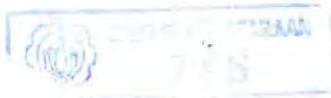


14.625/H/02



**TUGAS AKHIR
(KL 1702)**

**ANALISA TEKNIS KERUSAKAN SISTEM
PENGAMAN PANTAI DI KUTA BALI**



R5Ke
627.5d
cah
a-1
2001

Oleh :

EKO BUDI CAHYONO

NRP. 4395 100 029

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

2001

Rp. 30.000

13.03.01

H

21.3.2004

ANALISA TEKNIS KERUSAKAN SISTEM PENGAMAN PANTAI DI KUTA BALI

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II



Wonggorji

Prof. Ir. W. A. Pratikto, Msc., PhD.
NIP. 130 816 210

elout

Kriyo Sambodho, ST.
NIP. 132 231 071

**SURABAYA
Januari, 2001**

ABSTRAK

Pantai Kuta merupakan salah satu pantai wisata yang berada di Kabupaten Badung Bali. Untuk menjaga stabilitas garis pantai maka pada pantai tersebut dibangun bangunan pengaman dan pelindung pantai berupa groin dan seawall.

Seiring perkembangan waktu, dinding pantai dan groin ini mengalami beberapa kerusakan pada beberapa tempat. Untuk mengetahui dan mengatasi permasalahan di atas maka perlu dilakukan kajian-kajian terhadap bangunan pengaman dan pelindung pantai yang rusak tersebut.

Analisa data berupa data angin, pasang surut, bathymetri dan topografi dilakukan untuk mengetahui kondisi pantai kuta. Selanjutnya dilakukan analisa refraksi dan shoaling untuk mengetahui kondisi apakah gelombang yang menghantam bangunan sudah pecah atau belum. Analisa tekanan tanah dan tekanan gelombang/arus dilakukan untuk mengetahui penyebab dari kerusakan yang terjadi pada bangunan. Analisa tekanan gelombang menggunakan formula minikin dan Goda, sedangkan tekanan lateral tanah menggunakan teori rankine.

Dari analisa deformasi gelombang/beban gelombang dan arus, tekanan tanah lateral, dan kekuatan bangunan (dinding) yang ada didapat kesimpulan bahwa kerusakan sistem pengaman pantai di Kuta disebabkan gelombang dan arus menggerus bagian kaki bangunan serta di dukung adanya rembesan air dari belakang dinding yang membawa butiran pasir/tanah ke bagian depan dinding yang disebut piping.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT sang pencipta alam semesta. Atas rahmat dan hidayah Allah yang maha pengasih dan penyayang maka kami dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang berjudul "Analisa Teknis Kerusakan Sistem Pengaman Pantai di Kuta Bali".

Tugas akhir ini dikerjakan guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dan kritik sangat diharapkan oleh penulis. Semoga karya tulis ini bermanfaat.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya penulisan tugas akhir ini, terutama kepada :

1. Prof.Ir.W.A.Pratikto, MSc, Phd.

Selaku dosen pembimbing pertama yang telah menuntun penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dari awal sampai akhir.

2. Kriyo Sambodho, ST.

Selaku dosen pembimbing ke dua atas segala bantuan, saran dan perhatiannya.

3. Ir. Hartanta Tarigan, Msc, Phd.

Selaku dosen wali yang telah banyak memberi saran maupun kritik dan nasehatnya selama penulis menjalani studi.

4. Dr.Ir. Paulus Indiyono, Msc. Dan Dr.Ir. Wahyudi, Msc. selaku Kepala dan sekretaris Jurusan Teknik Kelautan.

5. Seluruh staf dosen dan karyawan yang bertugas di Jurusan Teknik Kelautan.

6. Bapak dan Ibu atas segala do'a dan nasehat serta semua yang telah engkau berikan serta my brothers and sister.

7. Iin atas do'a dan dorongan semangat yang telah engkau berikan.

8. Arek T 78, Jundy, Leon, Cahyo, Umar, Chiki, M3, Ucup, yan, dan arek laut 95 seluruhnya, hafid, trianu dan kawan-kawan KP.

9. Arek gebang Kidul 31, Gedek, Acong, Fityan, Hully, Udin, Win dan semuanya atas segala kebaikan dan persahabatannya.

10. Hamidi, Gede Andi, Kelpin atas tumpangannya.

11. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya tugas akhir ini.

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
Daftar Notasi	xi

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Permasalahan	I-4
I.3 Tujuan	I-4
I.4 Manfaat	I-4
I.5 Batasan Masalah	I-5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

II.1 Tinjauan Pustaka	II-1
II.2 Landasan Teori	II-3
II.2.1 Gelombang	II-3
II.2.1.1 Teori Gelombang	II-3
II.2.1.2 Klasifikasi Gelombang	II-6

II.2.2 Distribusi Kecepatan Angin	II-8
II.2.3 Hubungan Angin dan Gelombang	II-9
II.2.4 Pendangkalan Gelombang	II-12
II.2.5 Refraksi Gelombang	II-13
II.2.6 Difraksi Gelombang	II-15
II.2.7 Pasang Surut	II-17
II.2.8 Arus	II-19
II.2.9 Tekanan Tanah Lateral	II-21
II.2.10 Gaya Gelombang pada Dinding Vertikal	II-24
II.2.11 Penggerusan di Sekitar Pondasi	II-29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
III.1 Studi Literatur	III-2
III.2 Peninjauan Lapangan	III-2
III.3 Pengumpulan Data	III-2
III.4 Analisa Data	III-3

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	
IV.1 Kondisi Lingkungan Pantai Kuta	IV-1
IV.2 Analisa Data Angin	IV-3
IV.3 Analisa Data Gelombang	IV-7
IV.4 Analisa Data Pasang Surut	IV-20
IV.5 Analisa Data Arus	IV-23
IV.6 Analisa Tekanan Tanah Lateral	IV-25

IV.7 Analisa Tekanan/gaya Gelombang	IV-29
IV.8 Analisa Beban Gelombang dan Tanah terhadap Kekuatan Dinding	IV-37
IV.9 Kondisi Kerusakan pada Sistem Pengaman Pantai	IV-39

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Refraksi Gelombang	II-14
Gambar 2.2. Difraksi Gelombang	II-16
Gambar 2.3. Diagram Tekanan Tanah	II-21
Gambar 2.4. Tekanan Gelombang pada Dinding Vertikal	II-25
Gambar 2.5. Diagram Tekanan Gelombang	II-25
Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian	III-1
Gambar 4.1. Mawar Gelombang Laut Dalam	IV-6
Gambar 4.2. Hubungan Kecepatan Angin di Laut dan Darat	IV-9
Gambar 4.3. Grafik Peramalan Gelombang	IV-14
Gambar 4.4. Rasio H_b/H_o' terhadap H_o/gT^2	IV-19
Gambar 4.5. Grafik Kedalaman Gelombang Pecah	IV-20
Gambar 4.6. Dimensi Dinding Pantai	IV-25
Gambar 4.7. Diagram Tekanan Lateral Tanah	IV-26
Gambar 4.8. Beban pada Dinding Pantai	IV-28
Gambar 4.9. Dinding Pantai yang Mengalami Erosi	IV-39
Gambar 4.10. Groin yang Mengalami Kerusakan	IV-40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Gelombang	II-6
Tabel 2.2 Hubungan Fungsi Hiperbalis dan Asimptot Kedalaman Relatif	II-7
Tabel 2.3. Jenis-jenis Pasang Surut	II-19
Tabel 4.1. Data prosentase Kejadian Angin	IV-4
Tabel 4.2. Jenis pasang Surut di Kuta	IV-22
Tabel 4.3. Beban Tanah pada Dinding Pantai	IV-28

DAFTAR NOTASI

L	= Panjang gelombang
LD	= panjang gelombang pada kedalaman d
D	= Kedalaman air
Ds	= Kedalaman pada kaki bangunan
D ₅₀	= Median diameter
G _s	= Spesifik gravity
θ	= Sudut geser
H _{o''}	= Tinggi Gelombang pada titik yang di tinjau
H _o	= Tinggi gelombang di laut dalam
H _s	= Tinggi gelombang signifikan
α _o	= Sudut gelombang datang
α _b	= Sudut datang gelombang pecah
K _s	= Koefisien shoaling
C	= Cepat rambat gelombang
C _o	= Cepat rambat gelombang di laut dalam
K	= Koefisien Von Karman
K _a	= Koefisien tekanan tanah aktif .
K _p	= Koefisien tekanan tanah pasif
K _r	= Koefisien refraksi
K _d	= Koefisien difraksi
H _b	= Tinggi gelombang pecah
d _b	= Kedalaman gelombang pacah
m	= Kemiringan dasar laut
N _s	= Kestabilan gelincir
N _o	= Nilai kestabilan jangkit
P _a	= Tekanan tanah aktif
P _m	= Tekanan dinamis maksimum
P _p	= Tekanan tanah pasif
G	= Percepatan gravitasi
T	= Periode gelombang
T _s	= Periode signifikan
U	= Kecepatan geser
U _A	= Faktor tegangan angin
U ₁₀	= Kecepatan angin pada ketinggian 10 m
U _Z	= Kecepatan angin pada ketinggian Z meter
Z	= Ketinggian pengukuran
R _T	= Koreksi akibat adanya perbedaan temperatur udara dan air
R _L	= Koreksi terhadap pencatatan angin di darat
R _S	= Gaya hidrostatis
φ	= Potensial kecepatan
ρ	= Density
W	= Berat dinding + tanah di atas pondasi

c = Faktor kohesi
y = Elevasi terhadap muka air
 y_0 = Tinggi kekasaran permukaan
V = Kecepatan arus sejajar pantai

BAB I

PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Pantai Kuta merupakan salah satu pantai wisata yang berada di kabupaten Badung, Bali. Karena pemandangannya yang indah maka kuantitas wisatawan meningkat secara signifikan dari tahun ke tahun. Untuk menjaga stabilitas garis pantai maka pada pantai tersebut di bangun bangunan pengaman dan pelindung pantai berupa groin dan dinding pantai.

Bangunan pengaman pantai direncanakan untuk mampu menahan gaya-gaya gelombang yang bekerja padanya. Hitungan stabilitas bangunan biasanya didasarkan pada kondisi ekstrim, di mana dengan kondisi tersebut bangunan harus tetap aman. Dalam perencanaan tersebut perlu di tinjau fungsi dan bentuk bangunan, lokasi, panjang, tinggi, stabilitas bangunan dan tanah pondasi. Elevasi muka air baik di depan maupun belakang bangunan.

Dinding pelindung pantai dan groin merupakan beberapa alternatif yang digunakan sebagai bagian dari perlindungan pantai dari erosi dan gerusan yang umumnya disebabkan oleh adanya gelombang, arus, maupun



gelombang dengan panjang gelombang yang sangat besar seperti halnya gelombang tsunami. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di belakang bangunan. Permukaan bangunan yang menghadap arah datangnya gelombang dapat berupa sisi vertikal maupun miring. Bangunan tersebut umumnya ditempatkan sejajar atau tegak lurus dengan garis pantai, dan terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa (buis) beton, turap, kayu atau tumpukan batu.

Fungsi bangunan akan menentukan pemilihan bentuk dengan permukaannya antara lain bentuk sisi tegak, miring, lengkung atau bertangga. Dalam perencanaan dinding pantai dan groin juga perlu diperhatikan kemungkinan terjadinya erosi di kaki bangunan dan dalam hal ini tergantung pada bentuk sisi bangunan, kondisi gelombang dan sifat-sifat tanah dasar. Untuk melindungi erosi tersebut maka pada kaki bangunan ditempatkan batu pelindung. Menurut CERC (1984) kedalaman erosi maksimum terhadap tanah dasar asli adalah sama dengan tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi di depan bangunan.

Menurut Kraus (1988) hal yang menjadi tujuan utama dalam pembangunan dinding pantai selain menempatkan tanah dan air laut pada kondisi tetap, juga menahan



terjadinya limpasan gelombang. Demikian juga halnya groin di pasang untuk menghambat laju transport sedimen sepanjang pantai. Untuk dinding pantai air yang melimpas di belakang bangunan akan terinfiltasi melalui permukaan tanah dan mengalir kembali ke laut. Apabila perbedaan elevasi muka air di belakang dan di depan bangunan cukup besar dapat menimbulkan kecepatan aliran yang cukup besar dan dapat menarik butiran tanah di belakang dan pada pondasi bangunan.

Dalam perencanaan bangunan pantai biasanya karakteristik gelombang di laut ditetapkan berdasarkan pengukuran gelombang di lapangan atau berdasarkan hasil peramalan gelombang dengan menggunakan data angin dan fetch. Selanjutnya dengan menggunakan analisis deformasi gelombang, data gelombang tersebut beserta data elevasi muka air rencana dan peta bathimetri dapat digunakan untuk memprediksi karakteristik gelombang di lokasi bangunan.

Kondisi gelombang di lokasi bangunan pada setiap saat tergantung pada elevasi muka air yang selalu berubah karena pasang surut. Bangunan dapat mengalami serangan gelombang dengan bentuk yang berbeda karena adanya perubahan elevasi muka air, yaitu apakah



gelombang tidak pecah, pecah atau telah pecah dengan besar gaya yang berbeda.

I.2 PERMASALAHAN

Bangunan pengaman dan pelindung pantai di Kuta yang berupa groin dan seawall mengalami kerusakan pada beberapa bagian di sebagian tempat. Oleh karena itu, permasalahan yang akan di angkat dalam penulisan tugas akhir ini adalah faktor-faktor apa saja yang menyebabkan kerusakan pada bangunan pengaman dan pelindung pantai Kuta dan bagaimana solusinya.

I.3 TUJUAN

Tujuan utama yang diharapkan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang menyebabkan kerusakan-kerusakan pada bangunan pelindung dan pengaman pantai tersebut dan dapat menentukan solusinya.

I.4 MANFAAT

Dari hasil studi ini diharapkan akan menjadi pertimbangan bagi pihak pemerintah daerah dan instansi terkait lainnya dalam merencanakan bangunan pelindung dan pengaman pantai di pantai Kuta.



I.5 BATASAN MASALAH

Untuk menjaga agar pembahasan yang dilakukan tidak melebar, maka dibuatlah beberapa batasan. Batasan-batasan yang perlu diperhatikan dalam studi ini adalah:

1. Tidak diperhitungkan masalah biaya.
2. Lokasi studi terletak di pantai kuta kabupaten badung Bali
3. Data-data yang dipakai adalah data-data skunder.
4. Gerak fluida irrotational dan dalam dua dimensi.
5. Air laut di anggap incompressible dan inviscid.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

DAN DASAR TEORI

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Suatu negara yang daratannya lebih rendah dari permukaan air laut sangat memerlukan struktur/bangunan pelindung yang baik dari bahaya genangan air laut. Seawall dan revetment biasanya di bangun pada perairan dangkal atau pada daratan. Seawall merupakan salah satu pilihan dari berbagai bagunan pelindung pantai yang harus dipertimbangkan bersama dengan atau sebagai suatu alternatif manajemen pantai. Seawall di bangun untuk melindungi daratan dari limpasan air dan erosi karena gelombang dan badai. Seawall merupakan salah satu dari beberapa bentuk bangunan pelindung pantai yang digunakan tersendiri atau gabungan dengan bangunan yang lain. Semua sistem perlindungan pantai mempunyai keuntungan dan kerugian tersendiri (Pilarczyk, 1990).

Perencanaan berbagai bangunan pantai seperti pemecah gelombang, groin, dinding pantai, revetment dan bangunan yang lain umumnya telah di kaji berdasarkan sifat-sifat gelombang, tekanan dan gaya-gaya gelombang



yang bekerja pada bangunan, proses perubahan bentuk gelombang dan arus di daerah pantai tersebut. Walaupun demikian masih banyak di jumpai bangunan pantai yang mengalami kerusakan yang kerusakannya secara umum diakibatkan bangunan tidak mampu menahan beban kontinyu gelombang atau karena sifat material bangunan itu sendiri yang rentan terhadap efek filtrasi air laut.

Perkembangan model matematis yang sangat pesat dewasa ini telah banyak digunakan untuk menyelesaikan masalah refraksi dan defraksi , sirkulasi arus dan sedimen di pantai dan muara, fluktuasi muka air laut karena pengaruh pasang surut serta permasalahan pantai secara spesifik seperti timbulnya gelombang tsunami.

Penny & Price (1952) seperti di kutip dalam Sorrensen (1991) dan Pratikto et al (1997) telah memberikan pemecahan secara matematis analisa difraksi dan refraksi untuk memprediksi model puncak gelombang dan variasi ketinggian dari gelombang tersebut. Perumusan ini disempurnakan Johnson (1953) dengan tambahan penggunaan koefisien difraksi untuk berbagai sudut gelombang datang pada beberapa rintangan dan Fan (1967) dengan mengkombinasikan kedua penemuan tersebut yang diaplikasikan dalam program komputer.



2.2 LANDASAN TEORI

2.2.1 Gelombang

Gelombang digunakan untuk merencanakan bangunan-bangunan pantai seperti pemecah gelombang, dinding pengaman pantai, studi ketenangan di pelabuhan, dan fasilitas-fasilitas pelabuhan lainnya. Gelombang tersebut akan menimbulkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Selain itu gelombang juga bisa menimbulkan arus dan transpor sedimen di daerah pantai.

Pada umumnya bentuk gelombang di alam sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk random (suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode berbeda). Beberapa teori yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam. Ada beberapa teori dengan berbagai derajat kekompleksan dan ketelitian untuk menggambarkan gelombang di alam, diantaranya adalah teori Airy, Stokes, Gerstner, Mich, Knoidal, dan Tunggal.

2.2.1.1 Teori Gelombang

Teori paling sederhana adalah teori gelombang Airy, yang juga di sebut teori gelombang linier, atau



teori amplitudo kecil. Teori gelombang ini diturunkan berdasarkan persamaan Laplace untuk aliran tak rotasi dengan kondisi batas di permukaan air dan dasar laut. Kondisi batas di permukaan air di dapat dengan melinierkan persamaan bernoulli untuk aliran tak mantap. Persamaan tersebut memberikan potensial kecepatan periodik untuk aliran tak rotasional. Potensial kecepatan ini kemudian digunakan untuk menurunkan persamaan dari berbagai karakteristik gelombang.

Teori gelombang amplitudo kecil dapat diturunkan dari persamaan kontinyuitasuntuk aliran tak rotasi yaitu :

$$u = \frac{\partial \Phi}{\partial x} \quad \text{dan} \quad \omega = \frac{\partial \Phi}{\partial z}$$

Bila kecepatan potensial tersebut mempunyai turunan yang kontinyu maka :

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial \omega}{\partial z}$$

Untuk aliran dua dimensi, incompressible, maka persamaan kontinyuitas adalah :

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial \omega}{\partial z} = 0$$

bila digabungkan akan diperoleh persamaan Laplace :



$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x} + \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} = 0$$

Penyelesaian persamaan diferensial di atas terletak pada kondisi batas yang sesuai agar daerah alirannya dapat digambarkan. Karenanya kita perlu merumuskan kondisi batas yang sesuai, kondisi batasnya adalah :

a. Pada bagian dasar laut: ($z = -h$)

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = 0$$

b. Pada permukaan air ($z = \eta$)

$$\frac{\partial \Phi}{\partial z} = \frac{\partial \eta}{\partial t}$$

kondisi batas ini adalah kondisi batas kinematik di permukaan gelombang, kecepatan partikel di permukaan gelombang pada arah z sama dengan kecepatan permukaan gelombang pada arah yang sama.

c. Pada permukaan air ($z = \eta$)

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + g\eta = 0$$

persamaan di atas adalah kondisi batas dinamis, tekanan di permukaan gelombang adalah tekanan atmosfer, dalam hal ini sama dengan nol

d. Kondisi batas lateral periodik berlaku pada dimensi ruang dan waktu dan memastikan periodisitas persamaan gelombang :



$$\Phi(x,t) = \Phi(x+L,t)$$

$$\Phi(x,t) = \Phi(x+t,T)$$

L dan t adalah panjang gelombang dan periode gelombang.

2.2.1.2 Klasifikasi Gelombang

Klasifikasi gelombang biasanya didasarkan atas nilai perbandingan antara kedalaman (d) dengan panjang gelombang (L) yaitu d/L . Nilai perbandingan (d/L) ini biasa di sebut pula "kedalaman relatif". Pembagian klasifikasi gelombang dapat di lihat pada tabel 2.1 berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi Gelombang (Kramadibrata, 1985)

d/L	Batas nilai Kd ($2d/L$)	Jenis gelombang
$> \frac{1}{2}$	$\pi \rightarrow \sim$	Gelombang pada perairan dalam (gelombang pendek)
$1/20 < d/L < \frac{1}{2}$	$\pi/10 \rightarrow \pi$	Gelombang pada perairan antara
$< 1/20$	$0 \rightarrow \pi/10$	Gelombang pada perairan dangkal (gelombang panjang)

Implikasi yang terjadi pada persamaan dengan merubah fungsi hiperbolis dengan masing-masing asimptot untuk masing-masing kedalamannya, akan didapatkan sebagai berikut :



Tabel 2.2 Hubungan Fungsi Hiperbolis dan Asimptot Kedalaman Relatif (Kramadibrata, 1985)

Fungsi	Asimptot	
	Gelombang pada perairan dalam	Gelombang pada perairan dangkal
Sinh Kd	$e^{kd}/2$	Kd
Cosh Kd	$e^{kd}/2$	1
Tanh Kd	1	Kd

Karena kondisi perairan pantai Kuta dan sekitarnya yang relatif dalam, maka digunakan metode peramalan gelombang laut dalam. Perbedaan metode laut dalam dan laut dangkal adalah bahwa dalam metode laut dangkal diperhitungkan faktor gesekan antara gerakan air dan dasar laut, gesekan ini akan mengurangi tinggi gelombang yang terbentuk. Sedangkan di laut dalam gerakan gelombang yang terjadi di bagian atas permukaan (*upper ocean*) praktis tidak mengimbas ke bagian bawah dekat dasar laut, karena pada laut yang dalam, gerak vertikal dari dasar laut ke permukaan jauh. Oleh karena itu, dalam pembentukan gelombang laut dalam tidak terpengaruh oleh keadaan dekat dasar laut.



2.2.2 Distribusi Kecepatan Angin

Distribusi kecepatan angin di atas permukaan laut secara garis besar terbagi dalam tiga daerah sesuai dengan elevasi di atas permukaan. Di daerah geostropik yang berada di atas 1000 meter kecepatan angin adalah konstan, di bawah elevasi tersebut terdapat dua daerah yaitu daerah Ekman yang berada pada elevasi 100 meter hingga 1000 meter dan daerah di mana tegangan konstan yang berada pada elevasi 10 meter hingga 100 meter. Karena adanya gesekan dengan permukaan air laut dan perbedaan temperatur antara air dan udara.

Di daerah tegangan konstan, profil vertikal dari kecepatan angin mampunyai bentuk berikut :

$$U(y) = U_* \cdot K [\ln(y/y_0) - \varphi(y/L)]$$

keterangan :

U : Kecepatan Geser

K : Koefisien Von Karman ($=0,4$)

y : Elevasi terhadap muka air

y_0 : Tinggi kekasaran permukaan

L : Panjang campur, tergantung pada beda temperatur air-udara

φ : fungsi, tergantung pada beda temperatur air-udara



2.2.3 Hubungan Angin dan Gelombang

Gelombang yang paling sering terjadi di laut adalah gelombang yang disebabkan oleh angin. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan menyebabkan timbulnya riau gelombang kecil di atas permukaan air. Semakin besar kecepatan angin maka gelombang yang ditimbulkan semakin besar.

Daerah tempat terbentuknya gelombang di sebut dengan daerah pembentukan gelombang (wave generation area). Fetch merupakan jarak tak terhalang di atas permukaan air, merupakan daerah pembangkit gelombang yang ditimbulkan angin dengan arah dan kecepatan yang hampir konstan. Sea adalah gelombang yang terjadi pada fetch yang juga diperkuat oleh angin dan bentuk gelombang seperti gunung. Swell merupakan gelombang yang terjadi di luar fetch, merupakan gelombang bebas dan bentuknya lebih beraturan dengan panjang kira-kira 30 sampai 500 kali tinggi gelombang.

Tinggi dan gelombang yang terbentuk dipengaruhi oleh kecepatan angin (U), lama hembusan angin (t), panjang fetch (F), serta arah angin. Panjang fetch membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk berada di bawah pengaruh angin. Sehingga jika fetch pendek, energi yang ditransfer angin ke air belum cukup besar,



sehingga gelombang yang terjadi belum cukup tinggi.

Gelombang dengan periode lama akan terjadi jika fetch cukup panjang (U.S.Army, 1984).

Metode peramalan gelombang yang akan digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini menggunakan metode yang diberikan "Shore Protection Manual" (Coastal Engineering Research Center, US Army Corp of Engineer), edisi 1984. Pengukuran kecepatan angin dihitung pada ketinggian 10 m. Sehingga kecepatan angin harus dikoreksi terhadap ketinggian dengan formula:

$$U_{10} = U_z \left[\frac{10}{Z} \right]^{\frac{1}{7}} \quad \text{Untuk } Z < 20 \text{ m}$$

dimana :

U_{10} : Kecepatan angin pada ketinggian 10 m

U_z : Kecepatan angin pada ketinggian Z m

Z : Ketinggian pengukuran

Selain itu dilakukan juga koreksi stabilitas terhadap perbedaan temperatur udara dan air dengan menggunakan formulasi sebagai berikut:

$$U = R_T R_L (U_{10})_L$$

dimana :

R_T : Koreksi karena adanya perbedaan temperatur udara dan air



R_L : Koreksi terhadap pencatatan angin yang dilakukan di darat

$(U_{10})L$: Kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas tanah

Sedangkan untuk peramalan gelombang dengan menggunakan grafik dan perumusan dalam SPM (1984), kecepatan angin harus diubah menjadi *Wind Stress Factor* (U_A), dengan formulasi berikut:

$$U_A = 0.71U^{1.23}$$

dimana :

U = Kecepatan angin (m/dt)

U_A = Wind Stress factor

Setelah kita mendapatkan nilai U_A , panjang fetch efektif, F_{eff} , dan kita memasukkan ke dalam grafik SPM, maka akan kita dapatkan nilai tinggi gelombang signifikan (H_s) periode signifikan (T_s).

Selain menggunakan grafik di atas, dapat juga kita pergunakan formulasi pendekatan dari grafik:

$$H_s = 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{\frac{1}{2}}$$

$$T_s = 6.23 \times 10^{-2} [U_A F]^{\frac{1}{3}}$$

$$t = 3.215 \times 10 \left[\frac{F^2}{U_A} \right]^{\frac{1}{3}}$$



2.2.4 Pendangkalan Gelombang

Jika suatu gelombang menuju perairan dangkal, maka terjadi perubahan karakteristik gelombang yang meliputi perubahan tinggi, panjang dan kecepatan gelombang. Dengan menganggap bahwa kemiringan perairan dapat diabaikan, panjang gelombang dan kecepatan gelombang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$L = \frac{g \cdot T^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L}$$

$$C = \frac{g \cdot T}{2\pi} \tanh \frac{2\pi h}{L}$$

$$L_o = \frac{db}{hb} \quad C_o = \frac{g \cdot T}{2\pi}$$

Dari persamaan-persamaan di atas, dapat kita tuliskan bentuk persamaan :

$$\frac{L}{L_o} = \frac{C}{C_o} = \tanh \frac{2\pi h}{L} \quad \text{atau} \quad \frac{h}{L_o} = \frac{h}{L} \tanh \frac{2\pi h}{L}$$

Rata-rata energi gelombang yang ditransportasikan dalam suatu potongan vertikal dalam tiap satuan lebar puncak tiap satuan waktu, P : yakni setara dengan nEC adalah tetap sepanjang proses penjalaran gelombang. Sehingga :

$$\frac{\rho \cdot g \cdot H^2 \cdot C_n}{8} = \frac{\rho \cdot g \cdot H_o^2 \cdot C_o \cdot n_o}{8}$$



2.2.5 Refraksi Gelombang

Gelombang merambat dari perairan dalam ke perairan dangkal dan terus ke pantai. Pada suatu saat kecepatan maju dari puncak-puncak partikel melebihi daripada kecepatan merambat gelombang itu sendiri. Pecahnya gelombang ini biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati pantai, puncak gelombang menjadi tajam di mana kedalamannya mencapai seperempat dari tinggi gelombang dan akhirnya terjadi gelombang pecah. Bila keadaan pantai landai, ada kemungkinan bahwa gelombang tersebut tidak pecah tetapi pemantulan (*wave reflection*). Pengecualian dapat pula terjadi pada perairan dalam, di mana tinggi gelombang H melebihi sepertujuh bagian panjang gelombang, yaitu tergantung dari kecepatan angin dan keadaan dasar lautan.

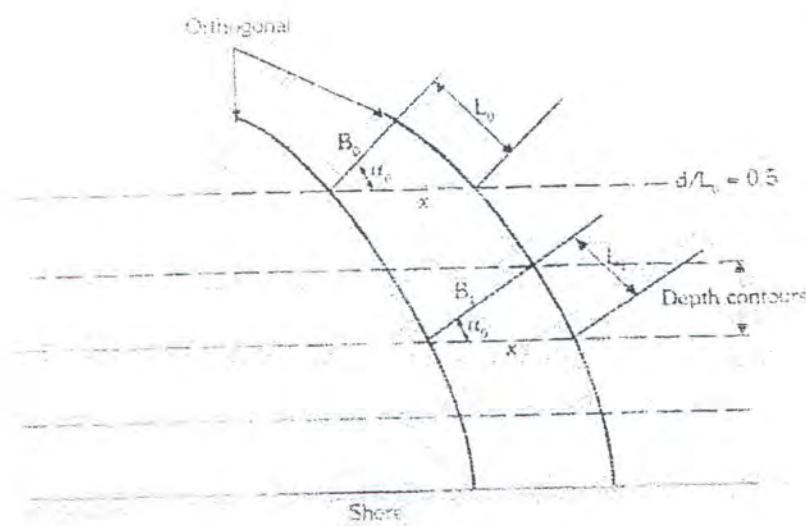
Menurut Triyatmodjo (1996) refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pada daerah di mana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, maka gelombang akan menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi pada laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Studi refraksi berdasarkan pada hukum Snellius dalam SPM (1984) sebagai berikut:



$$\frac{d}{L_0} = \frac{2}{41,4}$$

dimana :

- ϕ_1 : Sudut datang gelombang di perairan pantai
 ϕ_0 : Sudut datang gelombang di laut dalam
 C_1 : Cepat rambat gelombang di daerah pantai
 C_0 : Cepat rambat gelombang di laut dalam



Gambar 2.1 Refraksi Gelombang (Pratikto et al, 1996)

Dari hasil perumusan di atas akan didapatkan suatu koefisien yaitu koefisien refraksi (kr) dengan formula yang diberikan oleh U.S. Army (1984) sebagai berikut:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos\alpha_0}{\cos\alpha_1}}$$



Selanjutnya tinggi gelombang pada kedalaman tertentu dapat diketahui dengan formula berikut:

$$H = Ksh.Kr.H_0$$

dimana :

H : Tinggi gelombang di titik yang ditinjau

H_0 : Tinggi gelombang di laut dalam

Ksh : Koefisien shoaling

Kr : koefisien refraksi

2.2.6 Difraksi Gelombang

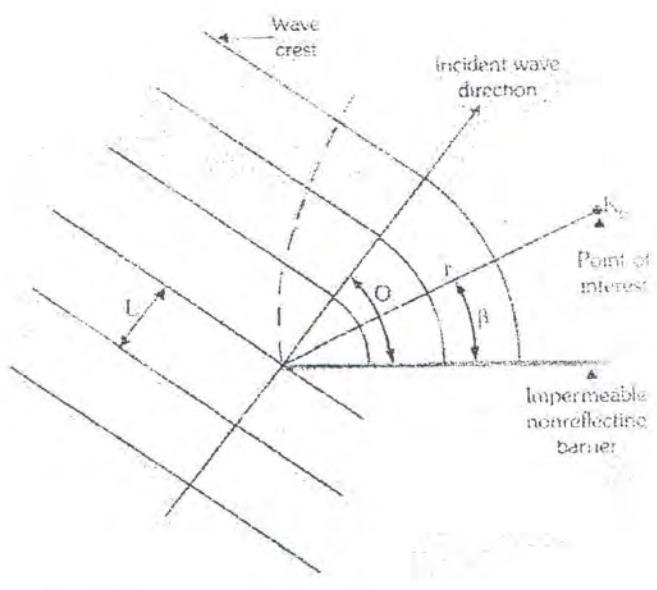
Ketika rambatan gelombang melewati suatu penghalang atau suatu bangunan laut, pulau atau tanjung, puncak gelombang akan berputar terhadap ujung penghalang dan bergerak ke daerah yang terlindungi oleh penghalang tersebut. Fenomena gelombang seperti ini disebut difraksi gelombang (Pratikto, dkk.1996).

Difraksi terjadi ketika terdapat perbedaan energi gelombang yang tajam di sepanjang puncak gelombang. Pada awalnya kondisi di daerah yang terlindungi penghalang cukup tenang (tidak ada gelombang), saat gelombang melintasi penghalang. Perairan yang jauh dari penghalang akan memiliki energi lebih banyak (energi gelombang awal) dibandingkan perairan di belakang. Penghalang yang semula tenang (tidak ada energi karena



tidak ada gelombang), terjadilah proses pemindahan energi di sepanjang puncak gelombang tersebut ke arah daerah yang terlindungi penghalang. Dalam SPM (1984) dinyatakan bahwa perbandingan antara tinggi gelombang di suatu titik di daerah tersebut dan tinggi gelombang datang di sebut dengan koefisien difraksi (kd)

$$HA/H_i = Kd$$



Gambar 2.2 Difraksi Gelombang (Pratikto et al, 1996)

Koefisien difraksi ini di pengaruhi oleh harga-harga parameter θ , β dan r/L . Apabila gelombang bergerak melalui celah penghalang (barrier gap), proses difraksi juga akan terjadi. Johnson (1952) seperti dikutip dalam Pratikto et al (1996) menunjukkan suatu diagram yang dapat digunakan untuk memperkirakan nilai (Kd) pada gelombang yang melalui celah. Jika lebar



celah ini lebih dari lima kali panjang gelombang yang datang ($>5L$), maka perhitungan koefisien difraksi dapat dilakukan secara terpisah seperti cara terdahulu, yaitu dengan menganggap kedua penghalang sebagai penghalang individual. Jika gelombang yang datang mendekati celah ini membentuk sudut terhadap penghalang maka perhitungan dilakukan dengan menggunakan lebar celah maya.

2.2.7 Pasang Surut

Pasang surut merupakan perubahan ketinggian muka air laut karena gerak gravitasi bulan dan matahari serta benda langit lain pada perputaran bumi (Pratikto et al, 1996). Bumi yang menjadi satelit dari sistem tata surya dan bulan sebagai satelit bumi keduanya menimbulkan gaya-gaya yang mempunyai pengaruh atas tinggi rendahnya permukaan air laut.

Keadaan pasang tertinggi (MHHW, mean highest high water, spring tides) akan terjadi bila terdapat posisi bumi-bulan-matahari berada pada satu garis lurus, yaitu pada saat bulan baru atau bulan purnama (full moon). Keadaan surut (neap tides) pada kuartal terakhir tiap bulan.



Pengaruh gravitasi bulan sehubungan dengan letaknya yang lebih dekat ke bumi hampir dua kali pengaruh gravitasi matahari. Karena periode terjadinya yang begitu lama, pasang surut air laut adalah gelombang panjang yang merambat seperti gelombang air dangkal. Penurunan kedalaman selama perambatan gelombang pasang surut akan menaikkan amplitudo gelombang tersebut. Kekasaran dasar yang mereduksi energi akan berpengaruh pula pada amplitudo gelombang akibanya pada daerah dangkal gelombang paang surut akan berjalan lebih lambat.

Untuk memperkirakan keadaan pasang surut maka terdapat banyak komponen-komponen yang mempengaruhi pasang surut. Komponen utama adalah sebagai akibat gaya tarik bulan dan matahari (*lunar dan solar component*). Komponen lainnya adalah non astronomis. Buku daftar arus pasang surut di Kepulauan Indonesia yang dikeluarkan jawatan hidrografi ALRI, pasang surut tidak hanya dipengaruhi oleh bulan dan matahari, tapi dipengaruhi pula oleh lima benda angkasa lain.

Tabel 2.3 Tabel jenis-jenis pasang surut
(Kramadibrata, 1985)

Nomenklatur benda angkasa	Jenis pasang/surut	Periode pasang/surut	Amplitudo
M2	Pasang bulan ganda harian	12,4 jam	Tergantung lokasi yang di ukur (dalam mil laut)
S2	Pasang matahari ganda harian	12,0 jam	
N2	Pasang ellips ganda harian	12,6 jam	
K2	Pasang deklinasi ganda harian	11,97 jam	
K1	Pasang deklinasi tunggal harian	23,93 jam	
O1	Pasang deklinasi tunggal harian	25,8 jam	
P1	Pasang deklinasi tunggal harian	24,07 jam	

2.2.8 Arus

Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang (Triadmodjo, 1999). Transpor massa dan momentum tersebut menimbulkan arus di daerah dekat pantai. Aliran arus sejajar pantai di dalam surf zone biasanya di sebut *longshore current* yang timbul dari persyaratan kontinuitas dari massa, momentum dan energi gelombang dekat pantai. *Longshore current* dibangkitkan oleh sejumlah mekanisme yang meliputi kemiringan gelombang, perbedaan water level akibat



difraksi gelombang ataupun gaya geser angin secara langsung.

Arus sepanjang pantai (longshore current) dapat juga ditimbulkan oleh gelombang yang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus ini terjadi di daerah antara gelombang pecah dan garis pantai. Parameter terpenting di dalam menentukan kecepatan arus sepanjang pantai adalah tinggi dan sudut datang gelombang pecah.

Arus sepanjang pantai yang ditimbulkan oleh gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai dibangkitkan oleh momentum yang di bawa oleh gelombang. Longuet-Higgins (dalam Komar, 1985) seperti di kutip Triadmodjo (1999) menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai sebagai berikut :

$$V = 1,17 \cdot (g \cdot H_b)^{1/2} \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b$$

keterangan :

V : kecepatan arus sejajar pantai

g : percepatan gravitasi

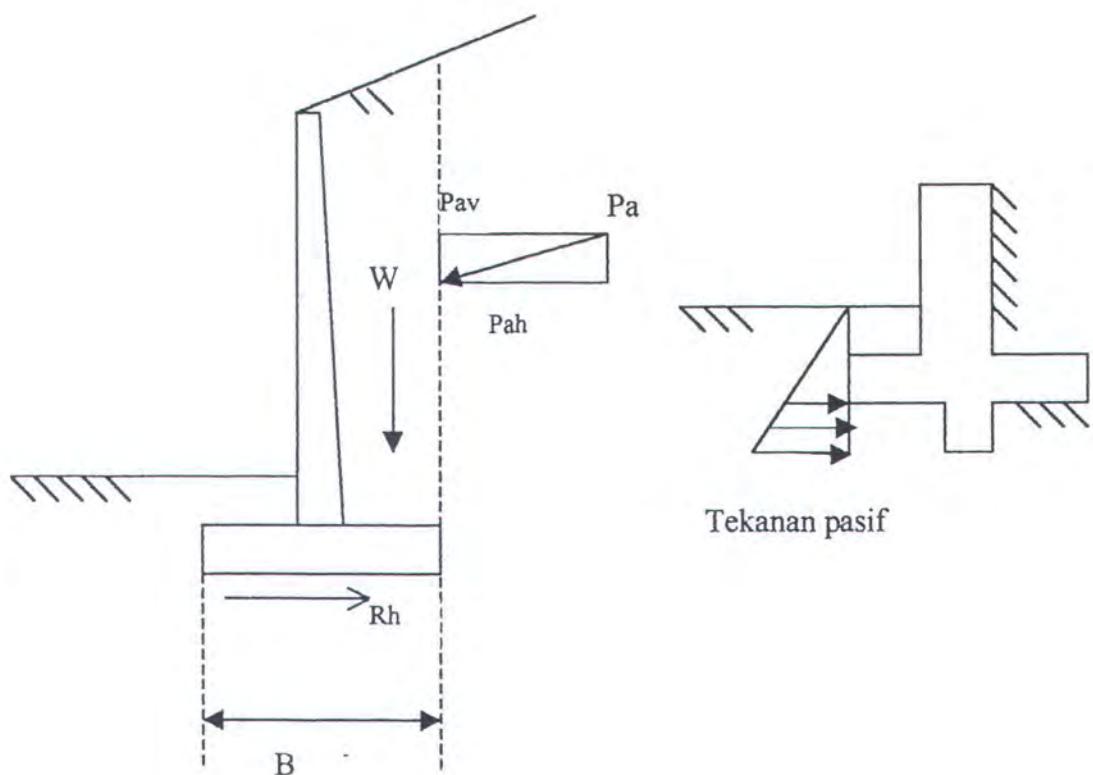
H_b : tinggi gelombang pecah

α_b : sudut datang gelombang pecah.



2.2.8 Tekanan Tanah Lateral

Analisa tekanan ini digunakan untuk mengetahui pengaruh stabilitas tanah terhadap dinding penahan. Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan akibat dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah. Besar tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanahnya.



Gambar 2.3 Diagram Tekanan



Keterangan :

W : berat dinding + berat tanah di atas pondasi

Pah : tekanan tanah aktif (horizontal)

Pav : tekanan tanah aktif (vertical)

Rh : $W \tan \phi'$ (untuk granular soil)

: c.B (untuk tanah kohesif)

ϕ' : $\leq \phi$, biasanya antara $\frac{1}{3}\phi$ - $\frac{2}{3}\phi$

c : factor kohesi.

Jika suatu dinding penahan mengalami keluluan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, maka tanah akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya. Tekanan seperti ini disebut tekanan tanah aktif, di mana nilai banding tekanan horizontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif K_a (Hardiyatmo, 1994).

Sebaliknya jika gaya mendorong dinding penahan ke arah urugannya, tekanan tanah dalam kondisi ini disebut tekanan tanah pasif dan nilai banding tekanan horizontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif K_p , di mana nilainya lebih besar daripada tekanan saat



$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\sigma_v}{\sigma_h} = \tan^2(45^\circ + \frac{\theta}{2})$$

maka :

$$\frac{\sigma_v}{\sigma_h} = \tan^2(45^\circ - \frac{\theta}{2}) = \frac{1-\sin\theta}{1+\sin\theta} = K_a$$

Dengan cara yang samauntuk tekanan tanah pasif berlaku:

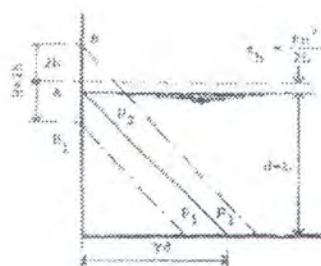
$$K_p = \tan^2(45^\circ - \frac{\theta}{2}) = \frac{1+\sin\theta}{1-\sin\theta}$$

2.2.9 Gaya Gelombang Pada Dinding Vertikal

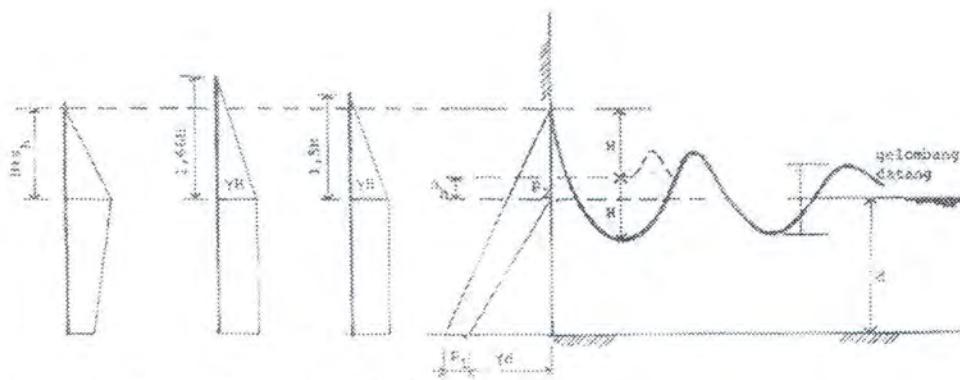
Kramadibrata (1985) menyatakan pada hambatan gelombang yang membentur dinding vertikal/sejenis, padanya akan terjadi gelombang refleksi. Pecahnya gelombang ini timbul empat macam gaya bekerja sendiri atau bersama terhadap hambatan yang didapatnya yaitu :

- a. Gaya horisontal, timbul tekanan.
- b. Gaya vertikal di bias.
- c. Gaya vertikal ke bawah
- d. Gaya hisap

Gelombang pecah yang membentur dinding vertikal ini disebut clapotis.



Gambar 2.4 Tekanan Gelombang Pada Dinding Vertikal
(Kramadibrata, 1985)



(a) Stasioner (b) Minikin (c) PINAC-1935

Gambar 2.5 Diagram Tekanan (Kramadibrata, 1985)

Gaya-gaya resultan (R) yang bekerja pada dinding, momen guling (M) terhadap bidang dasar dinding ataupun jarak antara bidang kerja gaya resultan (R) terhadap bidang dasar dinding (l) adalah :

- Untuk tekanan gelombang maksimum (gelombang datang)

$$R_{\text{maks}} = \frac{1}{2}(d + sh + H) \left\{ \gamma \cdot d + \frac{\gamma H}{\cosh(2\pi d/L)} \right\} - \frac{\gamma d^2}{2}$$

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{6}(d + sh + H)^2 \left\{ \gamma \cdot d + \frac{\gamma H}{\cosh(2\pi d/L)} \right\} - \frac{\gamma \cdot d^3}{6}$$

$$\lambda_{\text{maks}} = \frac{M_{\text{maks}}}{R_{\text{maks}}}$$



b. Untuk tekanan gelombang minimum (gelombang balik)

$$R_{\min} = \frac{1}{2}(d + sh + H) \left\{ \tilde{\alpha} \cdot d - \frac{\tilde{\alpha} H}{\cosh(2\tilde{\alpha} d/L)} \right\} - \frac{\tilde{\alpha} d^2}{2}$$

$$M_{\min} = \frac{1}{6}(d + sh + H)^2 \left\{ \tilde{\alpha} \cdot d - \frac{\tilde{\alpha} H}{\cosh(2\tilde{\alpha} d/L)} \right\} - \frac{\tilde{\alpha} \cdot d^3}{6}$$

$$\lambda_{\min} = \frac{M_{\min}}{R_{\min}}$$

- Gaya gelombang tidak pecah.

Tekanan yang ditimbulkan oleh gelombang amplitudo kecil pada bidang vertikal terdiri dari tekanan hidrostatik dan tekanan dinamis karena adanya gerak orbit partikel. Keberadaan bangunan menyebabkan perubahan karakteristik gelombang di depan bangunan. Dinding vertikal akan memantulkan gelombang datang sehingga terbentuk gelombang berdiri di depan bangunan.

- Gaya gelombang pecah.

Gelombang pecah yang menghantam dinding vertikal akan menimbulkan tekanan yang besar dengan durasi singkat. Tekanan tersebut bekerja pada daerah di sekitar muka air diam. Tekanan maksimum P_m mempunyai bentuk (Minikin, 1955) :

$$P_m = 101.\gamma \cdot \frac{Hb.db}{L_D \cdot D} \cdot (D + d_s)$$



Dengan :

$$D = ds + LD.m$$

Di mana :

P_m = tekanan dinamis maksimum

H_b = tinggi gelombang pecah

ds = kedalaman pada kaki bangunan

D = kedalaman pada jarak satu panjang gelombang
di depan dinding

LD = panjang gelombang pada kedalaman D

Gaya yang ditimbulkan adalah luas dari distribusi tekanan dinamis yaitu :

$$R_m = \frac{P_m.H_b}{3}$$

Sedang momen yang ditimbulkan oleh tekanan dinamis terhadap kaki bangunan adalah :

$$M_m = R_m \cdot D_s = \frac{P_m.H_b.ds}{3}$$

- Gelombang telah pecah

Kadang-kadang gelombang yang menjalar ke pantai telah pecah sebelum menghantam bangunan. Belum ada studi yang dilakukan untuk membuat hubungan antara gaya-gaya gelombang yang telah pecah dengan berbagai parameter gelombang, sehingga diperlukan beberapa



anggapan terhadap gelombang untuk menentukan gaya-gaya yang terjadi.

Segera setelah gelombang pecah, massa air di dalam gelombang akan bergerak dengan kecepatan penjalaran gelombang sama dengan saat sebelum pecah. Gerak partikel air berubah dari gerak osilasi menjadi gerak translasi. Tekanan yang terjadi pada dinding dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$P_m = \frac{\gamma \cdot C^2}{2 \cdot g} = \frac{\gamma \cdot db}{2}$$

Di mana :

C = cepat rambat gelombang

$$= \sqrt{g \cdot db}$$

g = percepatan gravitasi

db = kedalaman gelombang pecah

γ = berat jenis air

tekanan dinamis gelombang yang bekerja pada dinding setinggi hc = 0,78.Hb dari muka air diam di anggap konstan, sehingga gaya gelombang adalah :

$$R_m = P_m \cdot hc = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot db \cdot hc$$

Dan momen yang ditimbulkan oleh gaya dinamis adalah :

$$M_m = R_m(ds + hc/2)$$

Di mana :

ds = kedalaman air pada bangunan



tekanan hidrostatisnya berubah dari nol pada elevasi hc di atas muka air diam dan maksimum pada dasar dinding.

$$P_s = \gamma.(ds + hc)$$

Gaya hidrostatisnya adalah :

$$R_s = \frac{\gamma.(ds + hc)^2}{2}$$

Sedang momen yang ditimbulkannya (momen hidrostatis) terhadap kaki bangunan adalah :

$$M_s = R_s \left(\frac{ds + hc}{3} \right) = \frac{1}{6} \gamma.(ds + hc)^3$$

2.2.10 Penggerusan di Sekitar Pondasi

Penggerusan didefinisikan sebagai proses yang meliputi pergerakan atau perpindahan butiran material pada dasar. Penggerusan terjadi di sekitar penahan yang menghambat bentuk aliran air normal. Aksi erosi di sekeliling pondasi selalu menjadi salah satu perhatian dalam desain struktur pantai. Bentuk dari lubang-lubang gerusan sebagai akibat dari erosi akan mengurangi kapasitas lateral dari pile. Kejadian ini akan mengurangi umur dari struktur.

Penggerusan disebabkan oleh arus, gelombang, gerak kapal atau kenaikan muka air. Arus dan gelombang sebagai penyebab penggerusan ditentukan dengan



sebagai penyebab penggerusan ditentukan dengan parameter-parameter seperti kecepatan aliran, karakteristik gelombang, kedalaman air, diameter pile dan keadaan geologi lapangan. Gerusan yang terjadi sebagai akibat kenaikan muka air adalah penting pada lapangan di mana genangan kerap terjadi, khususnya jika kenaikan muka air terjadi dalam periode waktu yang pendek.

Machemehl dan Abad (1975) seperti dikutip dalam Kulhawy (1982) telah menyelidiki fenomena penggerusan yang disebabkan oleh kombinasi efek gelombang *oscillatory* dan arus *unidirectional* di sekeliling pondasi. Mereka mempelajari efek dari kecepatan aliran, karakteristik gelombang dan diameter pile terhadap luas gerusan. Mereka menyimpulkan bahwa :

- a. Meningkatnya kecepatan partikel air yang berbatasan dengan pile adalah mekanisme penggerusan yang utama.
- b. Osilasi gelombang pada aliran *unidirectional* meningkatkan laju gerusan.
- c. Gelombang dengan panjang gelombang yang besar menghasilkan lubang gerusan yang lebih cepat dibandingkan dengan yang disebabkan gelombang dengan panjang gelombang pendek.

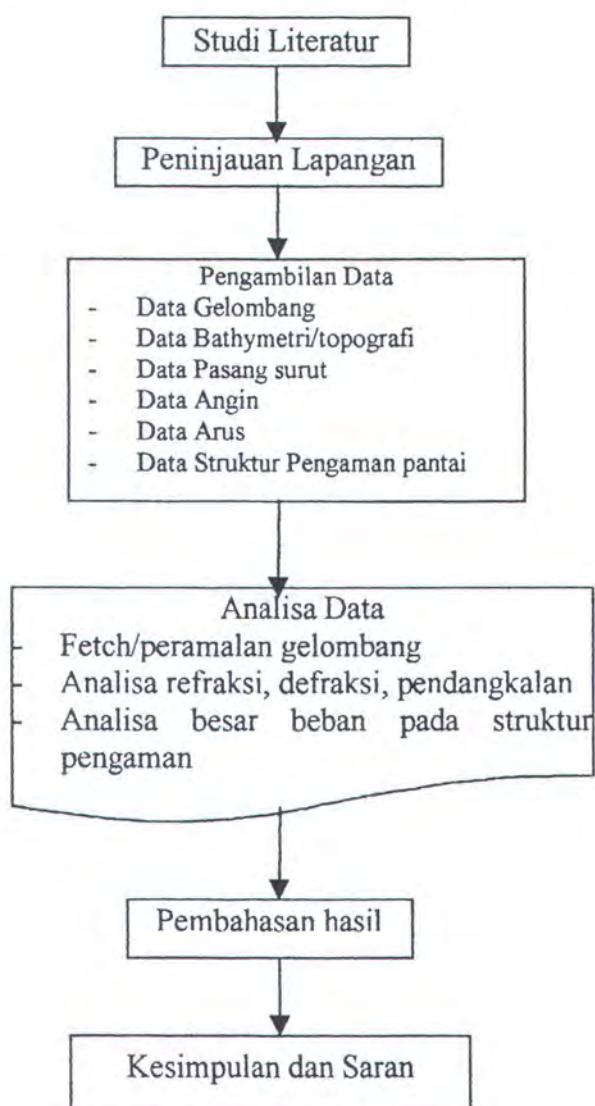
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mendapatkan tujuan dari penulisan tugas akhir ini diperlukan tahapan-tahapan secara sistematis yang dapat dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian



Diagram alir dalam gambar 3.1. di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

3.1. Studi Literatur

Studi literatur diperlukan untuk memperluas dan memperjelas dasar pemikiran serta landasan teori yang digunakan untuk pengolahan data dalam penulisan tugas akhir ini. Analisa perhitungan dilakukan berdasarkan pada teori-teori dan rumus-rumus yang telah ada. Teori-teori dan rumus-rumus tersebut di ambil dari bahan-bahan sumber pustaka yang berupa jurnal, buku dan juga laporan penelitian yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini.

3.2. Peninjauan Lapangan

Peninjauan lapangan dilakukan dengan mendatangi langsung lokasi yang akan di teliti. Peninjauan lapangan bertujuan untuk mendapatkan gambaran kerusakan struktur pengaman pantai pada daerah studi dengan cara mengamati secara visual.

3.3. Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan atau dibutuhkan dalam penulisan tugas akhir ini adalah data sekunder yang di peroleh dari berbagai sumber yaitu Dinas



Hidro-Oseanografi (DIS-HIDROS), Kantor Kepada Proyek Perlindungan Pantai Kanwil PU Bali.

Adapun data-data sekunder yang dibutuhkan dalam penulisan tugas akhir ini meliputi :

- Data Angin
- Data Gelombang
- Data Arus
- Data Pasang Surut
- Data Bathymetri/topografi
- Data Struktur Pengaman Pantai

3.4 Analisa Data

Dari data yang di peroleh maka dilakukan analisa data yang meliputi :

- Data Bathymetri dan Topografi. Data bathymetri diperlukan untuk mengetahui keadaan kedalaman laut di sekitar lokasi studi. Peta topografi diperlukan untuk mengetahui kemiringan dasar laut pada lokasi studi. Kedua data tersebut sangat diperlukan dalam analisa refraksi dan pendangkalan.
- Peramalan gelombang. Peramalan gelombang dilakukan untuk mendapatkan parameter gelombang yang dibutuhkan untuk menganalisa kerusakan struktur pelindung yaitu tinggi gelombang, periode gelombang,



dan arah gelombang. Metode peramalan gelombang yang akan digunakan adalah menggunakan metode yang diberikan "Shore protection Manual". Untuk menetapkan parameter gelombang tersebut dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran cukup panjang. Data tersebut bisa berupa data pengukuran gelombang atau data gelombang hasil prediksi berdasarkan data angin.

- Analisa refraksi, difraksi dan pendangkalan. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan kondisi gelombang yang bergerak menuju ke arah pantai atau struktur pengaman pantai. Perhitungan besarnya refraksi didasarkan atas hukum snellius.
- Analisa kecepatan arus, bertujuan untuk mengetahui besarnya kecepatan arus di sepanjang pantai. untuk menghitung besarnya kecepatan arus ini digunakan data kecepatan arus atau dengan formula Longuet-Higgin jika kecepatan arus belum diketahui.
- Analisa Beban Pada Struktur Pengaman Pantai. Perhitungan beban pada struktur pengaman pantai bertujuan mengetahui besarnya beban yang di terima struktur baik beban gelombang/arus maupun tekanan tanah untuk dinding pengaman pantai. Analisa tekanan



tanah lateral di tinjau pada kondisi kesetimbangan plastis, seperti diberikan oleh Rankine. Untuk menghitung besarnya gaya-gaya gelombang yang bekerja pada struktur adalah dengan menggunakan rumus Minikin dan Goda. Sehingga didapatkan gambaran penyebab-penyebab kerusakan pada struktur pengaman pantai di Kuta.

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN



BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Lingkungan Pantai Kuta

Langkah awal yang dilakukan untuk mengetahui permasalahan di lokasi studi dalam kaitannya dengan analisa kerusakan struktur perlindungan pantai adalah mengetahui kondisi alamnya. Kondisi alam sangat berpengaruh terhadap keberadaan dan kondisi fisik pantai, baik yang disebabkan oleh angin, gelombang, arus, pasang surut, dan lain sebagainya.

Dari data yang berhasil didapatkan, kemudian dilakukan analisa data. Analisa terhadap data merupakan salah satu tahapan yang terpenting di mana dari analisa data ini akan dapat diketahui kondisi yang terjadi di lokasi studi dan dapat dijadikan sebagai dasar untuk memecahkan masalah yang terjadi.

Ada beberapa hal yang dilakukan dalam menyelesaikan masalah di lapangan, pertama melakukan penyelidikan langsung ke lapangan. Tujuan dari penyelidikan lapangan ini adalah untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam menyelesaikan masalah tersebut dan batasan-batasan kondisi di lapangan. Data



yang dikumpulkan dari lapangan diantaranya pasang surut, arus, angin, gelombang dan bathymetri. Data yang diperoleh merupakan data sekunder dari Dinas P.U Bali. kemudian data tersebut diolah dan di analisa untuk dijadikan pedoman dalam menyelesaikan masalah yang terjadi di Pantai Kuta.

Pantai Kuta mempunyai slope yang landai. Pantai Kuta umumnya terdiri atas pasir putih yang berasal dari daerah kapur. Kondisi dasar pantai Kuta yang terdiri atas limestone, permukaan pantai mengandung pasir alluvial dan pasir endapan. Kondisi geologi Pantai Kuta berupa lapisan batuan yang sangat keras dan berpasir halus sampai kedalaman 15 meter.

Berdasarkan data penelitian Nippon Koei Co.LTD, daya dukung pantai Kuta adalah sebesar 6 kg/cm^2 . Butiran pasirnya mempunyai ukuran butir sebagai berikut; median diameter (D_{50}) antara 0,160 mm sampai 1,1 mm dengan spesific gravity antara 2,678-2,767 pada saat HWL dan median diameter (D_{50}) antara 0,17 mm sampai 1,450 mm dengan spesific gravity antara 2,664 sampai 2,763 pada saat LWL.



4.2 Analisa Data Angin

Peramalan besarnya gelombang yang akan terjadi pada suatu daerah dapat dilakukan dengan menggunakan data gelombang yang pernah terjadi. Namun apabila data gelombang yang diperlukan tidak tersedia dapat digunakan dengan cara lain, yaitu menggunakan data angin yang digunakan sebagai data perhitungan gelombang akibat angin.

Angin mengakibatkan gelombang laut, oleh karena itu data angin dapat digunakan untuk prediksi tinggi dan arah gelombang di lokasi studi. Sehingga data angin sangat diperlukan sebagai masukan dalam perencanaan suatu bangunan pelindung pantai.

Dalam penulisan tugas akhir ini, data angin yang diambil adalah data angin dari hasil pencatatan Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) Jakarta untuk Stasiun Pengamatan Bandara Ngurah Rai selama tujuh tahun, dari tahun 1987-1993.

- Penentuan Arah Angin Dominan

Dengan didasarkan pada data angin yang diperoleh dari Kanwil PU Bali, maka prosentase kejadian angin dapat di lihat pada tabel berikut :



Tabel 4.1 Data Prosentase Kejadian Angin untuk Stasiun

Pengamatan Ngurah Rai untuk kurun waktu 1987 - 1993

KECEPATAN	Arah Angin								TOTAL
	U	TL	T	TG	S	BD	B	BL	
0 - 2	0	0	0,42	0,12	0,032	0,16	0,30	0,032	1,064
2 - 4	0	0,16	1,02	3,2	0,36	1,22	1,16	0,46	7,58
4 - 8	0,032	0,16	5,92	35,38	0,5	5,12	7,78	2,26	57,152
8 - 16	0,2	0,2	4,12	19,54	0,06	1,62	6,52	1,32	33,58
16 - 30	0	0	0	0	0	0,032	0,52	0	0,552
Jumlah	0,232	0,52	11,48	58,24	0,95	8,15	16,28	4,072	-----

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa angin yang datang dari arah tenggara dan barat merupakan arah angin yang dominan.

- Penentuan Besar Angin Signifikan

Data kecepatan dan arah angin sangat penting karena dipergunakan untuk memprediksi tinggi dan arah gelombang yang terjadi. Dari data angin yang didapatkan dari Kanwil PU Bali dapat disimpulkan bahwa :

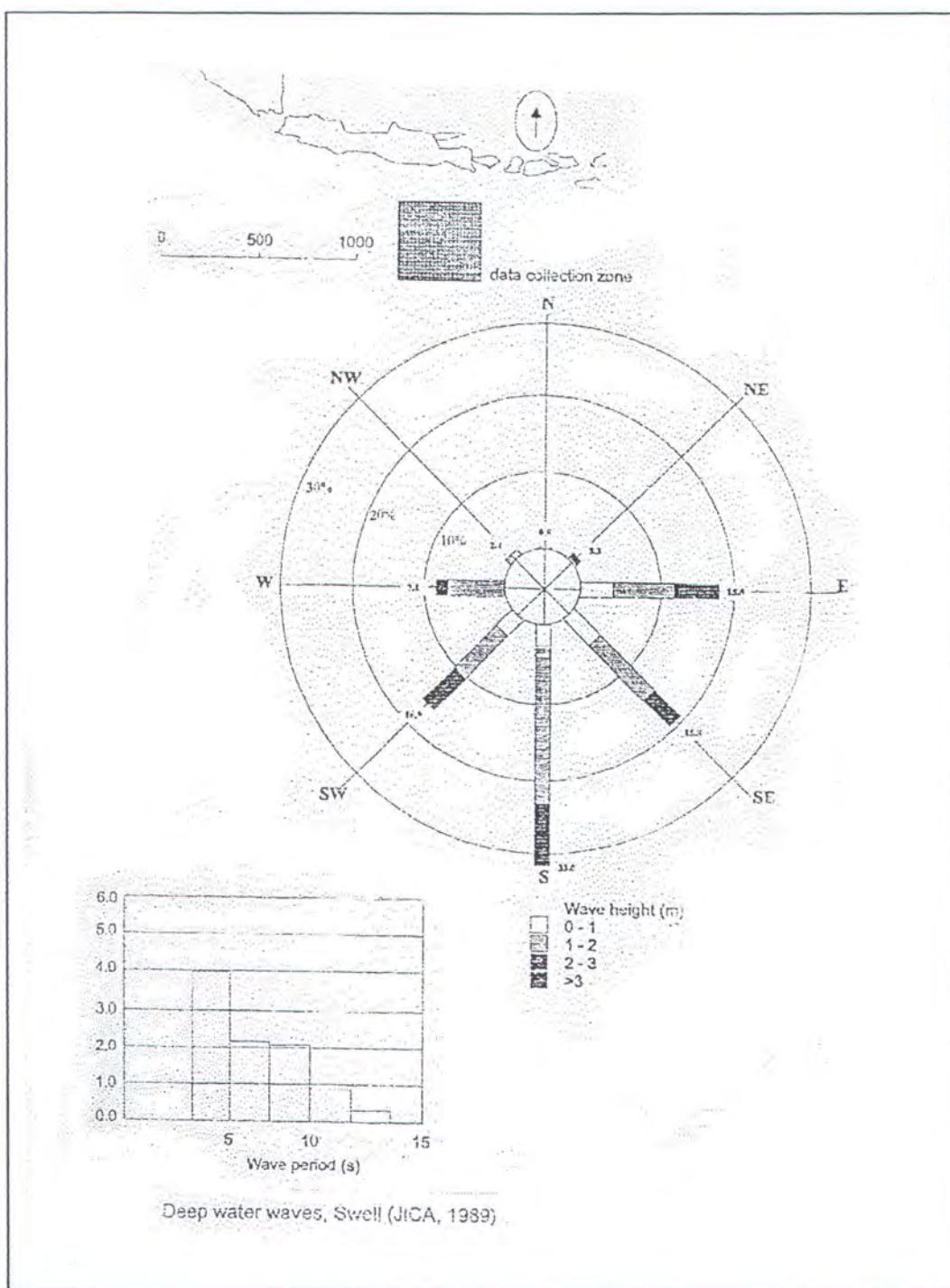
- Utara : angin berhembus dengan kecepatan antara 4 - 16 knot, frekwensi angin yang tertinggi dengan kecepatan antara 8 - 16 knot.



- Timur : angin berhembus dengan kecepatan antara 0 - 16 knot. Dibandingkan dengan angin yang datang dari arah utara, angin yang berhembus dari arah timur mempunyai frekwensi yang lebih tinggi. Frekwensi angin yang tertinggi dengan kecepatan antara 4 - 8 knot.
- Selatan : angin berhembus dengan kecepatan antara 0 - 16 knot, frekwensi angin yang tertinggi dengan kecepatan antara 4 - 8 knot.
- Barat : angin berhembus dengan kecepatan antara 0 - 30 knot, frekwensi angin yang tertinggi dengan kecepatan antara 4 - 8 knot.

Berdasarkan data diatas maka dapat ditentukan bahwa kecepatan angin maksimal yang terjadi di perairan pantai Kuta adalah 8 knot atau 14,8 km/jam dari arah barat dengan anggapan angin yang datang dari arah darat (tenggara) tidak menimbulkan gelombang.

Karena pengaruh angin musim tropis, musim hujan di Bali dari bulan Desember sampai maret dan angin umumnya dari arah barat. Musim panas/kemarau dari bulan mei sampai bulan oktober dan angin umumnya datang dari arah tenggara.



Gambar 4.2 Mawar Gelombang, Laut Dalam (JICA, 1989)



4.3 Analisa Data gelombang

Tinggi Gelombang.

Data gelombang merupakan salah satu data yang sangat diperlukan dalam kegiatan perencanaan suatu konstruksi bangunan pelindung pantai. Dari data gelombang yang berhasil dikumpulkan akan didapatkan tinggi gelombang signifikan (H_s) atau $H_{\frac{1}{3}}$ dari keseluruhan gelombang yang terjadi di lokasi studi. Gelombang signifikan dinyatakan sebagai nilai rata-rata dari sepertiga jumlah gelombang yang tertinggi. Penentuan tinggi gelombang yang di pakai dalam penulisan tugas akhir ini adalah dengan menggunakan metode yang dikembangkan oleh E. Simiu dan R.N. Scalan yang menyatakan adanya hubungan antara efek angin yang di tinjau dengan angin yang bertiup secara merata selama satu jam. Hubungan ini dapat dinyatakan dengan menghitung berapa detik yang akan diperlukan oleh angin tersebut untuk menempuh jarak sejauh satu mile. Sehingga kecepatan angin rencana 8 knot = 14,8 km/jam. Untuk menempuh jarak sejauh 1 mile (1 mile= 1,6093 km) diperlukan waktu 450 detik. Jadi angin tersebut akan menempuh jarak 0,0022 mile dalam 1 detik. Pada kenyataannya besarnya kecepatan angin tersebut tidak



konstan, maka di cari nilai rata-rata dari kecepatan angin tersebut (CERC, SPM VOL.I, 1984) :

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296 \cdot \tanh(0,9 \cdot \log_{10} \frac{45}{t})$$

untuk $1 < t < 3600$ berlaku :

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = -0,15 \cdot \log_{10} t + 1,5334$$

untuk waktu tempuh selama 450 detik (untuk satu mile) maka :

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296 \cdot \tanh(0,9 \cdot \log_{10} \frac{45}{450})$$

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296 \cdot \tanh(0,9 \cdot \log_{10} \frac{45}{450})$$

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296 \cdot \tanh(-0,9)$$

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,277 - 0,296 \cdot \tanh(0,9)$$

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,06$$

dengan $U_t = 8$ mile/jam

$$U_{3600} = \frac{8}{1,06} = 7,5 \text{ mile/jam}$$

$$U_{3600} = 7,5 \text{ knot}$$

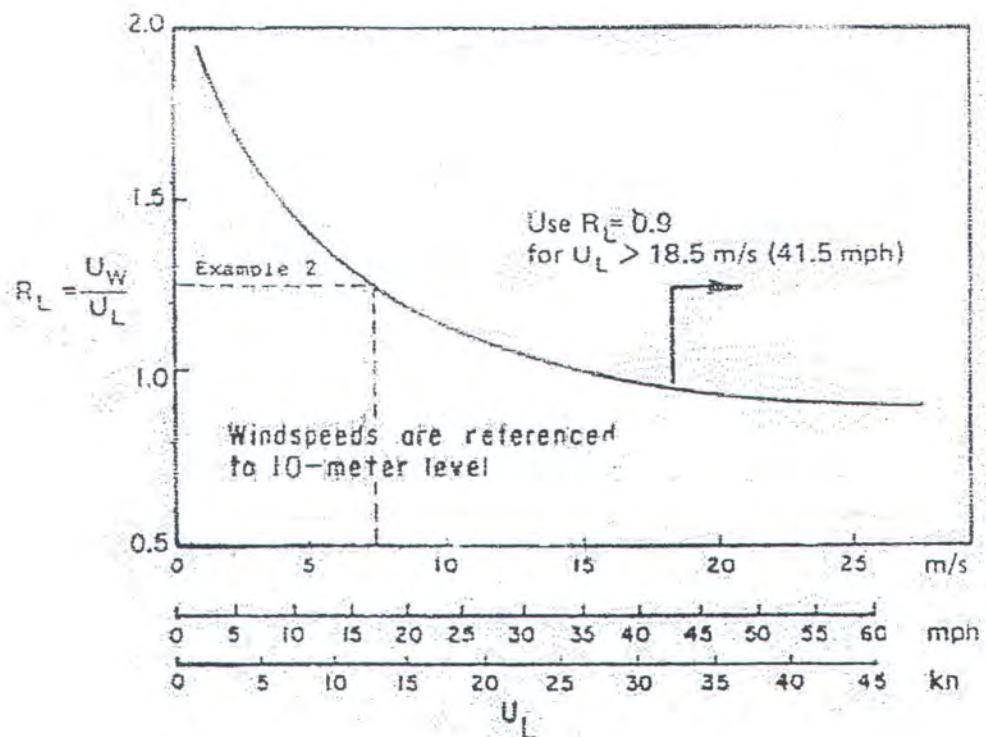
untuk kecepatan angin 7,5 knot dengan menggunakan grafik pada dapat ditentukan $RL=1,4$ sehingga :

$$U_w = RL \cdot U_L$$



$$U_w = 1,4 \times 7,5 \text{ knot}$$

$$U_w = 10,5 \text{ knot}$$



Gambar 4.2 Hubungan Kecepatan Angin

di Laut dan Darat (Triyatmodjo, 1996)

Rumus-rumus dan grafik-grafik pembangkitan gelombang mengandung variabel UA yaitu faktor tegangan angin yang dapat di hitung dari kecepatan angin.

$$UA = 0,71(10,5)^{1.23}$$

$$UA = 12,8 \text{ knot}$$

Dengan menggunakan grafik peramalan gelombang pada gambar 4.4 di dapat :



$$H = 1,1 \text{ meter}$$

$$T = 5,4 \text{ detik}$$

Hubungan antara tinggi gelombang, periode gelombang dan kecepatan angin yang diberikan oleh Bretscheneider (1959) secara empiris untuk *full developed sea* adalah :

$$H_s = \frac{0,282.Uw^2}{g}$$

$$T_s = \frac{6,776.Uw}{g}$$

Untuk *nearly developed sea* adalah :

$$H_s = \frac{0,254.Uw^2}{g}$$

$$T_s = \frac{4,764.Uw}{g}$$

Dari perhitungan data angin sebelumnya untuk pengukuran pada ketinggian 10 meter adalah sebesar 8 knot.

$$R_L = U_w/U_L$$

$$U_w = 1,4 \times 8$$

$$= 11,2 \text{ knot}$$

$$= 11,2 \times 1,852 \times 1000/3600 \text{ meter/detik}$$

$$= 5,76 \text{ meter/detik}$$

dengan mensubstitusikan kecepatan angin tersebut akan didapatkan tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan untuk *full developed sea*.



$$H_s = \frac{0,282.Uw^2}{g}$$

$$H_s = \frac{0,282.5,76^2}{9,81}$$

$$H_s = 0,95 \text{ meter}$$

Sedangkan periode gelombang signifikannya adalah :

$$T_s = \frac{6,776.Uw}{g}$$

$$T_s = \frac{6,776.5,76}{9,81}$$

$$= 3,98 \text{ detik}$$

Sedangkan Pierson dan Moskowitz memberikan persamaan :

$$H_s = 0,0185 \cdot U_{19,5}^2$$

$$T_s = 0,30657 \cdot U_{19,5}$$

Keterangan :

H_s : tinggi gelombang signifikan (ft)

T_s : periode gelombang signifikan (detik)

$U_{19,5}$: kecepatan angin pada ketinggian 19,5 meter
dari permukaan air laut (knot)

Karena data yang tercatat pada data angin merupakan data pencatatan angin pada ketinggian 10 meter maka diperlukan koreksi sebagai berikut :

$$U_{19,5} = 1,08 \cdot U_{10}$$

$$U_{19,5} = 1,08 \cdot 8$$



$$= 8,64 \text{ knot}$$

kecepatan angin di atas ($U = 8,64$ knot) merupakan kecepatan angin di daratan sehingga untuk kecepatan di atas permukaan laut adalah dengan cara menggunakan hubungan antara angin dia atas laut dan angin di atas daratan yaitu :

$$RL = \frac{R_u}{H_0}$$

Hubungan tersebut diberikan dalam gambar 4.3 yang merupakan hasil penelitian di Great lake(Amerika Serikat).

Untuk kecepatan angin 8,64 knot dengan menggunakan grafik di atas dapat ditentukan $RL = 1,4$ sehingga :

$$\begin{aligned} U_w &= RL \cdot U_L \\ &= 1,4 \times 8,64 \\ &= 12,96 \approx 12,1 \text{ knot} \end{aligned}$$

Rumus-rumus dan grafik-grafik pembangkitan gelombang mengandung variabel UA yaitu faktor tegangan angin yang dapat di hitung dari kecepatan angin. Setelah dilakukan berbagai konversi kecepatan seperti yang dijelaskan di atas, kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan rumus berikut :

$$UA = 0,71 \cdot U_w^{1,23}$$

Keterangan :



U_w : kecepatan angin (knot)

U_A : faktor tegangan angin (knot)

Dengan memasukkan nilai U_w ke persamaan di atas di dapat :

$$U_A = 0,71 \cdot (12,1)^{1,23}$$

$$= 16,8 \text{ knot}$$

jadi kecepatan angin pada ketinggian 19,5 meter adalah 16,8 knot. Langkah selanjutnya adalah menentukan tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan.

$$H_s = 0,0185 \times 16,8^2$$

$$= 5,221 \text{ ft}$$

$$= 5,221 \times 0,3048 \text{ meter}$$

$$= 1,59 \approx 1,6 \text{ meter}$$

sehingga periode gelombang signifikan-nya adalah :

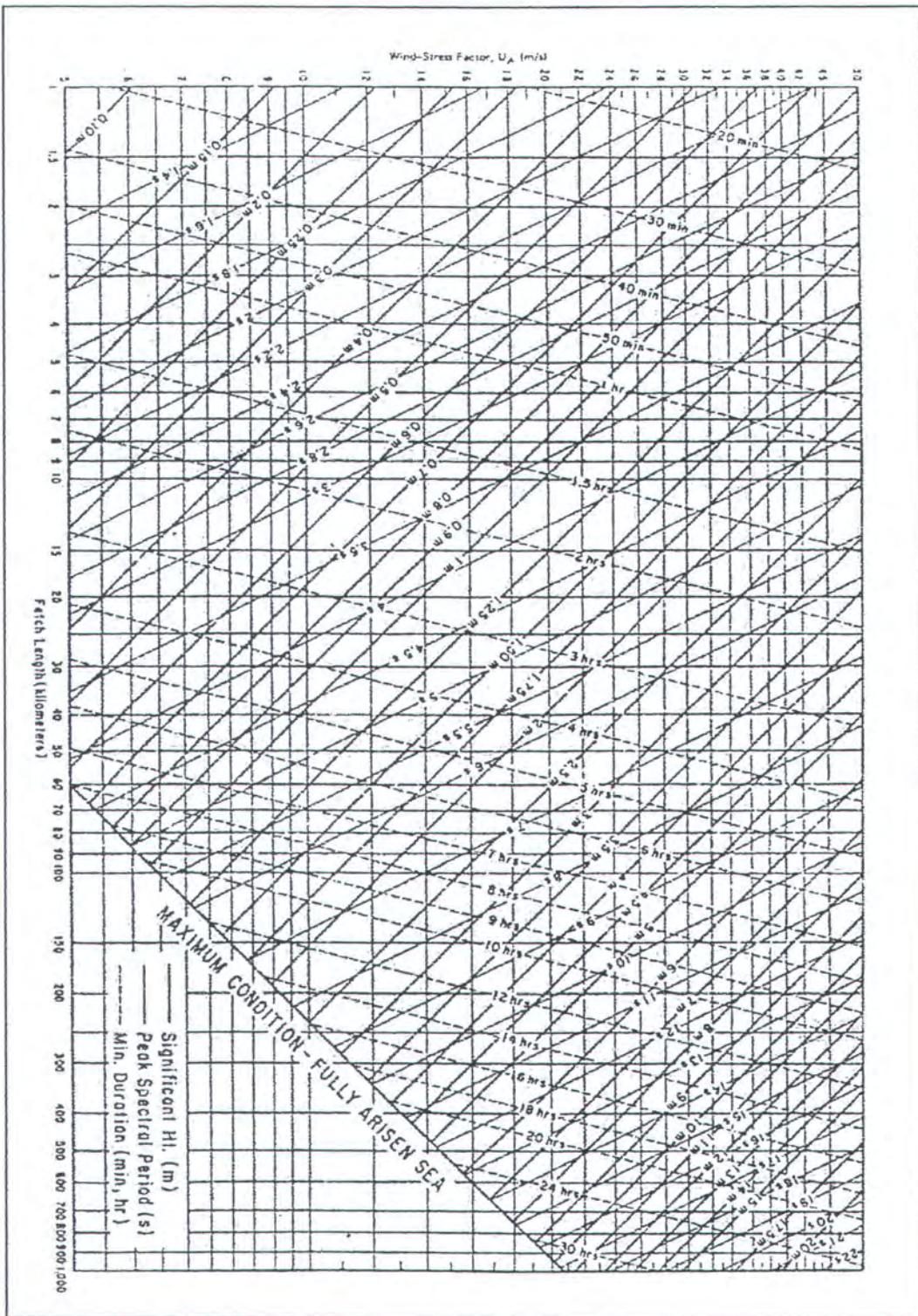
$$T_s = 0,30657 \times 16,8$$

$$= 5,15 \text{ detik}$$

Perbedaan dalam hasil perhitungan dalam peramalan gelombang di atas adalah karena perbedaan konstanta maupun perumusan yang diberikan dari masing-masing metode. Dalam penulisan ini peramalan gelombang yang dipergunakan adalah metode yang diberikan oleh Pierson dan Moskowitz. Untuk mengetahui panjang fetch, digunakan grafik peramalan gelombang pada gambar 4.3.



Untuk $U_A = 16,8$ knot, maka di dapat panjang fetch-nya adalah 200 NM (nautical miles) atau sama dengan 400 km.



Gambar 4.3 Grafik Peramalan Gelombang (SPM Vol.1 1984)



- Cepat Rambat dan Panjang Gelombang

Hubungan cepat rambat gelombang (C) dan panjang gelombang (L) diberikan oleh persamaan :

$$C = \frac{g.T}{2\pi} \cdot \tanh \frac{2\pi.d}{L} = \frac{g.T}{2\pi} \tanh.kd$$

$$L = \frac{g.T^2}{2\pi} \cdot \tanh \frac{2\pi.d}{L} = \frac{g.T^2}{2\pi} \tanh.kd$$

Keterangan :

g : percepatan gravitasi (meter/detik²)

d : jarak antara muka air rerata dan dasar laut
(meter)

T : periode gelombang (detik)

k : $\frac{2\pi}{L}$ = angka gelombang

Jika faktor kedalaman relatif d/L lebih besar dari 0,5

maka nilai $\tanh(\frac{2\pi.d}{L}) = 1$, sehingga persamaan di atas

menjadi :

$$Co = \frac{g.T}{2\pi} = 1,56.T$$

$$Lo = \frac{2\pi.d}{L}$$

Jika kedalaman relatif kurang dari 1/25, maka nilai

$\tanh(\frac{2\pi.d}{L}) = \frac{2\pi.d}{L}$ sehingga persamaan di atas menjadi:

$$C = \sqrt{g.d}$$



$$L = \sqrt{g.d} \times T$$

Dengan menggunakan semua bentuk persamaan di atas, maka dapat ditentukan karakteristik gelombang di laut dalam untuk kondisi :

$$H_o = 1,6 \text{ meter}$$

$$T_o = 5,15 \text{ meter}$$

Sehingga,

$$C_o = 1,56 \times 5,15 = 8,034 \approx 8 \text{ meter/detik}$$

$$L_o = 1,56 \times (5,15)^2 = 41,4 \text{ meter}$$

Jadi gelombang laut dalam yang digunakan dalam perhitungan adalah :

$$H_o = 1,6 \text{ meter}$$

$$T_o = 5,15 \text{ detik}$$

$$C_o = 8 \text{ meter/detik}$$

$$L_o = 41,4 \text{ meter}$$

- Analisa Difraksi dan Refraksi

Dari perhitungan dan data sebelumnya di ketahui:

$$H_o = 1,6 \text{ meter}$$

$$T_o = 5,15 \text{ detik}$$

$$\phi_o = 45^\circ \text{ (arah barat)}$$

$$\text{kemiringan pantai (slope)} = 0,02$$



Perhitungan tinggi gelombang pada kedalaman 2 meter adalah :

$$Lo = 41,4 \text{ meter}$$

$$Co = 8 \text{ meter/detik}$$

Untuk $\frac{d}{Lo} = \frac{2}{41,4} = 0,0483$, dengan menggunakan tabel fungsi d/L dari lampiran B. maka di dapat nilai $d/L = 0,09237$.

Sehingga panjang dan kecepatan gelombang di kedalaman 2 meter adalah sebesar :

$$L = 21,65 \text{ meter dan}$$

$$C = L/T = 21,65/5,15 = 4,2 \text{ meter/detik.}$$

$$\sin \alpha = \frac{C}{Co} \sin \alpha_0 = \frac{4,2}{8} \sin 45 = 0,37123$$

$$\alpha = 21,8^\circ$$

Koefisien refraksi :

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}} = \sqrt{\frac{\cos 45}{\cos 21,8}}$$

$$Kr = 0,87$$

Koefisien shoaling di dapat dari tabel fungsi d/L untuk pertambahan nilai d/Lo pada lampiran B.

$$Ks = 1,03$$

Tinggi gelombang pada kedalaman 2 meter adalah ;

$$H = Ks \cdot Kr \cdot H_0$$



$$= 1,03 \times 0,87 \times 1,7$$

$$= 1,5 \text{ meter}$$

Perhitungan tinggi dan kedalaman gelombang pecah :

$$\text{Tinggi gelombang signifikan } (H_o') = kr.H_o = 0,87 \times 1,6$$

$$= 1,39 \text{ meter.}$$

$$\frac{H_o'}{g.T^2} = \frac{1,39}{9,81 \times (5,15^2)} = 5,3 \cdot 10^{-3} = 0,0053$$

dengan nilai tersebut dan untuk nilai kemiringan pantai(slope) $m = 0,02$ dari grafik hubungan antara $\frac{H_b}{H_o'}$

dan $\frac{H_o'}{g.T^2}$ pada gambar 4.5 di dapat :

$$\frac{H_b}{H_o'} = 1,1$$

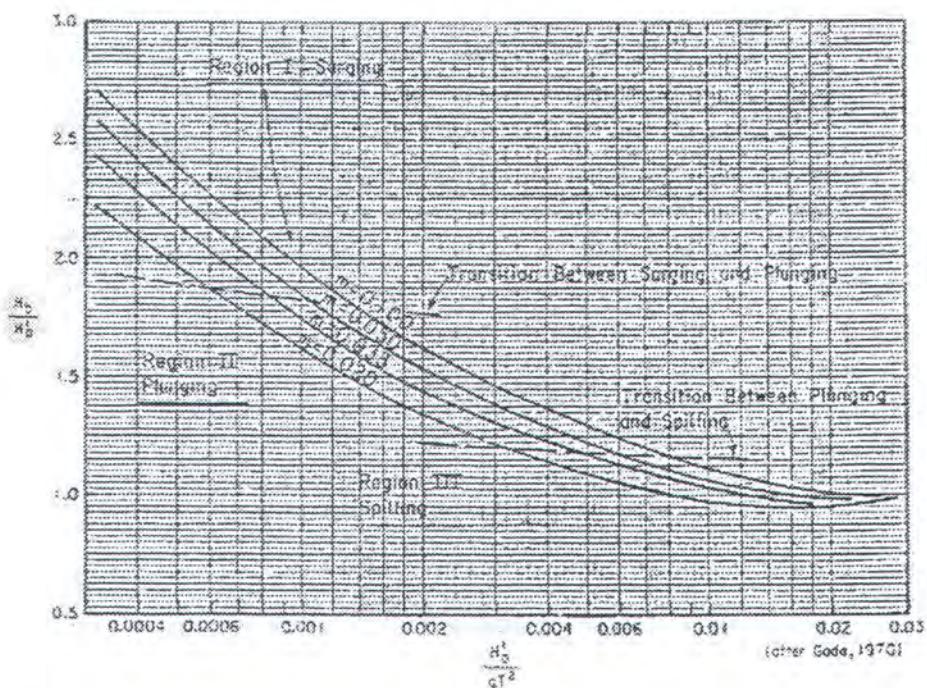
sehingga tinggi gelombang pecah di dapat :

$$H_b = 1,1 \times H_o'$$

$$= 1,1 \times 1,39$$

$$= 1,53 \approx 1,5 \text{ meter}$$

$$\frac{H_b}{g.T^2} = \frac{1,5}{9,81 \times (5,15^2)} = 5,88 \cdot 10^{-3} = 0,00588$$



Gambar 4.4 Rasio tinggi gelombang pecah terhadap tinggi gelombang laut dalam (H_b/H_o') dengan Ho/gT^2
(U.S.Army, 1984)

dengan nilai tersebut dan untuk nilai kemiringan $m =$

0,02 dari grafik hubungan db/Hb dengan $\frac{H}{gT^2}$ pada gambar

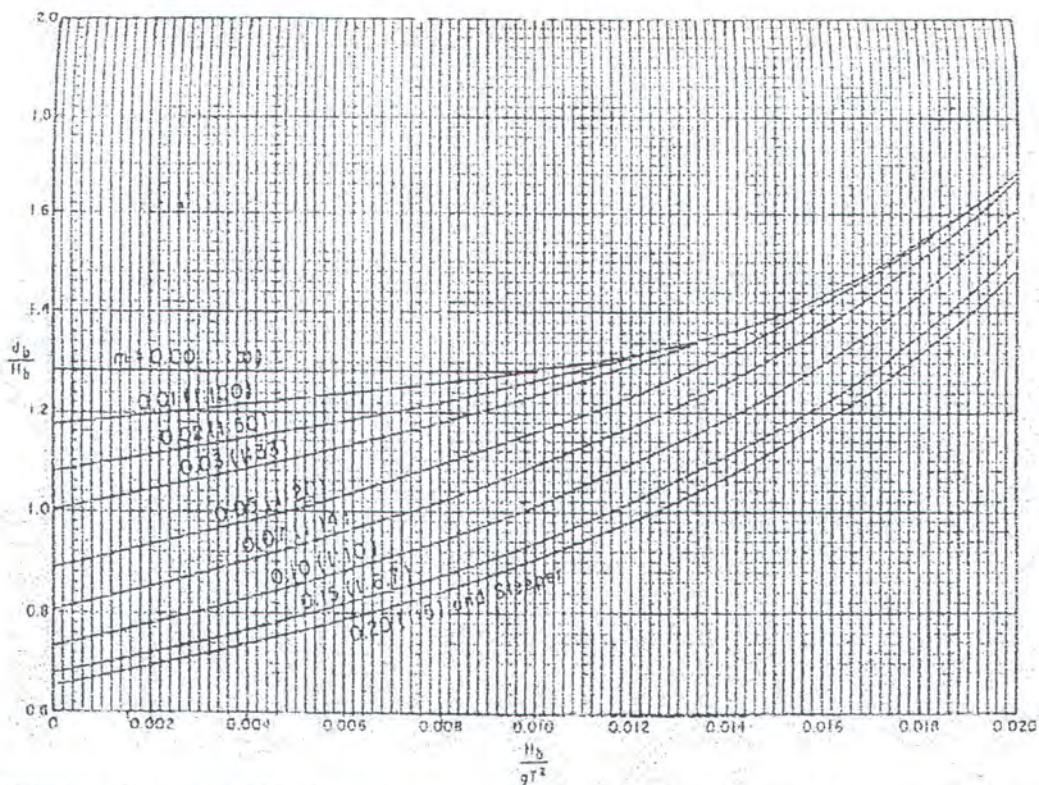
4.6 di dapat kedalaman gelombang pecah :

$$\frac{db}{Hb} = 1,2$$

$$db = 1,2 \times 1,5 = 1,8 \text{ meter } (\beta)$$

$$\frac{db}{Hb} = 1,55$$

$$db = 1,55 \times 1,5 = 2,38 \text{ meter } (\alpha)$$



Gambar 4.5 Grafik Kedalaman Gelombang Pecah (U.S.Army, 1984)

$d_b(\alpha \text{ dan } \beta)$ adalah kedalaman maksimum dan minimum terjadinya gelombang pecah. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa gelombang yang membentur struktur (dinding pantai dan groin) merupakan gelombang pecah.

4.4 Analisa Data Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut sebagai fungsi waktu karena adanya gaya tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi (Triyatmodjo, 1996). Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan pantai.



Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi dan air terendah yang berturutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya.

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut dapat dibedakan dalam empat tipe :

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

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur.

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

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut.

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

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

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



Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

Data pasang surut yang dipergunakan pada penulisan ini adalah berdasarkan data pencatatan pasang surut di Benoa, Bali dari Dinas Hidro-Oceanografi (DISHIDROS) Angkatan Laut untuk tahun 2000. Data pasang surut ini merupakan gerakan pasang surut yang diramalkan terhadap suatu muka surutan yang letaknya 13 dm di bawah MSL.

Tabel 4.2 Jenis Pasang Surut

Simbol	Nama komponen	Periode (jam)	Amplitudo (cm)
K1	Pasang deklinasi tunggal harian	23,93	25
O1	Pasang deklinasi tunggal harian	25,8	12
M2	Pasang bulan ganda harian	12,4	71
S2	Pasang bulan ganda harian	12	33

Dari tabel 4.2 di atas, dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di perairan Pantai Kuta dengan cara (Sorensen, 1978):

- Jika amplitudo $M2+S2 > \text{amplitudo } K1+O1$, maka terjadi tipe pasang surut semidiurnal.



- Jika sebaliknya maka terjadi tipe pasang surut diurnal.

Dengan menggunakan parameter-parameter di atas didapatkan $M2+S2=104$ cm dan $K1+O1=37$ cm, berarti bahwa di lokasi studi mempunyai jenis pasang surut semidiurnal.

Berdasarkan data yang di peroleh menunjukkan bahwa tinggi muka air di perairan Pantai Kuta adalah sebagai berikut :

- HWL (High Water Level) = +1,3 meter
- MSL (Mean Sea Level) = +0 meter
- LWL (Low Water Level) = -1,3 meter
- Tidal range = 2,6 meter.

4.5 Analisa Data Arus

Analisa Data Arus dilakukan untuk mendapatkan arah dan kecepatan arus di lokasi studi, apakah arus mempunyai efek penting terhadap proses pengikisan (erosi) atau tidak. Arus laut dipengaruhi oleh kecepatan angin yang berpengaruh juga pada pembentukan gelombang. Semakin tinggi gelombang semakin besar arusnya, sehingga sangat berpengaruh terhadap pengikisan pantai.



Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Transport massa dan momentum tersebut menimbulkan arus di daerah dekat pantai. Arus sepanjang pantai dapat juga ditimbulkan oleh gelombang yang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus ini terjadi di daerah antara gelombang pecah dan garis pantai. Parameter terpenting dalam menentukan kecepatan arus sepanjang pantai adalah tinggi dan sudut datang gelombang pecah.

Longuet-Higgins (dalam Komar, 1985) menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai sebagai berikut :

$$V = 1,17(g \cdot H_b)^{1/2} \sin \alpha_b \cdot \cos \alpha_b$$

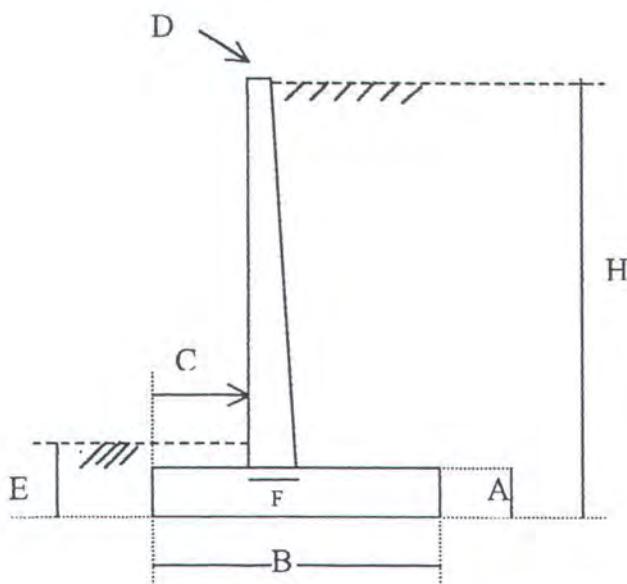
Arus sejajar pantai yang diberikan oleh rumus di atas dapat mengangkut sedimen yang telah digerakkan oleh gelombang dan terus terbawa sepanjang pantai. Dari data yang di dapat dari Nippon Koei Co di ketahui bahwa kecepatan arus dekat pantai (*nearshore current*) di pantai Kuta adalah berkisar antara 0,2 meter perdetik sampai 1,2 meter perdetik. Aliran arus di daerah karang pada Pantai Kuta kebanyakan mengalir ke arah utara sejajar garis pantai. Ada juga arus kuat dari bagian selatan karang yang mampu keluar menuju daerah karang.



Dari distribusi aliran arus ini, aliran arus sejajar pantai lebih dominan.

4.6 Analisa Tekanan Tanah Lateral

Dalam teori Rankine, tanah di anggap dalam keadaan keseimbangan plastis. Percobaan di lapangan dan di luar lapangan cenderung memastikan bahwa konsep tekanan tanah aktif cukup baik jika urugan balik ditempatkan dengan hati-hati sehingga efek pemampatan (compaction effect) tidak menimbulkan tegangan yang berlebihan. Untuk dimensi dinding pantai di pantai Kuta digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.6 Dimensi Dinding Pantai



Di mana :

$$A = 0,21 \text{ meter}$$

$$D = 0,2 \text{ meter}$$

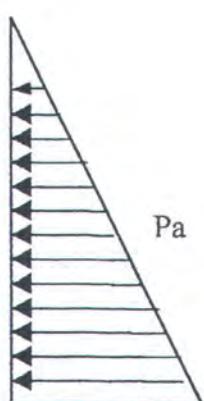
$$B = 1 \text{ meter}$$

$$E = 0,3 \text{ meter}$$

$$C = 0,33 \text{ meter}$$

$$F = 0,21 \text{ meter}$$

Tekanan tanah lateral yang bekerja dapat digambarkan sebagai berikut :



Gaya tanah aktif (Rankine)

$$F_a = \gamma \cdot H \cdot K_a$$

Tekanan tanah aktif

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_a$$

Gambar 4.7 Diagram tekanan

Dari data mengenai kondisi tanah pantai di lokasi studi adalah sebagai berikut :

$$\text{Sudut gesek/geser } (\phi) = 34^\circ$$

$$\text{Konstanta kohesi } (c) = 0$$

$$\text{Berat volume } (\gamma) = 17,6 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Spesifik gravity } (G_s) = 2,767$$

Koefisien tekanan tanah aktif untuk kondisi tersebut adalah :

$$K_a = \tan^2(45 - \phi/2)$$

$$= \tan^2(45 - 34/2)$$





$$= 0,28$$

gaya tanah aktif (F_a) pada dasar adalah :

$$F_a = \gamma \cdot H \cdot K_a$$

$$= 17,6 \text{ kN/m}^3 \times 2,1 \text{ m} \times 0,28$$

$$= 10,35 \text{ kN/m}^2$$

tekanan tanah aktifnya adalah :

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_a$$

$$= \frac{1}{2} \times 17,6 \text{ kN/m}^3 \times (2,1 \text{ m})^2 \times 0,28$$

$$= 10,86 \text{ kN/m}$$

Untuk kestabilan dinding penahan, maka kita terlebih dahulu mencari sudut gesek efektif (ϕ^i), untuk tanah tak berkohesi.

$$q = \gamma \cdot H \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot \sqrt{K_a} = \gamma \cdot H \cdot K_a^i$$

Untuk sudut gesek (ϕ) = 34° , koefisien tekanan tanah aktif = 0,28.

$$q = 17,6 \times 2,1 \times 0,28 - 0$$

$$q = 10,35 \text{ kN/m}^2$$

$$K_a' = \frac{q}{\gamma \cdot H} = K_a$$

$$= \frac{10,35}{17,6 \times 2,1}$$

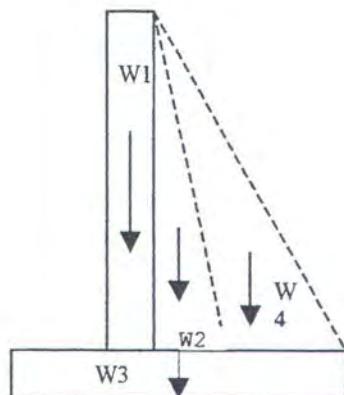
$$= 0,28$$

$$45 - \frac{\theta}{2} = 22,42^\circ$$



$$\theta = 45,16^\circ$$

maka digunakan $\phi^r = 45^\circ$



Berat volume beton (γ_c) = 23,56 kN/m³

$$M_o = P_a \times Z$$

$$= 10,86 \times 2,1 / 3$$

$$= 7,6 \text{ kN.m}$$

Gambar 4.8 Beban Pada Dinding Pantai

Tabel 4.3 Beban Tanah pada Dinding Pantai

Bagian	Berat dari bagian	Lengan (m)	Momen (kN.m)
1	$23,56(0,2)1,89 = 8,9$	$0,33+0,1$	3,83
2	$0,01[(1,89 \times 23,56) + 17,6]0,5 = 0,38$	$0,33+0,2+0,005$	0,2
3	$23,56(0,21)(1) = 4,95$	0,5	2,475
4	$1,89(0,46)(17,6) = 15,3$	0,77	11,78
	$P_{av} = P_{ah} \cdot \tan\theta = 10,86 \tan 34^\circ = 7,32$	1	7,32
	$\Sigma F_v = 36,85$		$\Sigma M_r = 25,6$



- Angka kestabilan jangkitnya adalah :

$$No = \frac{Mr}{Mo} = \frac{25,6}{7,6} = 3,37 \gg 1,5$$

- Menghitung kestabilan gelincir (Ns)

$$\tan \phi' = \tan \theta = \tan 34^\circ = 0,675$$

$$Fr = Fv \cdot \tan \theta'$$

$$= 36,85 \tan 34^\circ$$

$$= 24,87$$

$$Ns = Fr/Fd$$

$$= (24,87) / (10,86)$$

$$= 2,29 \gg 2,0$$

jadi dari analisa kestabilan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa struktur dinding penahan tersebut cukup stabil terhadap beban lateral tanah.

4.7 Analisa Tekanan/Gaya Gelombang

Untuk kondisi pantai kuta adalah, elevasi air pada dinding pantai adalah 0,7 meter di atas *mean lower low water* (MLLW) pada saat *mean highest high water* (MHHW). Dengan kemiringan pantai sebesar $m = 1:50$ dan dari perhitungan gelombang yang telah dilakukan sebelumnya diketahui tinggi gelombang pecah (H_b) adalah 1,5 meter, kedalaman gelombang pecah (db) sebesar 1,8 meter dengan



periode gelombang 5,15 detik. Gaya gelombang dinamis

$$\text{dan momen yang ditimbulkannya adalah : } R_m = \frac{w \cdot db \cdot hc}{2}$$

$$\text{Di mana } hc = 0,78 \cdot H_b = 0,78 \times 1,5 = 1,17 \text{ meter}$$

ds adalah kedalaman dari kaki bangunan-SWL pada saat MHHW.

$$R_m = \frac{w \cdot db \cdot hc}{2} = \frac{10,047 \cdot (1,8) \cdot (1,17)}{2}$$

$$R_m = 10,5 \text{ kN/m}$$

Sedang momennya adalah:

$$M_m = R_m(ds + hc/2) = 10,5(0,7 + 1,17/2)$$

$$= 13,49 \approx 13,5 \text{ kN.m/m}$$

gaya hidrostatik dan momen hidrostatiknya adalah :

$$R_s = \frac{w \cdot (ds + hc)^2}{2}$$

$$R_s = \frac{10,047 \cdot (0,7 + 1,17)^2}{2}$$

$$R_s = 17,56 \text{ kN/m}$$

Karena struktur pelindung mempunyai permukaan miring maka gaya dinamis dari gelombang pecah pada dinding adalah :

$$R' = R \sin^2 \theta$$

Komponen vertikal dari gaya gelombang dinamis diabaikan dalam perhitungan stabilitas. Karena dinding membentuk



sudut sebesar $33,69^\circ$ ($\tan^{-1} 1/1,5$) maka besarnya gaya dan momen dinamisnya adalah :

$$R' = R_m \sin^2 \theta$$

$$R' = 10,5 \sin^2(33,69)$$

$$R' = 3,23 \text{ kN/m}$$

$$M' = M_m \sin^2 \theta$$

$$M' = 13,5 \sin^2(33,69)$$

$$M' = 14,54 \text{ kN-m/m}$$

Sedangkan untuk kondisi kedua yaitu ketika SWL pada saat MLLW. Jarak dari garis SWL terhadap struktur adalah 30 meter. Prediksi batas runup gelombang adalah :

$$x_2 = \frac{2.H_b}{m} = \frac{2 \times 1,15}{0,02}$$

$$= 150 \text{ meter}$$

gaya dan momennya dinamisnya adalah :

$$R_m = \frac{w \cdot d_b \cdot h_c}{2} \left(1 - \frac{x_1}{x_2}\right)^3$$

$$R_m = \frac{10,047 \times 1,8 \times 1,17}{2} \left(1 - \frac{30}{150}\right)^3$$

$$R_m = 7,87 \text{ kN/m}$$

Dan momennya adalah :

$$M_m = \frac{w \cdot d_b \cdot h_c^2}{4} \left(1 - \frac{x_1}{x_2}\right)^4$$



$$M_m = \frac{10,047 \times 1,8 \times 1,7^2}{4} \left(1 - \frac{30}{150}\right)^4$$

$$M_m = 2,54 \text{ kN.m/m}$$

Gaya hidrostatis dan momennya adalah :

$$R_s = \frac{w \cdot h c^2}{2} \left(1 - \frac{x_1}{x_2}\right)^2$$

$$R_s = \frac{10,047 \times 1,17^2}{2} \left(1 - \frac{30}{150}\right)^2$$

$$R_s = 4,4 \text{ kN/m}$$

Momenya adalah :

$$M_s = \frac{w \cdot h c^3}{6} \left(1 - \frac{x_1}{x_2}\right)^3$$

$$M_s = \frac{10,047 \times 1,17^3}{6} \left(1 - \frac{30}{150}\right)^3$$

$$M_s = 1,37 \text{ kN.m/m}$$

Gaya dan momen totalnya adalah :

$$R_t = R_m + R_s = 7,87 + 4,4 = 12,27 \text{ kN/m}$$

$$M_t = M_m + M_s = 2,54 + 1,37 = 3,91 \text{ kN.m/m}$$

$$R' = R_m \sin^2 \theta$$

$$R' = 7,87 \sin^2(33,69)$$

$$R' = 2,42 \text{ kN/m}$$

$$M' = M_m \sin^2 \theta$$

$$M' = 2,54 \sin^2(33,69)$$

$$M' = 0,78 \text{ kN-m/m}$$



Perhitungan beban gelombang dengan persamaan Goda (1985).

Kedalaman air dan karakteristik gelombang.

$$d = h = 0,7 \text{ meter}$$

$$H_o' = 1,39 \text{ meter}$$

$$L_o = 41,4 \text{ meter}$$

$$T_o = 5,15 \text{ detik}$$

$$H_o = 1,6 \text{ meter}$$

$$\beta = 45^\circ$$

$$dbw = d + h.m.H_o'$$

$$= 0,7 + (0,7 \times 0,02 \times 1,39)$$

$$= 0,72 \text{ meter}$$

$$H_{max} = 1,8 \cdot H_o'$$

$$= 1,8 \times 1,39$$

$$= 2,5 \text{ meter}$$

dengan menggunakan grafik pada lampiran, untuk nilai

$$\frac{d}{L_o} = \frac{0,7}{41,4} = 0,017$$

akan diperoleh nilai-nilai berikut ini :

$$\frac{d}{L} = 0,05296$$

$$\text{sehingga, } L = \frac{0,7}{0,05296} = 13,2 \text{ meter}$$

$$(4 \cdot \pi \cdot d) / L = (4 \cdot \pi \cdot 0,7) / 13,2 = 0,66$$

$$\sinh(4 \cdot \pi \cdot d / L) = 0,7$$



$$\cosh(4 \cdot \pi \cdot d/L) = 1,23$$

dari beberapa nilai yang diperoleh tersebut dihitung koefisien tekanan gelombang.

$$\alpha_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left(\frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right)^2$$

$$\alpha_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left(\frac{0,66}{0,7} \right)^2$$

$$\alpha_1 = 1,04$$

$$\frac{dbw - h}{3 \cdot dbw} \left(\frac{H_{max}}{h} \right)^2 = \frac{0,72 - 0,7}{3 \times 0,72} \left(\frac{2,5}{0,7} \right)^2$$

$$= 0,028$$

$$2 \cdot d/H_{max} = (2 \times 0,7) / 2,5 = 0,56$$

$$\alpha_2 = \min \left[\frac{dbw - h}{3 \cdot dbw} \left(\frac{H_{max}}{h} \right)^2, \frac{2 \cdot d}{H_{max}} \right]$$

$$\alpha_2 = \min (0,028, 0,56)$$

$$\alpha_2 = 0,028$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{d'}{d} \left(1 - \frac{1}{\cosh(2\pi d/L)} \right)$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{0,7}{0,7} \left(1 - \frac{1}{1,05} \right)$$

$$\alpha_3 = 0,95$$

gelombang maksimum yang terjadi pada elevasi muka air rencana adalah :



$$P_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) (\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2 \beta) \cdot \gamma_0 \cdot H_{\max}$$

$$P_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos 45) (1,04 + 0,028 \cdot \cos^2 45) 1,03 \cdot 2,5$$

$$P_1 = \frac{1}{2} (1,707) (1,054) (2,575)$$

$$P_1 = 2,3 \text{ t/m}^2$$

$$P_2 = \frac{P_1}{\cosh(2\pi d/L)}$$

$$= \frac{2,3}{1,05} = 2,19 \text{ t/m}^2$$

tekanan yang terjadi pada dasar dinding adalah :

$$P_3 = \alpha_3 \cdot P_1 = 0,95 \times 2,3$$

$$P_3 = 2,185 \text{ t/m}^2$$

Tekanan apung di hitung berdasarkan berat air laut yang dipindahkan oleh dinding laut. Sedangkan tekanan ke atas yang bekerja pada dasar dinding mempunyai distribusi (bentuk) segi tiga, dengan tekanan P_u pada kakidepan bangunan dan nol pada kaki bagian belakang bangunan. Tekanan ke atas di hitung berdasarkan rumus berikut :

$$P_u = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_3 \cdot \gamma_0 \cdot H_{\max}$$

$$P_u = \frac{1}{2} (1 + \cos 45) \cdot 1,04 \times 0,95 \times 1,03 \times 2,5$$

$$P_u = 2,17 \text{ t/m}^2$$

Elevasi maksimum di mana tekanan gelombang bekerja diberikan oleh rumus :



$$\eta^* = 0,75 (1+\cos \beta) \cdot H_{max}$$

$$\eta^* = 0,75 (1+\cos 45) \cdot 2,5$$

$$\eta^* = 3,2$$

$$dc^* = \min [3,2, 1,1]$$

$$dc^* = 1,1$$

$$\eta^* > dc^* \text{ sehingga } P4 = P1 \left(1 - \frac{dc^*}{\eta^*}\right)$$

$$P4 = 2,3 \left(1 - \frac{1,1}{3,2}\right)$$

$$P4 = 1,5 \text{ t/m}^2$$

Dari tekanan gelombang yang telah dihitung, selanjutnya dapat dihitung gaya gelombang dan momen yang ditimbulkan oleh gelombang terhadap kaki bangunan (dinding pantai) adalah :

$$P = \frac{1}{2} (P1+P3)d' + \frac{1}{2} (P1+P4)dc^{*2}$$

$$P = \frac{1}{2} (2,3+2,85)0,7 + \frac{1}{2} (2,3+1,5).1,1$$

$$P = 1,57 + 2,09$$

$$P = 3,66 \text{ ton}$$

$$Mp = \frac{1}{6} (2 \times 2,3 + 2,185)0,7^2 + \frac{1}{2} (2,3+1,5)0,7 \times 1,1$$

$$+ \frac{1}{6} (2,3+2 \times 1,5) \times 1,1^2$$

$$Mp = 0,55 + 1,46 + 1,07$$

$$Mp = 3,08 \text{ ton.meter}$$



Karena struktur pelindung mempunyai permukaan miring maka gaya dinamis dari gelombang pecah pada dinding adalah :

$$P' = P \sin^2 \theta$$

Komponen vertikal dari gaya gelombang dinamis diabaikan dalam perhitungan stabilitas. Karena dinding membentuk sudut sebesar $33,69^\circ$ ($\tan 1/1,5$) maka besarnya gaya dan momen dinamisnya adalah :

$$P' = P \sin^2 \theta$$

$$P' = 3,66 \sin^2(33,69)$$

$$P' = 1,126 \text{ ton}$$

$$M_p' = M_p \sin^2 \theta$$

$$M_p' = 3,08 \sin^2(33,69)$$

$$M_p' = 0,95 \text{ ton.meter}$$

4.7 Analisa Beban Gelombang dan Tanah terhadap Kekuatan dinding.

Berdasarkan perhitungan data gelombang dan dinding pelindung Pantai Kuta dapat disimpulkan sebagai berikut:

Perhitungan gaya dan momen gelombang dengan persamaan Minikin pada saat mean highest high water (MHHW) di dapat :

$$R_T = R_m + R_s = 20,79 \text{ kN/m}$$



$$MT = Mm + Ms = 15,05 \text{ kN-m/m}$$

Sedangkan perhitungan gaya dan momen gelombang di mana SWL pada saat MLLW adalah :

$$RT = Rm + Rs = 6,82 \text{ kN/m}$$

$$MT = Mm + Ms = 2,15 \text{ kN-m/m}$$

Perhitungan gaya dan momen dengan menggunakan metode/persamaan Goda di dapat :

$$P = 1,126 \text{ ton}$$

$$Mp = 0,95 \text{ ton.m}$$

Tekanan tanah aktif dan momennya adalah :

$$Pa = 10,86 \text{ kN/m}$$

$$Mo = 7,6 \text{ kN-m/m}$$

Sedangkan karakteristik dari dinding penahan adalah :

$$\sum F_v = 36,85 \text{ kN/m}$$

$$Mr = 25,6 \text{ kN.m}$$



4.8 Kondisi Kerusakan pada Sistem Pengaman Pantai.

Kondisi kerusakan yang terjadi pada dinding pantai dapat di lihat dari foto berikut :



Gambar 4.9 Dinding pantai yang mengalami erosi/pengikisan pada bagian kaki bangunan

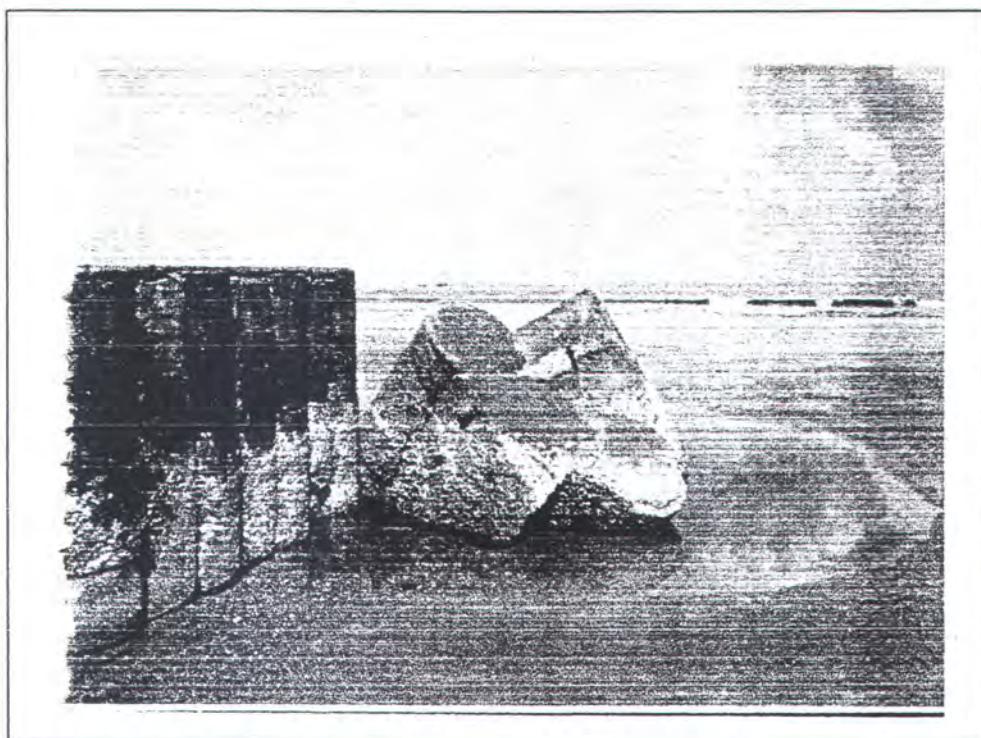
Dari foto di atas dapat dilihat bahwa yang terjadi adalah terjadinya kerusakan pada bagian kaki dari revetment. Bagian ini mengalami gerusan atau tererosi sehingga material dasarnya hilang.

Untuk waktu sekarang sebenarnya kerusakan tidak begitu mempengaruhi fungsi dari kinerja revetment, tapi



hal ini tidak dapat diabaikan begitu saja karena kerusakan yang fatal bermula dari kerusakan yang kecil.

Kondisi kerusakan yang terjadi pada groin dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.10 Groin yang mengalami kerusakan pada bagian ujung

Dari foto di atas dapat dilihat bahwa kerusakan yang terjadi adalah pada bagian struktur yang menjorok ke laut atau dengan kata lain adalah pada ujung groin.

Menurut Yuwono (1994) pada suatu pantai yang stabil dapat terjadi proses erosi maupun akresi jika di daerah tersebut didirikan suatu bangunan, di mana terdapat suatu proses litoral sebagai hasil antara



terdapat suatu proses litoral sebagai hasil antara angin. Gelombang, arus, pasang surut dan sedimen. Hal inilah yang terjadi pada lingkungan Pantai Kuta setelah dibangunnya Bandara Ngurah Rai.

Gerak air di dekat dasar menimbulkan tegangan geser pada sedimen dasar. Tegangan geser dasar yang lebih besar dari tegangan kritis erosi membuat partikel sedimen mulai bergerak (Triatmodjo, 1999). Pada waktu gelombang menuju pantai dengan membentuk sudut terhadap garis pantai maka gelombang tersebut akan naik ke pantai yang juga membentuk sudut. Massa air yang naik tersebut kemudian turun lagi dalam arah tegak lurus pantai. Gerak air tersebut membentuk lintasan seperti mata gergaji, yang disertai dengan terangkutnya sedimen dalam arah sepanjang pantai. Komponen kedua adalah transportasi sedimen yang ditimbulkan oleh arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah.

Pengikisan dinding pantai dan groin dapat terjadi oleh berbagai sebab yang saling terkait yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

- a) Gelombang yang datang mulai pecah di depan dinding dan terjadi benturan dengan muka gelombang hampir vertikal. Tumbukan tersebut menyebabkan massa air



bergerak ke atas dan ke bawah. Komponen ke bawah menimbulkan arus yang dapat mengerosi material dasar di depan bangunan

- b) Overwash, yang terjadi pada saat pasang tinggi, yang kadang-kadang disertai dengan gelombang yang cukup tinggi membentur dinding pantai.
- c) Penggalian/penambangan pasir. Salah satu penyebab erosi pantai pada umumnya dan dinding pantai pada khususnya adalah penggalian pasir dan mineral lainnya di daerah pesisir dan pantai di sekitarnya. Hal ini akan menyebabkan perubahan arah dan konsentrasi transportasi sedimen.
- d) Adanya Bandara Ngurah Rai yang dapat menyebabkan perubahan arah arus di sekitar Pantai Kuta. Hal ini mengakibatkan daerah ini menjadi tempat konsentrasi erosi akibat arus sepanjang garis pantai sehingga menyebabkan adanya longshore transport.
- e) Pemusatan energi gelombang. Pembuatan bangunan pantai dapat mengakibatkan terjadinya pemusatkan energi gelombang di daerah tersebut.
- f) Adanya perbedaan elevasi muka air di belakang dan di depan bangunan yang cukup besar dapat menimbulkan kecepatan aliran cukup besar yang dapat menarik butiran tanah/pasir di belakang dan pada pondasi



bangunan. Perbedaan elevasi ini dapat terjadi akibat adanya limpasan gelombang yang melewati dinding pantai dan kemudian meresap dan mengalir kembali ke bagian depan dinding. Perbedaan elevasi ini dapat juga terjadi ketika pantai mengalami surut dan elevasi muka air tanah lebih tinggi. Hal ini sering terjadi pada waktu musim hujan.

- g) Umur Struktur, Struktur yang mempunyai umur relatif lama kemungkinan besar mengalami kerusakan apalagi jika di lihat dari fungsinya sebagai penahan gelombang dan tekanan tanah.
- h) Beban Gaya Gelombang. Beban gelombang yang di analisa adalah beban yang di anggap dapat menyebabkan kerusakan, tentu saja beban tersebut adalah beban yang diakibatkan oleh beban gelombang yang terbesar. Berdasarkan analisa data beban gelombang tersebut di atas menunjukkan bahwa dinding penahan tersebut cukup stabil untuk menahan tekanan tanah lateral dan gaya gelombang yang terjadi.

Berdasarkan perhitungan dan pengamatan lapangan maka dapat dipastikan bahwa penyebab utama terjadinya pengikisan pada dinding pantai adalah disebabkan oleh gelombang dan arus laut serta adanya perbedaan elevasi muka air.



Gelombang yang menghantam dinding pantai ini dalam arah dominan berasal dari arah barat dan barat daya. Sedangkan arus yang menyebabkan terkikisnya dinding pantai adalah berasal dari arah selatan menuju utara sebagai akibat pembelokan arah tranportasi sedimen dengan adanya Bandara Ngurah Rai. Hal ini juga didukung oleh adanya kerusakan pada beberapa groin yang juga mengalami pengikisan. Rusaknya groin ini disebabkan karena Pantai Kuta mempunyai empat arah gelombang, yaitu dari arah selatan, barat daya, barat dan barat laut maka hal ini dapat mengakibatkan penggerusan yang lebih cepat dari pada jika gelombang datang dari satu arah saja.

Untuk mengatasi kerusakan yang terjadi pada dinding pantai dan groin tersebut dapat dilakukan dengan :

- a) Menempatkan batuan pelindung kaki. Khusus untuk dinding pantai yang belum parah kerusakannya, maka untuk mencegah kerusakan yang lebih parah lagi dapat menempatkan batuan pelindung kaki untuk melindungi kaki bangunan dari erosi yang lebih parah lagi. Penempatan batuan pelindung kaki dengan ukuran dan gradasi tertentu dapat membantu melindungi kaki dinding pantai.



- b) Pembuatan groin baru. Groin adalah bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai, dan berfungsi untuk menahan transpor sedimen sepanjang pantai, sehingga dapat mengurangi atau menghentikan erosi yang terjadi. Perlindungan pantai dengan menggunakan satu buah groin tidak akan efektif, sehingga perlu dilakukan dengan membuat suatu seri bangunan yang terdiridari beberapa groin yang ditempatkan dengan jarak tertentu, sehingga perubahan garis pantai yang terjadi tidak terlalu besar. Pemberian jarak yang efektif tergantung dari sudut datang dan tinggi gelombang pecah, kemiringan pantai dan panjang serta tinggi groin.
- c) Pembuatan dinding pantai baru. Dalam perencanaan dinding pantai baru ini perlu di tinjau fungsi dan bentuk bangunan, lokasi, panjang, tinggi, stabilitas bangunan dan tanah pondasi, elevasi muka air baik di depan maupun di belakang bangunan, ketersediaan bahan bangunan dan kondisi ekstrim lingkungan alamnya. Untuk mencegah terjadinya erosi dapat diberikan perlindungan kaki di dasar bangunan yang berupa batu dengan ukuran dan gradasi tertentu. Sedangkan untuk mencegah keluarnya butir-butir tanah halus melalui sela-sela batuanyang dapat berakibat



terjadinya penurunan bangunan, pada dasar pondasi perlu diberi lapis geotekstil. Sedangkan untuk menanggulangi terjadinya aliran yang cukup besar yang dapat menarik butiran tanah di belakang dan pada pondasi bangunan (*piping*) dapat dilakukan dengan membuat elevasi puncak bangunan cukup tinggi sehingga tidak terjadi limpasan dan di belakang bangunan di lindungi dengan lantai beton atau aspalt dan dilengkapi dengan saluran drainase.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

**BAB V****KESIMPULAN DAN SARAN****5.1 Kesimpulan**

1. Dinding pantai tererosi/tergerus pada bagian kaki yang diakibatkan oleh :
 - a. Gaya gelombang sebesar 20,79 kN/m yang menghantam secara langsung dinding pantai selama air pasang (*high tide*) mengakibatkan bagian kaki dinding pantai tererosi.
 - b. Adanya perbedaan elevasi muka air di belakang dan di depan bangunan yang cukup besar menimbulkan kecepatan aliran cukup besar yang menarik butiran pasir di belakang dan pada pondasi dinding pantai sehingga dinding pantai rusak pada bagian bawah(pondasi).
2. Gelombang dan arus yang mempunyai kecepatan relatif besar antara 0,2-1,2 meter/detik menyebabkan ujung groin tererosi. Arus laut ini terutama yang disebabkan oleh gelombang swell dari Samudra India yang datang dari arah selatan, barat, barat daya dan barat laut.
Untuk mengatasi kerusakan yang terjadi pada sistem pengaman pantai tersebut dapat dilakukan dengan :



- a. Menempatkan batuan pelindung kaki (khusus untuk yang belum parah kerusakannya).
 - b. Pembuatan dinding pantai baru dengan dasar pondasi di beri lapis geotekstil dan pelindung kaki.
 - c. Pembuatan groin baru, selain berfungsi sebagai perangkap sedimen juga menjaga dinding pantai dari erosi karena gelombang.
4. Struktur dinding pantai yang berbentuk vertikal merupakan struktur yang paling cepat mengalami gerusan karena sesuai bentuknya yang berupa dinding vertikal akan memudahkan gelombang untuk mengerosi bagian kaki daripada dinding pantai yang berbentuk miring.

5.2 Saran

1. Untuk menjaga atau mencegah terjadinya erosi atau gerusan pada kaki dinding pantai perlu ditempatkan lapisan pelindung kaki (*toe protection*) berupa *rubble/batu* dengan ukuran dan gradasi yang tertentu.
2. Untuk mencegah keluarnya butir-butir pasir yang dapat mengakibatkan penurunan bangunan, maka pada dasar pondasi perlu di beri lapis geotekstil, atau



di belakang bangunan di lindungi dengan lantai beton atau aspalt dan dilengkapi dengan saluran drainase.

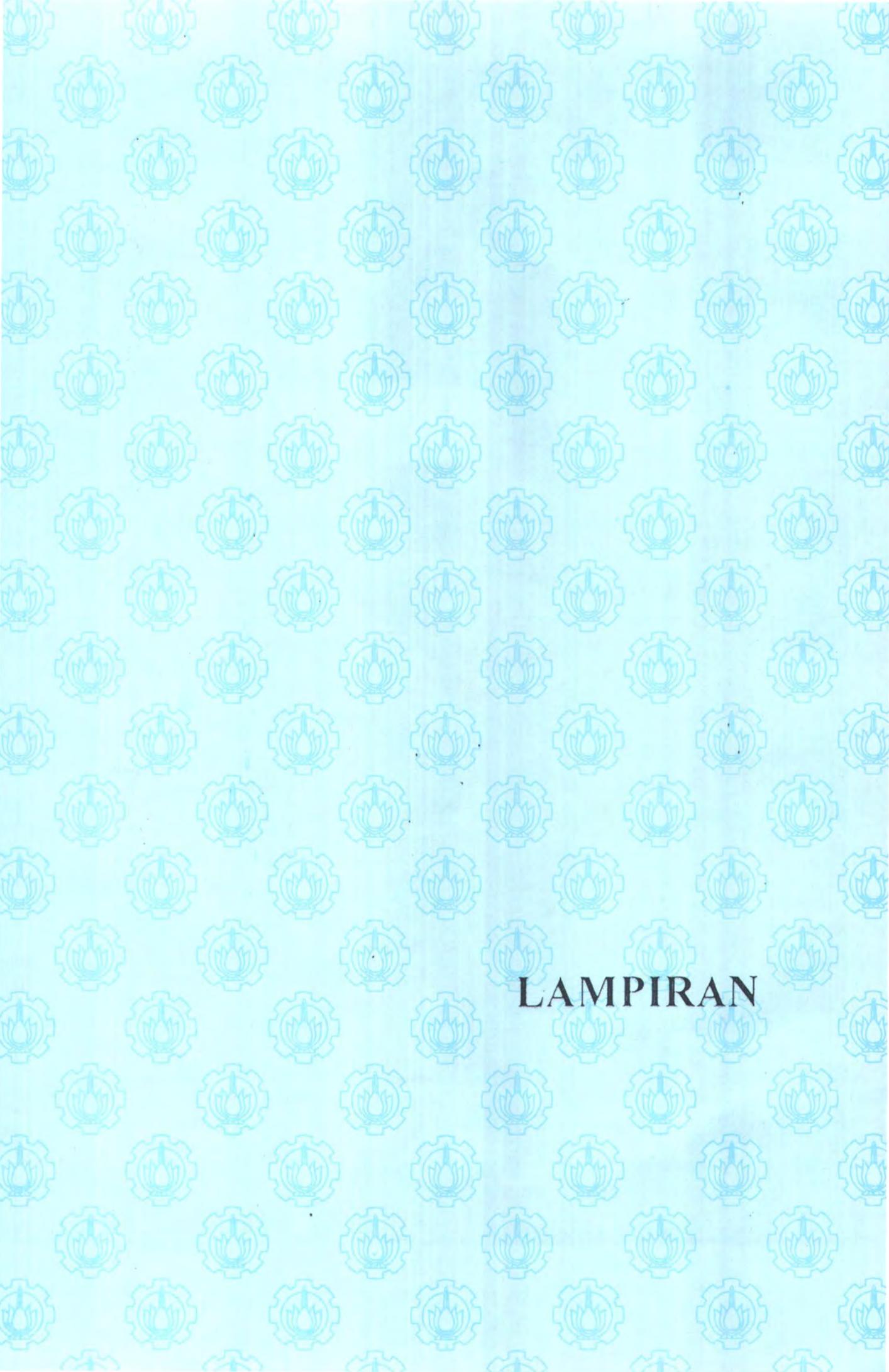
3. Pembangunan struktur groin harus dipertimbangkan dengan baik mengenai jarak maupun panjang panjangnya, karena arah datangnya gelombang di pantai Kuta mempunyai empat arah gelombang.
4. Pembangunan struktur pelindung dan pengaman pantai tidak seharusnya hanya mempertimbangkan lokasi relatif terhadap arah gelombang, tapi juga harus mempertimbangkan aspek pemandangan karena Pantai Kuta merupakan pantai wisata.
5. Perlu adanya perawatan sistem pengaman pantai secara berkala yang harus dilakukan oleh pengelola atau lembaga terkait.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar Pustaka

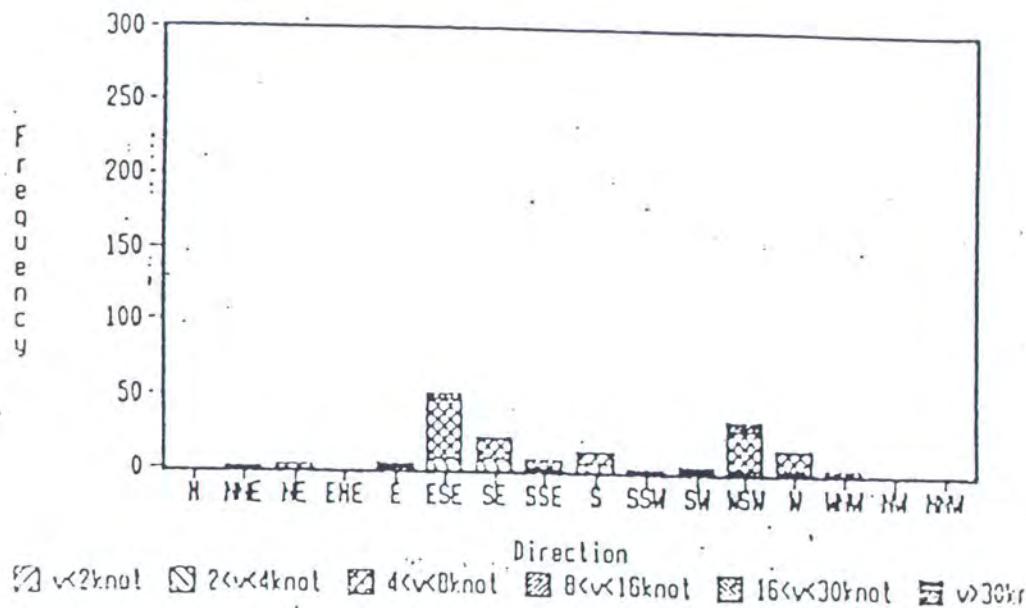
- Chakrabarty, S.K.1986. "Hidrodinamic of Offshore Structure", Computational Mechanic Publication, Southampton. Boston.
- Dean, R. G. 1983. "Principles of Beach Nourishment", CRC Handbook of Coastal Processes and Erosion, florida: CRC Press, 11: 217-232.
- Dinas Hidro-Oseanografi Angkatan Laut Indonesia.2000. "Daftar Pasang Surut Kepulauan Indonesia Tahun 2000", Jakarta.
- Ehrlich, L. A. and Fred H. Kulhawy. 1982. "Breakwater, Jetties and Groins: a Design Guide", New York: SCEECU.
- Hardiyatmo, H.C. 1994. "Mekanika Tanah 2". Jakarta : PT.Gramedia Pustaka Utama
- Kramadibrata, Soedjono. 1985. "Perencanaan Pelabuhan". Ganeca Exact, Bandung.
- Nippon Koei Co.,Ltd. 1998. "Main Report Vol. IV-V: Shore Protection Plan Kuta". Denpasar: Kanwil P.U. Bali.
- Nippon Koei Co.,Ltd. 1992."Field Survey Report Vol.II". Denpasar: Kanwil P.U. Bali.
- Nizam. 1986. "Model Perkembangan Garis Pantai", Media teknik, Yogyakarta, Edisi No.3 Tahun VIII Agustus-Nopember, 14-17
- Pratikto, W. A, H. D. Armono dan Suntoyo. 1997. "Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut", Yogyakarta: BPFE.

- Pilarezyk, K.W. 1990. "Design of Seawall and Dikes - Including Overview of Revetment". Proceeding of Coastal Protection Rotterdam.
- Swart, D. H. 1974. "Schematization of Onshore-offshore Transport", Proceeding of the fourteenth Coastal Engineering Conference Volume II, Copenhagen, Denmark: ASCE Press.
- Triatmodjo, B. 1999. "Teknik Pantai", Beta Offset, Yogyakarta, Cetakan Pertama Januari 1999.
- Triatmodjo, B. 1996. "Pelabuhan", Beta Offset, Yogyakarta, Cetakan Pertama Januari 1996.
- U.S Army Corp Engineering. 1984. "Shore Protection Manual Volume I and II", Misissippi.
- Yuwono, Nur.1992. "Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai". Yogyakarta: Biro Penerbit FT UGM



LAMPIRAN

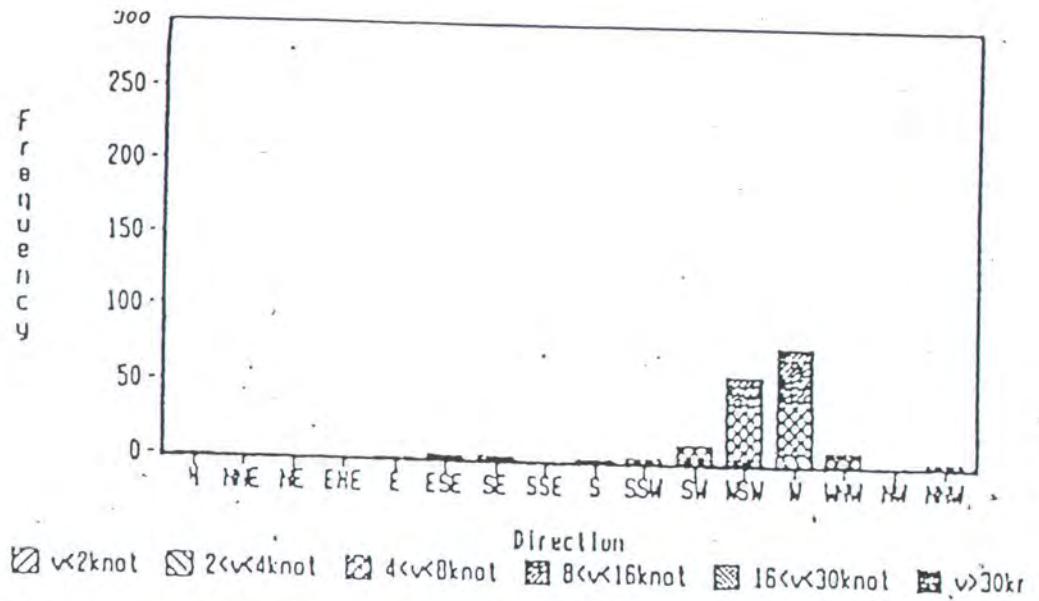
NOVEMBER



NOVEMBER

	all	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
v<2knot	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	67
2knot<v<4knot	156	0	0	3	0	2	7	7	2	4	0	2	2	2	0	0	0	187
4knot<v<8knot	36	0	1	0	0	2	11	14	6	8	1	2	24	12	3	0	0	150
8knot<v<16knot	0	0	1	0	0	0	3	2	0	1	0	0	8	1	0	0	0	16
16knot<v<30knot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
v>30knot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	257	0	2	3	0	4	51	23	8	13	2	4	35	15	3	0	0	420

APP. Fig. 222 (II) Wind Frequency

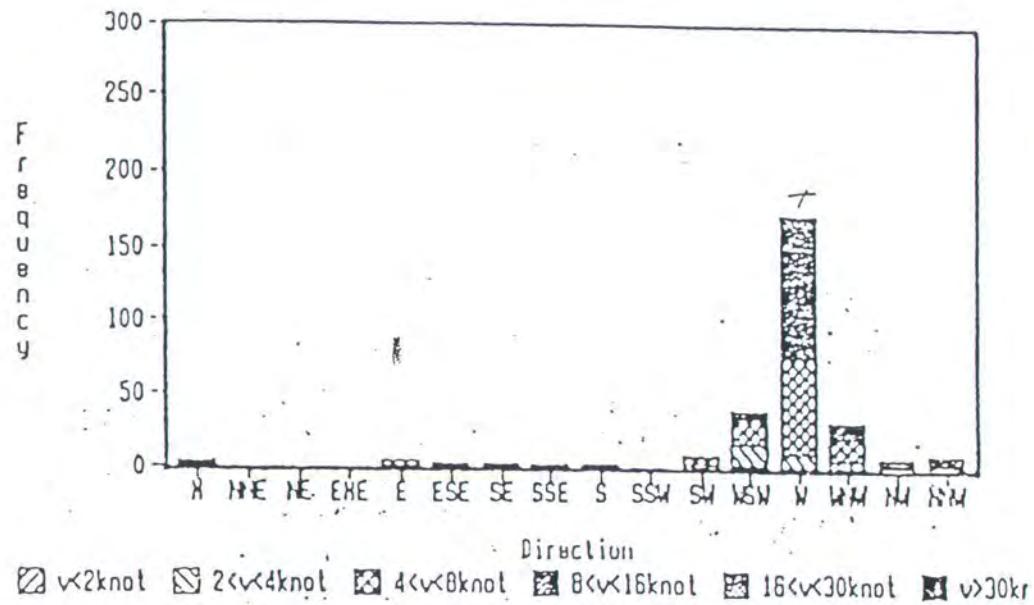


DECEMBER

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NWW	TOTAL
$v < 2\text{knot}$	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104
$2\text{knot} < v < 4\text{knot}$	129	0	0	0	0	1	1	2	0	1	0	3	3	7	1	0	148
$4\text{knot} < v < 8\text{knot}$	27	1	0	0	0	0	2	1	0	1	3	8	37	4	0	3	124
$8\text{knot} < v < 16\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18	34	3	0	0	56
$16\text{knot} < v < 30\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
$v > 30\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	260	1	0	0	0	1	3	0	2	3	12	59	79	8	0	3	434

APP. Fig. 2 2'2 00 Wind Frequency

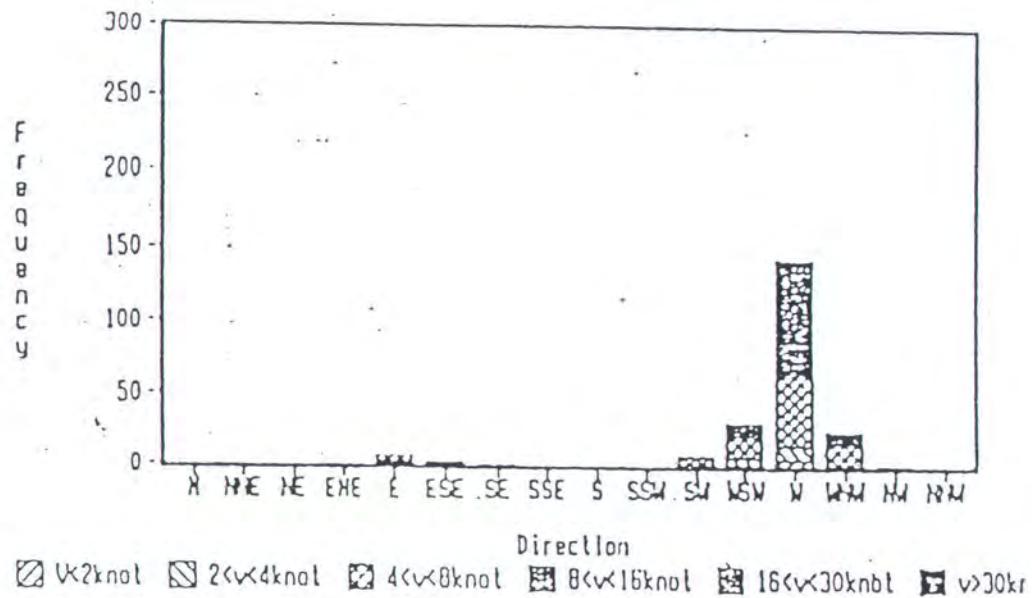
JANUARY



JANUARY

	Cal	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NWW	TOTAL
v<2knot	49	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	2	1	1	0	0	57
2knot<v<4knot	75	0	0	0	0	3	1	2	2	2	0	3	14	9	4	0	0	115
4knot<v<8knot	24	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	18	66	16	2	3	135
8knot<v<16knot	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	18	66	16	2	3	135
16knot<v<30knot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	88	11	4	5	118
v>30knot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	9
TOTAL	148	4	0	0	0	4	3	3	2	3	1	8	39	173	32	6	8	404

APP. FIG. 2-2-2 (i) Wind Frequency

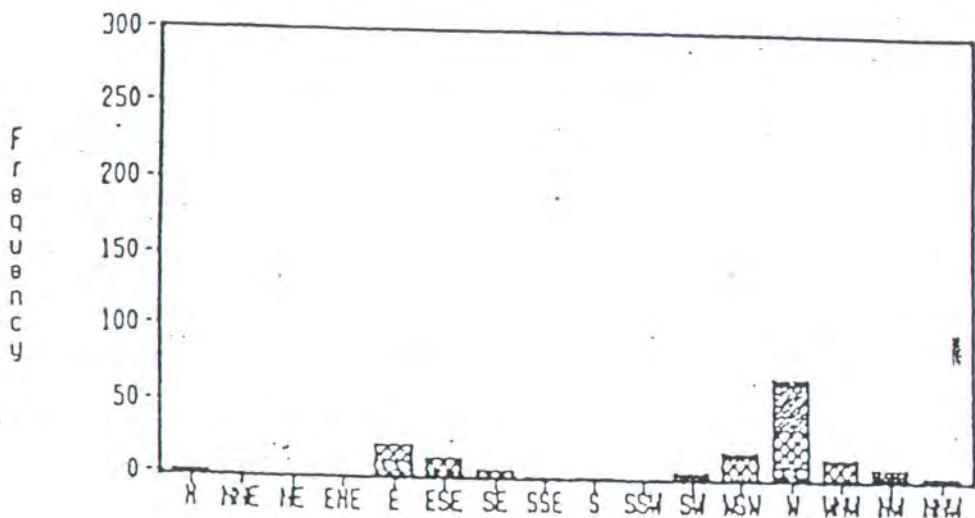


FEBRUARY

	all	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	NW	NW	NW	OTAL
$v < 2\text{ knot}$	68	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1	4	0	0	0	76	
$2 \leq v < 4\text{ knot}$	92	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	1	4	10	1	0	113	
$4 \leq v < 8\text{ knot}$	16	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	5	16	51	14	0	106	
$8 \leq v < 16\text{ knot}$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	77	10	0	98	
$16 \leq v < 30\text{ knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	
Total	177	0	0	0	1	6	3	1	0	0	0	6	31	144	25	1	0	325

APP Fig. 222 (2) Wind Frequency

MARCH

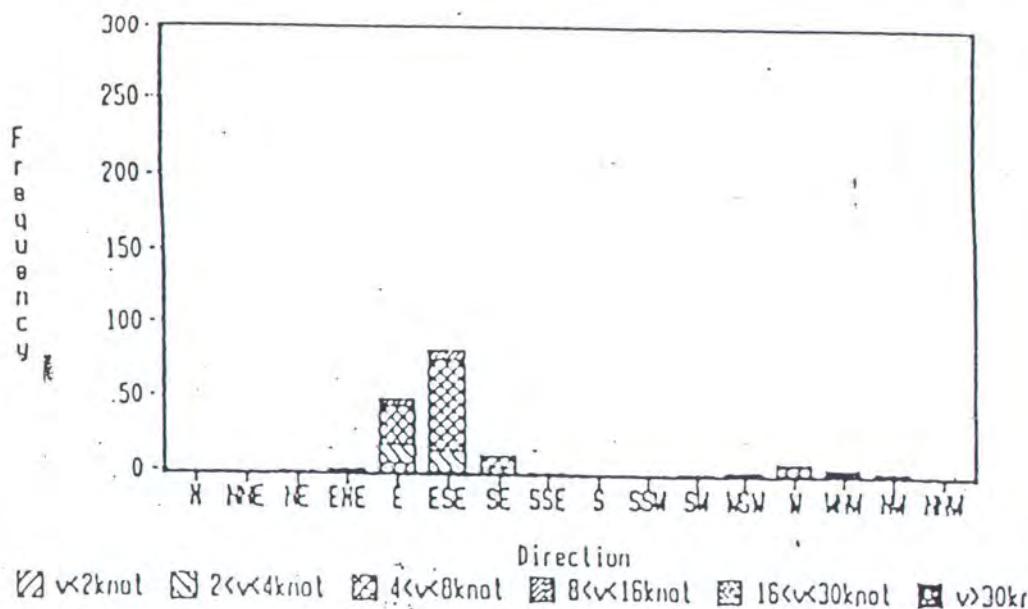


Direction
 Hatched: $v < 2\text{knol}$
 Cross-hatched: $2 < v < 4\text{knol}$
 Dotted: $4 < v < 8\text{knol}$
 Solid: $8 < v < 16\text{knol}$
 Diagonal lines: $16 < v < 30\text{knol}$
 White: $v > 30\text{knol}$

MARCH

	Cal.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	NW	NWW	TOTAL	
$v < 2\text{knol}$	128	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	134	
$2\text{knot} \leq v < 4\text{knot}$	135	0	0	0	0	5	3	0	0	1	0	2	0	4	1	1	153	
$4\text{knot} \leq v < 8\text{knot}$	16	0	0	0	0	11	8	4	1	0	1	14	25	10	2	2	94	
$8\text{knot} \leq v < 16\text{knot}$	1	2	0	0	0	1	1	0	0	0	1	4	32	3	4	0	49	
$16\text{knot} \leq v < 30\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$v > 30\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL.	280	2	0	0	0	20	12	4	1	1	0	1	18	68	14	7	3	434

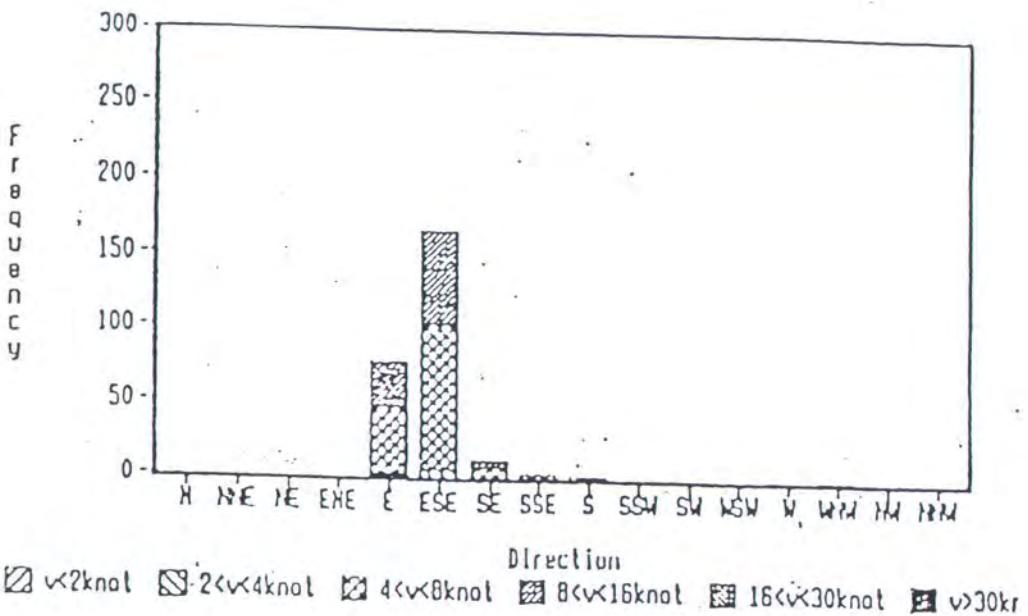
APP. FIG. 2 2 2 (0) Wind Frequency



		APRIL																	
		E	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NWW	TOTAL
$v < 2\text{ knot}$	83	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	91	
$2\text{knot} < v \leq 4\text{knot}$	131	0	0	0	0	0	12	12	3	0	0	0	0	1	3	2	1	165	
$4\text{knot} < v \leq 8\text{knot}$	43	0	0	0	0	1	26	62	7	1	0	0	1	1	2	1	0	147	
$8\text{knot} < v \leq 16\text{knot}$	0	0	0	0	1	1	6	7	1	0	0	0	0	1	0	0	0	17	
$16\text{knot} < v \leq 30\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$v > 30\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	257	0	0	1	2	50	82	11	1	0	0	0	1	2	7	4	2	120	

APP. Fig. 2 2 2 (a) Wind Frequency

HAY

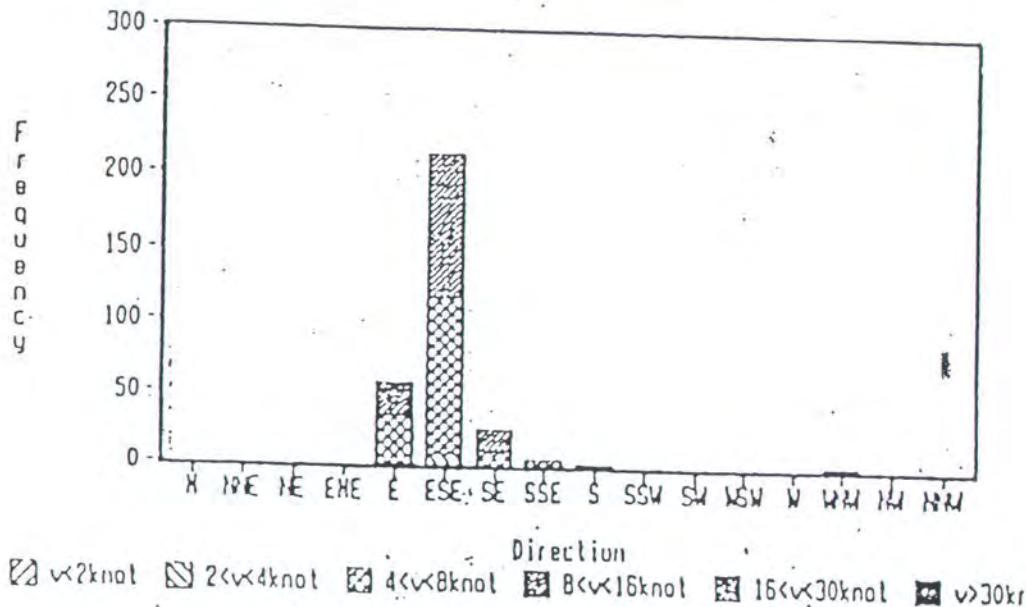


HAY

	Total	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
$v < 2\text{knot}$	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	
$2\text{knot} < v \leq 4\text{knot}$	104	0	0	0	0	0	0	2	5	1	0	0	0	0	0	0	113	
$4\text{knot} < v \leq 8\text{knot}$	33	0	0	0	0	0	0	44	27	5	3	0	0	0	1	0	182	
$8\text{knot} < v \leq 16\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	30	63	5	0	0	0	0	0	0	0	100	
$16\text{knot} < v \leq 30\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$v > 30\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	175	0	0	0	0	0	77	165	11	3	2	0	0	0	1	0	434	

APP. Fig. 2-2-2 (S) Wind Frequency

JUNE

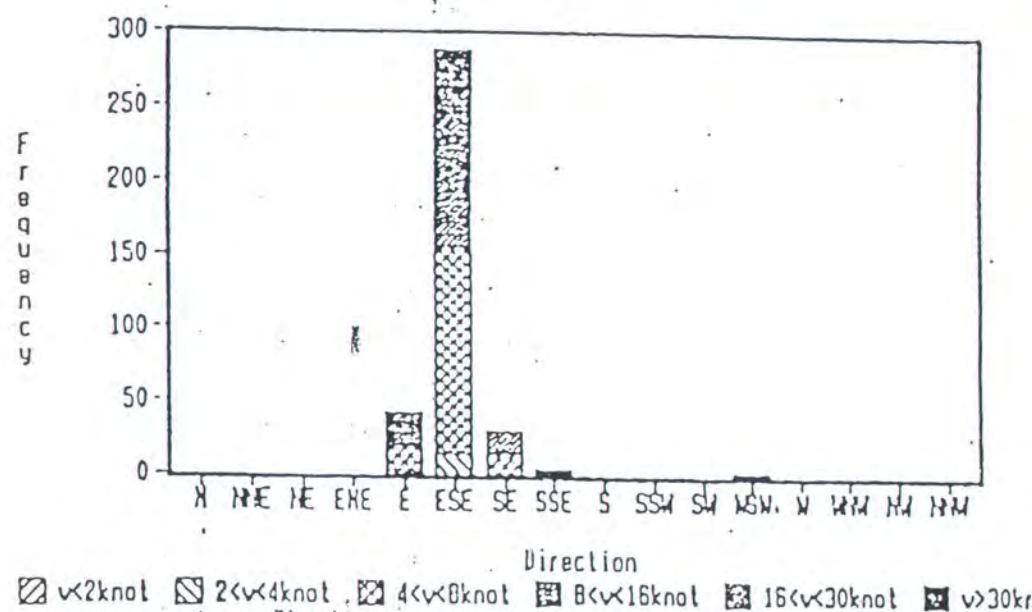


JUNE

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	NW	NW	NN	TOTAL
$v < 2 \text{ knot}$	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
$2 \text{ knot} \leq v < 4 \text{ knot}$	58	0	0	0	0	1	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69
$4 \text{ knot} \leq v < 8 \text{ knot}$	19	0	0	0	0	33	111	10	4	0	0	0	0	0	0	0	179
$8 \text{ knot} \leq v < 16 \text{ knot}$	0	0	0	0	0	24	97	15	0	0	0	0	2	0	0	0	136
$16 \text{ knot} \leq v < 30 \text{ knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$v > 30 \text{ knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	113	0	0	0	0	58	216	25	4	2	0	0	2	0	0	0	420

APP. FIG. 222 (b) Wind Frequency

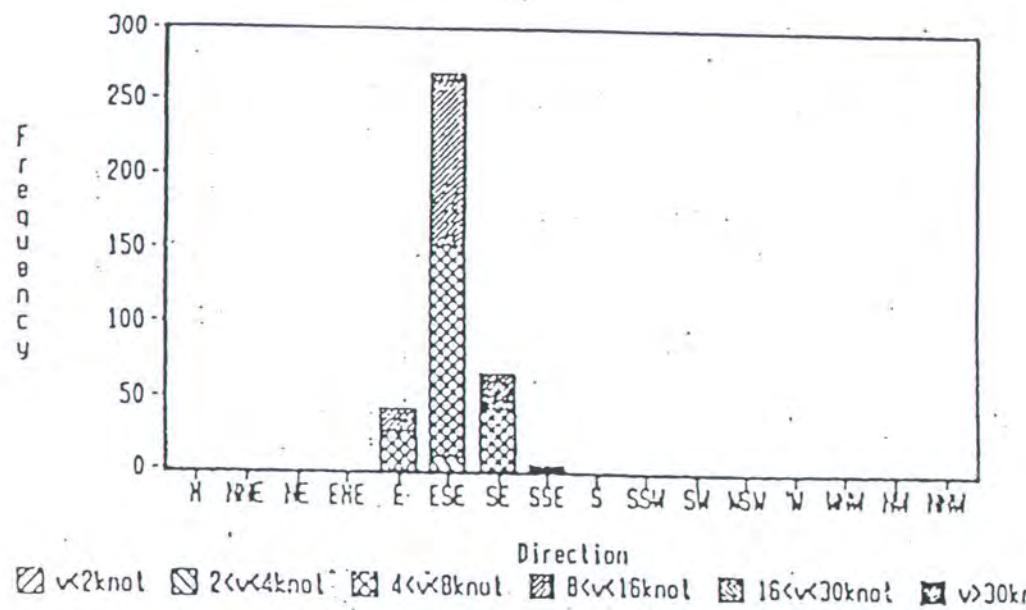
JULY



JULY

	all	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
$v < 2\text{ knot}$	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
$2 \leq v < 4\text{ knot}$	29	0	0	0	0	0	3	14	1	1	0	0	0	0	0	0	50	
$4 \leq v < 8\text{ knot}$	22	0	0	0	0	16	141	13	2	0	0	0	2	0	0	0	125	
$8 \leq v < 16\text{ knot}$	0	0	0	0	0	23	134	15	1	0	0	0	1	0	0	0	173	
$16 \leq v < 30\text{ knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$v \geq 30\text{ knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	67	0	0	0	0	42	289	29	4	0	0	0	3	0	0	0	434	

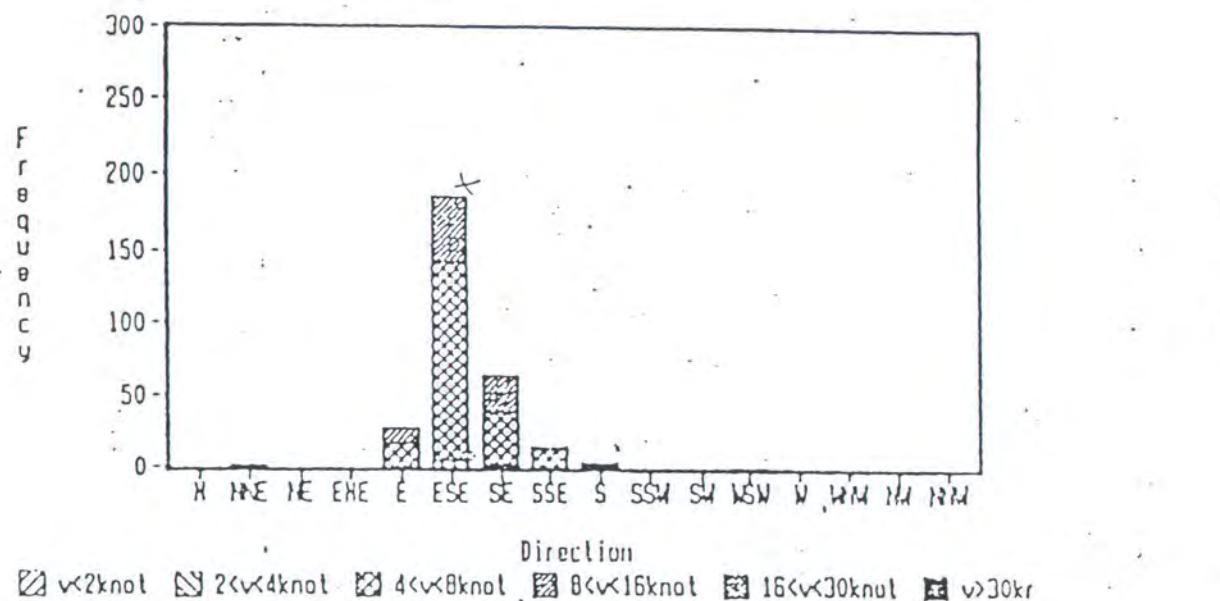
APP. Fig. 222 (7) Wind Frequency



AUGUST																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
v<2knot	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
2knot<v<4knot	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42
4knot<v<8knot	11	0	0	0	0	0	27	143	41	2	0	0	0	0	0	0	224
8knot<v<16knot	0	0	0	0	0	0	17	118	24	2	0	0	0	0	0	0	161
16knot<v<30knot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
v>30knot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	50	0	0	0	0	0	44	270	66	4	0	0	0	0	0	0	434

APP. Fig. 222 (b) Wind Frequency

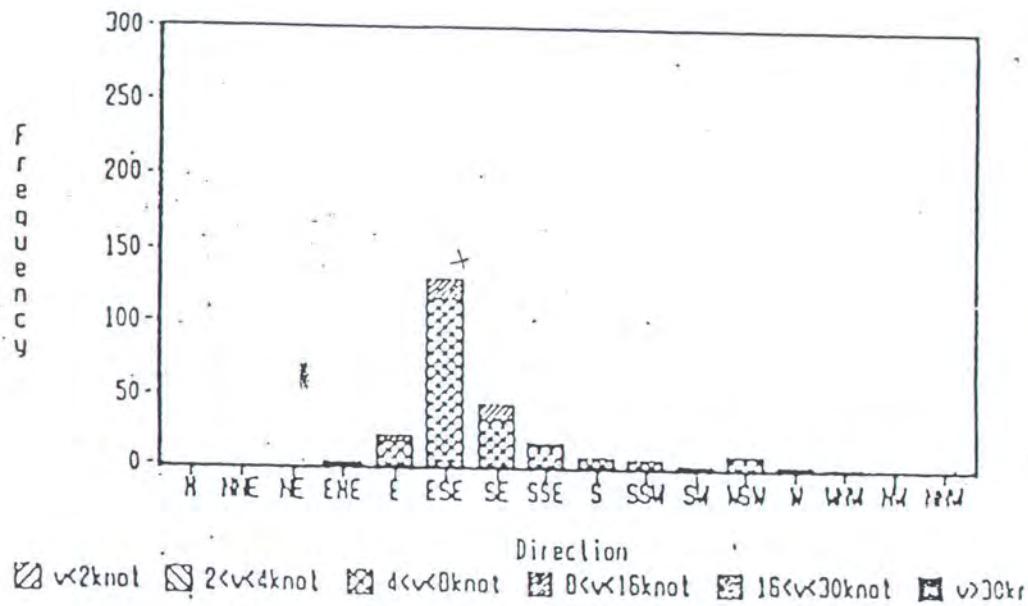
SEPTEMBER



SEPTEMBER

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	NW	NNW	TOTAL
$v < 2 \text{ knot}$	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
$2 \leq v < 4 \text{ knot}$	72	0	0	0	0	0	4	2	1	2	0	0	0	0	0	81
$4 \leq v < 8 \text{ knot}$	36	0	1	0	0	15	138	37	11	1	0	0	1	0	0	240
$8 \leq v < 16 \text{ knot}$	0	0	1	0	0	12	44	25	2	1	0	0	0	0	0	85
$16 \leq v < 30 \text{ knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$v \geq 30 \text{ knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	122	0	2	0	0	27	186	64	14	4	0	0	1	0	0	420

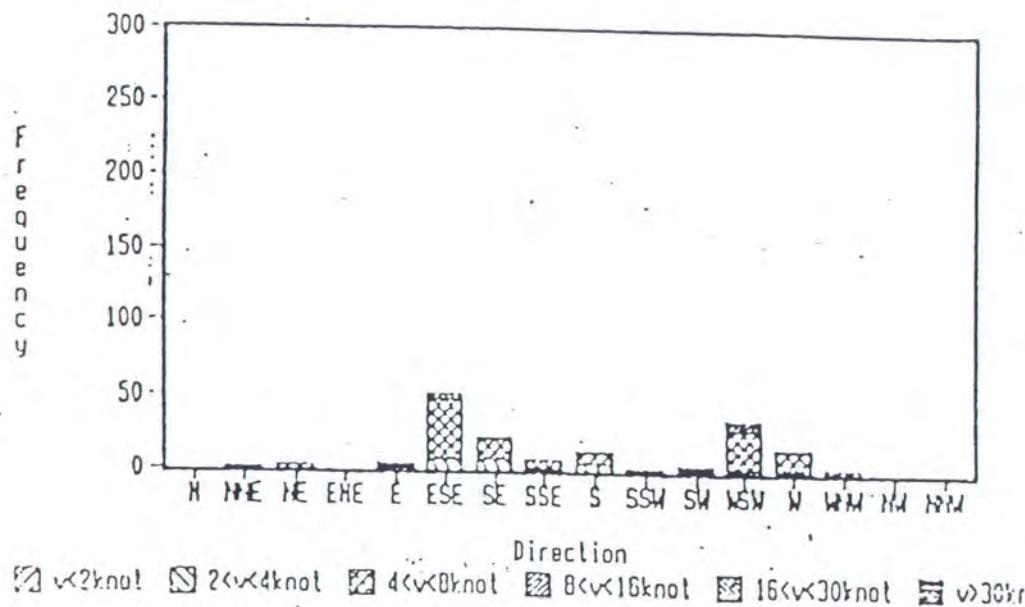
APP. Fig. 2 2 2 (9) Wind Frequency



OCTOBER																	
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
$v < 2\text{knot}$	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
$2 < v < 4\text{knot}$	122	0	0	0	0	1	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	130
$4 < v < 8\text{knot}$	38	0	0	0	2	15	113	31	13	5	5	2	8	1	1	0	234
$8 < v < 16\text{knot}$	0	0	0	0	0	5	14	12	3	0	0	0	1	1	0	0	36
$16 < v < 30\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$v > 30\text{knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	194	0	0	0	3	21	130	44	17	6	5	2	9	2	1	0	434

APP. FIG. 2 Z Z 00 Wind Frequency

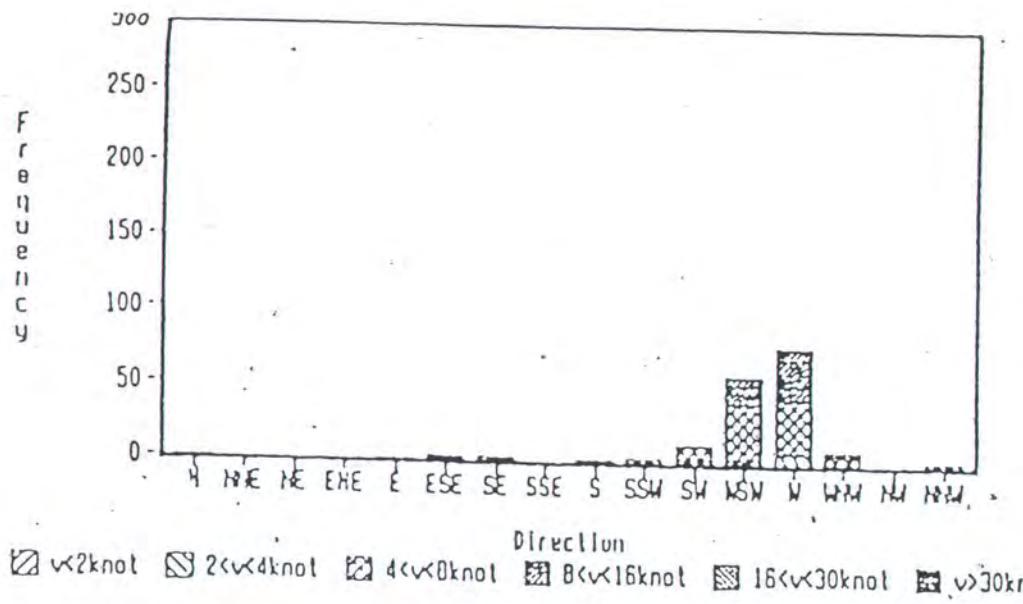
NOVEMBER



NOVEMBER

	al.	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NWW	TOTAL
$v < 2\text{ knot}$	65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	67
$2 \leq v < 4\text{ knot}$	156	0	0	3	0	2	7	7	2	4	0	2	2	2	0	0	0	187
$4 \leq v < 8\text{ knot}$	36	0	1	0	0	2	41	14	6	8	1	2	24	12	3	0	0	150
$8 \leq v < 16\text{ knot}$	0	0	1	0	0	0	3	2	0	1	0	0	8	1	0	0	0	16
$16 \leq v < 30\text{ knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$v \geq 30\text{ knot}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	257	0	2	3	0	4	51	23	8	13	2	4	35	15	3	0	0	420

APP. Fig. 222 (D) Wind Frequency



DECEMBER

	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	TOTAL
v<2knot	104	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104
2knot < v < 4knot	129	0	0	0	0	1	2	0	1	0	3	3	7	1	0	0	148
4knot < v < 8knot	27	1	0	0	0	0	2	1	0	1	8	37	4	0	3	124	
8knot < v < 16knot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	18	34	3	0	56	
16knot < v < 30knot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	
v > 30knot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TOTAL	260	1	0	0	0	1	3	0	2	3	12	59	79	8	0	3	434

APP. FIG. 2 2'2 00 Wind Frequency

47. BENOA (BALI)

Posisi : Lintang (Lat) : $08^{\circ}7' S$ (S)
 (Position) Bujur (Long) : $115^{\circ}2' T$ (E)

Waktu : G.M.T. + 08.00
 (Time)

Gerakan pasang surut diramalkan terhadap suatu Muka Surutan yang letaknya 13 dm di bawah DT.
 (Predictions are referred to Chart Datum 13 dms below MSL).

Tetapan yang digunakan (Tidal constants)	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4	Z0
Amplitudo dalam cm (Amplitude in cm)	71	33	-	10	25	12	7	-	-	130
$360^{\circ} \cdot g^0$	73	5	-	5	59	84	59	-	-	-

KOREKSI BULANAN (dalam cm)
(Monthly correction in cm)

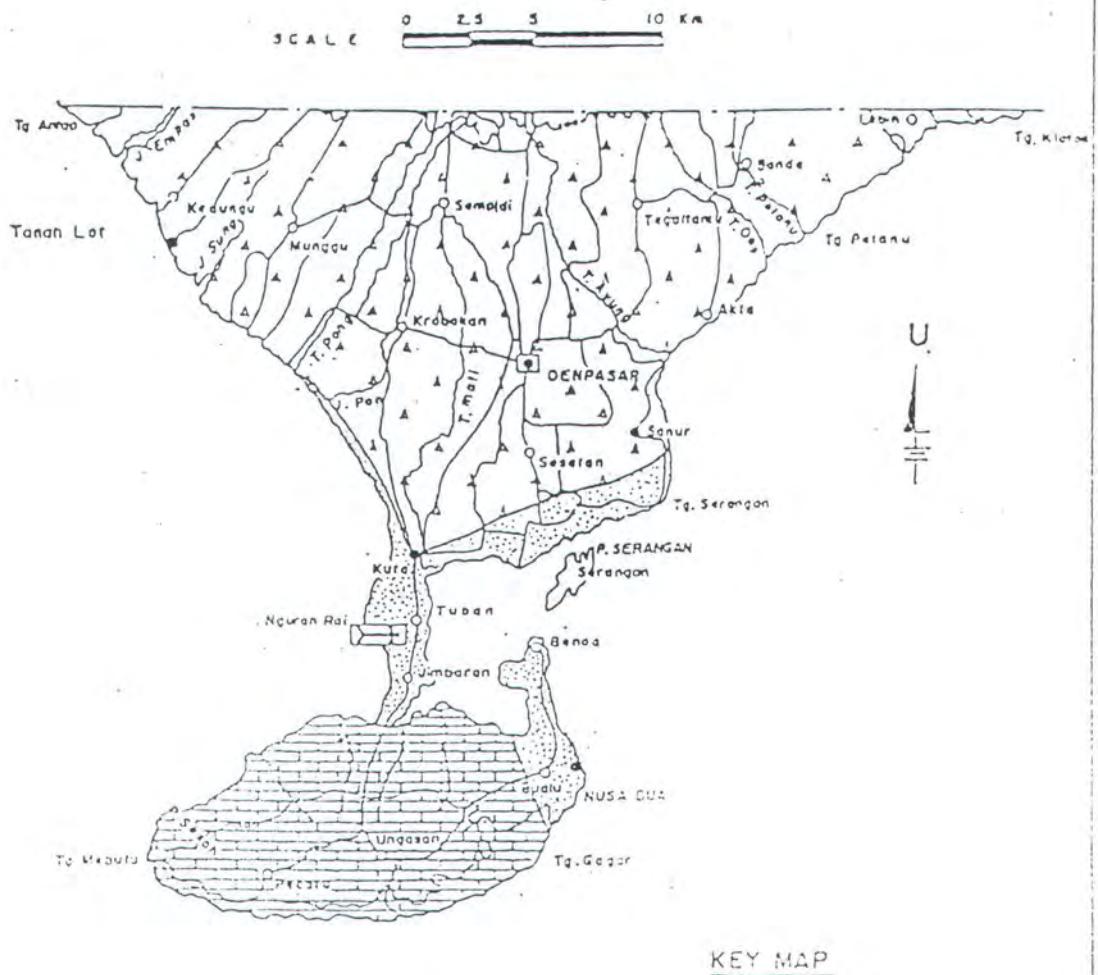
Jan	Peb	Mrt	Apr	Mei	Juni	Juli	Agus	Sept	Okt	Nop	Des
Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

HAL-HAL YANG KHUSUS
(Particulars)

Keterangan-keterangan yang dikutip dari Berita Pelaut Indonesia, diumumkan setelah penerbitan daftar pasang surut.

(Additional data published in Notice to Mariners)

Tanggal (Date)	Nomor Berita (No.)	Hal-hal yang khusus (Particulars)



KEY MAP

LEGEND



ALLUVIAL DEPOSITS
SAND AND GRAVEL



BUAYAN-BRATAN AND BATUR
TUFFS AND LAHAR DEPOSITS



LIMESTONE

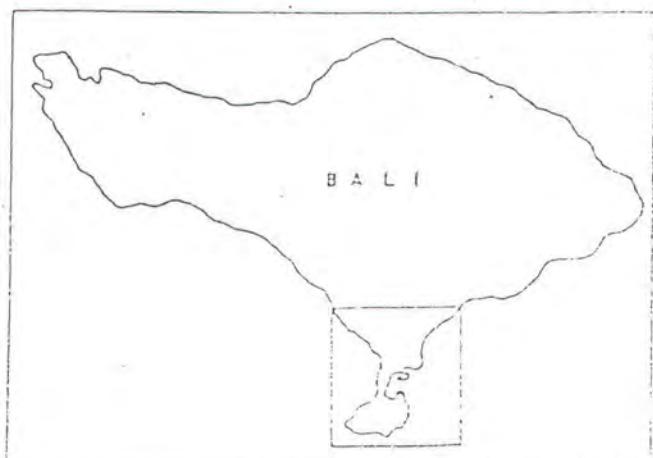
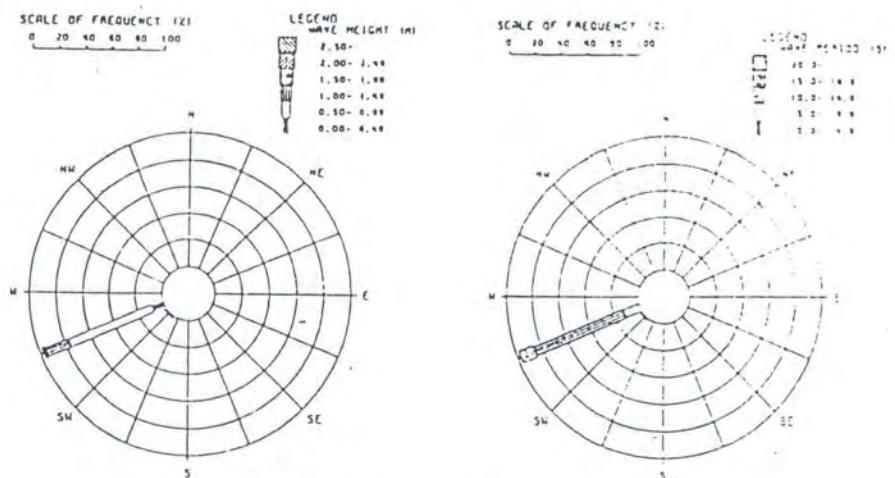
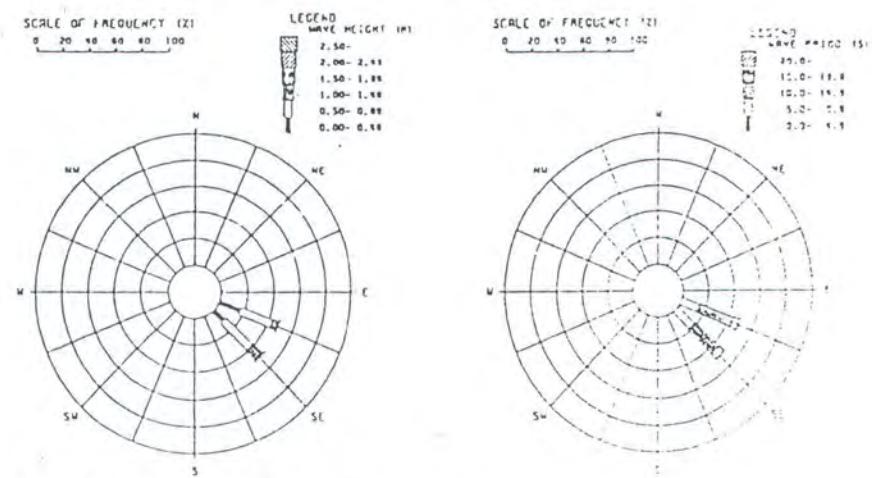


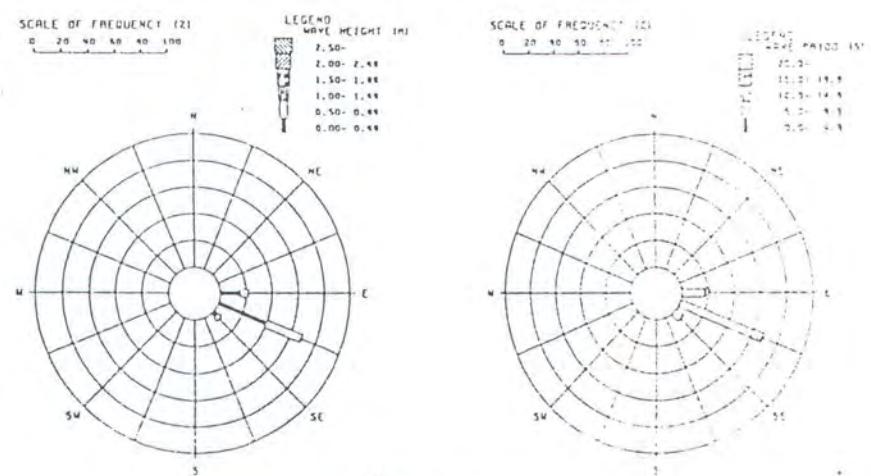
Figure 1.3 Geological Map of Southern Bali



(1) Kuta (1991 12/28 ~ 1992 6/7)



(2) Nusa Dua (1991 12/29 ~ 1992 5/4)



(3) Sanur (1991 12/29 ~ 1992 5/3)

Figure 10 Directional Distribution of Incident Wave Height and Period for Total Data

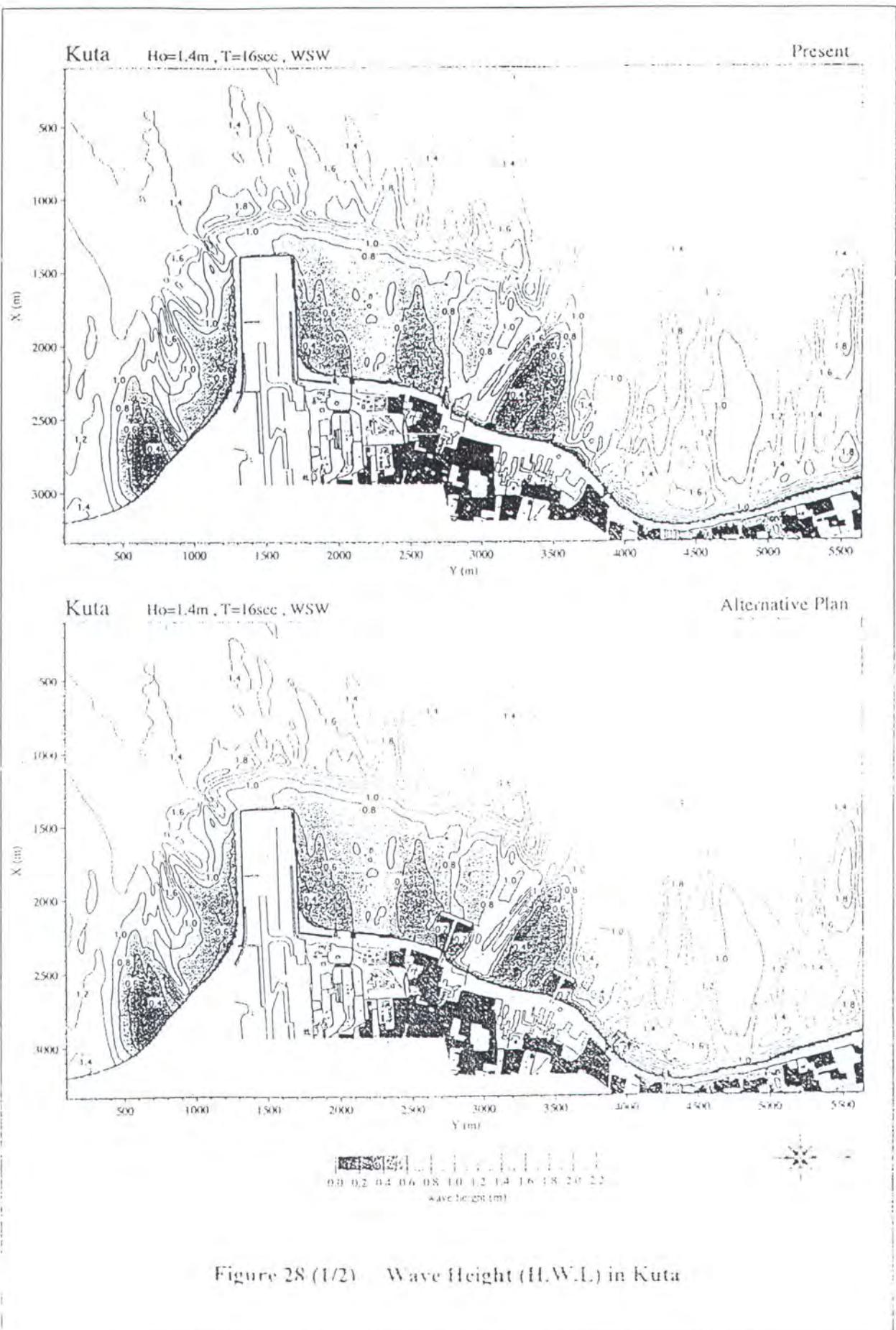


Figure 28 (1/2) Wave Height (H WL) in Kuta

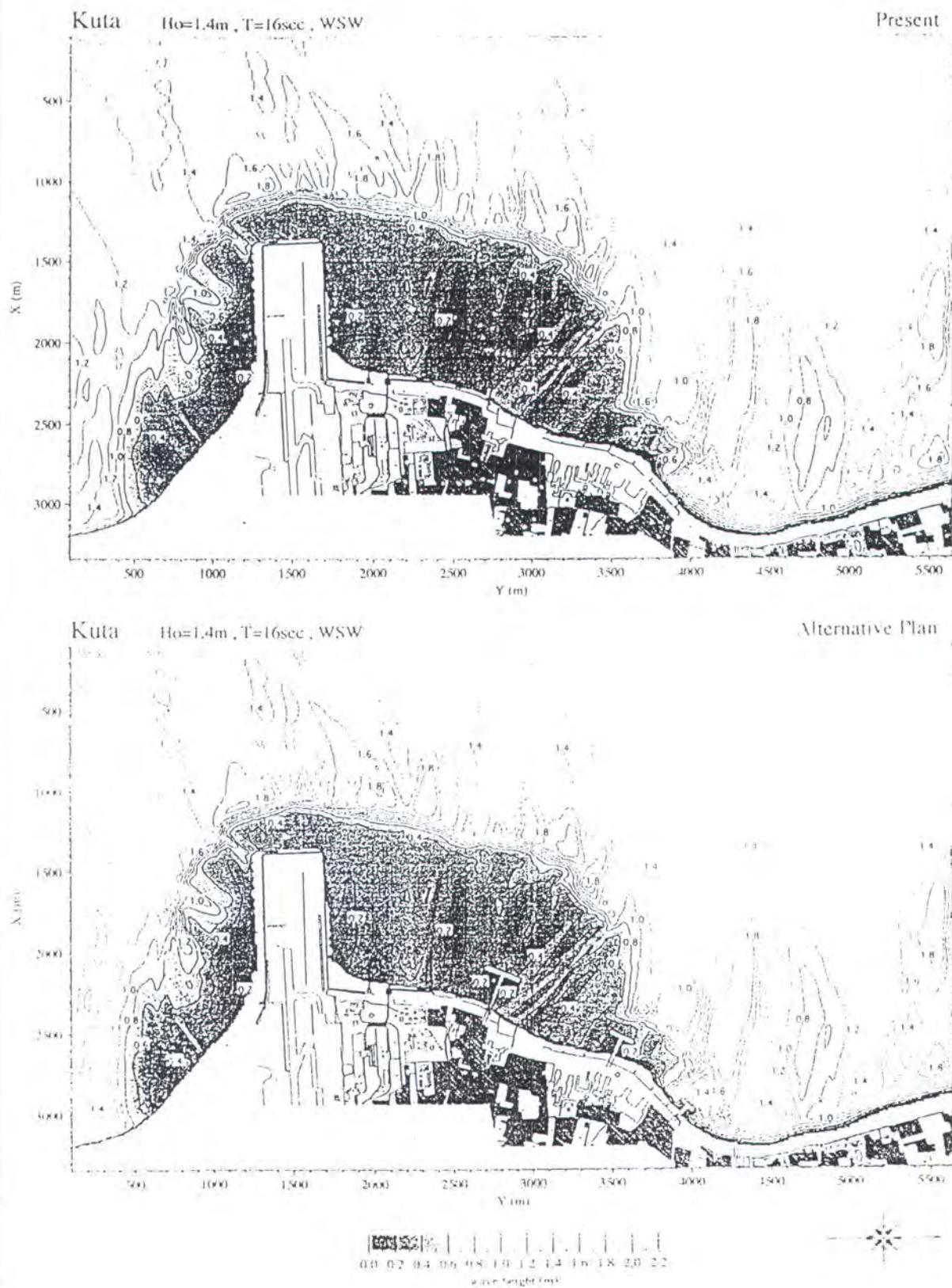
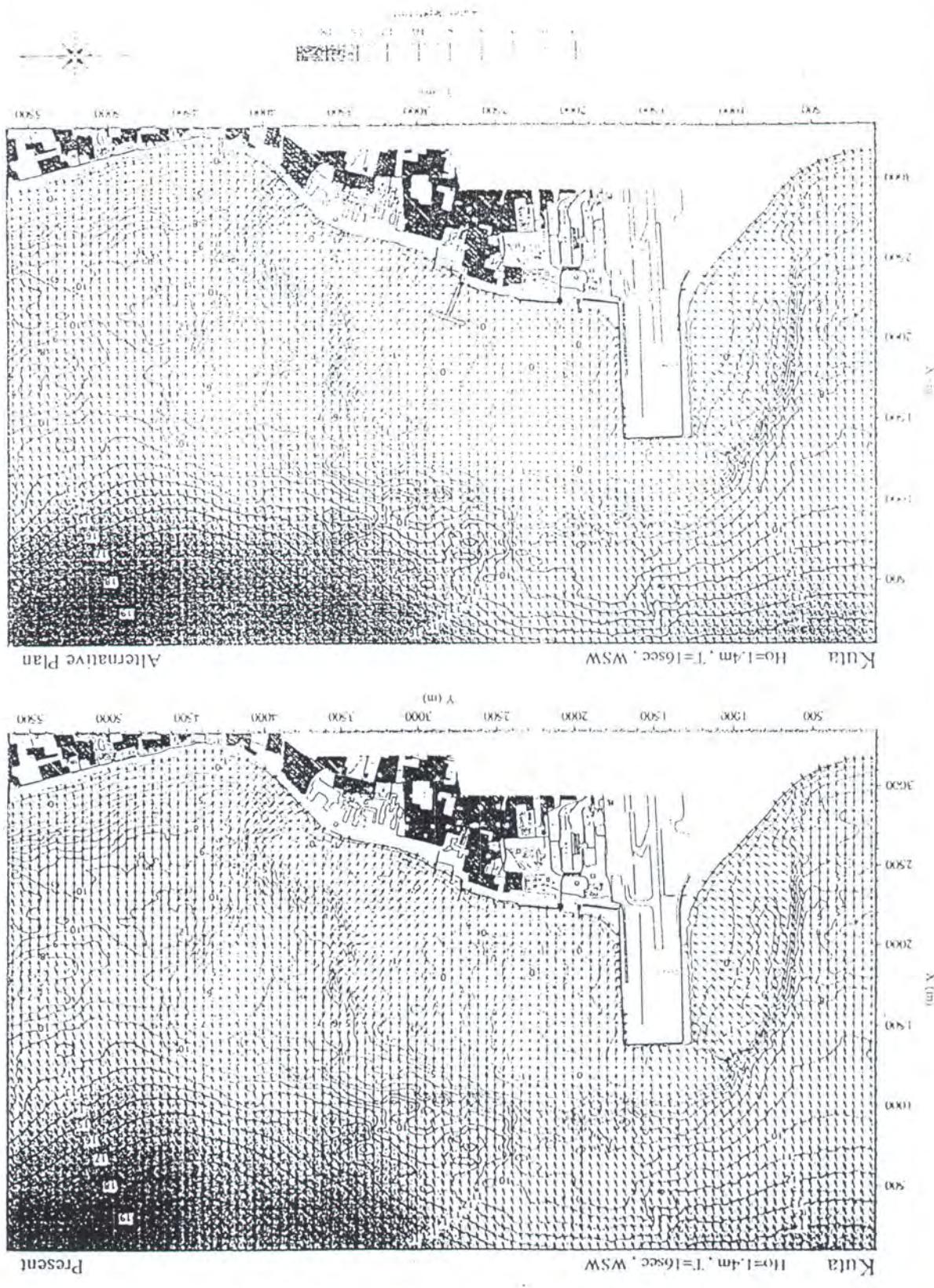


Figure 28 (2/2) Wave Height (M.W.L) in Kuta

Figure 29 (1/2) - Wave direction Hs = 1.0 m KU11



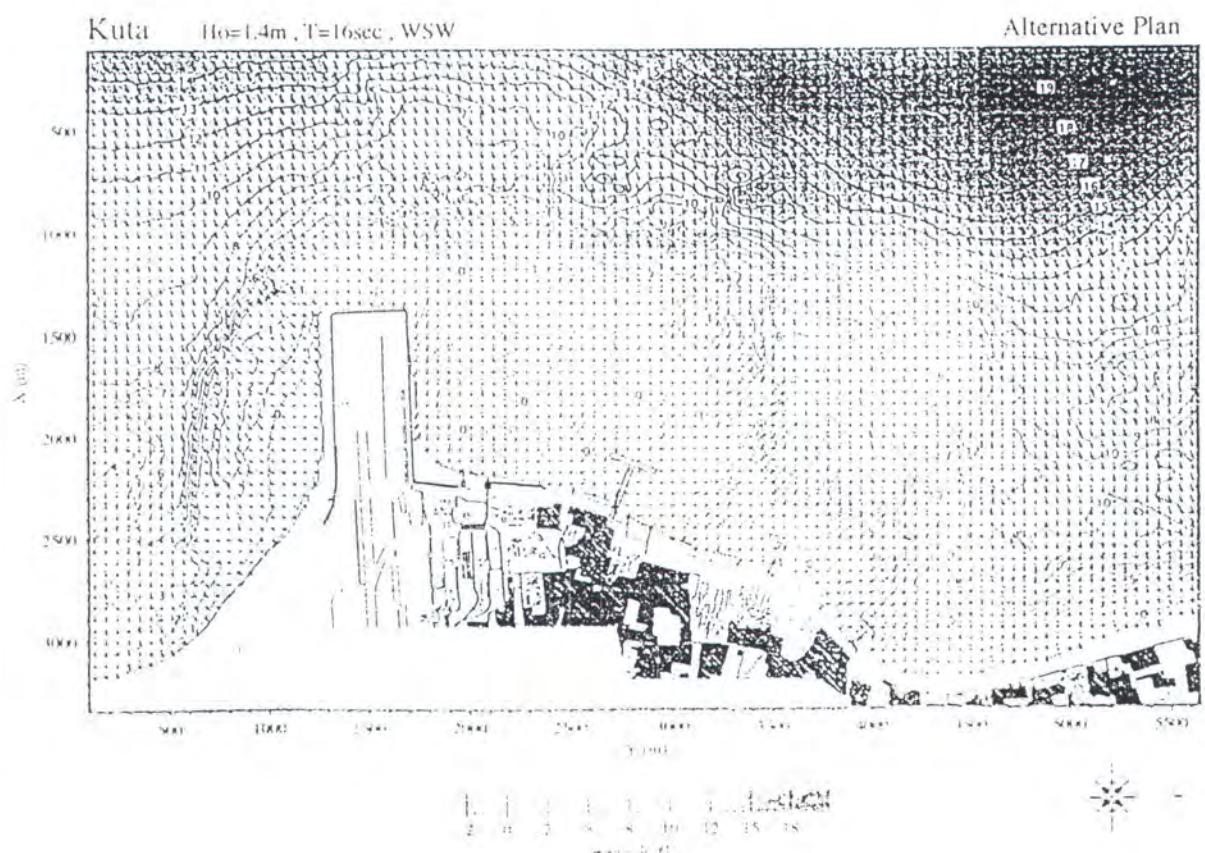
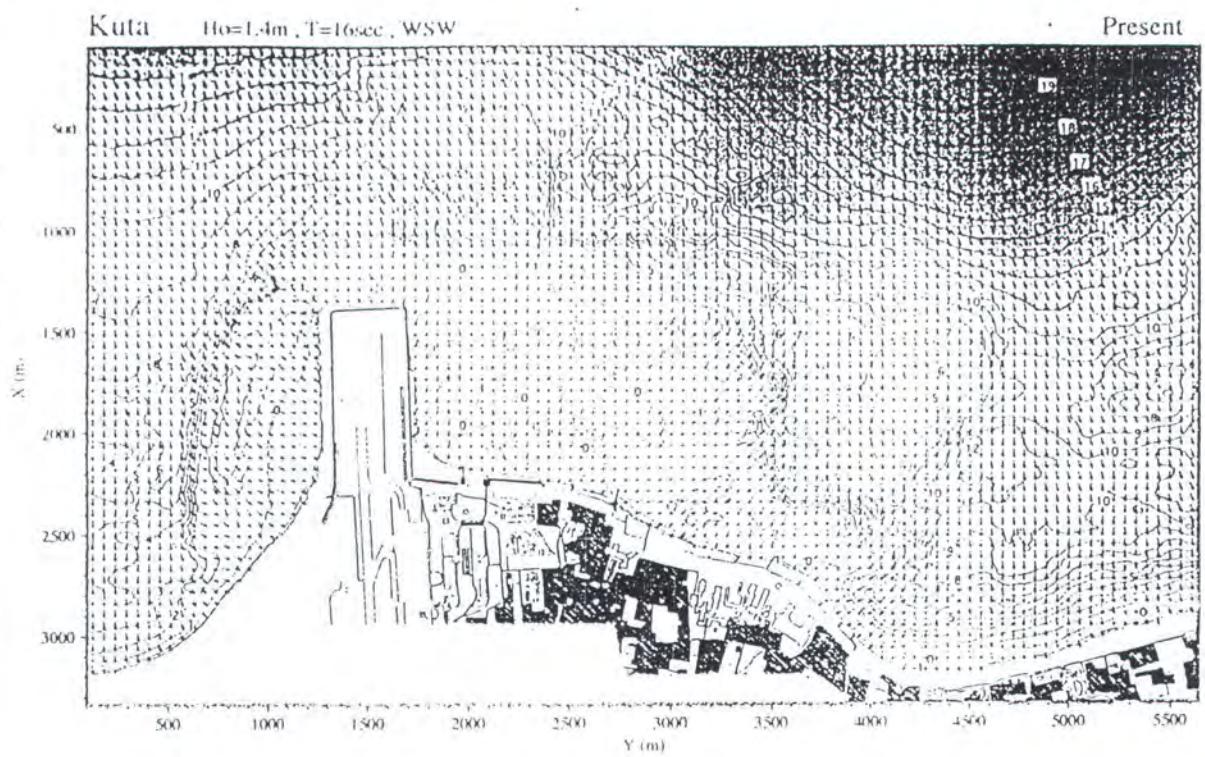


Figure 29 (2/2) Wave Direction (M.W.I.) in Kuta

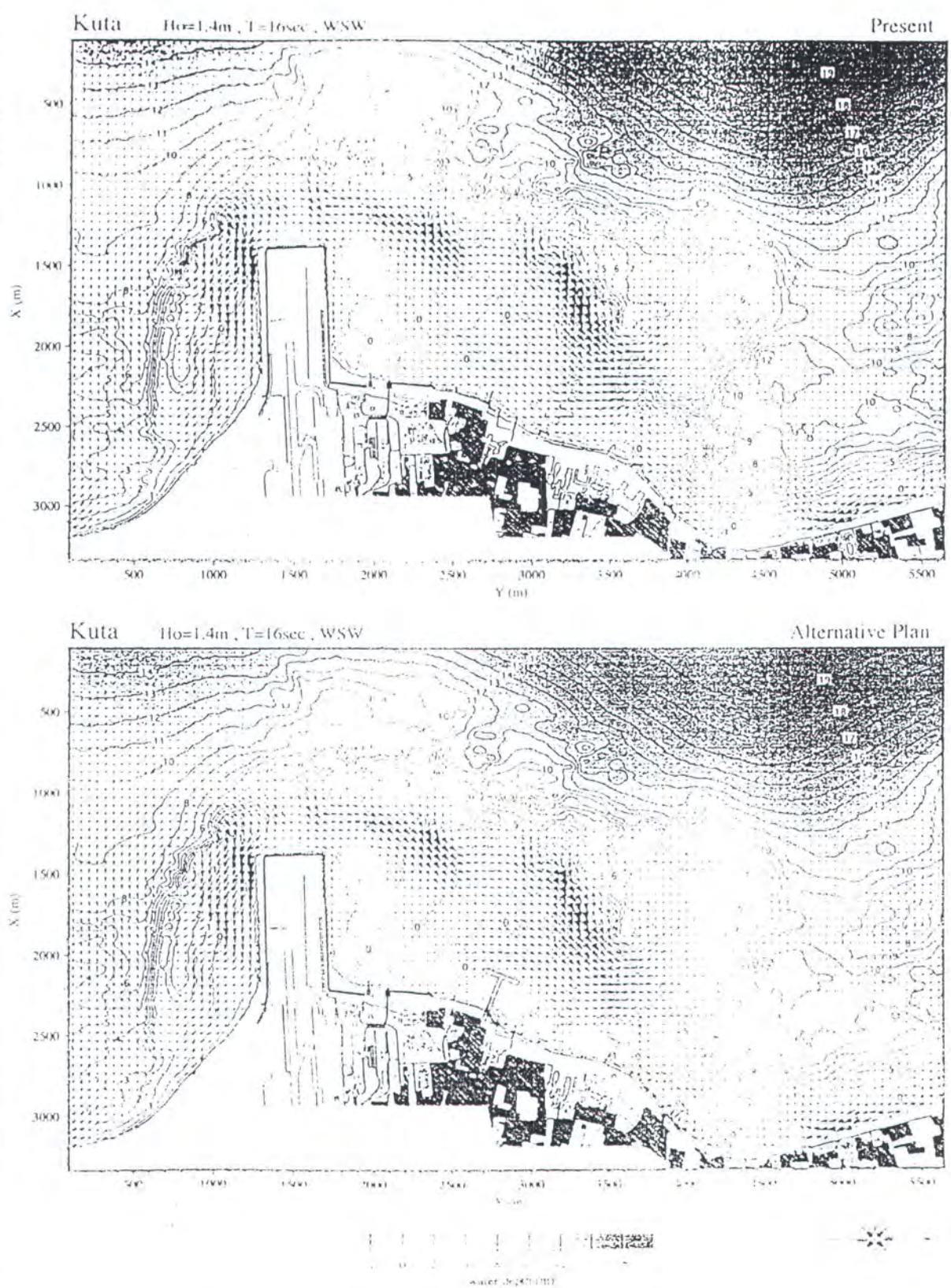
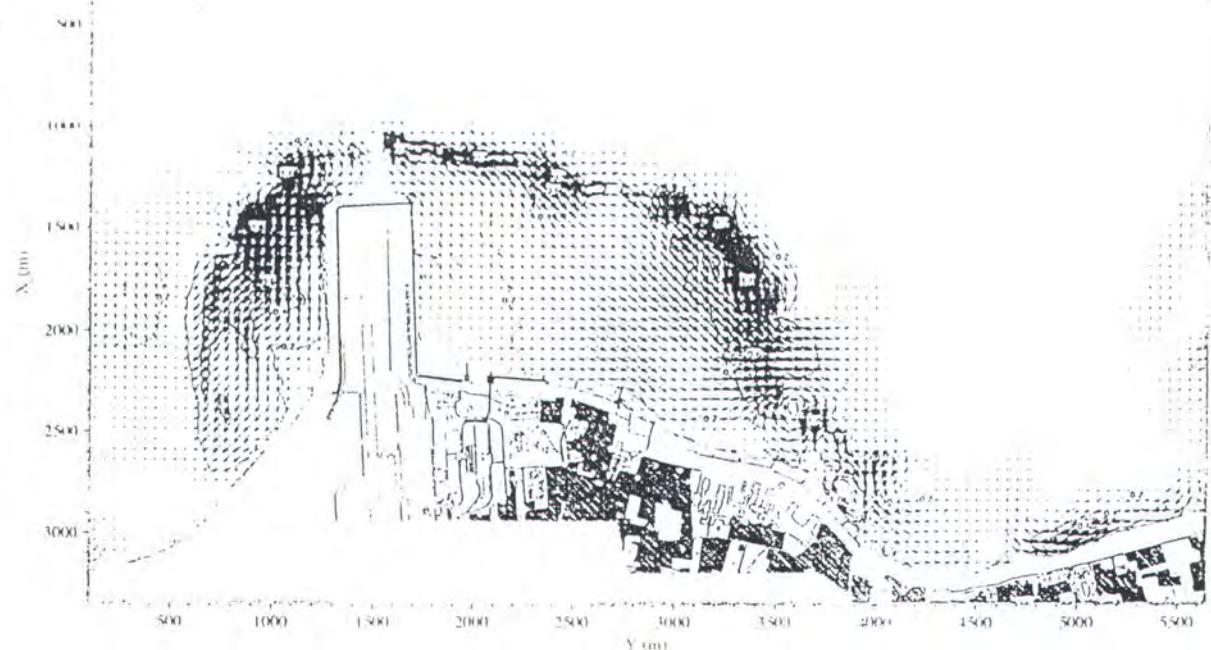


Figure 30 (1/2) Nearshore Current (HWL) in Kuta

Kuta H₀=1.3m, T=16sec, WSW

Present



Kuta H₀=1.4m, T=16sec, WSW

Alternative Plan



Figure 31 (2/2) Nearshore Current Velocity (M.W.L.) in Kuta

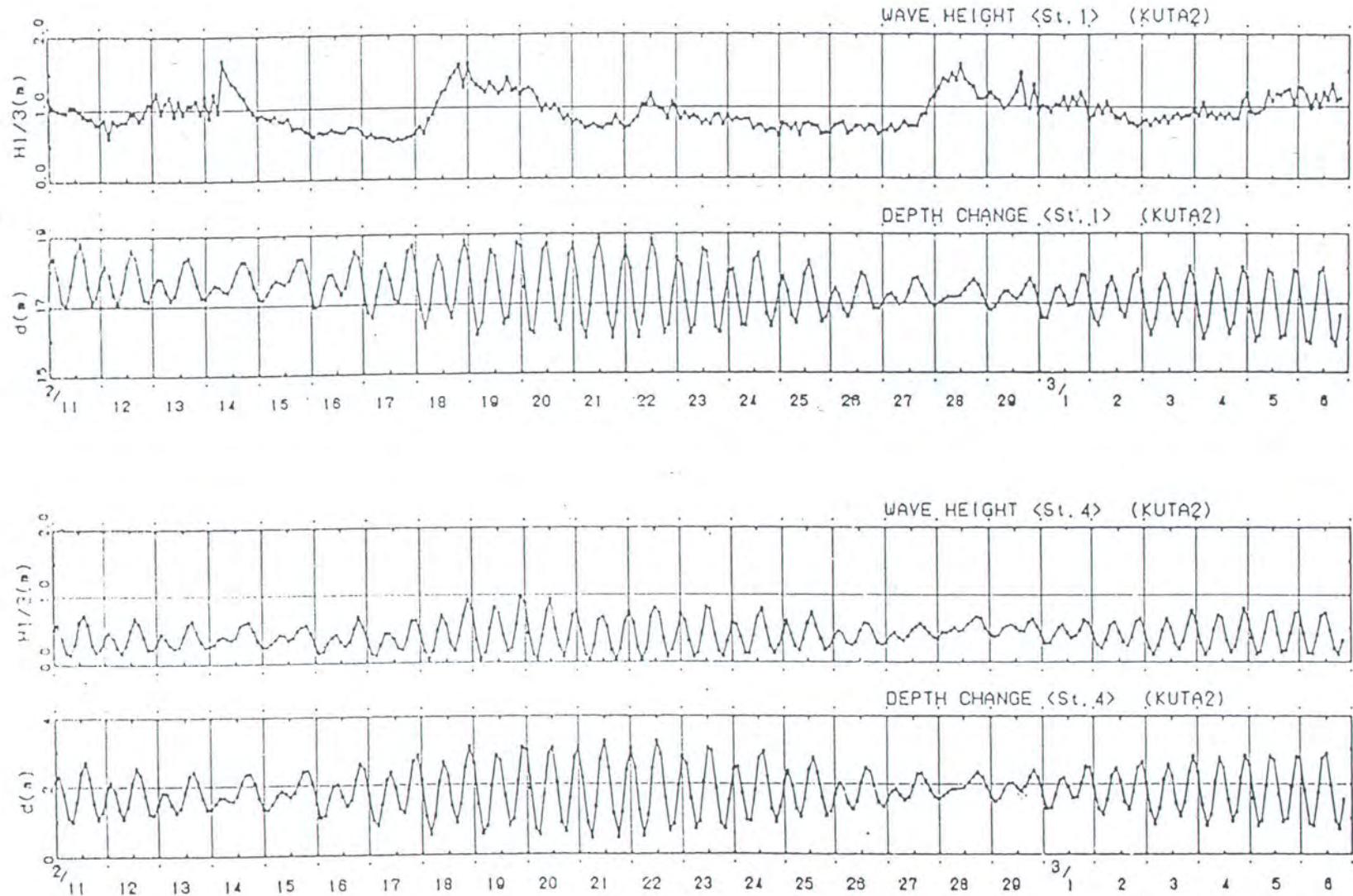


Figure 13 Time Series of Wave Height and Tidal Fluctuation at Both Outer and Inner Reef (Kuta)

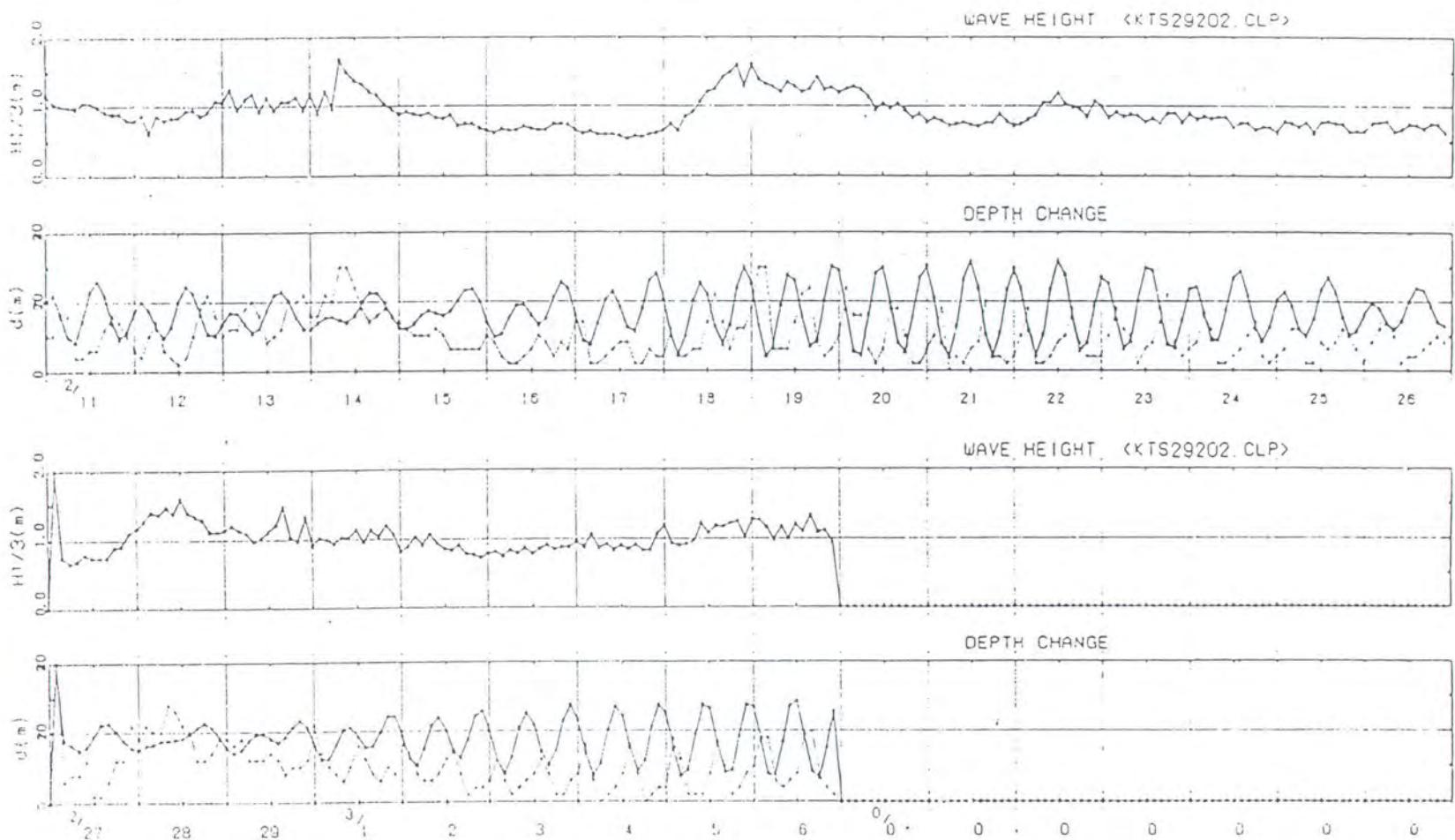


Figure 19 Time Series of the Incident Wave Height and Tide Level and Average Current Velocity in Kuta



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN**

Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111 Telp./Fax.5928105, 5994251 psw 1104-1105

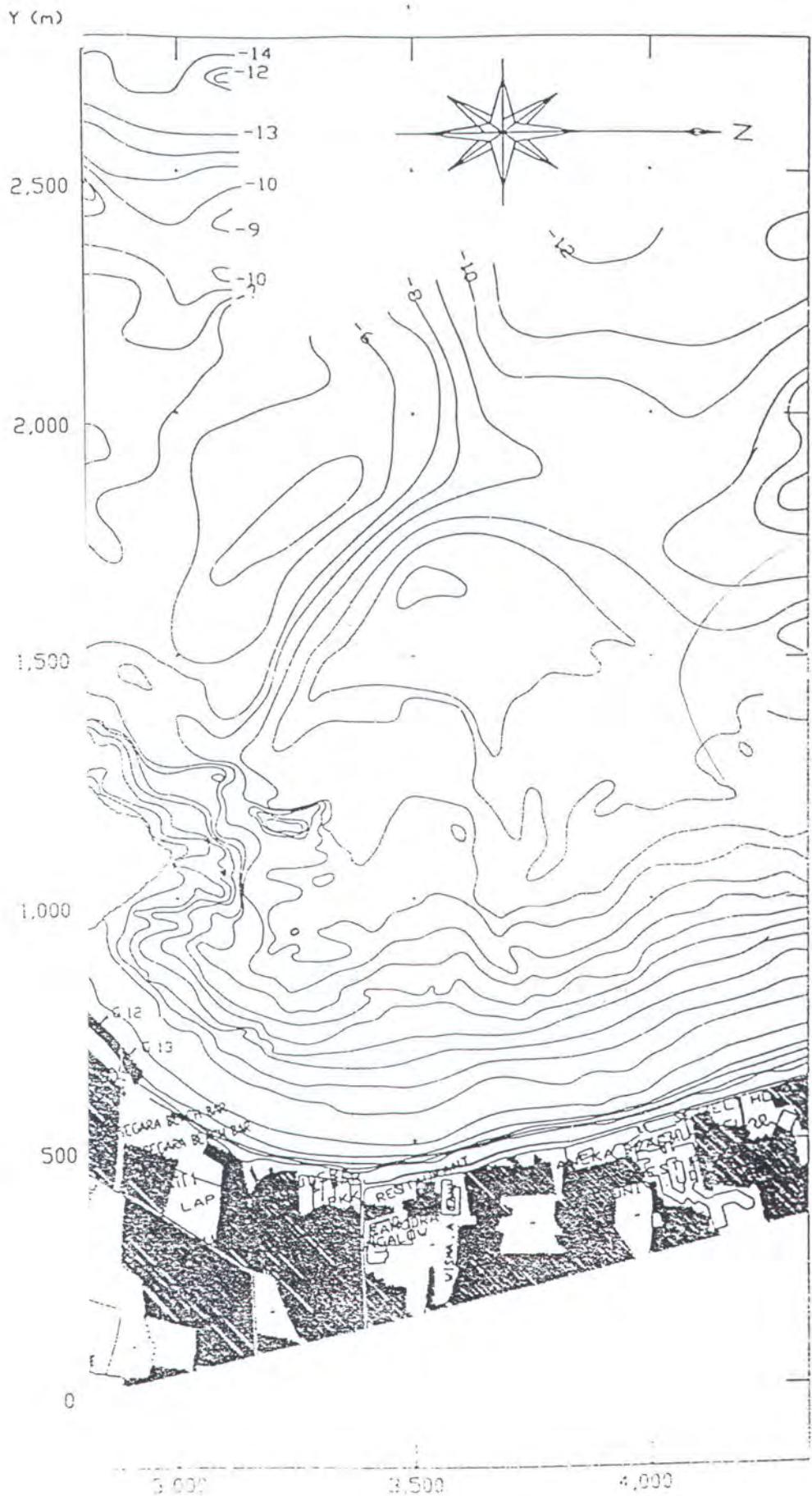
LEMBAR PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR

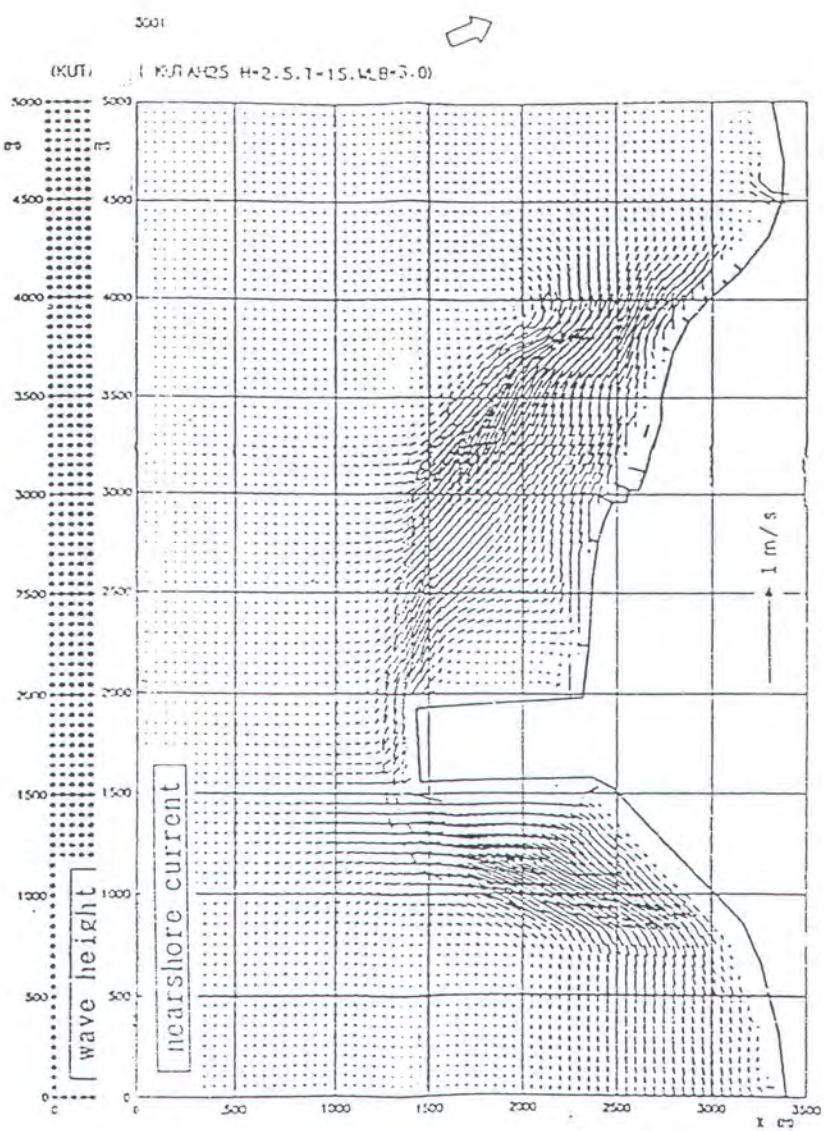
NAMA MAHASISWA : Eko Budi Cahyono
NOMOR POKOK : 4395 100 029
DOSEN PEMBIMBING I : Prof.Dr. Widi Pratikto
TUGAS DI MULAI : 20 Agustus 2000
TUGAS SELESAI : 24 Januari 2001
JUDUL TUGAS AKHIR : Analisa Teknis Kerusakan Sistem Pengaman
Pantai di Kuta Bali



NO	TANGGAL	KONSULTASI MENGENAI	TANDA TANGAN DOSEN PEMBIMBING
1	10-10-2000	Bab I, II	
2	21-10-2000	Bab III dan Revisi Bab I,II	
3	03-11-2000	Bab IV Peramalan Gelombang	
4	28-11-2000	Bab IV Tekanan Tanah Lateral	
5	05-11-2000	Bab IV Gaya Gelombang	
6	17-01-2001	Beban dan Kekuatan Dinding	
7	22-01-2001	Pembahasan dan Kesimpulan	
8	09-01-2001	Revisi	

Catatan : Lembar Presensi Konsultasi ini harus ditunjukkan pada saat ujian tugas kahir



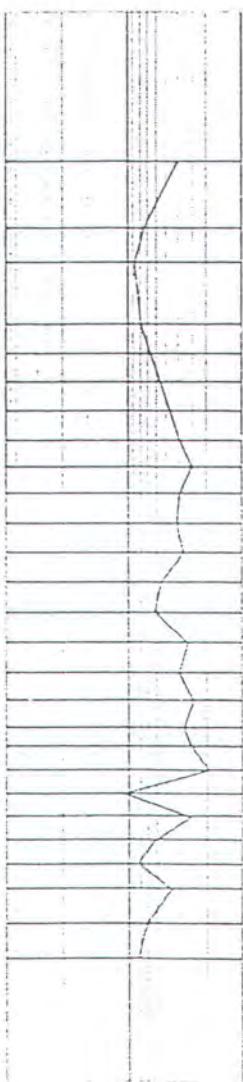
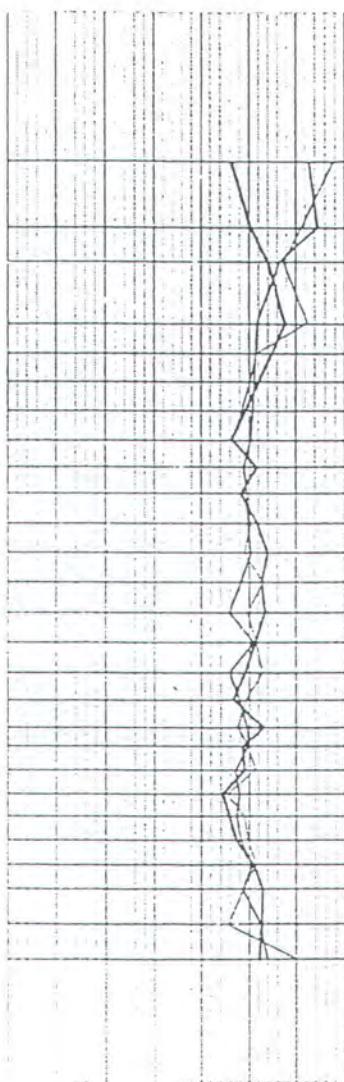
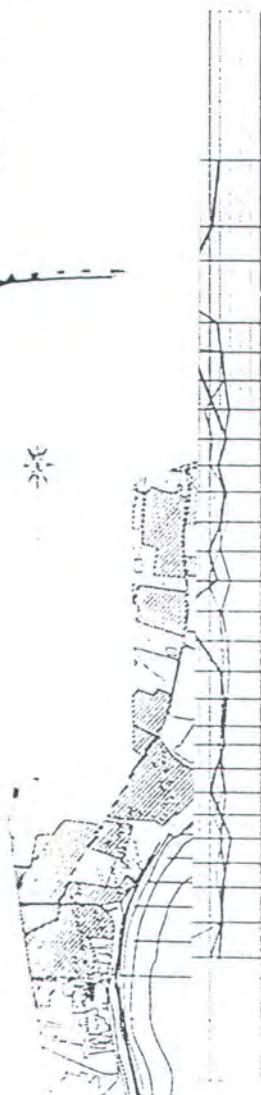


tion : Kuta (HWL)

COEF. OF CURVATURE

DISTRIBUTION OF
BEACH SLOPE

2 0 3.50 3.00 2.50 2.00 1.50 1.00 0.50 0 1.00 0.10 0.01



- A : Samples of upper area at HWL
- B : Samples of middle area at MSL
- - C : Samples of lower area at LWL

