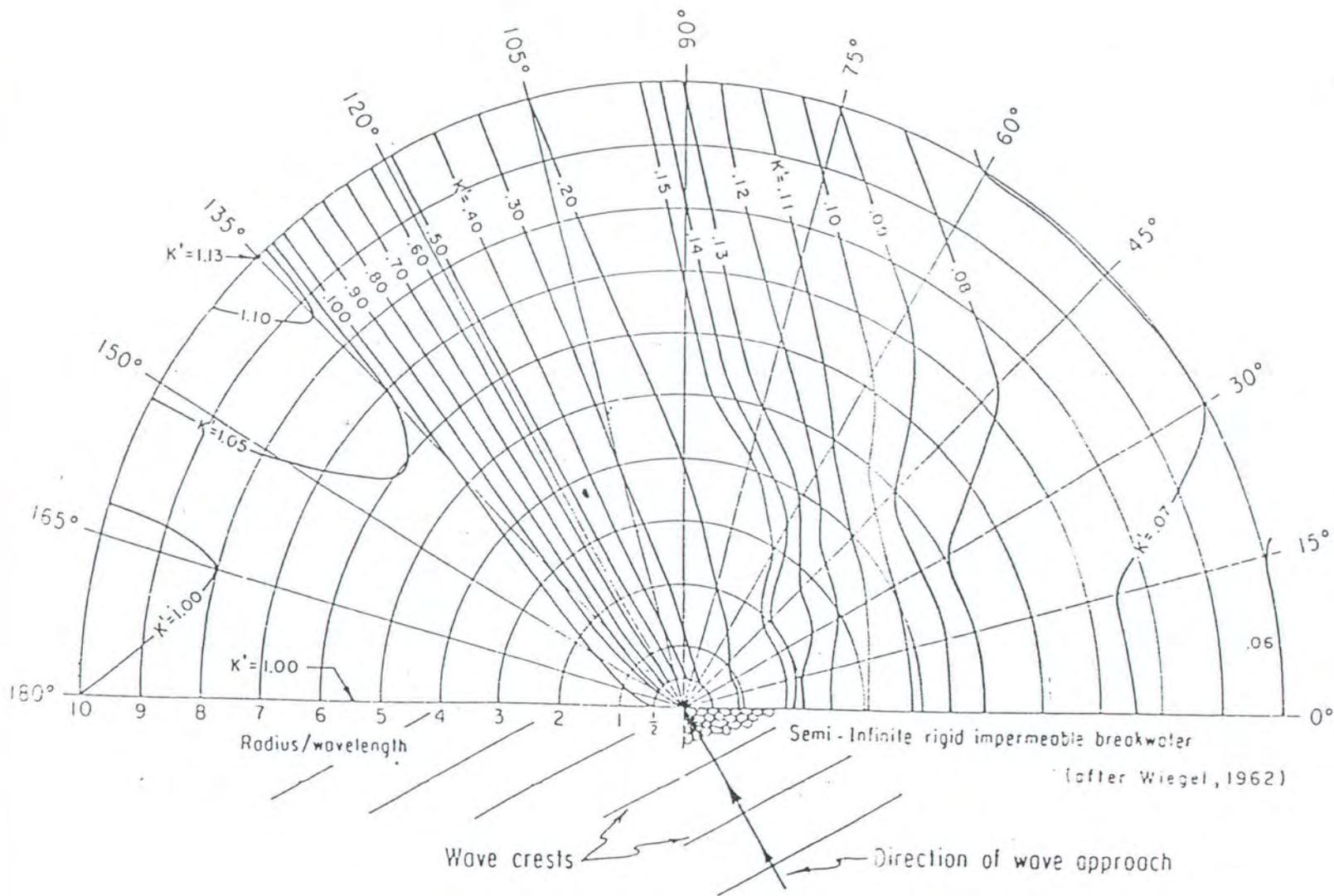


Figure 2-35. Wave diffraction diagram--120° wave angle.

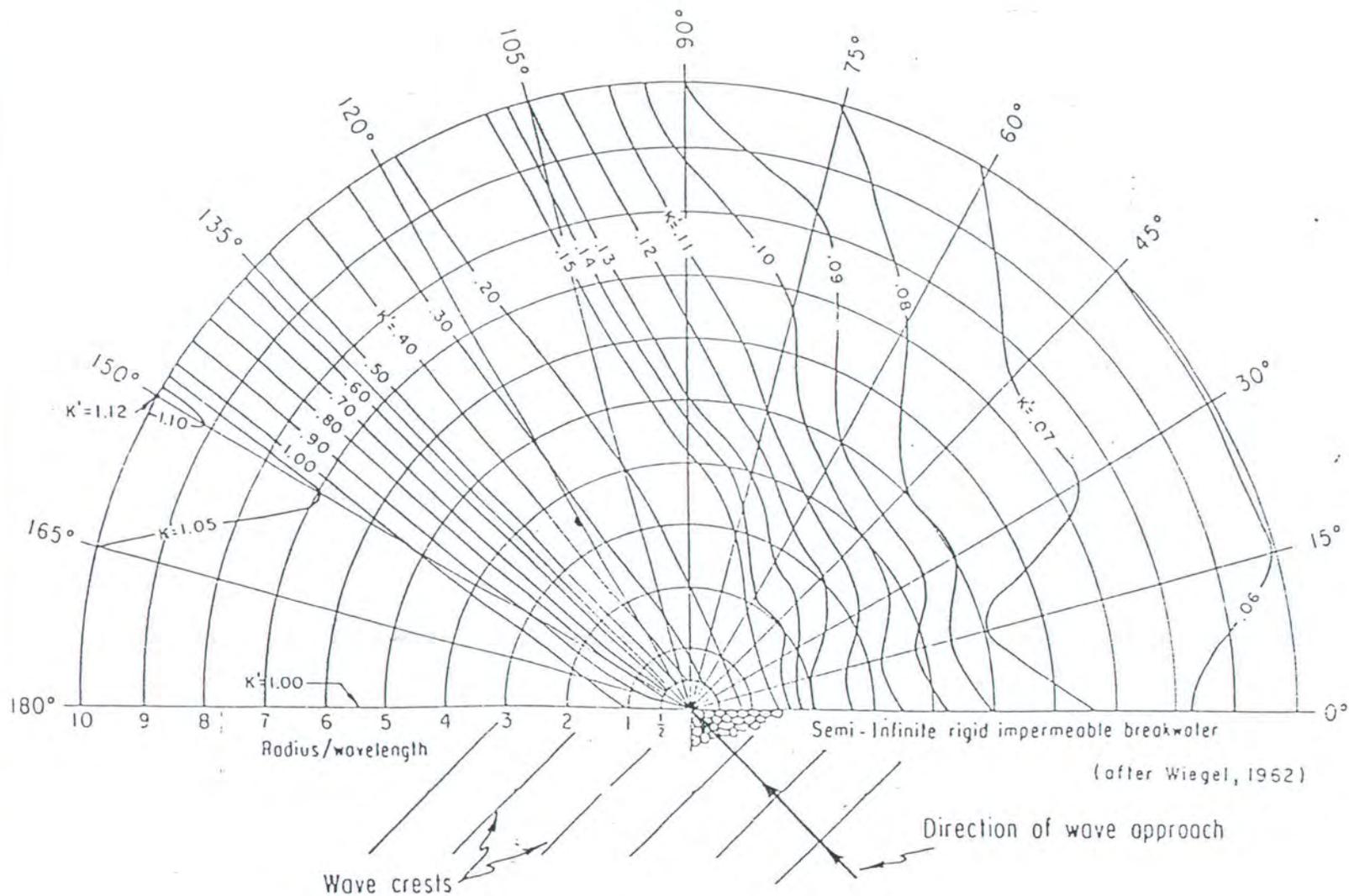


Figure 2-36. Wave diffraction diagram--135° wave angle.

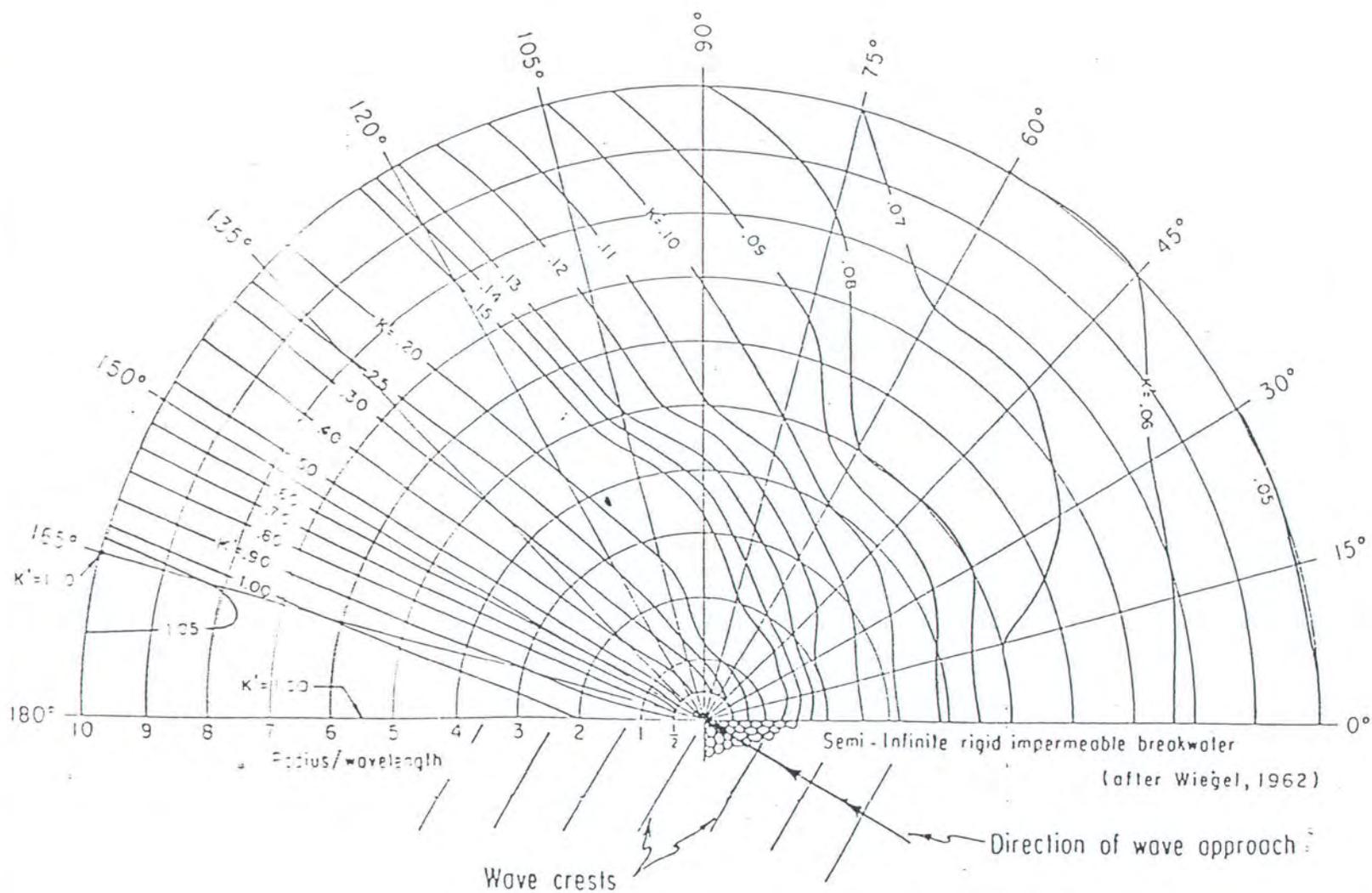


Figure 2-37. Wave diffraction diagram--150° wave angle.

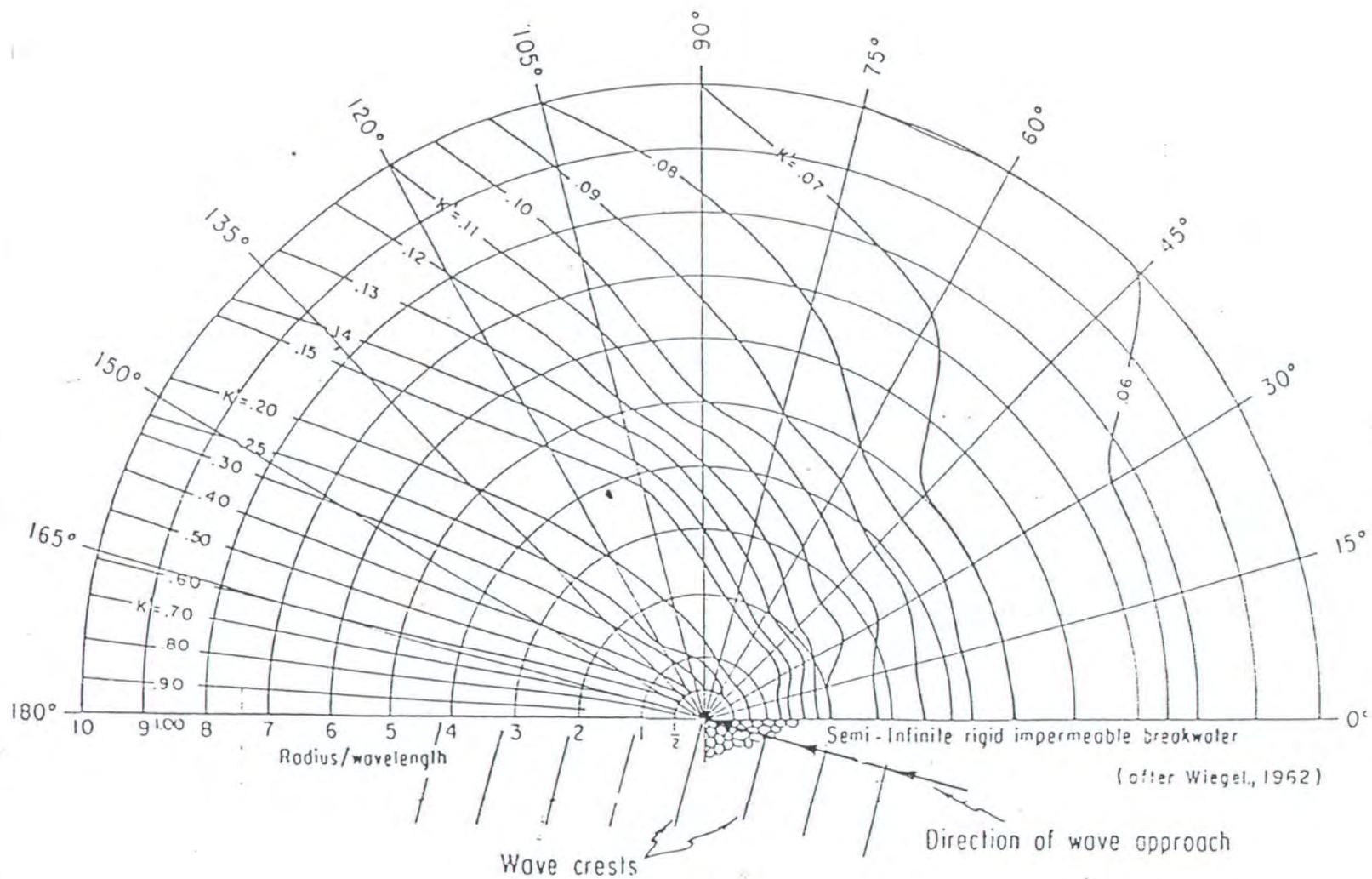


Figure 2-38. Wave diffraction diagram--165° wave angle.

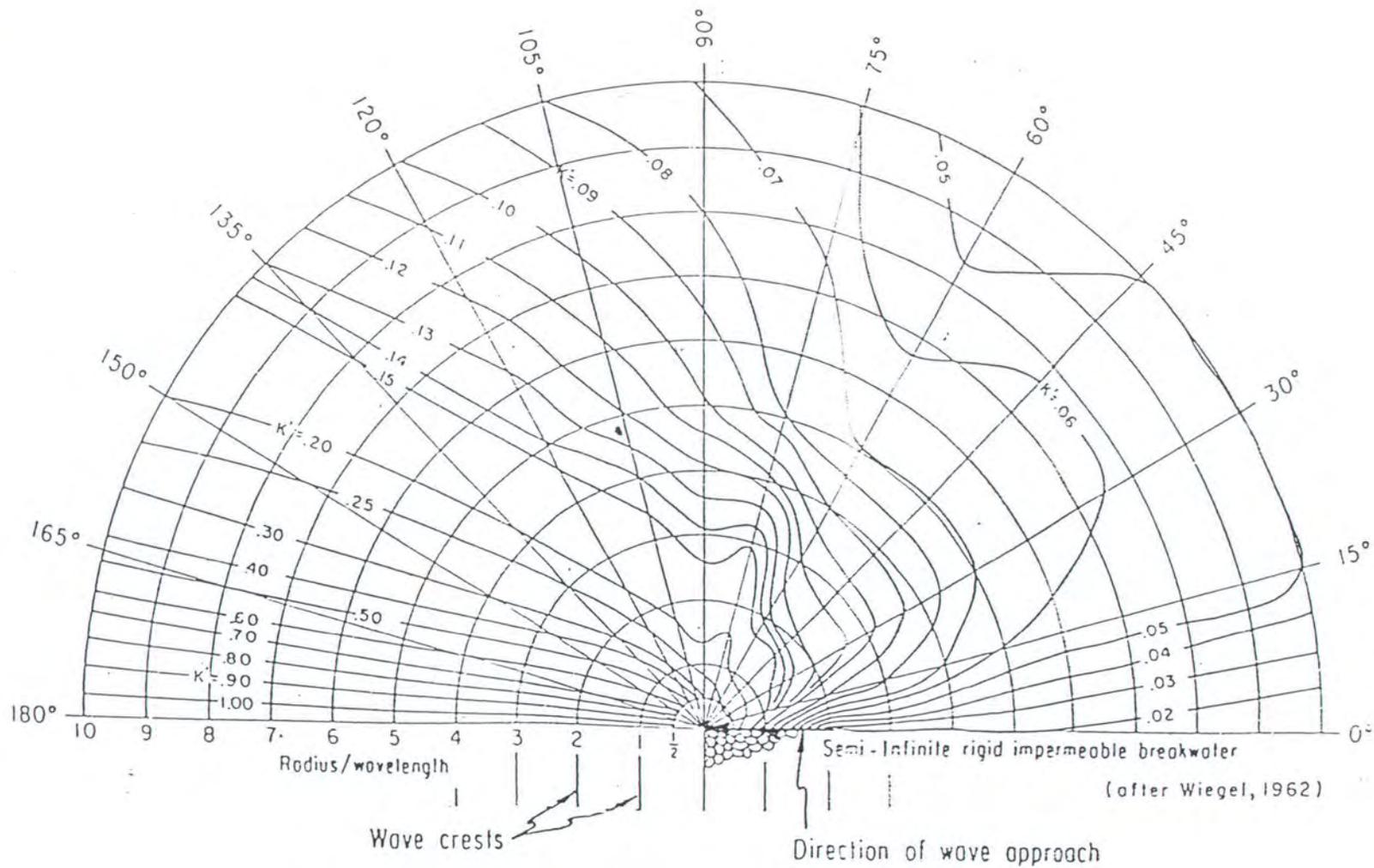


Figure 2-39. Wave diffraction diagram--180° wave angle.