

15.684/H/02



LAPORAN TUGAS AKHIR
KL. 1702

PERENCANAAN SUBMERGED
BREAKWATER DI TANAH LOT BALI



Rske
627.24
Har
P-1
2002

Disusun Oleh
HARIYONO

NRP :
4397 100 053

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2002

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	
Terima Dari	
No. Agenda Prp.	

**PERENCANAAN SUBMERGED
BREAKWATER DI TANAH LOT BALI**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

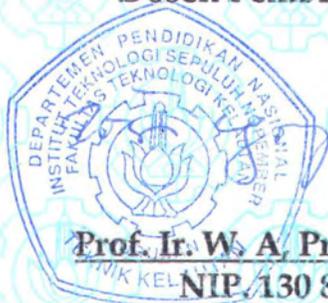
Surabaya

Surabaya, Februari 2002

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



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

Kriyo Sambodho, S.T.
NIP. 132 231 071

ABSTRAK

Tanah lot adalah merupakan tempat wisata yang terletak di Kabupaten Tabanan , Propinsi Bali. Banyak wisatawan domestik maupun mancanegara yang datang kesana untuk menikmati keindahan dan keunikannya. Tetapi sangat disayangkan bahwa akibat adanya hempasan gelombang yang datang dari samudra Indonesia, secara terus menerus tebing bebatuan tempat beradanya pura mengalami erosi, yang dikhawatirkan akan dapat merusak sumber devisa tersebut. Untuk menanggulangi terjadinya erosi pada tebing karang perlu adanya bangunan perlindungan pantai yang dapat melindungi didaerah sekitar lokasi tersebut.

Submerged breakwater adalah struktur ambang rendah dengan puncak lebar dan merupakan struktur yang sangat cocok untuk dikembangkan sebagai struktur pelindung pantai terutama pada daerah pantai yang dijadikan suatu daerah pariwisata ,seperti pada pantai Tanah Lot perlindungan di Pantai Tanah Lot sangat cocok untuk dibangun pemecah gelombang submerged breakwater selain struktur tidak muncul dipermukaan sehingga tidak akan mengurangi keindahan pantai dan struktur submerged breakwater dapat efektif mengurangi tinggi gelombang yang datang.

Perencanaan submerged brerakwater memerlukan data – data lingkungan dan analisa data lingkungan yang teliti serta data sekunder yang lain yang mendukung perencanaan. Dari hasil perencanaan yang telah dilakukan penentuan lay out breakwater dan sangat perlu guna mendapat suatu rencana yang tepat dan efektif dalam pembangunannya. Pemilihan konstruksi dan material serta alternatif beberapa desain sangat diperlukan untuk mendapatkan suatu struktur yang aman, efektif, dan ekonomis. Metode pembangunan submerged breakwater diperlukan untuk ketepatan dalam pembangunan/pemasangan konstruksi pada lokasi.

Hasil akhir dari perencanaan diperoleh dimensi – dimensi sebagai berikut : lebar puncak = 70 m, tinggi struktur = 1,83 m, panjang struktur = 180 m, pemilihan material adalah tetrapod, jumlah tetrapod yang digunakan sebagai penyusun material untuk type 16 ton = 534 buah dan type 6,3 = 1382 buah. Berdasarkan hasil perhitungan gaya gelombang dan energi gelombang yang diserap konstruksi dapat dikatakan aman terhadap pengaruh gaya gelombang dan didesain mampu menyerap energi sebesar 60 %..

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan alhamdulillah saya panjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan berkahnya sehingga penyusunan laporan Tugas Akhir ini dengan judul “Perencanaan Submerged Breakwater Di Tanah Lot Bali” dapat saya selesaikan.

Laporan Tugas Akhir ini merupakan sekilas penjelasan tentang perencanaan struktur pelindungan pantai pada pantai Tanah Lot Bali , sebagai syarat untuk menyelesaikan studi di jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, dan meraih gelar kesarjanaan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat dan dapat dipahami.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada :

- Bapak dan Ibu serta kedua kakakku yang selalu memberi dorongan moril maupun materiel dari kecil hingga saya dapat menyelesaikan pendidikan di ITS Surabaya, untuk Ibuku terima kasih banyak atas semua do’a restunya untuk saya.
- Bapak Prof. Ir. W.A Pratikto, MSc. Ph.D dan bapak Kriyo Sambodho, S.T selaku dosen pembimbing , yang telah banyak meluangkan waktu dan pikiran bagi penyelesaian Tugas Akhir ini.
- Bapak Dr. Ir Paulus Indiyono, MSc dan Bapak Dr. Ir. Wahyudi, MSc Selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Kelautan.
- Seluruh dosen dan karyawan FTK – ITS yang secara langsung maupun tidak langsung berjasa membantu penyelesaian Tugas Akhir ini.
- Teman – temanku angkatan ’97 terutama Pradin, Awing, Geong, Dien, Wiwin, Nurin, Santo, Didik, Baidi, dan semua teman – teman yang tidak dapat disebutkan satu – satu disini, terimakasih atas kekompakan kita bersama.
- Anak – anak alumni SMA 2 Pare terutama Anita terimakasih atas saran – sarannya.

- “Yeni” temanku yang selalu mendo’akanku dan memberikan keceriaan hidupku.
- Anak Kost Baskhara A-14 terutama mas Yamani, Imbong, komting, Mick, Pak Turi terimakasih atas pinjaman alat – alatnya.

Penulis sangat menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan Tugas akhir ini. Oleh sebab itu saran dan saran dan kritik dari semua pihak sangat diharapkan sebagai masukan untuk terus memperbaiki ketidak sempurnaan buku ini. akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi bangsa dan negara kita tercinta.

Surabaya, Februari 2002

Hariyono

DAFTAR ISI

Judul	I
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xi
Daftar Notasi	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penulisan	3
1.4 Manfaat Penulisan	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	
2.2.1 Teori Gelombang	6
2.2.1.1 Definisi Gelombang	8
2.2.1.2 Karakteristik Gelombang	9

2.2.1.3	Deformasi Gelombang	11
2.2.1.4	Referensi Gelombang	11
2.2.1.5	Defraksi Gelombang	13
2.2.1.6	Refraksi Gelombang	14
2.2.2	Pengertian Bangunan Pelindung Pantai	16
2.2.3	Pemecah Gelombang Ambang Rendah	19
2.2.4	Penentuan Aksi Gelombang Pada Kedalaman Air Rencana lokasi Submerged Breakwater	20
2.2.5	Penentuan Jenis Aksi Gelombang	21
2.2.6	Perencanaan Submerged Breakwater	
2.2.6.1	Lebar Puncak	22
2.2.6.2	Penentuan Tinggi Struktur	23
2.2.6.3	Perhitungan Armor Unit	23
2.2.6.4	Pemilihan Konstruksi	2.4
2.2.7	Energi dan Tenaga Gelombang	25
2.2.8	Kehilangan Energi	26
2.2.9	Gaya Gelombang Pada Unit Lapis Lindung	29
2.2.10	Metode Konstruksi	34
BAB III METODOLOGI		
3.1	Diagram Alir	36
3.2	Penjelasan	
3.3.1	Strudi Literatur	37
3.3.2	Pengumpulan Data dan Analisa Lingkungan	38

3.3.3	Perencanaan Breakwater	38
3.3.4	Perencanaan Submerged Breakwater	39
3.3.5	Perhitungan Energi dan Gaya Gelombang	39
3.3.6	Metode Pembangunan Submerged Breakwater	40
3.3.7	Kesimpulan	40
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		
4.1	Kondisi Umum	
4.1.1	Analisa Topografi	41
4.1.2	Analisa Kondisi Lingkungan Tanah Lot	43
4.1.2.1	kondisi Pasang Surut	45
4.1.2.2	Analisa Data Arus	48
4.1.2.3	Analisa Kondisi Angin dan Gelombang	49
4.1.3	Kondisi Bathimetry	53
4.2	Perencanaan Konstruksi Bangunan Pelindung Pantai	
4.2.1	Pemilihan Jenis Konstruksi Submerged Breakwater	56
4.2.2	Pengumpulan data Perencanaan	59
4.2.3	Perencanaan Submerged Breakwater	61
4.2.3.1	Lebar Puncak Submerged Breakwater	61
4.2.3.2	Perhitungan Tinggi Struktur	65
4.2.3.3	Panjang Submerged Breakwater	67
4.2.4	Pemilihan Material	68
4.2.4.1	Pemilihan Armor Unit	73
4.2.4.2	Perbandingan Material Submerged Breakwater	74

4.2.5	Perhitungan jumlah Butiran Tetrapod Penyusun Submerged Breakwater	83
4.2.6	Energi dan Tenaga Gelombang	86
4.2.7	Kehilangan Energi Gelombang	87
4.2.8	Gaya Gelombang	90
4.3	Metode Konstruksi Pembangunan Submerged Breakwater Di Tanah Lot	
4.3.1	Umum	92
4.3.2	Rencana Lokasi	93
4.3.3	Pembangunan Jalan Akses Sementara Dari Jalan Utama	95
4.3.4	Pengecoran Tetrapod	97
4.3.5	Pembangunan Submerged Breakwater di Tanah Lot	98
4.4	Pembahasan dan Diskusi	101
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	104
5.2	Saran	106
Daftar Pustaka		
Lampiran		

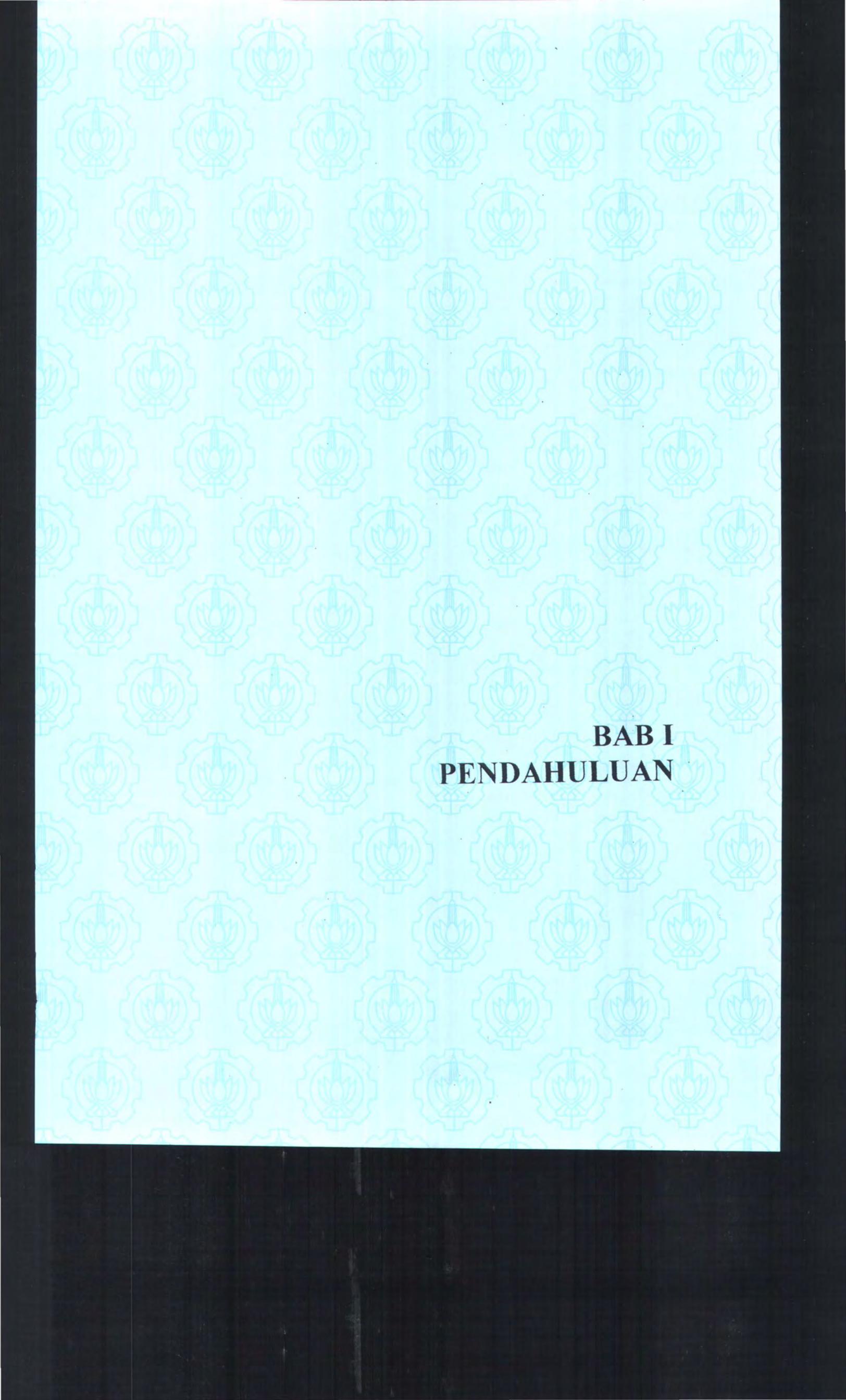
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lokasi Bali Diantara Kepulauan Indonesia	5
Gambar 2.1	Profil Gelombang	8
Gambar 2.2	Defraksi Gelombang	14
Gambar 2.3	Refraksi Gelombang Pada Kontur Lurus Sejajar	15
Gambar 2.4	Model Struktur Submerged Breakwater	20
Gambar 3.1	Diagram alir Kegiatan Penulisan dan penelitian Laporan	36
Gambar 4.1	Peta Geologi	44
Gambar 4.2	Tipe Pasang Surut	46
Gambar 4.3	Wave Rose At South Of Bali Island	52
Gambar 4.4	Peta Bathymetri	55
Gambar 4.5	Desain Parametr Submerged Breakwater	65
Gambar 4.6	Dimensi Submerged Break water	68
Gambar 4.7	Cross Section Pada Kasus I	78
Gambar 4.8	Cross Section Pada Kasus II	79
Gambar 4.9	Cross Section Pada Kasus III	81
Gambar 4.10	Cross Section Pada Kasus IV	82
Gambar 4.11	Rencana Modifikasi Submerged Breakwater Kasus IV	83
Gambar 4.12	Jalan Pintas Struktur Baja	100

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Koefisien Refraksi	12
Tabel 4.1	Komponen Pasang Surut	47
Tabel 4.2	Prosentasi Kejadian Tinggi Gelombang	51
Tabel 4.3	Periode Ulang Dari Tinggi Gelombang	59
Tabel 4.4	Penentuan Lebar Puncak Dari Koefisien Transmisi dari Lebar Puncak Yang Diasumsikan	64
Tabel 4.5	Koefisien Damage Batu	70
Tabel 4.6	Koefisien Damage Kubus	70
Tabel 4.7	Koefisien Damage Dari Aknom	71
Tabel 4.8	Koefisien Damage Dari Tetrapod	71
Tabel 4.9	Perhitungan Armor Unit Pada Kondisi LWL 1,3 m	72
Tabel 4.10	Perhitungan Armor Unit Pada Kondisi HWL 5,4 m	72





BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah lot merupakan tempat yang dikenal di dunia pariwisata akan pemandangan alamnya yang indah dan unik mampu mengikat jutaan wisatawan domestik maupun mancanegara untuk dijadikan daerah tujuan wisatanya. Dipantai ini terdapat pura yang sangat unik, yang terletak diatas bebatuan karang yang menyerupai sebuah pulau kecil dengan panjang kurang lebih 30 meter.

Keberadaan pura tersebut disamping fungsi utamanya sebagai tempat ibadah bagi umat hindu, juga merupakan aset wisata dan budaya yang tak ternilai bagi bangsa indonesia. Banyak wisatawan yang datang dari berbagai tempat dan negara betah berjam-jam menikmati keindahan pantai serta keunikan dari pura tersebut.

Karang tempat beradanya pura yang menyerupai pulau kecil tersebut terpisah dari garis pantai pada saat pasang dan pada saat air laut surut bebetuan pura itu terhubung dengan garis pantai oleh bebatuan karang. Hal ini memungkinkan para pengunjung berjalan kaki diatas bebatuan karang menuju pura pada hari – hari besar bagi umat hindu, berduyun-duyun para pemeluknya berdatangan ketempat suci itu untuk melaksanakan persembayangan, dan ini merupakan suatu kejadian yang banyak disenangi oleh para wisatawan asing

maupun domestik. Ini merupakan perbandingan keanekaragaman budaya bangsa Indonesia dengan keindahan alamnya.

Dari kegiatan pariwisata tersebut, masyarakat disekitarnya mampu meningkatkan taraf kehidupannya, disamping itu kegiatan pariwisata ini juga meningkatkan pendapatan bagi pemerintah daerah setempat untuk menghadapi otonomi daerah yang segera dilaksanakan.

Dari tahun ke tahun, tebing bebatuan dimana pura tersebut berada mengalami pengikisan /erosi secara terus menerus yang diakibatkan oleh hantaman gelombang yang datang dari Samudra Indonesia. Proses erosi bebatuan karang yang terjadi secara kontiyu telah menyebabkan kemunduran tebing bebatuan pura. Akibatnya, luas areal bebatuan pura semakin menyempit. mengingat momen tersebut sangat tepat untuk melakukan pelindung terhadap pantai (*coastal protection work*).

Mengingat kenyataan tersebut, pemerintah dan masyarakat yang berkepentingan terhadap aset wisata dan budaya tersebut mengkuwatirkan keberadaanya bukan mustahil jika kejadian ini dan tidak menanggulangi secara dini, maka keberadaan pura dan aset devisa dari sektor pariwisata ini akan musnah dikikis gelombang.

Submerged breakwater (pemecah gelombang ambang rendah) merupakan salah satu struktur yang sangat cocok untuk melindungi daerah sekitar pura, sehingga diperlukan perencanaan yang baik agar bangunan itu bisa efektif dalam meredam energi gelombang dan tidak mengurangi keindahan pantai. Pemecah gelombang ini berfungsi sebagai sebagai tepis terhadap gelombang terjal yang

mempunyai sifat mengerus pantai dan meneruskan gelombang yang landai yang mempunyai sifat membangun pantai. Selain meredam gelombang, refleksi dari pemecah gelombang bawah air sangat kecil dibanding pemecah gelombang menonjol, sehingga mengurangi pengerusan yang biasa terjadi pada kaki pemecah gelombang (Baba, 1986). Keefektifan pembangunan submerged breakwater perlu diperhatikan terutama pada pengerjaan pelaksanaan pembangunan konstruksi, sehingga perlu pengkajian metode pelaksanaan pemindahan material ke lokasi pembangunan *submerged breakwater*. Untuk proyek yang besar seperti pembangunan *submerged breakwater* diperlukan teknik dan metode yang efisiensi dan sistematis.

1.2 Perumusan Masalah

Submerged breakwater adalah pemecah gelombang yang terendam di air maka diperlukan suatu konstruksi dan metode pembangunan yang tepat. Adapun yang akan dikaji dan diteliti dalam pekerjaan pembangunan *submerged breakwater* di Tanah Lot Bali adalah :

1. Perencanaan yang menyangkut hasil survey dilapangan, analisa data, dan perencanaan pembangunan *submerged breakwater*.
2. Proses pembangunan *submerged breakwater*

1.3 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan makalah tugas akhir ini adalah :

1. Merancang /desain konstruksi *submerged breakwater* dari analisa data hasil survey/pengukuran dilokasi studi.
2. Mengetahui metode pelaksanaan pekerjaan pembangunan *submerged breakwater*

1.4 Manfaat Penulisan

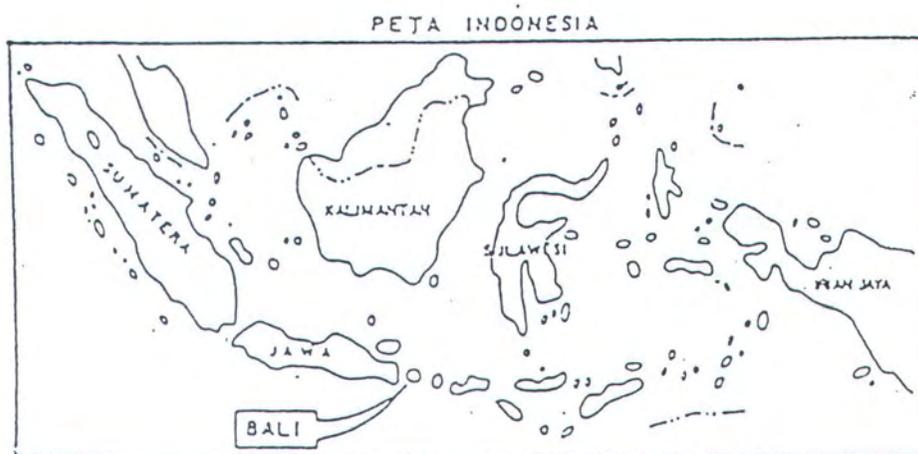
Manfaat yang diharapkan yaitu memberi gambaran rancangan/ hasil desain *submerged breakwater* yang aman dan ekonomis dari beberapa alternatif desain dan mengenalkan *submerged breakwater* untuk dijadikan salah satu alternatif struktur pelindung pantai di Indonesia serta mengetahui metode pemasangan konstruksi pelindung pantai *submerged breakwater* dengan lapis lindung tetrapod yang bermanfaat bagi Dinas Pekerjaan Umum Daerah Tingkat I Bali.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Daerah studi adalah di Tanah Lot
2. Perencanaan *submerged breakwater* meliputi perencanaan struktur/model bangunan konstruksi pemecah ombak rubble mound.
3. Perhitungan stabilitas *submerged breakwater* harus diperhatikan.

4. Tidak dilakukan analisa settlement, karena dasar laut dipantai Tanah Lot merupakan gugus karang yang keras sampai jarak yang sangat jauh dari garis pantai.
5. Casting tetrapod tidak dibahas.
6. Analisa ekonomi tidak di bahas.



Gambar 1.1. Peta Lokasi Pulau Bali Di Antara Kepulauan Indonesia



BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Secara alamiah sebenarnya pantai telah memiliki mekanisme perlindungannya sendiri, yaitu berupa kemiringan pantai dan bukit – bukit pasir yang terdapat di sepanjang pantai (CERC, 1984). Gelombang yang sampai di pantai akan memecah energinya dan menimbulkan gaya – gaya yang berkerja pada bangunan pantai. Selain itu gelombang yang menuju pantai akan menimbulkan arus sejajar pantai dan membentuk sudut terhadap garis pantai akan menimbulkan arus sejajar pantai yang menyebabkan erosi, khususnya didaerah surf zone (Triatmojo,1988). Pemecah gelombang ambang rendah dengan mercu (*crest*) berada di sekitar SWL (*still water level*) dibawah air,bangunan ini selalu mengalami limpasan air (*overtopping*).

Letak pantai Tanah Lot yang letaknya menghadap langsung berhadapan langsung dengan laut selatan, dimana mempunyai gelombang – geombang yang besar yang berasal dari laut dalam sangat efektif untuk dibangun *submarged breakwater*. *Submarged breakwater* dapat digunakan untuk memecah gelombang – gelombang tinggi (Van der Meer,1994). *Submerged breakwater* (pemecah gelombang ambang rendah) merupakan salah satu struktur yang sangat cocok untuk melindungi daerah sekitar pura, sehingga diperlukan perencanaan yang baik agar bangunan itu bisa efektif dalam meredam energi gelombang dan tidak mengurangi keindahan pantai. Pemecah gelombang ini berfungsi sebagai sebagai tepis terhadap gelombang terjal yang mempunyai sifat mengerus pantai dan meneruskan

gelombang yang landai yang mempunyai sifat membangun pantai. Selain meredam gelombang, refleksi dari pemecah gelombang bawah air sangat kecil dibanding pemecah gelombang menonjol, sehingga mengurangi pengrusakan yang biasa terjadi pada kaki pemecah gelombang (Baba, 1986). Pemakaian tetrapod sebagai lapis lindung bangunan *submerged breakwater* yang mempunyai kekuatan saling kunci antar tetrapod yang jauh lebih besar dibanding batu pecah yang angka stabilitasnya 4 kali lebih besar sehingga banyak digunakan (CERC, 1984).

Didalam membangun breakwater biasanya dilakukan sesuai kemampuan kontraktor/pelaksana setempat tanpa merubah perencanaan yang ada.

Didalam membangun breakwater biasanya dilakukan sesuai kemampuan kontraktor/pelaksana setempat tanpa merubah hasil perencanaan yang ada. Untuk melaksanakan pembangunan *submerged breakwater* yang merupakan salah satu konstruksi rubble mound breakwater dapat diberikan alternatif metode pelaksanaan antara lain (Nuryuwono, 1993):

1. Menggunakan Alat Terapung

Material breakwater dibawa kelokasi yang direncanakan dengan menggunakan alat yang terapung diatas air. Material untuk lapisan ini (core) bisa digunakan Barge, sedangangkan lapisan utama bisa memakai crane.

2. Mempergunakan bangunan tetap

breakwater dibangun dengan memakai bangunan tetap baik yang sudah ada atau sengaja dibuat untuk hal tersebut biasanya berupa jembatan diatas pondasi tiang. Namun sering pula pembangunan dilakukan dari bangunan breakwater yang sudah jadi (jika berdekatan letaknya).

3. Menggunakan Helikopter.

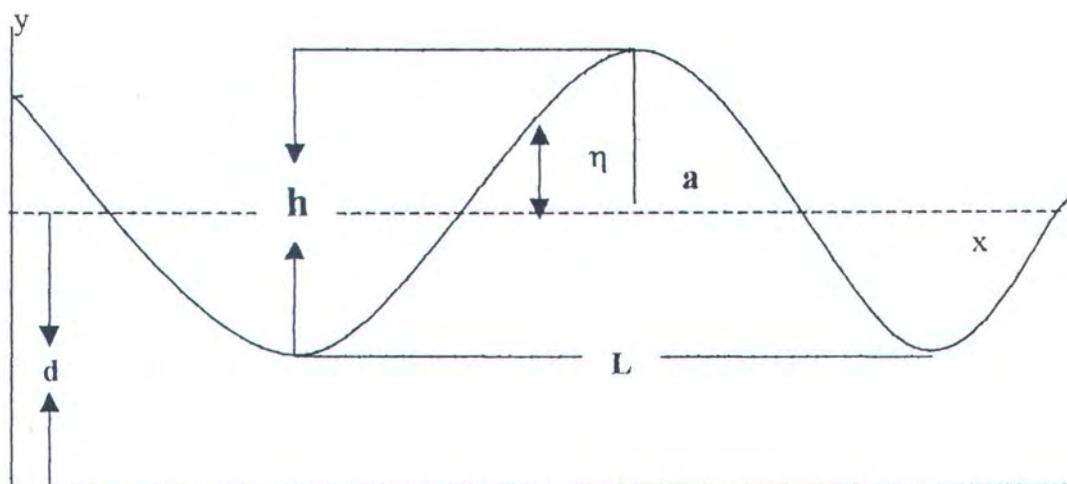
Apabila medannya sangat sulit atau batuan yang dipakai sangat besar maka penggunaan helikopter bisa dipergunakan. Dimana batuan bisa diangkat oleh helikopter dan ditempatkan/dijatuhkan pada lokasi breakwater yang akan dibangun.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 Teori Gelombang

2.2.1.1 Definisi Gelombang

Pada gambar dibawah ini menunjukkan suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat x, y dan arah penjalaran gelombang adalah sb. x



Gambar 2.1 Profil Gelombang

d = Jarak antara muka air rerata dan dasar laut

$\eta(n,t)$ = Fluktuasi muka air rerata dan dasar laut

a = Amplitudo

h = Tinggi gelombang

Teori gelombang yang paling sederhana dan dasar adalah teori gelombang amplitudo kecil atau teori gelombang linier. Anggapan yang digunakan untuk menurunkan persamaan gelombang linear adalah sebagai berikut:

- ↳ Zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan, sehingga rapat massa adalah konstan.
- ↳ Tegangan permukaan diabaikan.
- ↳ Gaya Coriolis diabaikan.
- ↳ Tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan.
- ↳ Zat cair adalah ideal sehingga berlaku aliran tak berotasi.
- ↳ Dasar laut adalah horisontal, tetap dan impermiabel sehingga kecepatan di dasar laut adalah 0.
- ↳ Amplitudo gelombang kecil terhadap panjang gelombang dan kedalaman air.
- ↳ Gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penjaran gelombang sehingga gelombang adalah 2 dimensi.

Bila g adalah percepatan gravitasi maka akan didapatkan hubungan-hubungan sebagai berikut:

$$\text{Waktu (T)} = \sqrt{\frac{2\pi L}{g}} \text{ atau } T^2 = \frac{2\pi L}{g} \quad (2.1)$$

$$\text{Panjang Gelombang (L)} = \frac{T^2 g}{2\pi} \quad (2.2)$$

$$\text{Kec. Gelombang (v)} = \frac{L}{T} \quad (2.3)$$

$$\text{Frekwensi (f)} = \frac{1}{T} \quad (2.4)$$



dimana L = Panjang gelombang

a = Amplitudo gelombang

2.2.1.3 Deformasi Gelombang

Dalam perencanaan Struktur pelindung pantai pengetahuan akan deformasi gelombang sangat dibutuhkan karena faktor-faktor tersebut akan sangat mempengaruhi dalam pembuatan desain atau layout struktur pelindung pantai sehingga fungsi dari struktur pelindung pantai menjadi efektif untuk meredam energi gelombang yang datang dari laut lepas.

2.2.1.4 Refleksi Gelombang

Gelombang datang yang mengenai suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang ini sangat penting dalam perencanaan palabuhan. Ada dua dimensi dalam pemantulan gelombang yaitu pemantulan dari puncak gelombang dan tinggi gelombang yang dihasilkan setelah mengenai suatu rintangan dengan suatu pertimbangan pendekatan tingkat kemiringan bangunan. Arah perambatan dari gelombang yang dipantulkan tergantung dari sudut timbulnya gelombang semula. Apabila sudut yang timbul tegak lurus dengan penghalang, gelombang yang dipantulkan bergerak dalam arah yang tepat berlawanan dari gelombang semula. Tingkat pantulan diukur dengan suatu koefisien pemantulan yang dirumuskan sebagai suatu perbandingan dari amplitudo gelombang yang dipantulkan dengan gelombang yang timbul. Koefisien dari pemantulan gelombang tergantung dari permeabilitas dinding, ketinggian dan juga pengisapan energi dari kapasitas perpindahan.

Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang datang (H_i).

$$X = \frac{H_r}{H_i} \quad (2.5)$$

Tabel 2.1 Tabel Koefisien Refleksi

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas air	0.7 - 0.8
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0.5 - 0.7
Tumpukan batu sisi miring	0.3 - 0.6
Tumpukan blok beton	0.3 - 0.5
Bangunan vertikal dengan peredam energi	0.5 - 0.2

Dalam hal pemantulan tegak lurus sempurna koefisien pemantulan adalah 1 dan gelombang yang dipantulkan mempunyai amplitudo yang sama (a) sebagai gelombang yang timbul. Menurut teori gelombang amplitudo kecil, gelombang yang dipantulkan dan gelombang yang timbul mempunyai frekwensi yang sama, hal ini mengakibatkan panjang gelombang tersebut juga akan sama.

Menurut small wave theory fluktuasi muka air gelombang datang adalah:

$$\eta_i = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) \quad (2.6)$$

dan gelombang refleksi

$$\eta_r = X \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma) \quad (2.7)$$

Profil muka air di depan bangunan diberikan oleh jumlah η_i dan η_r :

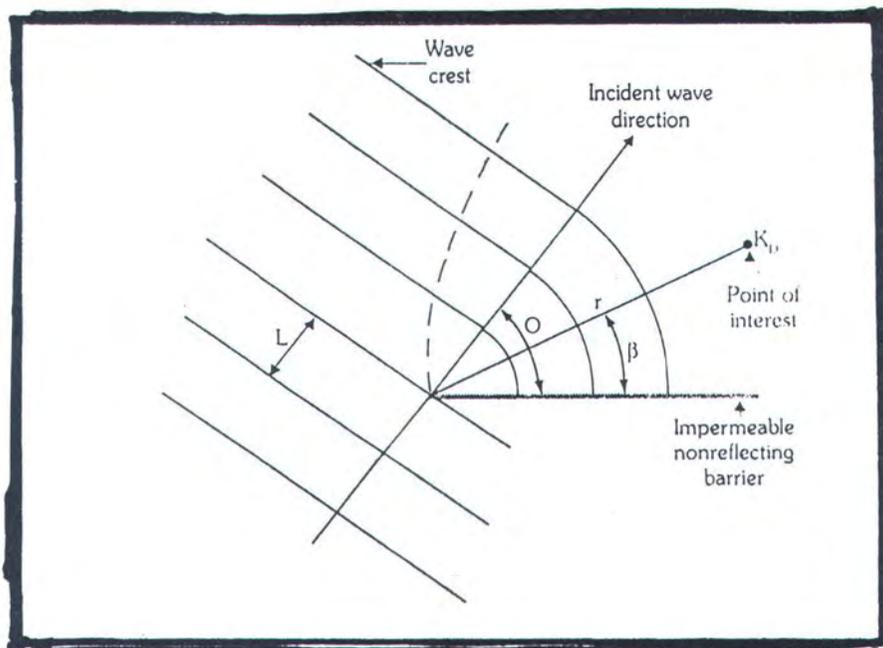
$$\begin{aligned} \eta &= \eta_i + \eta_r = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma) + X \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma) \\ &= (1 + X) \frac{H_i}{2} \cos kx \cos \sigma \end{aligned}$$

Apabila refleksi adalah sempurna $X=1$ maka:

$$\eta = H_i \cos kx \cos \sigma$$

2.2.1.5 Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang terjadi ketika terdapat perbedaan energi gelombang yang tajam di sepanjang puncak gelombang. Pada awalnya kondisi di daerah yang terlindung penghalang cukup tenang (tidak terjadi gelombang), saat gelombang melintasi penghalang. Perairan yang jauh dari penghalang memiliki energi gelombang yang lebih besar (energi gelombang awal) dibandingkan dengan perairan di belakang penghalang yang semula tenang sehingga terjadi proses pemindahan energi di sepanjang puncak gelombang tersebut ke arah daerah yang terlindungi penghalang.



Gambar 2.2. Difraksi Gelombang Rintangan

Daerah yang terlindung oleh penghalang dimana difraksi terjadi disebut *diffraction area*. Perbandingan tinggi gelombang di daerah difraksi (H_{Δ}) dengan tinggi gelombang datang (H_i) disebut koefisien difraksi (K_D)

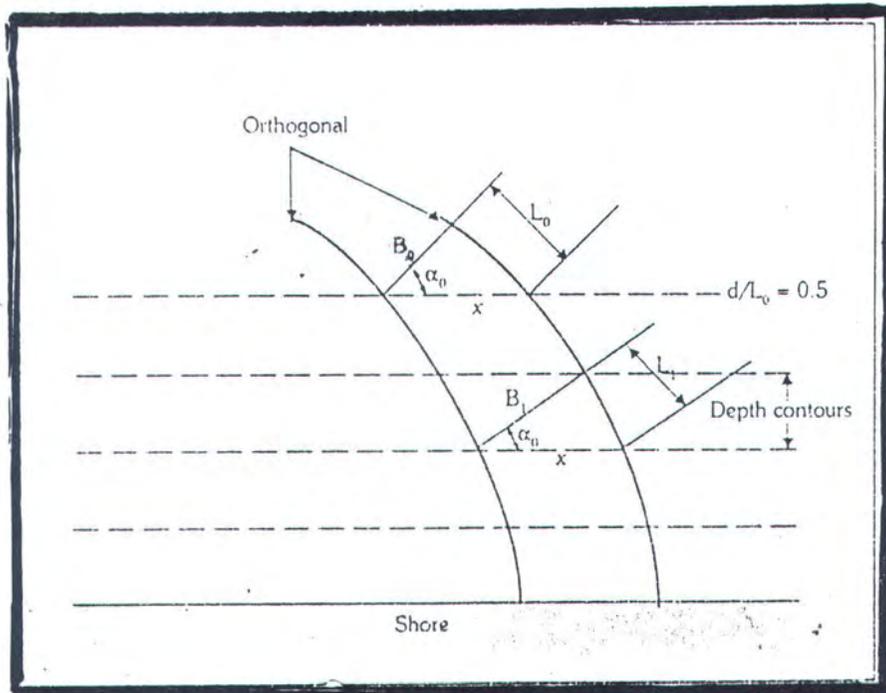
Koefisien difraksi ini dipengaruhi oleh harga - harga parameter θ , β dan r/L . Sedangkan nilai θ , β dan r/L didapat dari tabel koefisien difraksi yang dianalogikan dengan difraksi cahaya.

2.2.1.6 Refraksi Gelombang

Berdasarkan persamaan umum $C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi}{L}}$ atau $C = \sqrt{gh}$

untuk air dangkal, maka dapat diketahui bahwa kecepatan gelombang tergantung pada kedalaman air dimana gelombang tersebut merambat. Di tempat yang dalam

gelombang bergerak lebih cepat daripada di laut dangkal. Apabila cepat rambat gelombang berkurang dengan kedalaman maka panjang gelombang juga berkurang secara linier. Puncak gelombang bergerak menuju daerah yang dangkal maka akan terjadi pembelokan Wave Rays atau orthogonal yaitu tegak lurus dengan puncak gelombang. Fenomena semacam ini disebut refraksi gelombang.



Gambar 2.3 Refraksi Gelombang Pada Kontur Lurus dan Sejajar

Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi atau divergensi dan akan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi.

Anggapan-anggapan dalam studi refraksi adalah sbb:

- ↳ Energi gelombang antara dua ortogonal adalah konstan.

- Arah penjalaran gelombang tegak lurus pada puncak gelombang dalam arah ortogonal gelombang.

Cepat rambat gelombang yang mempunyai periode tertentu di suatu tempat hanya tergantung pada kedalaman di tempat tersebut. Perubahan topografi dasar adalah secara berangsur-angsur.

Gelombang mempunyai puncak yang panjang, periode konstan, amplitudo kecil. Pengaruh arus, angin dan refleksi dari pantai dan perubahan topografi dasar laut diabaikan. (Bambang Triatmodjo, 1999).

2.2.2 Pengertian Bangunan Pelindung Pantai

Bangunan pelindung pantai adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah pantai terhadap kerusakan pantai yang diakibatkan oleh serangan gelombang dan arus. Dari perlindungan daerah pantai kerusakan ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk melindungi pantai, yaitu :

1. Memperkuat/melindungi pantai agar mampu menahan serangan gelombang
2. Mengubah laju transpor sedimen sepanjang pantai
3. Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai
4. Reklamasi dengan menamban suplai sedimen ke pantai, atau dengan menggunakan cara yang lain.

Dari fungsi yang sesuai dengan cara yang ada diatas maka cara yang tepat salah satunya adalah dengan adanya konstruksi bangunan yang terdapat di lepas pantai atau sejajar dengan garis pantai. Konstruksi bangunan tersebut berupa

pemecah gelombang (*beakwater*). *Breakwater* dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

a. Pemecah gelombang lepas pantai

Bangunan ini banyak digunakan sebagai pelindung pantai terhadap erosi dengan menghancurkan energi gelombang sebelum mencapai pantai. Perairan di belakang bangunan menjadi lebih tenang sehingga terjadi endapan di daerah tersebut. Endapan tersebut dapat menghalangi transpor sedimen sepanjang pantai. Bangunan ini dapat dibuat dalam satu rangkaian pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah dengan panjang tertentu.

b. Pemecah gelombang sambung pantai

Bangunan ini digunakan untuk melindungi daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang, sehingga kapal-kapal dapat merapat ke dermaga untuk melakukan bongkar muat barang dan menaikan penumpang.

Berdasarkan bentuknya bangunan bangunan pantai dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu :

a. Bangunan sisi miring

Bangunan dari tumpukan batu yang bagian terluarnya diberi pelindung yang terbuat dari batu-batu ukuran besar, blok beton, atau batu buatan yang terbuat dari beton dengan bentuk khusus seperti tetrapod, quadripods, tribars, dolos, dan sebagainya. Lapis pelindung harus dapat menahan serangan gelombang dari laut.

Pemecah gelombang tipe ini banyak sekali digunakan di Indonesia, mengingat dasar laut di pantai perairan Indonesia kebanyakan dari tanah

yang lunak. Selain itu batu alam sebagai bahan utama banyak tersedia di Indonesia.

Pemecah gelombang ini mempunyai sifat yang fleksibel. Kerusakan yang terjadi karena gelombang secara tidak tiba-tiba (tidak fatal). Meskipun beberapa butir batu longsor, tetapi bangunan masih bisa berfungsi. Kerusakan yang terjadi mudah diperbaiki dengan menambah batu pelindung pada bagian yang longsor.

Bangunan *breakwater* disusun dalam beberapa lapis, dengan susunan terdiri dari batu besar yang semakin ke dalam semakin kecil ukurannya. Stabilitas batu lapis pelindung tergantung dari berat dan bentuk ukuran butiran serta kemiringan sisi bangunan *breakwater*.

b. Bangunan sisi tegak

Bangunan ini terbuat dari pasangan batu, kaisan beton, tumpukan buis beton, dinding turap baja dan sebagainya. Kaisan adalah konstruksi berbentuk kotak dari beton bertulang yang dalamnya diisi dengan pasir atau batu. Bangunan tersebut diletakkan di atas tumpukan batu yang berfungsi sebagai pondasi.

Tipe bangunan pantai yang digunakan biasanya ditentukan oleh ketersediaan material di dekat lokasi pekerjaan, kondisi dasar laut, kedalaman laut, dan ketersediaan peralatan untuk pelaksanaan pekerjaan. Mengingat jumlah batu yang dibutuhkan berjumlah sangat banyak maka ketersediaan batu di lokasi pekerjaan haruslah diperhatikan. Faktor terpenting lainnya adalah karakteristik dasar laut yang mendukung bangunan tersebut yang berada di bawah pengaruh gelombang. Tanah

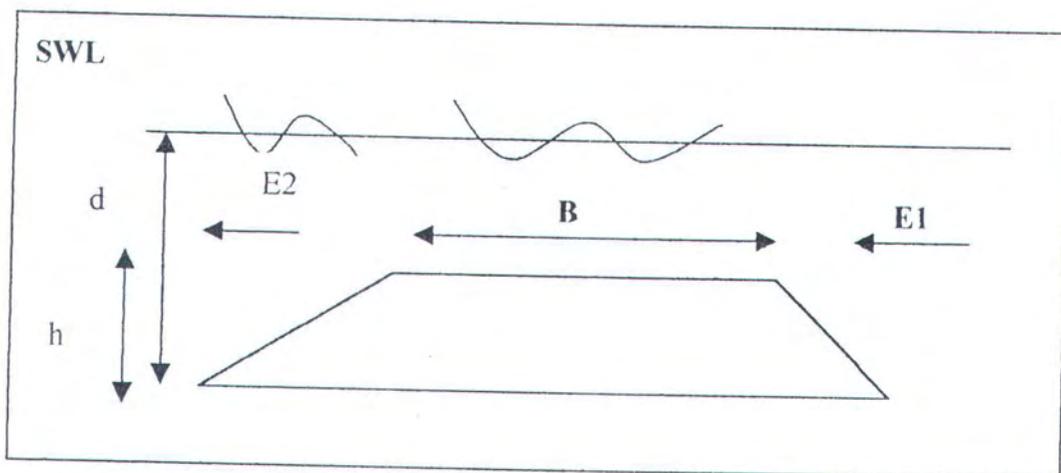
dasar (pondasi bangunan) harus mempunyai daya dukung yang cukup sehingga stabilitas bangunan dapat terjamin keamanannya.

Pada dasarnya breakwater adalah struktur yang dirancang untuk melindungi daerah sepanjang garis pantai dan pelabuhan dari hempasan gelombang laut. Konstruksi ini dirancang untuk melindungi dermaga atau daerah pantai yang tidak dikehendaki terjadi erosi. Pada dasarnya breakwater beroperasi dengan mereduksi energi yang menyertai terjadinya gelombang di pantai. Struktur tersebut memantulkan gelombang dan memindahkan energi gelombang dalam bentuk difraksi gelombang setelah terjadi tumbukan (CERC, SPM 1984). Hasil reduksi energi gelombang ini akan mengurangi pula perpindahan sedimen ke lepas pantai yang diakibatkan oleh pengaruh gelombang. Dengan demikian sedimen akan dipindahkan dari daerah tersebut hanya pada arah sejajar garis pantai atau akan berkumpul di balik struktur akan semakin besar. Breakwater dapat digolongkan menjadi : *sloping breakwater* (*rubble-mound breakwater* dan *concrete block breakwater*), breakwater dinding tegak, *composite breakwater* dan breakwater type khusus (*floating breakwater* dan concrete block di atas pile) (Pratikto dkk, 1999)..

2.2.4 Pemecah Gelombang Ambang Rendah

Pemecah Gelombang Gelombang Ambang rendah yaitu pemecah gelombang dengan mercu (*crest*) berada disekitar SWL (still water level) atau dibawah muka air. Bangunan dengan kondisi seperti ini akan selalu mengalami limpasan (*overtopping*) dan transmisi gelombang, sehingga gaya gelombang yang menimpa lereng sisi luar (*seaward slope*) menjadi rendah karena sebagian energi gelombang melimpasi struktur.

Hal ini ini akan memberikan dua macam pengaruh. Pertama lapis lindung pada bagian depan dapat lebih ringan dari pada struktur yang terlampaui (*non overtopped struktur*), karena sebagian energi dibagian depan lebih kecil. Pengaruh kedua adalah bagian mercu dan sisi dalam harus direncanakan aman terhadap serangan gelombang yang melimpas. Untuk struktur tumpukan batu sering digunakan ukuran armor unit yang sama untuk bagian depan bercu, dan belakang struktur.



Gambar 2.4 Model Struktur Submerged Breakwater

Keterangan :

- D = Kedalaman laut
- H = Tinggi gelombang
- B = Lebar puncak
- E1 = Energi gelombang datang
- E2 = Energi gelombang setelah melewati struktur.

2.2.5 Penentuan Kondisi Gelombang Pada Kedalaman Air di Rencana Lokasi

Breakwater

Teori gelombang linier yang menjadi dasar dalam menganalisa distribusi gelombang. Keterangan yang paling mendasar dari gelombang sinusoidal yang menjadi acuan dari teori gelombang ini adalah gelombang panjang (L), tinggi gelombang (H), periode (T) dan kedalaman air (d). Diselidiki kondisi gelombang pada kedalaman air di rencana lokasi pemecah gelombang, yaitu apakah gelombang pecah atau tidak. Dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

d/L_0 dimana : d = kedalaman dasar laut

L_0 = panjang gelombang

Untuk nilai d/L_0 dan nilai koefisien *shoaling* K_s diperoleh dari tabel L-1 buku Teknik Pantai (Triatmodjo, 1999). Kecepatan gelombang adalah

$C = L/T$ dimana : T = periode gelombang (detik)

Sedangkan arah gelombang pada kedalaman tersebut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\sin \alpha = \left[\frac{C}{C_0} \right] \sin \alpha_0 \quad 2.9$$

dimana :

α_0 = sudut antara puncak gelombang dengan kontur dasar

α = sudut yang sama diukur saat garis puncak gelombang melintasi kontur dasar

C_0 = kecepatan gelombang pada kontur pertama

C = kecepatan gelombang pada kontur kedua

Untuk mendapatkan koefisien refraksi : $K_r = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha}}$

Tinggi gelombang pada kedalaman x meter adalah :

$$H = K_s \cdot K_r \cdot H_s \quad (2.10)$$

2.2.5 Perencanaan Breakwater

Pemecah gelombang tumpukan batu (*Rubble mount break water*) yaitu suatu struktur yang terdiri dari lapisan bawah (*bedding layer*) dan inti (*core*) yang terdiri batu pecah (*quarry stone*) yang ditutupi satu atau dua lebih lapisan batu yang lebih besar, bisa batu pecah atau cetakan beton (*concrete armor unit*). Ada beberapa pertimbangan penting dalam perencanaan *submerged breakwater*

2.2.5.1 Lebar puncak

Dalam perencanaan submerged Breakwater lebar puncak ditentukan dengan membandingkan besar koefisien transmisi dengan menggunakan asumsi lebar puncak dari beberapa alternatif. Dalam penentuan koefisien transmisi dengan membandingkan beberapa parameter yaitu B/L₀, H/L sehingga didapat harga koefisien transmisi dengan membaca tabel. Setelah mengetahui besar koefisien transmisi besar tinggi gelombang setelah melewati struktur (H transmisi) diperoleh dengan membandingkan H transmisi akan diperoleh pada alternatif lebar puncak berapa yang paling sedikit merupakan lebar puncak rencana.

2.2.5.2 Penentuan Tinggi Struktur

Tinggi struktur dihitung dari hubungan besarnya energi dari gelombang datang dengan energi setelah melewati struktur. Besar energi gelombang datang yang dapat

diserap oleh struktur akan berpengaruh terhadap tinggi gelombang transmisi . Pengurangan tinggi gelombang oleh pemecah gelombang bawah air(submerged breakwater) merupakan fungsi bari lebar puncak dan periode gelombang datang dan periode gelombang datang (Siladarma, 1987) :

$$\frac{H_t}{H_i} = \exp\{-0,493 - 0,819\left(\frac{B}{gT^2}\right) + 0,444 \ln\left(\frac{d-h}{H_i}\right)\} \quad \dots(2.12)$$

2.2.5.3 Perhitungan Panjang Submerged Breakwater

Panjang *submerged breakwater* yang akan dibangun di Tanah Lot berdasarkan perhitungan sebagai berikut (Van der Maar, 1994):

$$L_p = (0,3 - 0,5) L_o$$

2.2.5.4 Perhitungan Armor Unit

Stabilitas *breakwater* tergantung berat satuan dan bentuk dari masing-masing batu pelindung. Hal ini karena *breakwater* merupakan struktur gravitasi, yaitu struktur yang bekerja berdasarkan beratnya sendiri. Syarat perluasan ke bawah kearah kaki struktur berdasarkan pada kedalaman air relatif terhadap tinggi gelombang. Oleh karena itu instabilitas dapat terjadi pada perpotongan antara lapisan dan sediman (Bagian bawah konstruksi) dan dapat pula dimulai pada ujung lapisan puncak.

Berat batu lapis pelindung dihitung dengan rumus Hudson (Triadmojo, 1999) berikut ini :

$$W = \frac{\gamma_r (H_o)^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot g\theta} ; S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana :

W = berat rerata butir batu (ton)

γ_r = Berat jenis batu (ton/m^3)

H = tinggi gelombang rencana (m)

S_r = perbandingan antara berat jenis batu dan berat jenis air laut = γ_r/γ_a

Berat armor unit berdasarkan pengurangan tinggi gelombang yang terjadi diperairan dengan lapis lindung tetrapod dan dibutuhkan untuk breakwater berdasarkan lebar *submerged breakwater* adalah (JICA, 1998) :

$X/H_o^{0.5}$	$W_r/W_{max} \times 1$
$5X/H_o^{0.1}$	$W_r/W_{max} \times 0.4$
$10X/H_o^{0.1}$	$W_r/W_{max} \times 0.1$

2.2.5.4. Pemilihan Konstruksi

Dalam pemilihan system perlindungan pantai pada lokasi tertentu agar bangunan dapat berfungsi secara optimal, maka perlu mempertimbangkan hal –hal berikut (Derajat, 2000) :

1. Penyebab kerusakan pantai
2. Tujuan yang ingin dicapai
3. Efektifitas bangunan
4. Bahan – bahan bangunan yang tersedia disekitar lokas studi
5. Karakter gelombang (tinggi gelomban, periode dan arah datangnya)
6. Kelestarian lingkungan
7. aktivitas masyarakat disekitar kawasan studi
8. estitika pantai

2.2.6 Energi dan Tenaga Gelombang

Energi total gelombang adalah jumlah energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik adalah sebagian dari energi total yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi potensial adalah bagian dari energi yang dihasilkan oleh sebagian massa air yang berada di atas lembah gelombang.

Menurut teori gelombang Airy, jika energi potensial ditentukan relatif terhadap muka air laut dan semua gelombang menjalar dalam segala arah yang sama, maka komponen energi potensial dan kinetik adalah sama. Fluks energi gelombang adalah energi gelombang tiap satu satuan waktu yang menjalar dalam arah penjalaran gelombang. Fluks energi gelombang dapat ditulis sebagai hasil kali dari gaya yang bekerja pada bidang vertikal tegak lurus penjalaran gelombang dengan kecepatan partikel melintasi bidang tersebut. Rata-rata fluks energi tiap satu satuan lebar adalah :

$$\bar{F} = \bar{E}nC = \bar{E}Cg \quad \dots\dots\dots (2.14)$$

Fluks Energi \bar{F} sering disebut sebagai tenaga gelombang dengan :

$$Cg = \frac{1}{2} \frac{L}{T} \left(1 + \frac{4\pi d / L}{\sinh(4\pi d / L)} \right) = nC \quad (2.15)$$
$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right)$$

Harga n bertambah dari 0,5 di laut dalam sampai 1,0 di laut dangkal.

Nilai cepat rambat gelombang berbeda antara kondisi laut dalam dan laut dangkal, karena dipengaruhi oleh kedalaman air. Pada laut dalam nilai cepat rambat gelombang adalah :

$$C_o = \frac{gT}{2\pi} = 156T \quad \dots\dots\dots (2.16)$$

sedangkan pada laut dangkal, nilai cepat rambat gelombangnya adalah :

$$C = \frac{L}{T} \approx \sqrt{gd} \quad \dots\dots\dots (2.17)$$

2.2.7 Kehilangan Energi

Kehilangan energi biasanya didefinisikan sebagai jumlah kerja oleh fluida (air) per satuan luas per detik. Pada aliran osilasi kehilangan energi dinyatakan sebagai laju rata-rata kehilangan energi dalam satu siklus gelombang. Laju rata-rata kehilangan energi dapat dinyatakan dengan persamaan (Dally, 1984) :

$$\bar{D} = \frac{1}{T} \int D dt \quad \dots\dots\dots (2.18)$$

\bar{D} adalah laju rata-rata kehilangn energi, D adalah laju kehilangan energi dan T adalah periode gelombang. Kehilangan energi sebanding dengan laju perubahan fluks energi.

$$\bar{D} = -\frac{d(\bar{E}C_g)}{dx} \quad \dots\dots\dots (2.19)$$

di mana \bar{E} adalah energi gelombang rata-rata per satu satuan luas yanag sebanding dengan $1/8 \rho g H^2$ dan C_g adalah cepat rambat gelombang group.

Persamaan di atas juga dapat ditulis sebagai berikut :

$$\bar{D} = \frac{\rho g H}{8} \frac{\omega}{k} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right) \frac{dH}{dx}$$

Persamaan tersebut menunjukkan hubungan antara kehilangan energi dan penurunan tinggi gelombang.

Ada beberapa mekanisme kehilangan energi yang terjadi pada gelombang. Mekanisme yang terpenting adalah gelombang pecah dan pengaruh dasar, termasuk di dalamnya pengaruh gesekan dasar (*bed friction*) dan porositas dasar (*bed porosity*).

a. Gelombang Pecah

Di laut dalam kecepatan partikel di puncak lebih kecil daripada kecepatan rambat gelombang. Kecepatan partikel di puncak sebanding dengan tinggi gelombang untuk periode gelombang tertentu. Sehingga dengan bertambahnya tinggi gelombang, kecepatan partikel semakin besar. Sedangkan di air dangkal kecepatan rambat gelombang berkurang. Dengan demikian pada suatu saat kecepatan partikel akan sama dengan kecepatan rambat gelombang sehingga gelombang menjadi tidak stabil dan akhirnya pecah.

Pada mekanisme gelombang pecah, energi gelombang dari laut dalam kan terdisipasi secara cepat. Kehilangan energi gelombang tersebut dapat ditulis sebagai berikut (Dally, 1984) :

$$\bar{D} = \frac{KCg}{d} \left(1 - \frac{Hs^2}{H^2} \right) \dots\dots\dots (2.20)$$

dengan notasi s menunjukkan pada kondisi stabil dan $K = \frac{Hb}{hb}$

b. Gesekan Dasar (*Bottom Friction*)

Pengaruh gesekan dasar pada aliran osilasi dapat dibedakan menjadi dua, tergantung alirannya laminar atau turbulen. Jika kedalaman air besar atau amplitudo gelombang relatif kecil, kondisi aliran di dekat dasar adalah laminar. Dengan berkurangnya kedalaman atau bertambahnya tinggi gelombang, kecepatan pada dasar menjadi turbulen. Pada daerah pantai lebih sering terjadi kondisi aliran turbulen. Laju kehilangan energi akibat gesekan dasar dapat diperoleh dari hubungan :

$$\bar{D} = \frac{4}{3} f \rho \frac{\pi^2 H^3}{T^4 \sinh^3(kd)} \quad \dots\dots \quad (2.21)$$

dengan f adalah koefisien gesekan.

c. Porositas Dasar (*Bed Porosity*)

Pada dasar yang permeable seperti pada dasar pantai atau koral, air akan meresap masuk dan keluar dari dasar tersebut. Pada kondisi tersebut aliran air akan kehilangan energi. Laju kehilangan energi per satuan luas akibat pengaruh porositas dasar dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{D} = \frac{\rho g^2 H^2 K k \tanh(kd)}{8\nu \cosh^2(kd)} \quad \dots\dots \quad (2.22)$$

dengan K adalah permeabilitas dasar dan dl adalah kedalaman dasar yang permeabel.

2.2.8 Gaya Gelombang Pada Unit Lapis Lindung

Gaya gelombang pada bangunan pantai dapat ditentukan dengan menggunakan percobaan di laboratorium atau dengan persamaan yang ada dengan memperhatikan tipe bangunan, topografi dasar laut, kedalaman air dan karakteristik gelombang. Dalam hitungan gaya-gaya gelombang, gelombang yang menyebabkan pengaruh paling serius terhadap bangunan harus ditinjau. Pada umumnya tinggi gelombang yang lebih besar akan menimbulkan gaya-gaya yang lebih besar, sehingga gaya gelombang harus dihitung berdasarkan gelombang maksimum yang menghantam bangunan. Sedangkan dalam hitungan stabilitas butir lapis lindung perlu ditinjau pengaruh dari aksi gelombang yang berturutan.

Gaya yang ditimbulkan oleh gelombang tidak pecah terutama adalah gaya hidrostatis. Sedang pada gelombang pecah dan setelah pecah terjadi tambahan gaya yang ditimbulkan oleh pengaruh dinamis dari turbulensi air. Gaya-gaya dinamis ini bisa lebih besar daripada gaya hidrostatis.

Gaya hidrodinamis yang bekerja pada unit lapis lindung adalah gaya angkat (*lift force*) dan gaya seret (*drag force*) F_D (Jensen, 1984). Gaya seret disebabkan oleh terjadinya gesekan pada permukaan lapis lindung dan seretan yang disebabkan oleh perbedaan tekanan pada sisi atas dan sisibawah dari unit lapis lindung. Besarnya seretan yang terjadi dapat beberapa kali lebih besar daripada gesekan permukaan antar unit lapis lindung pemecah gelombang.

Gaya angkat disebabkan oleh perbedaan tekanan pada sisi atas dan sisi bawah unit lapis lindung karena adanya perbedaan kecepatan. Tekanan paling tinggi terjadi pada sisi atas dengan kecepatan yang paling rendah. Gaya-gaya yang bekerja

pada material lapis lindung terumbu buatan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_D = C_D \frac{1}{2} \rho_w U^2 A \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

$$F_L = C_L \frac{1}{2} \rho_w U^2 A$$

- dengan :
- C_D : koefisien drag
 - C_L : koefisien lift
 - ρ_w : rapat massa air
 - A : luas bidang permukaan lapis lindung yang terkena gelombang
 - U : kecepatan

Resultan kedua gaya tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$F_R = C \frac{1}{2} \rho_w g d^2 \frac{\pi}{4} \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

dengan memasukkan nilai kecepatan $U = \alpha \sqrt{2gH}$, persamaannya menjadi :

$$F_R = \frac{\pi}{4} C \alpha^2 \rho_w g d^2 H \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

Berat material di dalam air merupakan berat material terendam yang diperoleh dari persamaan :

$$W = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_s - \rho_w) g \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

- dengan :
- d : diameter material
 - ρ_s : rapat massa batu
 - ρ_w : rapat massa air

g : gravitasi

Untuk mendapatkan stabilitas material, gaya seret, dan gaya angkat harus dilawan oleh gaya gravitasi, gaya gesek antar butir lapis lindung dan sifat saling kunci antar material.

Dari persamaan di atas diketahui bahwa gaya yang bekerja dipengaruhi oleh volume benda serta massa jenis fluida. Semakin besar massa jenis fluida semakin besar gaya yang bekerja.

Irribaren (dalam Jensen 1984) menunjukkan bahwa angka stabilitas dapat diperoleh dengan menganggap gaya gesek material sebagai penahan benda stabil di tempatnya.

Dalam hal ini pengaruh bentuk material terhadap sifat stabilitas dimasukkan dalam koefisien gesek (μ). Secara umum gaya yang menahan gaya geser adalah :

$$F = \mu W \cos \alpha \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

dengan :

- F = gaya penahan
- μ = koefisien gesek (masuk di dalamnya sifat saling kunci)
- W = berat material
- α = sudut terhadap horisontal



Dengan membandingkannya dengan gaya yang menggeser diperoleh persamaan :

$$\frac{\gamma_s H^3}{W(\Delta - 1)^3 (\mu \cos \alpha - \sin \alpha)} = K_3$$

Perbedaan antara persamaan tersebut hanya terletak pada pengaruh lereng α .

Kriteria stabilitas yang umum digunakan dari Hudson serupa dengan persamaan di atas, yaitu sebagai berikut :

$$\frac{\gamma_s H^3}{W(\Delta - 1)^3} = Kd \quad \dots (2.28)$$

walaupun persamaan-persamaan di atas menjadi tidak logis jika slope menjadi sangat curam sehingga melebihi stabilitas lereng natural namun dapat ditunjukkan bahwa pada slope sekitar 2 ketiga persamaan di atas identik (μ telah dianggap = 1).

Jika μ diambil sama dengan 1 dan $\alpha = 0$ atau pada bidang datar, maka persamaan dapat disederhanakan menjadi :

$$\frac{\gamma_s H^3}{W(\Delta - 1)^3} = K1 \quad \dots (2.29)$$

yang dapat ditulis dalam bentuk :

$$W = \frac{\gamma_s H^3}{N_s^3 (\Delta - 1)^3} \quad \dots (2.30)$$

Di atas telah dibahas tentang gaya gelombang dan pengaruhnya pada ketidakstabilan benda atau material yang akan dipakai untuk lapis lindung ataupun material pemecah gelombang. Diterangkan bahwa gaya yang menyerang dan menggulingkan tersebut dilawan oleh gaya yang menstabilkan. Berikut adalah resume faktor-faktor selain gelombang yang berpengaruh terhadap stabilitas material lapis lindung.

Faktor bentuk dan kekasaran material yang telah dimasukkan dalam koefisien μ pada persamaan-persamaan di atas sebenarnya juga mengandung faktor tata letak atau cara peletakan material tersebut. Material yang diatur sedemikian rupa dapat meningkatkan angka atau koefisien stabilitas material. Jika pengaturannya

sedemikian rupa sehingga semua material mempunyai sifat mengunci material lain (satu material bergeser berarti semua material ikut bergeser) maka dapat dibayangkan bahwa volume benda yang digeser menjadi berlipat ganda besarnya sehingga seolah-olah menambah berat dan gaya yang melawan gaya geser. Perlu dicatat dalam hal ini bahwa gaya gelombang yang bekerja pada seluruh material (meliputi daerah yang luas) yang akan digeser tidak lagi hanya linier terhadap

volumenya namun mengikuti persamaan $F_x = \rho V \frac{2 \sinh\left(\frac{kl_3}{2}\right) 2 \sin\left(\frac{kl_1}{2}\right) \partial u}{kl_3 kl_1 \partial t}$. Terlihat

bahwa harga $\sin(kx - \sigma t)$ menjadi sangat berperan dengan semakin besarnya material yang ditinjau relatif terhadap panjang gelombang yang memungkinkan harga $\sin(kx - \sigma t)$ menuju nol. Seandainya kondisi saling kait tidak sempurna, material yang satu masih dapat lepas dari material di dekatnya, paling tidak koefisien gesek antara keduanya sudah menambah stabilitas material tersebut.

Berat benda dan massa jenisnya berpengaruh terhadap besaran gaya yang dapat ditahan oleh material supaya tetap di tempatnya. Untuk itu berat material merupakan faktor yang perlu pula mendapat tinjauan. Karena ada pengaruh gaya apung maka massa jenis air merupakan faktor yang harus mendapat perhatian.

Sudut lereng jelas perlu mendapat perhatian dalam penelitian stabilitas material lapis lindung.

Dari pembahasan di atas diperkirakan peubah yang berpengaruh terhadap stabilitas adalah sebagai berikut :

1. Gaya yang menstabilkan dipengaruhi oleh : massa (M), volume material (V), massa jenis materi (ρ_m), kekasaran dan sifat saling kunci (masuk dalam K_d atau N_s), serta kemiringan lereng (α).
2. Gaya yang menyerang dipengaruhi oleh : tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), lokasi titik yang terkena serangan gelombang, kondisi gelombang (pecah dan tidak pecah, gelombang berdiri, gelombang berjalan), dan massa jenis air (ρ).

2.2.9 Metode Konstruksi

Didalam membangun breakwater biasanya dilakukan sesuai kemampuan kontraktor/pelaksana setempat tanpa merubah perencanaan yang ada.

Didalam membangun breakwater biasanya dilakukan sesuai kemampuan kontraktor/pelaksana setempat tanpa merubah hasil perencanaan yang ada. Untuk melaksanakan pembangunan submerged breakwater yang merupakan salah satu konstruksi *rubble mound breakwater* dapat diberikan alternatif metode pelaksanaan antara lain (Nuryuwono,1993):

- Menggunakan Alat Terapung

Material breakwater dibawa kelokasi yang direncanakan dengan menggunakan alat yang terapung diatas air. Material untuk lapisan ini (core) bisa digunakan Barge, sedangkan lapisan utama bisa memakai crane.

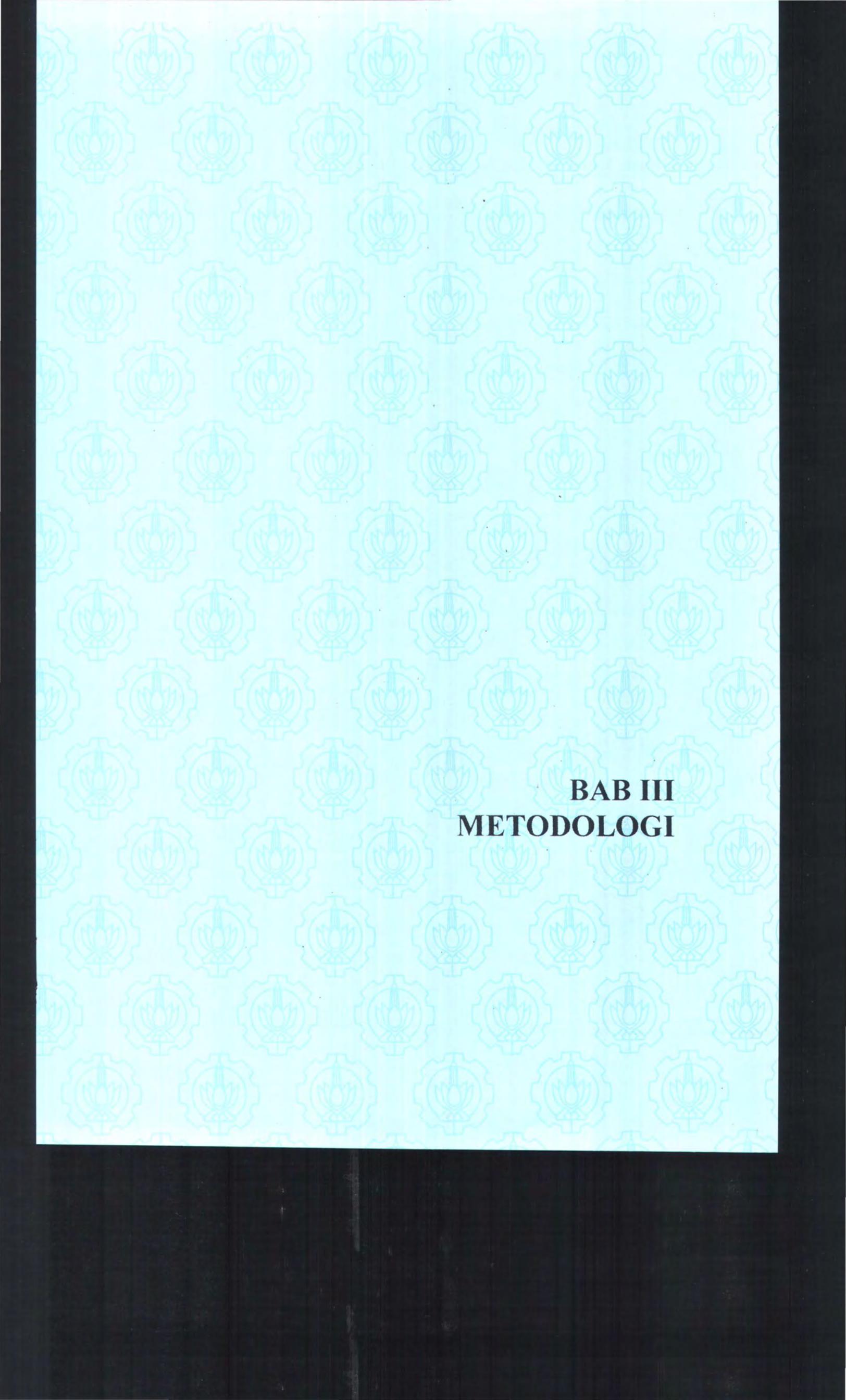
- Mempergunakan Bangunan Tetap

Breakwater dibangun dengan memakai bangunan tetap baik yang sudah ada atau sengaja dibuat untuk hal tersebut biasanya berupa jembatan diatas

pondasi tiang. Namun sering pula pembangunan dilakukan dari bangunan *breakwater* yang sudah jadi (jika berdekatan letaknya).

- Menggunakan Helikopter.

Apabila medannya sangat sulit atau batuan yang dipakai sangat besar maka penggunaan helikopter bisa dipergunakan. Dimana batuan bisa diangkat oleh helikopter dan ditempatkan/dijatuhkan pada lokasi *breakwater* yang akan dibangun.



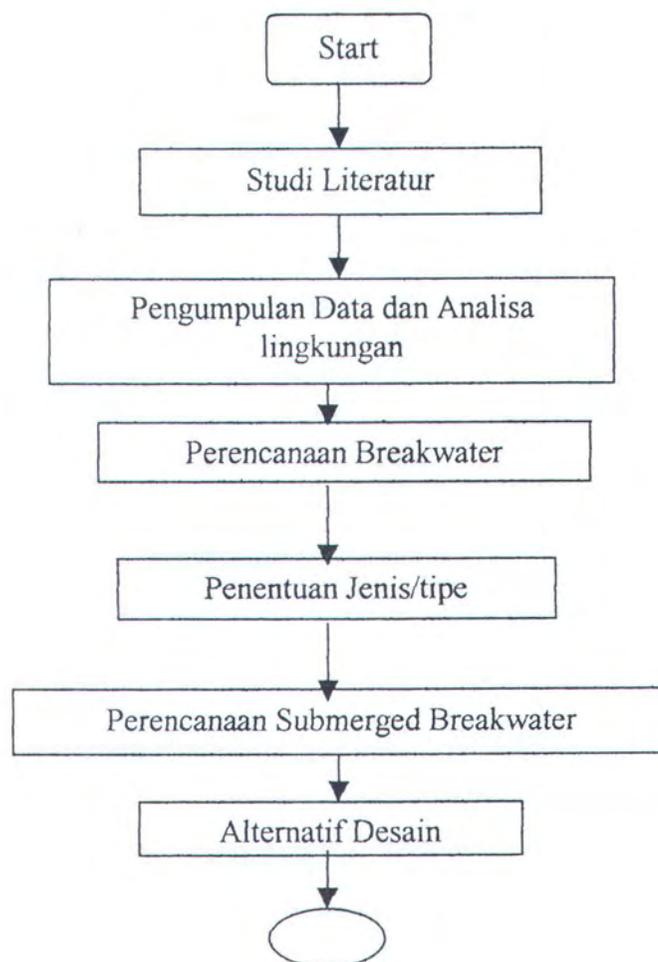
BAB III
METODOLOGI

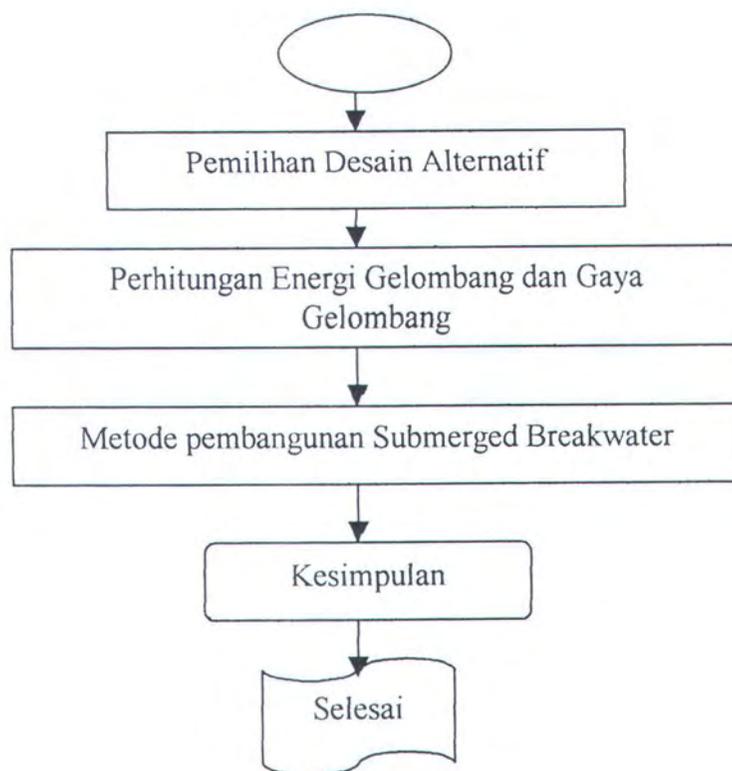
BAB III METODOLOGI

3.1 DIAGRAM ALIR

Untuk memudahkan dalam melakukan penelitian dan penulisan laporan, maka bentuk kegiatan yang dilakukan harus disusun secara benar berdasarkan urutan kerja untuk mendapatkan hasil yang maksimal dengan pengalokasi waktu yang optimal. Adapun urutan kegiatan atau diagram alir dari penelitian dan penulisa laporan tugas akhirini adalah :

Flow Chart Tugas Akhir





Gambar 3.1. Diagram Alir Kegiatan Penulisan dan Penelitian Laporan

3.2 PENJELASAN

Berikut ini akan dipaparkan secara singkat dari masing – masing urutan kerja yang dilakukan dalam kegiatan penelitian dan penyusunan tugas akhir. Adapun deskripsi yang dilakukan untuk setiap langkah yang ditempuh merupakan garis besar.

3.2.1 Studi Literatur

Pada tahap ini dihimpun berbagai teori dan rumusan dasar sebagai definisi mengenai berbagai definisi mengenai topik yang dipilih dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir dari berbagai sumber yang relevan. Dalam kegiatan studi

literatur ini, salah satu jenis sumber pustaka yang dipakai adalah berbagai kegiatan penelitian yang dilakukan sebelumnya dalam bentuk tugas akhir. Berbagai keterbatasan ditemui dalam tahapan ini, salah satunya adalah keterbatasan bahan pustaka yang tersedia yang biasa dijadikan sebagai acuan dalam kegiatan penelitian dan penyusunan tugas akhir.

3.2.2 Pengumpulan Data dan Analisa Lingkungan

Pada tahap berikutnya, dikumpulkan berbagai data penunjang yang sangat berguna untuk kegiatan perhitungan selanjutnya. Untuk merencanakan dan mendesain suatu bangunan pelindung pantai, berbagai data lingkungan sangat memegang peranan penting. Data yang digunakan dalam kegiatan perencanaan dapat berupa data primer maupun data sekunder. Dengan berbagai pertimbangan dan demi kelancaran dalam penyusunan laporan tugas akhir maka data yang dipakai untuk merencanakan bangunan pelindung pantai di pantai Tanah Lot hanya data sekunder saja. Data primer adalah data yang didapatkan dengan mengadakan pengukuran dan pengamatan langsung di lokasi studi, sedangkan data sekunder adalah data pendukung yang didapatkan tanpa mengadakan pengamatan langsung atau mendatangi lokasi studi. Data sekunder ini didapatkan langsung dari Kantor Kepala Proyek Pelindungan Pantai Kanwil PU Bali.

3.2.3 Perencanaan Breakwater

Dalam tahap ini mulai diadakan kegiatan perhitungan mengenai perencanaan breakwater yang dimulai pemilihan tipe struktur pelindung pantai

yang pada daerah lokasi ,penentuan gelombang rencana dari tinggi gelombang periode ulang tahunan, dan pengumpulan data – data perencanaan.

3.2.4 Perencanaan Submerged Breakwater

Setelah dilakukan pemilihan struktur yang cocok untuk kondisi didaerah lokasi ditentukan submerged breakwater adalah d struktur pelindung pantai yang cocok digunakan. Langkah berikutnya yaitu merencanakan panjang dari submerged breakwater, lebar puncak dan tinggi struktur dan merencanakan/desain dari beberapa alternatif struktur dari penggunaan pemilihan material yang dipakai. Dan menentukan salah satu alternatif yang dianggap paling stabil.

3.2.5 Perhitungan Energi dan Gaya Gelombang

Perhitungan gaya gelombang dan energi gelombang diperlukan dalam perencanaan. Biasanya besarnya energi gelombang dan gaya gelombang digunakan untuk mengetahui besar energi yang harus dibendung oleh struktur yang akan bangun sehingga masalah stabilitas dan umur dari bangunan perlu diperhatikan serta direncanakan. Keefektifan suatu struktur dalam menahan serangan gelombang sangat berpengaruh dari bentuk struktur, kemiringan (slope) dari pantai, koefisien gesek antara dasar dengan struktur, serta kecepatan arus pada perairan.

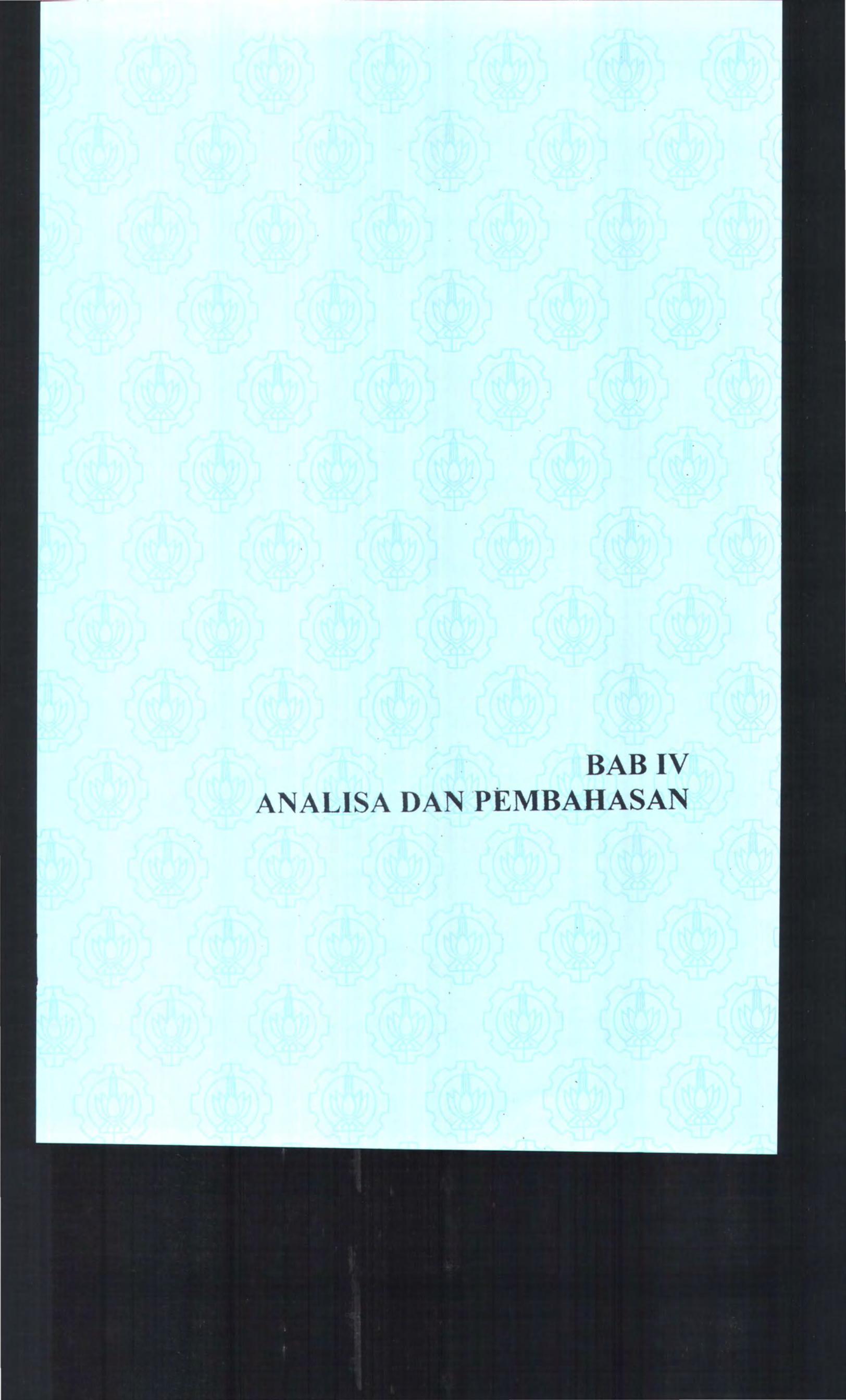
3.2.6 Metode Pembangunan Submerged Breakwater

Didalam membangun breakwater biasanya dilakukan sesuai kemampuan kontraktor/pelaksana setempat tanpa merubah perencanaan yang ada.

Didalam membangun breakwater biasanya dilakukan sesuai kemampuan kontraktor/ pelaksana setempat tanpa merubah hasil perencanaan yang ada. Untuk melaksanakan pembangunan submerged breakwater yang merupakan salah satu konstruksi rubble mound breakwater dapat diberikan alternatif metode pelaksanaan antara lain menggunakan alat terapung, jembatan, dan helikopter.

3.2.7 Kesimpulan

Tahap ini merupakan bentuk penulisan ulang dari semua kegiatan perhitungan yang dilakukan pada tahap-tahap sebelumnya. Dalam tahap ini dapat dilihat beberapa poin-poin penting yang merupakan tujuan dari kegiatan dan penyusunan Tugas Akhir.



BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 KONDISI UMUM

4.1.1 Analisa Topografi

- Keadaan Geografis

Pura Tanah Lot terletak di Desa Beraban, Kecamatan Kediri, Kabupaten Tabanan Bali, berjarak \pm 38 km di sebelah Barat kota Denpasar. Pura ini terletak pada hamparan karang yang menyerupai pulau kecil, yang didirikan sekitar abad 16. Keberadaan pulau kecil tersebut tidak diketahui secara pasti apakah dulunya bersatu atau memang terpisah dengan daratan di sekitarnya. Andai pura tersebut dibangun tidak terpisah dari daratan, maka pemisahannya dengan daratan di sekitarnya tersebut adalah akibat adanya proses erosi. Pura tersebut telah ditempatkan pada daerah yang lebih stabil dari daerah di sekitarnya yang tererosi karena kerasnya hantaman gelombang laut selatan.

Garis pantai Tanah Lot di sekitar pura terdiri dari tebing-tebing batuan terjal di depan pantai, tingginya kurang lebih 30 meter di atas permukaan air laut. Pembentukan batuan ini diperkirakan hampir sama dengan batuan beku akibat letusan gunung berapi

- Keadaan Geologi

Data geologi yang diperoleh dari proses pengeboran hasilnya dites/diuji di laboratorium agar didapatkan diketahui karakteristik tanah dan batuan dari lokasi yang ditinjau. Hal ini merupakan data yang penting dalam pembuatan suatu struktur di atas tanah tersebut, dengan mempertimbangkan keamanan dari struktur.

Pekerjaan pengukuran yang dilakukan oleh Dinas P. Bali, yang dilakukan pada periode Januari 2001 – Maret 2001. Menurut hasil standart penetration test, bahwa kondisi geologi Pantai Tanah Lot berupa lapisan batuan yang sangat keras dan berpasir halus sampai pada kedalaman 15 meter. Dari test tersebut bangunan yang ada di atasnya dapat dikatakan aman dari bahaya geologi seperti gempa..

- Keadaan Meterologi

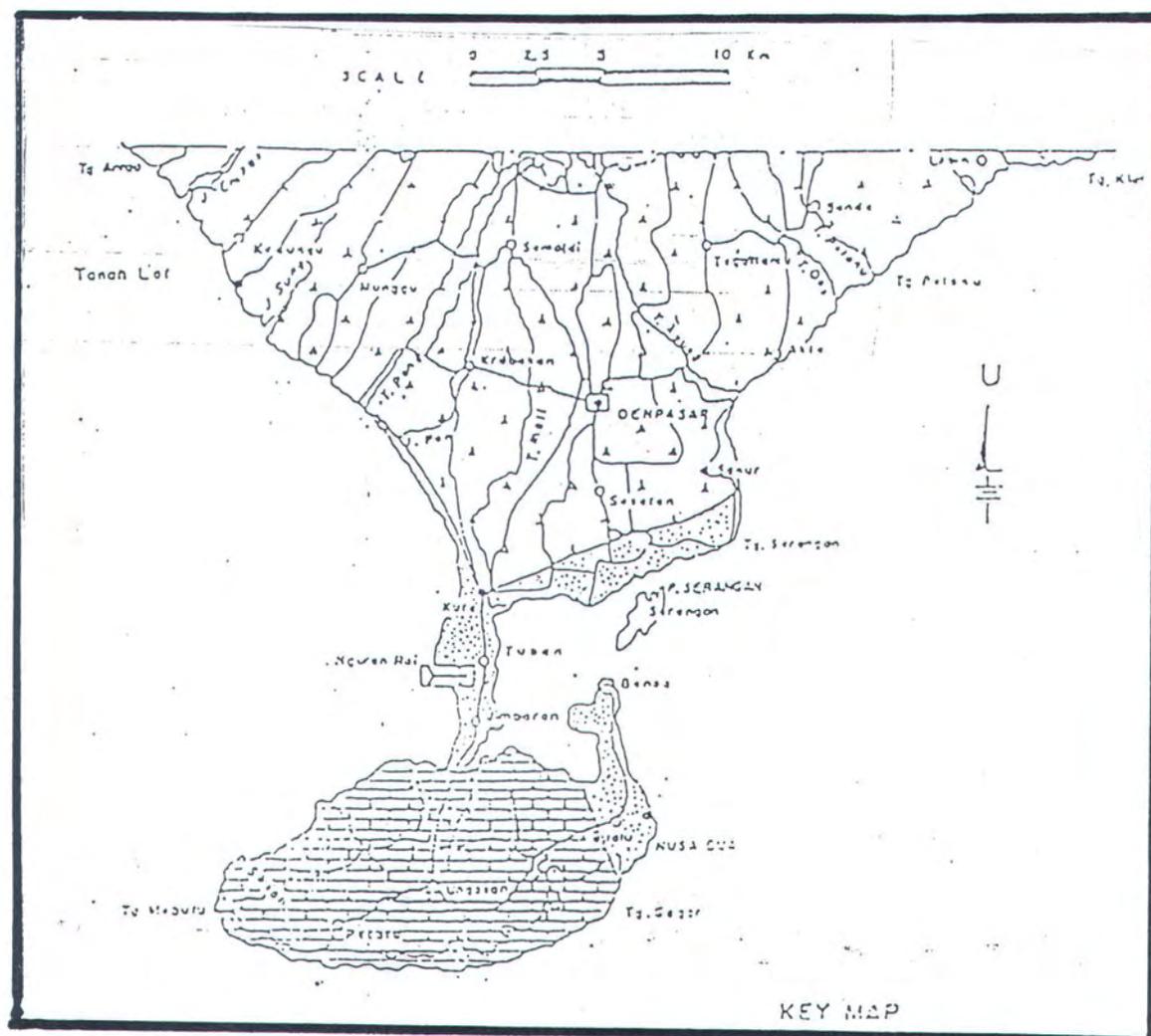
Kondisi meterologi Pantai Tanah Lot dipengaruhi oleh angin musim, dimana terdapat dua musim yang berubah setiap enam bulan sekali. Adapun musim tersebut yaitu musim kemarau pada bulan Juni sampai September akibat hembusan angin Timur. Pada bulan Desember sampai Maret akan berhembus angin musim Barat membawa banyak hujan, Maka terjadi musim hujan.

Disamping itu pula ada periode transisi antara kedua musim tersebut yaitu pada bulan April – Mei dan bulan Oktober – Nopember. Kecepatan angin rata-rata mencapai 18,5 m/ dtk.

4.1.2 Analisa Kondisi Lingkungan Tanah Lot

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 juga batasan – batasan kondisi lapangan.

Data yang dikumpulkan dari lapangan diantaranya pasang surut, arus, angin, gelombang dan bathimetry. Data yang diperoleh oleh penulis adalah merupakan data sekunder dari pihak Dinas P.U. Bali. Dari data tersebut diolah dan dianalisa kemudian dijadikan pedoman dalam pemecahan masalah terjadi di Pantai Tanah Lot. Satu hal lagi struktur bangunan pelindung pantai yang telah ada juga dievaluasi, dengan tujuan menjadi pertimbangan dalam perencanaan struktur pelindung pantai yang baru.



Gambar 4.1 Peta Geologi Bali (Dinas P.U Bali, 1998)

4.1.2.1 Kondisi Pasang Surut

Pasang surut adalah peristiwa turun naiknya/fluktuasi permukaan air laut karena pengaruh adanya gaya tarik menarik antara bumi dengan benda-benda langit lainnya terutama bulan dengan matahari (Yuwono, 1993). Pengaruh gaya tarik menarik antara bulan dengan matahari ini terutama dalam posisinya terhadap bumi.

Ada dua macam tipe pasang surut utama yaitu :

1. Pasang Surut Harian ganda (Semi Diurnal Tide):

Pasang surut yang mempunyai periode 12.4 jam. Jadi dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Keadaan ini terjadi apabila poros perputaran bumi tegak lurus terhadap garis yang menghubungkan pusat bumi dan bulan. (Gambar 4.2.a).

2. Pasang Surut Haran Tunggal (Diurnal Tide)

Pasang surut yang mempunyai periode 24 jam. jadi dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Keadaan ini tegak lurus terhadap garis yang menghubungkan pusat bumi dan bulan. (Gambar 4.2.b)

3. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda

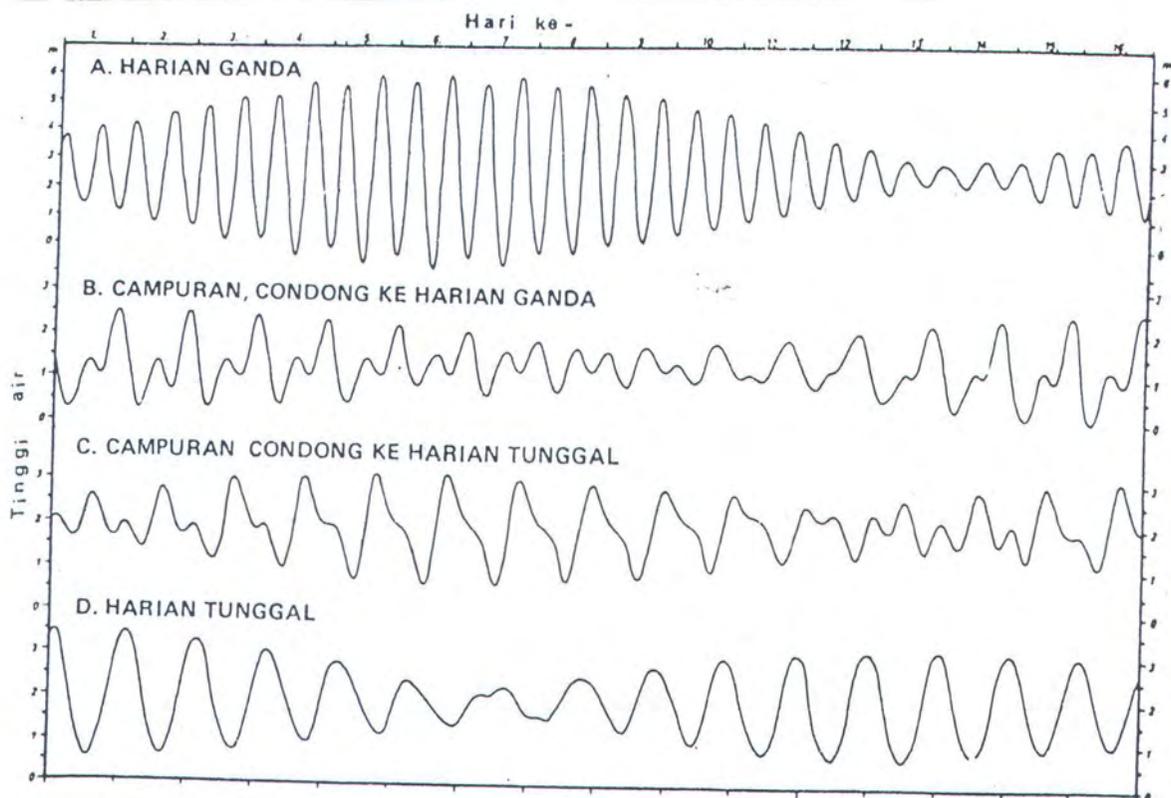
Dalam periode ini terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi tinggi dan periodanya berbeda. (Gambar 4.2.c)

4. Pasang Surut Condong ke Harian Tunggal

Pasang surut tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang berbeda. (Gambar 4.2.d)

Pengamatan fluktuasi muka air akibat pengaruh pasang surut dilakukan untuk menentukan konstanta-konstanta pasang surut. Dari konstanta pasang surut digunakan untuk menganalisa muka air rata-rata (MSL), muka air rendah (LWS) dan muka air tinggi (HWL).

Dalam menentukan tipe pasang surut di daerah Tanah Lot telah dilakukan pengukuran oleh pihak Nippon Koei co., sebagai konsultan Proyek Pengamanan Pantai Daerah Bali. pengukuran ini bertujuan untuk mendapatkan tipe pasang surut yang terjadi di daerah lokasi.



Gambar 4.2 Tipe Pasang Surut (Triadmojo, 1996)

Komponen pasang surut utama dari hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Komponen Pasang Surut Utama

Simbol	Nama Komponen	Amplitude (cm)
K1	Lunar Solar Diurnal	29,25
O1	Principal Lunar Diurnal	18,36
M2	Principal Lunar	57,86
S2	Principal Solar	30,01

Dari tabel 4.1 diatas, dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di daerah pasang surut yang terjadi di daerah studi dengan cara (Sorensen, 1978) ;

- Jika amplitude $M2 + S2 > \text{amplitude } K1 + O1$, maka akan terjadi pasang surut semi diurnal.
- Jika sebaliknya, maka akan terjadi tipe pasang surut diurnal.

Selanjutnya, dari hasil pengukuran setelah dimasukkan dalam persamaan maka diperoleh $M2 + S2 = 87,87$ dan harga dari $K1 + O1 = 47,61$. Ini berarti bahwa harga $M2 + S2$ lebih besar dari $K1 + O1$.

dari perhitungan diatas menunjukkan bahwa tipe pasang surut yang terjadi di Tanah Lot adalah tipe semi diurnal (campuran condong ke harian ganda). Hal ini berarti bahwa pasang surut di daerah Tanah Lot terjadi dua kali dalam sehari, artinya dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut tetapi dengan tinggi dan periode yang berbeda , dengan level pasang surut sebagai berikut:

$$Hwl = 2.60 \text{ m}$$

$$Msl = 1.30 \text{ m}$$

$$Lwl = 0.00 \text{ m}$$

4.1.2.2 Analisa Data Arus

Data ini diperlukan untuk mengetahui arah dan kecepatan arus di daerah penelitian. Untuk data arus yang digunakan dalam penelitian ini adalah merupakan data sekunder, yang diperoleh dari Nippon Koei Co. selaku pihak konsultan Proyek Pengamanan pantai Daerah Bali.

Pada daerah pantai akibat adanya gelombang yang membentuk sudut terhadap garis pantai menyebabkan terjadinya arus yang sejajar garis pantai (longshore current). Hal ini berperan penting dalam pendistribusian sedimen di sepanjang garis pantai.

Untuk kondisi Tanah Lot, arus yang membawa material sedimen bergerak sejajar garis pantai. Karena adanya pemecah gelombang di sebelah Selatan – Barat pura, maka arus yang membawa material sedimen menjadi terperangkap. Pemecah gelombang yang telah ada menyebabkan, material yang terperangkap tersebut kemudian diendapkan di belakang pura.

Secara teoritis proses sedimentasi di laut, pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh arah dan besarnya arus yang terjadi. Arus yang terjadi dapat disebabkan oleh gelombang atau dapat juga disebabkan oleh pasang surut. Dari hasil pengamatan yang dilakukan dari hasil pengukuran yang menunjukkan bahwa

kecepatan arus berkisar antara 0.008m/s-0.463 m/s dengan arah dari barat ke timur.

4.1.2.3 Analisa Kondisi Angin Dan Gelombang

Angin dan gelombang merupakan dua kejadian yang saling berkaitan sehingga tidak dapat dipisahkan. Gelombang yang terjadi karena adanya gaya angin merupakan porsi terbesar pada gelombang laut, dibanding dengan terjadinya gelombang –gelombang lain seperti ; gelombang tektonik maupun gelombang pasang surut. Mekanisme terjadinya gelombang oleh gerakan angin belum sepenuhnya dapat dijelaskan secara sepenuhnya. Hembusan angin yang terus menerus di permukaan laut akan membentuk riak-riak yang searah dengan hembusan angin. Bila angin berhembus dalam waktu yang cukup lama dan meliputi jarak permukaan (fetch) yang cukup panjang, maka riak tersebut tumbuh menjadi gelombang.

- **Analisa Data Angin**

Data angin dibutuhkan berkaitan dengan pengaruh angin terhadap pembentukan gelombang, akibat hembusan angin yang terjadi secara terus menerus. Oleh karena itu data angin dibutuhkan untuk memprediksi arah dan tinggi gelombang di lokasi. Kecepatan angin diunyatakan dalam satuan knot (1 knot = 1 mil/jam = 1,852 m/jam = 0,514 m/det)

Dari data angin yang tersedia maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Utara : angin berhembus dengan kecepatan antara 5 – 8 knot. Frekwensi angin terbesar terjadi pada bulan Januari dengan kecepatan 3 – 5 knot.
- Timur: angin berhembus dengan kecepatan 3 – 17 knot. Angin yang berhembus dari arah timur mempunyai frekwensi yang lebih tinggi dari yang datang dari arah utara. Frekwensi yang paling tinggi terjadi pada bulan Mei dengan kecepatan 6 – 8 knot.
- Selatan: angin berhembus dengan kecepatan 3 – 18 knot. Angin yang berhembus pada bulan April - Agustus memiliki frekwensi lebih rendah dibandingkan dengan angin yang berhembus pada bulan September – Maret. Frekwensi angin tertinggi terjadi pada bulan Nopember dengan kecepatan antara 4 – 8 knot. Kecepatan angin tertinggi adalah 17 knot.
- Barat : angin berhembus dengan kecepatan antara 2 – 16 knot. Pada bulan Oktober – Maret frekwensi angin lebih tinggi dibandingkan yang terjadi pada bulan April – September. Frekwensi angin yang tertinggi terjadi dengan kecepatan 8 – 16 knot pada bulan Januari.

Badan Meteorologi dan Geofisika, Indonesia menyebutkan bahwa angin terbanyak pada daerah Pantai Tanah Lot adalah dari Selatan dan Barat Daya. Arah angin ini perlu dipertimbangkan karena pengaruhnya terhadap gelombang sangat besar pantai [ada kerusakan tebing batuan karang sebelah Selatan pura. Kecepatan angin rata-rata yang terjadi di pantai Tanah Lot mencapai 18,5 m/det dengan panjang fetch yang sangat besar karena berhadapan dengan laut lepas (Samudera Indonesia).

- **Analisa Data Gelombang**

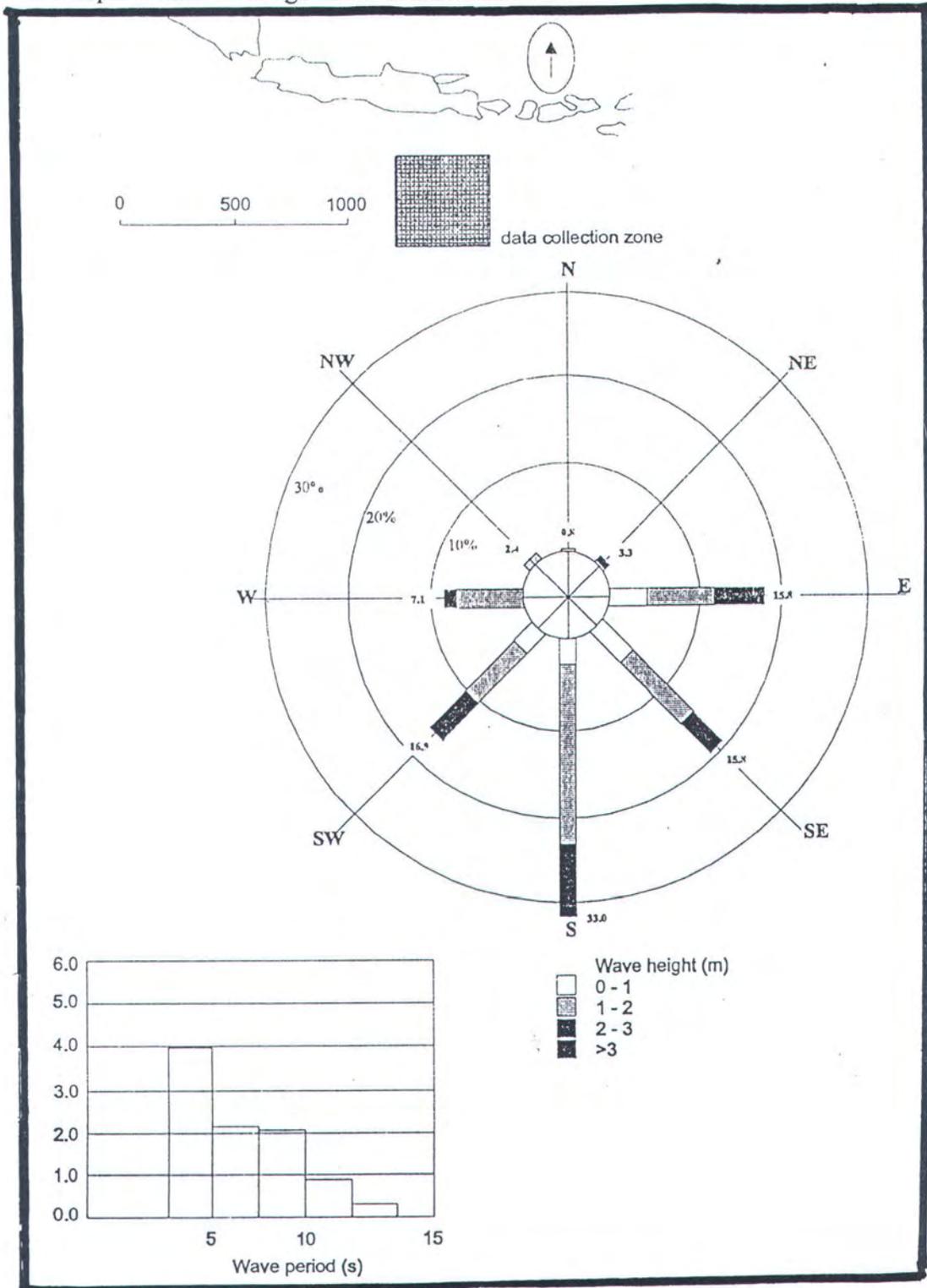
Data gelombang diperlukan untuk memperkirakan transports sedimen dan pemasangan pemecah gelombang. Peramalan gelombang menggunakan data gelombang yang diperoleh dari hasil analisis/perhitungan terhadap data angin. Data angin dibedakan menjadi delapan daerah pembangkitan (Utara, Timur Laut, Timur, Tenggara, Selatan Barat Daya, Barat, Barat Laut) dan empat kelompok berdasarkan tinggi gelombangnya (0-1 m, 1-2 m, 2-3 m, >3 m). Persentase kejadian tinggi gelombang dapat kita lihat pada tabel 4.6, beserta *windrose* – nya.

Dari persentase kejadian gelombang diatas maka arah gelombang dari Timur (32,001%) dan Tenggara (31,526%) adalah merupakan arah gelombang paling dominan, namun arah gelombang yang datang dari Selatan (10,159%) dan Barat Daya (18,879%) mempunyai tinggi gelombang di atas 2 meter. Kedua arah gelombang ini mempunyai peluang besar menyebabkan kerusakan yang terjadi pada pantai Tanah Lot.

Tabel 4.2 Persentase Kejadian Tinggi Gelombang
(Data angin 1977 – 1996) (P.U. Bali, 1998)

Pembangkit Gelombang	Persentase kejadian gelombang (%)				Persentase Total (%)
	0 – 1 m	1 – 2 m	2 – 3 m	> 3 m	
Utara./ N	0.391	0.154	-	-	1.545
Timur Laut./ NE	0.321	0.070	-	-	0.391
Timur./E	29.416	2.557	0.028	-	32.001
Tenggara./ SE	3.997	1.998	-	-	31.526
Selatan./ S	9.600	0.084	0.056	0.014	10.159
Barat Daya./ SW	14.757	0.489	0.922	0.042	18.879
Barat. / W	14.757	3.158	-	-	4.081
Barat Laut./ NW	2.040	0.294	0.070	-	2.404
Unclear Direction	0.014				0.014
	Total				100.00 %

Distribusi gelombang oleh angin dengan based data angin dari tahun 1977 sampai 1996 dapat dilihat dalam gambar 4.3 dibawah ini:



Gambar 4.3 Mawar angin Dari Selatan Pulau Bali (P.U, 1998)

Simulasi menurut JICA adalah berdasarkan gelombang *swell* dengan periode 8 detik, tinggi gelombang rata-rata 2 meter. Arah gelombang angin adalah antara Tenggara dan Barat Daya. sifat gelombang *swell* jika menyebar diatas samudera adalah bertambah periodenya dan berkurang tingginya. Di dalam simulasi ini periode gelombang dipilih 10 - 16 detik, dengan arah Tenggara, Selatan dan Barat Daya.

Hasil analisa *Wave rays* JICA tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut. Bentuk pulau Bali di ujung selatan menyerupai semenanjung berpengaruh terhadap pembelokan arah gelombang. arah gelombang yang datang dari laut dalam arah Tenggara dan Selatan akan berubah arah setelah melalui ujung Selatan Pulau Bali. Arah gelombang tersebut berubah menjadi mendekati arah barat daya setelah mendekati Pantai Tanah Lot.

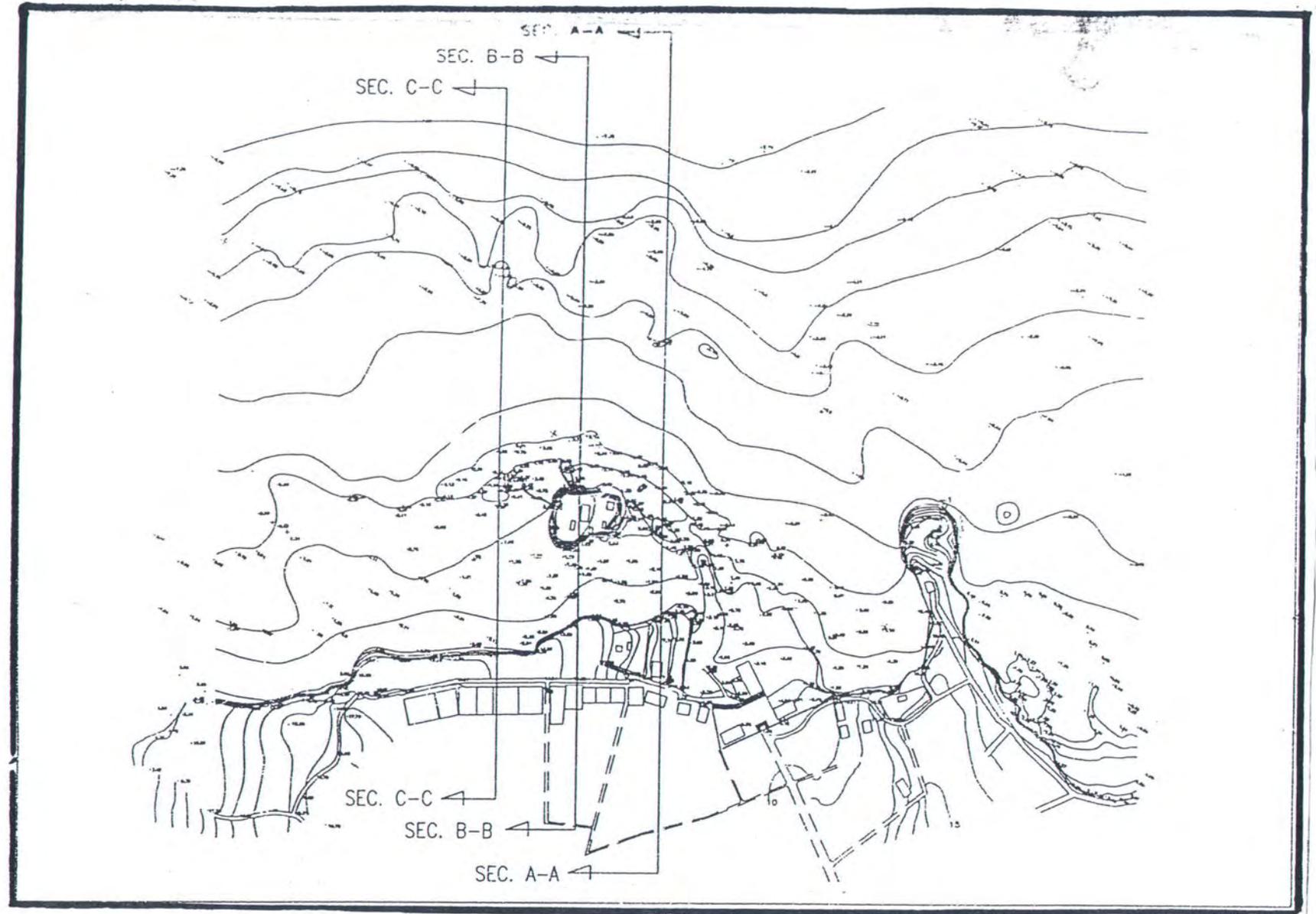
4.1.3 Kondisi Bathymetri

Data bathymetri adalah menunjukkan kedalaman dasar laut dan kontur dasar laut di sekitar daerah penelitian . data ini penting untuk untuk menentukan dimensi geometris dari konstruksi breakwater yang dibangun serta menentukan gelombang pada titik yang ditinjau. data topografi merupakan informasi detail mengenai topografi dasar laut, atau topografi merupakan bentuk-bentuk dasar laut. Berdasarkan hasil survei bathymetri terhadap daerah lokasi, maka dapat disimpulkan :

1. Kedalaman 1 meter terletak pada jarak 0 – 25 meter dari garis pantai.
2. Kedalaman 2 meter terletak pada jarak 26 – 80 meter dari garis pantai.

3. Kedalaman 3 meter terletak pada jarak 81 – 110 meter dari garis pantai.
4. Kedalaman 4 meter terletak pada jarak 111 – 135 meter dari garis pantai.
5. Kedalaman 5 meter terletak pada jarak 136 – 165 meter dari garis pantai.
6. Kedalaman 6 meter terletak pada jarak +166 meter dari garis pantai.

Dari data diatas disimpulkan bahwa kemiringan pantai Tanah Lot adalah 0,04 pada kedalaman antara 0 – 6 meter, setelah kedalaman 6 meter kemiringan pantai 0,02. Jadi kedalaman laut disekitar pantai Tanah Lot termasuk perairan yang cukup dangkal dan landai. Untuk desian pemecah gelombang tambahan *sea bed slope* (kemiringan dasar laut) yang dipakai 0,02 atau 1:50.



55

Gambar 4.4 Peta Batimetry Daerah Sekitar Lokasi (Dinas P.U Bali, 1998)

4.2 PERENCANAAN KONSTRUKSI BANGUNAN PELINDUNG PANTAI

4.2.1. Pemilihan Jenis Konstruksi Submerged Breakwater

Secara umum dapat kita katakan bahwa *breakwater* adalah dibangun untuk dapat merubah pantai dalam beberapa hal. *Breakwater* yang dibangun, pembangunannya dipasang paralel dengan garis pantai atau daerah yang akan dilindungi dari hantaman gelombang datang. Dalam penentuan suatu struktur pemecah gelombang yang akan dipasang ditanah lot, maka kita harus memperhatikan beberapa kondisi batas yang ada. Adalah kurang bijaksana apabila desain *berakwater* yang akan dipasang didasarkan atas pertimbangan semakin besar atau semakin berat struktur yang dipasang, akan semakin kuat pula struktur tersebut dapat menerima energi gelombang sehingga tidak akan terjadi kerusakan pada struktur *breakwater* tersebut. Asumsi ini terlalu konserfatif dan akan menghasilkan desain yang tidak ekonomis.

Agar dapat menentukan jenis *breakwater* yang memungkinkan untuk dipasang di Tanah Lot maka perlu diperhatikan beberapa faktor – faktor berikut :

- Prasarana

Prasarana yaitu sesuatu yang menunjang dan dapat mempengaruhi kelancaran pelaksanaan pembangunannya. Prasarana ini antar lain :

1. Prasarana Transportasi

Kondisi lalu lintas disepanjang jalur Tanah Lot harus dipertimbangkan dalam kaitanya dengan pengangkutan material ke Tanah Lot, mengingat juga pada jalur ramai dipergunakan sebagai jalan untuk mengangkut wisatawan ke objek wisata tersebut.

2. Lokasi Penyediaan Proyek

Mengingat daerah Tanah Lot adalah daerah objek wisata yang sangat ramai pengunjung dari mancanegara maupun domestik, maka perlu dipersiapkan tempat yang dipakai untuk aktifitas pelaksanaan proyek tersebut sehingga tidak mengganggu para wisatawan dalam menikmati keindahan tanah lot.

- Kondisi Alam dan Pengaruh Alam Yang Dapat Merusak Konstruksi

Dari hasil test yang didapat maka tidak masalah dengan pondasi yang dilaksanakan karena tidak ada struktur geologi yang berbahaya terhadap struktur yang akan dibangun. Demikian juga dengan proses scouring.

- Bahan Dan Material Yang Digunakan

Harus dipertimbangkan pula apakah cukup tersedia untuk menyelesaikan struktur tersebut dengan ekonomis. Hal ini sangat menunjang dalam hubungannya dengan kelancaran pelaksanaan proyek

- Aspek Sosial

Mengingat pura Tanah lot adalah merupakan tempat suci bagi umat Hindu dan juga merupakan daerah objek wisata, maka dalam pemasangan struktur breakwater perlu dipertimbangkan aspek sosial. Diharapkan agar jangan sampaisetelah pemasangan breakwater malah menimbulkan kerusakan pada daerah tersebut yang mengakibatkan menurunnya jumlah wisatawan yang datang karena merasa sudah tidak indah lagi seperti sebelumnya. Hal ini tentu saja dapat menyebabkan pengurangan pendapatan dari sektor pariwisata.

Jadi harus tetap diusahakan agar sekalipun terdapat struktur *breakwater*, pemandangan alam Tanah Lot harus tetap alami. Sebab kita tahu bahwa karena keindahannya yang alamiah inilah yang menyebabkan banyaknya wisatawan yang datang dan betah menikmati berjam – jam pemandangan disana. Serta pembangunan dari *breakwater* tidak sampai mengurangi kesucian dari pura Tanah Lot.

Dari berbagai faktor pertimbangan diatas, tampak bahwa dalam kasus ini aspek agama dan pariwisata merupakan faktor pertimbangan utama dalam penentuan jenis struktur yang akan digunakan dalam menanggulangi laju erosi yang ada. Dengan mempertimbangkan faktor diatas dan juga keuntungan dan kerugian dari beberapa struktur, maka jenis *Submerged breakwater* yang merupakan struktur Rouble mound breakwater dapat dipilih sebagai struktur yang akan dipasang untuk menanggulangi erosi disana. *Submerged breakwater* (pemecah gelombang rendah) merupakan salah satu struktur yang sangat cocok untuk melindungi daerah sekitar pura, sehingga diperlukan perencanaan yang baik agar bangunan itu bisa efektif dalam meredam energi gelombang dan tidak mengurangi keindahan pantai. Pemecah gelombang ini berfungsi sebagai tepis terhadap gelombang terjal yang mempunyai sifat mengerus pantai dan meneruskan gelombang yang landai yang mempunyai sifat membangun pantai.

4.2.2. Pengumpulan Data Perencanaan

Setelah melalui pengumpulan data desain dilapangan/lokasi kemudian dilakukan perhitungan gelombang pada kondisi – kondisi LwL dan Hwl. Setelah dilakukan analisa diperoleh data – data sebagai berikut :

- Data gelombang sangat diperlukan dalam perencanaan suatu struktur terutama untuk struktur pelindung pantai. perencanaan *Submerged breakwater* langkah pertama adalah penentuan gelombang rencana adapun data yang diperoleh adalah

Tabel 4.3 Periode Ulang Dari Tinggi Gelombang(Dinas P.U ,Bali 1998)

Return Periode (year)	US Navy Stastitic data (M)	Forecasting Wave (M)	Observation in Tanah Lot (M)	Average (M)
1	>1.0	4.09	3.03	3.56
5	2.70	5.01	4.13	3.95
10	3.40	5.37	4.53	4.43
30	4.50	5.75	5.16	5.14
50	4.95	5.91	5.44	5.50
100	5.40	6.12	5.80	5.77
120	5.70	6.17	5.89	5.92

dari data pada tabel diatas dapat disimpulkan periode ulang yang digunakan adalah 50 tahunan untuk desingn tinggi gelombang rata-rata laut dalam $(H_o)_{50\text{tahunan}} = 5.5$. Frekwensi periode tinggi gelombang $T = 16$ detik. pembangkit

gelombang akan berubah akibat kondisi angin (angin musim barat dan angin desain gelombang untuk material *submerged breakwater*

$$H_o = 5.5 \text{ m}$$

$$\text{koefisien refraksi} = 0.96$$

$$H_o' = 5.3 \text{ m}$$

- Desain gelombang untuk rencana dan cross section *submerged breakwater* perhitungan design gelombang ditinjau dikalikan dengan koefisien 1.2 adalah sama dengan yang terjadi dikota. tinggi gelombang untuk rencana cross section adalah $H_o' = 0.8 \text{ m}$ dan 1,4 pada Lwl dengan $T_o = 13 \text{ detik}$.

- Kondisi pasang surut

dari tabel pasang surut didapat kondisi Hwl, Msl, dan Lwl adalah ;

$$Hwl = 2.60 \text{ m}$$

$$Msl = 1.30 \text{ m}$$

$$Lwl = 0.00 \text{ m}$$

- Kemiringan dasar laut

Berdasarkan survey bathymetri, kemiringan pantai tanah lot adalah 0.004 pada kedalaman 0-6 dari garis pantai dan 0.02 setelah 6 m. untuk perencanaan *submerged breakwater* digunakan kemiringan pantai tanah lot 0.02 atau 1 : 50

- Sea bed level

Submerged breakwater diletakan pada kedalaman 5.5 m

- *Submerged breakwater* direncanakan agar mampu mengurangi/mereduksi energi gelombang sebesar 60 % dari energi gelombang datang.

4.2.3 Perencanaan Submerged Breakwater

4.2.3.1 Lebar Puncak Submarged Breakwater.

1. Kalkulasi dari desain gelombang

a. Desain gelombang pada HWL

- Tinggi gelombang equivalent laut dalam H_o 3.4 m – 5.3 m
- Frekwensi equivalent gelombang laut dalam $T = 16$ detik
- Kemiringan dasar laut = 1:50.
- Kedalaman air laut dalam $d = 5.5 \text{ m} + 2.6 \text{ m} = 8.1 \text{ m}$. maka kedalaman gelombang laut dalam ;

$$L_o = 1.56 \times T^2 = 399.6 \text{ m}$$

$$H_o'/L_o = 5.3/399.6 = 0.013$$

b. Desain gelombang pada LWL

- Tinggi gelombang equivalent laut dalam H_o 0.8 m – 1.3 m
- Frekwensi equivalent gelombang laut dalam $T = 13$ detik
- Kemiringan dasar laut = 1:50.
- Kedalaman air laut dalam $h = 5.5 \text{ m} + 0.0 \text{ m} = 5.5 \text{ m}$. maka kedalaman gelombang laut dalam ;

$$L_o = 1.56 \times T^2 = 263.64 \text{ m}$$

$$H_o'/L_o = 1.3/263.64 = 0.052$$

2. Lebar dari Submarged Breakwater.

Tujuan dari dibangunnya submerged breakwater ini adalah untuk mengurangi energi gelombang yang langsung mengenai pantai tergantung dari lebar *submarged breakwater*.

a. Pada kasus lebar puncak 50 m

kondisi set mengikuti ;

- $H_o' = 5.3$
- $T = 16$ detik
- $H_{1/3} = 5.3$ m
- $L_o = 399.6$ m
- Tidal Level = Hwl (Lwl + 2.6) m
- Cresth pada laut dalam $R = 0.5 + 2.6 = 3.1$ m
- Panjang S/B B = 50 m

sehingga ;

$$H_o'/L_o = 5.3/399.6 = 0.013$$

$$B/L_o = 50/399.6 = 0.125$$

$$R/H_o' = 0.58$$

b. Pada kasus lebar puncak 60 m

kondisi set mengikuti ;

- $H_o' = 5.3$
- $T = 16$ detik
- $H_{1/3} = 5.3$ m
- $L_o = 399.6$ m
- Tidal Level = Hwl (Lwl + 2.6) m
- Cresth pada laut dalam $R = 0.5 + 2.6 = 3.1$ m
- Panjang S/B B = 60 m

sehingga ;

$$Ho'/Lo = 5.3/399.6 = 0.013$$

$$B/Lo = 60/399.6 = 0.15$$

$$R/Ho' = 0.6$$

c. Pada kasus lebar puncak 70 m

kondisi set mengikuti ;

- $Ho' = 5.3$

- $T = 16$ detik

- $H_{1/3} = 5.3$ m

- $Lo = 399.6$ m

- Tidal Level = Hwl ($Lwl + 2.6$) m

- Cresth pada laut dalam $R = 0.5 + 2.6 = 3.1$ m

- Panjang S/B $B = 70$ m

sehingga ;

$$Ho'/Lo = 5.3/399.6 = 0.013$$

$$B/Lo = 50/399.6 = 0.6$$

$$R/Ho' = 0.58$$

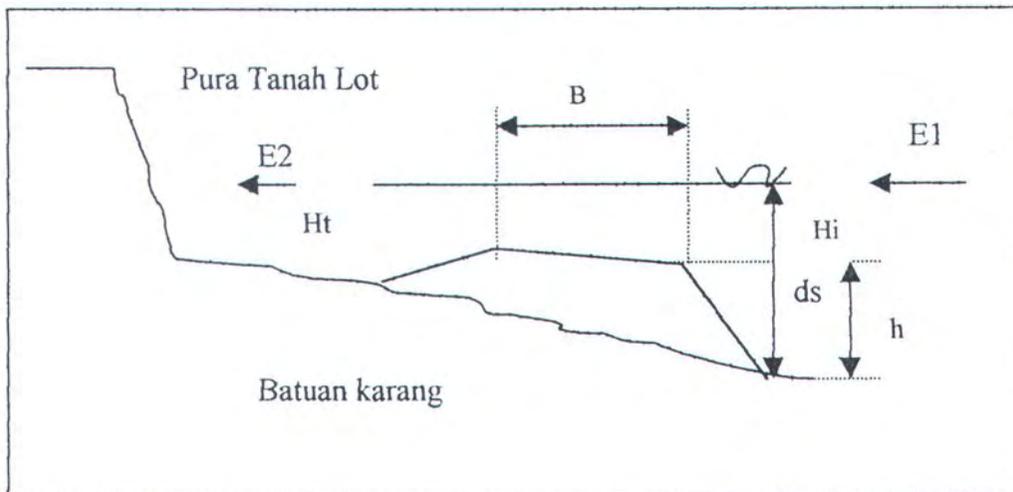
Untuk lebih lanjutnya diperoleh perbandingan koefisien dari masing – masing kondisi dengan panjang struktur yang di asumsikan sebagai berikut..

Tabel 4.4 Penentuan Lebar Puncak Dari Perbandingan Koefisien Transmisi Pada Masing – Masing Lebar Yang Diasumsikan

Ho' (m)	5,3		
To (s)	16		
Lo (m)	399,4		
Ho' / Lo	0,013		
B (m)	50	60	70
B/Lo	0,13	0,15	0,18
LWL	0,00		
R (m)	3,10	3,10	3,10
R /Ho'	0,60	0,60	0,60
Kt (Uda)	0,58	0,56	0,53
Kt (Tanak)	0,52	0,48	0,45
Kt (Naka)	0,5	0,48	0,43
Kt (Avera)	0,53	0,51	0,47
Ht (m)	2,83	2,69	2,49

Berdasarkan perhitungan dari masing – masing kondisi diperoleh bahwa pada panjang 70 m diperoleh angka koefisien transmisi yang paling kecil. Dimana koefisien transmisi akan berpengaruh pada tinggi dari struktur *submerged breakwater* yang akan dibangun dan kemampuan struktur dalam mereduksi besarnya energi gelombang

4.2.3.2 Perhitungan Tinggi Struktur



Gambar 4.5 Desain Parameter Submerged Breakwater

Keterangan gambar :

- E1 = Energi gelombang datang.
- E2 = Energi gelombang setelah melewati struktur
- B = Lebar puncak.
- d = Kedalaman air laut
- h = Tinggi struktur
- Hi = Tinggi gelombang datang.
- Ht = Tinggi gelombang setelah melewati struktur

Submerged breakwater direncanakan untuk mengurangi besarnya energi gelombang sebanyak 60 % maka tinggi struktur dapat dihitung sebagai berikut :

Dengan memperhatikan besar energi gelombang pada E1 yaitu energi gelombang datang maka Besar energi gelombang datang adalah

$$E_1 = \frac{1}{8} \rho g H^2 L$$

$$= 1/8 (1025)(9.8)(5.4)^2(399.36)$$

$$= 14.622,177 \text{ KJ}$$

E2 yaitu besar pengurangan energi yang diharapkan, maka

$$E2 = (100 - 60) E1$$

$$E2 = \frac{40}{100} \left(\frac{1}{8} \rho g H_i^2 L \right)$$

$$E2 = (0,4) \left(\frac{1}{8} \cdot 1025 \cdot 9.81 \cdot 5,5^2 \cdot 399,36 \right)$$

$$E2 = 6.073.692.768 \text{ J}$$

$$E2 = 6073,693 \text{ J}$$

Maka besar tinggi gelombang transmisi dibelakang struktur *submerged breakwater* adalah dihitung dari energi gelombang setelah mengenai struktur E2 adalah :

$$E2 = 1/8 \rho g H_t^2 L$$

$$H_t^2 = 8E/\rho g L$$

$$H_t^2 = (8)(6.073.692,768)/(1025)(9.8)(399,36)$$

$$H_t = 3.48 \text{ meter}$$

Pengurangan tinggi gelombang oleh pemecah gelombang bawah air (*submerged breakwater*) merupakan fungsi bari lebar puncak dan periode gelombang datang dan periode gelombang datang (Siladarma, 1987) :

$$\frac{H_t}{H_i} = \exp\left\{-0,493 - 0,819\left(\frac{B}{gT^2}\right) + 0,444 \ln\left(\frac{d-h}{H_i}\right)\right\}$$

$$\ln \frac{H_t}{H_i} = \ln \exp\left\{-0,493 - 0,819\left(\frac{B}{gT^2}\right) + 0,444 \ln\left(\frac{d-h}{H_i}\right)\right\}$$

$$\text{Ln} \frac{Ht}{Hi} = \{-0,493 - 0,819(\frac{B}{gT^2}) + 0,444 \ln(\frac{d-h}{Hi})\}$$

$$\text{Ln} \frac{3,48}{5,5} = \{-0,493 - 0,819(\frac{70}{9.81 \times 16^2}) + 0,444 \text{Ln}(\frac{8,1-h}{5,5})\}$$

$$-0,458 = -0,516 + 0,444 \text{Ln}(\frac{8,1-h}{5,5})$$

$$0,444 \text{Ln}(\frac{8,1-h}{5,5}) = 0,058$$

$$\text{Ln}(\frac{8,1-h}{5,5}) = 0,13$$

$$\frac{8,1-h}{5,5} = \ln \exp(0,13)$$

$$h = 1,83 \text{ meter}$$

jadi tinggi struktur untuk bisa mereduksi energi gelombang sebesar 60 % adalah 1,82 meter

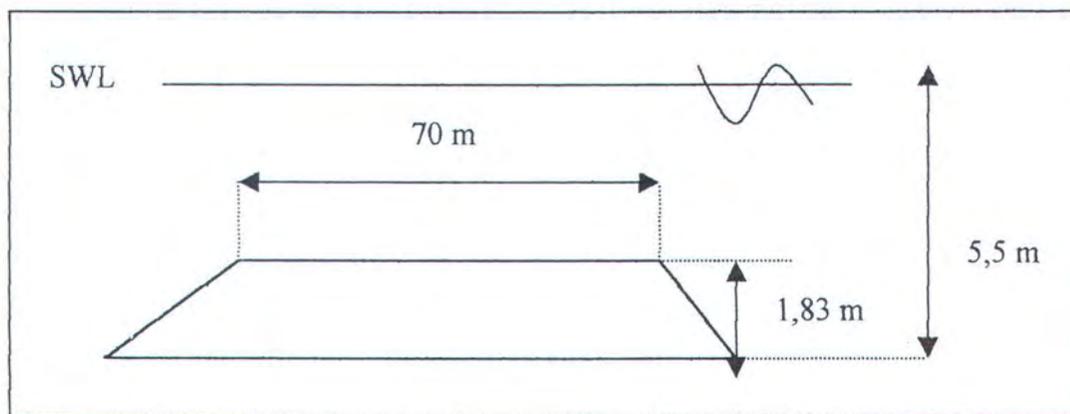
4.2.3.3 Panjang Submerged Breakwater

Panjang *submerged breakwater* yang akan dibangun di Tanah Lot berdasarkan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} L_p &= (0,3 - 0,5) L_o \\ &= (0,2 - 0,5) (1,56)(16)^2 \\ &= 180 \end{aligned}$$

karena daerah yang dilindungi cukup panjang maka dipasang double *submerged breakwater* agar daerah sekitar pura juga terlindungi.

Berikut adalah gambar dimensi hasil dari perencanaan submerged breakwater



Gambar 4.6 Dimensi Submerged Breakwater

Keterangan :

Panjang submerged breakwater = 180 m

Lebar puncak = 70 m

Tinggi struktur = 1,83 m

Breakwater dipasang pada kedalaman = 5,5 m

Adapun lay out dari hasil perencanaan pembangunan submerged breakwater dapat dilihat pada lampiran I

4.2.3 Pemilihan Material Dari Submerged Breakwater

Pembangunan submerged breakwater diharapkan memperoleh struktur konstruksi stabil. agar diperoleh struktur yang stabil maka harus diusahakan agar setiap unit material yang dipasang satu sama lainnya harus cukup kuat untuk menerima energi gelombang yang datang menghantamnya. Setiap unit material yang dipasang satu sama lainnya saling mengait (interlocking), sehingga struktur tersebut akan lebih terhindar dari keruntuhan. Untuk itu juga harus diperhatikan

berat masing-masing unit material yang akan dipasang. penentuan berat masing unit ini dengan menggunakan formulasi hudson yaitu :

$$W = \frac{\rho g H^3}{K_d \Delta^3 \cot \theta}$$

dimana :

W = berat dari unit armor unit (newton)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

Δ = density relatif armor

$$= \frac{\rho_a - \rho}{\rho}$$

θ = slope breakwater (derajat)

ρ = densitas air laut (kg/m)

ρ_a = densitas unit armor (kg/m)

persamaan Hudson telah banyak digunakan secara luas dengan perencanaan. pemilihan material inti harus mempertimbangkan aspek pembangunanya dan aspek ekonomisnya material penyusun dari konstruksi dari submarged breakwater dapat menggunakan material alam maupun buatan. beberapa material penyusun dari konstruksi breakwater antara lain :

a. Batu

Batu memiliki karakteristik sangat asar, permukaanya bersiku-siku dan tidak rata. Armor unit dari batu didapatkan dengan meledakan bukit batuan. peledakaannya dilakukan oleh kontraktor yang ahli agar diperoleh ukuran

yang sesuai dengan kebutuhan. koefisien damage K_d batu didapat dilihat pada tabel 4.5. Batu memiliki porositas (n) sekitar 37% dan koefisien lapisan ($K\Delta$) berkisar antara 1.00 – 1.15.

Tabel 4.5 Koefisien Damage Dari Batu

Damage (%)	Koefisien Damage
0-5	4.0
5-10	4.9
10-15	6.6
15-20	8.0
20-30	10.0
30-40	12.2
40-50	15.0

b.Kubus

Seperti halnya batu kubus termasuk tipe yang tertua. Dari segi pembuatan, beton kubus relatif lebih mudah dibuat. harga koefisien damage dapat dilihat pada tabel 4. 6.

Tabel 4.6 Koefisien Damage Kubus

Damage	Koefisien Damage
0	3.5
1	7.0
2	8.0
5	14.0

kubus yang ditempatkan secara random memiliki harga porositas (n) sekitar 47% dan koefisien lapis ($K\Delta$) sekitar 1.10

c. Akmon

Terbuat dari beton, namanya berasal dari bahasa Yunani, dikembangkan pada tahun 1962 oleh Delf Hydraulic Laboratory. Koefisien damage armor unit jenis ini dapat dilihat pada tabel 4.7 .

Tabel 4.7 Koefisien Damage Dari Aknom

Damage (%)	Koefisien Damage
0	4.8
2	11.0
1	12.0
5	17.0

porositas (n) dari Akmon berkisar antara 55 % - 60%, dan koefisien Lapisan 1.00.

d. Tetrapod

Tetrapod adalah armor unit dari beton yang mempunyai empat kaki. Sudut dari keempat kaki dari tetrapod memiliki besar yang sama. tetrapod dikembangkan oleh sogreah di perancis pada tahun 1950. koefisien damage tetrapod dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4.8 Koefisien Damage dari Tetrapod

Damage (%)	Koefisien Damage
0-5	8.3
5-10	10.8
10-15	13.4
15-20	15.9
20-30	19.2
30-40	12.2
40-50	15.0

besar harga K_D yang diberikan tetrapod menunjukkan bahwa tetrapod memiliki stabilitas yang baik dari pada ketiga tipe sebelumnya, tetapi bukan berarti tetrapod adalah armor unit yang paling optimum. Tetrapod armor layer memiliki porositas sebesar 50 % dan koefisien Lapisan 1,04.

dengan membandingkan stabilitas dari berat masing armor unit didapat nilai-nilai besar berat armor unit pada tiap-tiap kondisi Hwl dan Lwl. adapun perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4. 9 Perhitungan armor unit pada kondisi Lwl = 1.3 m

LWL	H=5,5 m				H=6.0 m			
	W(kg)				Aknom			
Wave Period	Batu	Tetrapod	Dolos	Aknom	Batu	Tetrapod	Dolos	Akmon
12	7,125.79	3,006.19	1,539.17	1,156.40	10,261.14	4,328.92	2,216.41	1,665.22
13	7,749.54	3,269.34	1,673.90	1,257.63	11,159.34	4,707.35	2,410.42	1,810.98
14	8,371.63	3,531.78	1,808.27	1,358.58	12,055.14	5,085.76	2,603.91	1,956.36
15	8,992.05	3,791.52	1,942.28	1,459.27	12,948.56	5,462.67	2,796.89	2,101.34
16	9,610.82	4,054.57	2,075.94	1,559.68	13,839.58	5,838.35	2,989.35	2,245.94

Tabel 4.10 Perhitungan armor unit pada kondisi Hwl = 5.4 m

HWL	H =5,5 m				H =6.0 m			
	W(kg)				W(kg)			
Wave period	Batu	Tetrapod	Dolos	Aknom	Batu	Tetrapod	Dolos	Akmon
12	11,847.58	4,998.20	2,559.08	1,922.67	17,060.51	7,197.40	3,685.07	2,768.65
13	12,908.52	5,445.78	2,788.24	2,094.46	18,588.27	7,841.93	4,015.07	3,016.58
14	13,966.01	5,891.91	3,016.66	2,266.46	20,111.05	8,484.35	4,343.99	3,263.70
15	15,018.90	6,336.10	3,244.08	2,437.33	21,627.21	9,484.35	4,671.48	3,509.75
16	16,068.33	6,778.83	3,470.76	2,607.63	23,138.40	9,761.51	4,997.89	3,754.99

4.2.3.1 Pemilihan Armor Unit

berdasarkan dari analisa perhitungan berat dari beberapa armor unit jenis dan bentuk batuan pelindung yang digunakan dalam pembuatan konstruksi submerged breakwater harus dipilih dengan mempertimbangkan berbagai faktor. Pemilihan harus dilakukan secara teliti karena disamping sebagai penyusun dari konstruksi breakwater juga akan mempengaruhi tingkat stabilitas struktur terhadap gelombang datang. Ada beberapa pertimbangan yang digunakan dalam penentuan dan pemilihan material konstruksi :

1. Analisa biaya dari bahan-bahan yang diperlukan.
2. Ketersediaan material dilokasi konstruksi.
3. Kemudahan Akses dan Pembangunan di lokasi.
4. Kelengkapan sarana dan prasarana penunjang.
5. Ketersediaan Peralatan
6. Tenaga kerja yang tersedia.

Denagan memperhatikan pertimbangan – pertimbangan diatas dari analisa berat butir dari masing – masing armor unit jika dalam pemilihan material dengan menggunakan batu kita akan kesulitan untuk memperoleh berat yang mencapai dari hasil perhitungan diatas. Sebagai pilihan yang tepat dalam perencanaan submerged breakwater di Tanah Lot adalah menggunakan tetrapod, selain memiliki stabilitas yang paling stabil dibanding dengan armor unit lainnya, tetrapod sangat cocok untuk meredam gelombang yang cukup besar karena ikatan antara kaki – kaki tetrapod yang saling mengunci dapat meneruskan gelombang pada sela – sela kaki tetrapod sehingga gelombang yang datang tidak mengurangi keindahannya. Dengan pertimbangan lain tetrapod dapat dibuat dengan berbagai type berdasarkan standar dari hasil perhitungan dari berat yang didesain.

4.2.3.2 Perbandingan Material Yang Digunakan Untuk Submerged Breakwater

Ada dua type material yang digunakan pada pembangunan submerged breakwater diantaranya :

- a. Kasus I, Campuran antara tetrapod dengan armor blok dengan batu alam
Tetrapod digunakan pada sisi samping breakwater dan batu alam diletakan pada sisi dalam dari breakwater. Penggunaan dari batu alam ini melebihi dari penggunaan tetrapod.
- b. Kasus II Tetrapod tanpa pengurangan berat
Tetrapod yang digunakan untuk seluruh bagian submerged breakwater. ketika seluruh bagian diisi dengan tetrapod, sehingga berat penahan dari

tetrapod, sehingga berat penahan dari tetrapod tidak dijadikan pertimbangan yang tidak terlalu diperhitungkan.

c. Kasus III, Tetrapod dengan pengurangan berat

Pada daerah lain pada bagian dari submerged breakwater, tidak dilakukan dengan tujuan study, terhadap type dari submerged breakwater. Asumsi bahwabah penyusun seluruh submerged breakwater terbuat dari armor batuan. Dalam penyusunan selanjutnya *submerged breakwater* terdiri dari ukuran tetrapod tanpa memperhitungkan berat penahannya.

d. Kasus IV, modifikasi kasus III

Dalam penyusunan *submerged breakwater* terdiri dari ukuran tetrapod dengan memperhitungkan berat penahannya.

Adapun perbandingan penggunaan material adalah :

1. Kasus I

1. Persamaan untuk tetrapod.

Dalam kasus ini perhitungan tetrapod untuk *submerged breakwater* digunakan persamaan Hudson. Persamaan ini digunakan pada cresth yang tinggi dari Hwl, untuk *submerged breakwater* di Tanah Lot pembangunan struktur dibawah garis permukaan air dengan menggunakan persamaan dari Brehner – Donnelly (CERC, 1984).

Nilai dari rate kerusakan adalah 0 % sehingga :

$$W = \frac{\rho x H_s^3}{N_s^3 x (S_r - 1)^3}$$

dimana : W= berat dari tetrapod

$\rho = \text{Berat beton } (2.3 \text{ t/m}^3)$

$N_s = \text{Faktor stabilitas}$

$S_r = \text{Grafiti relatif beton dengan air laut } (2.3/1.03 = 2.23)$

- a. Perhitungan berat tetrapod pada HWL

$$R/H_s = 3.1/5.4 = 0.57$$

$N_s = 2.6$ (dari tabel lampiran IV)

$$W = (2.3 \times 5.3^3) / (2.6^3 \times (2.3/1.03 - 1)^3) = 11.50 \text{ ton}$$

- b. Perhitungan berat tetrapod pada LWL

$$R/H_s = 0.5/3.9 = 0.57$$

$N_s = 1.9$ (dari tabel lampiran IV)

$$W = (2.3 \times 3.9^3) / (1.9^3 \times (2.3/1.03 - 1)^3) = 10.61 \text{ ton}$$

hasilnya, standart tetrapod yang cocok adalah 11.5 ton untuk Hwl dan 10.61 ton untuk Lwl, tetapi type berat tetrapod yang digunakan adalah 16 ton.



2. Persamaan X – Shape blocks beton

Berat dari X – shape blocks armor untuk *submerged breakwater* adalah menggunakan perhitungan nilai N_s pada tabel pada lampiran 2 dan persamaan dari Brebner – donnelly (SPM vol I, 1984) :

$$W = \frac{rxH_s^3}{N_s^3 x (S_r - 1)^3}$$

- a. Perhitungan berat tetrapod pada HWL

$$R/H_s = 3.1/5.4 = 0.57$$

$$H_s/h = 5.4/8.1 = 0.67$$

$$N_s = 2.8 \text{ (dari tabel lampiran V)}$$

$$W = (2.3 \times 5.4^3) / (2.8^3 \times (2.3/1.03 - 1)^3) = 8.8 \text{ ton}$$

b. Perhitungan berat tetrapod pada HWL

$$R/H_s = 0.5/3.9 = 0.57$$

$$H_s/h = 3.9/5.5 = 0.71$$

$$N_s = 2.1 \text{ (dari tabel lampiran V)}$$

$$W = (2.3 \times 3.9^3) / (2.1^3 \times (2.3/1.03 - 1)^3) = 7.86 \text{ ton}$$

hasilnya, standart block X – shape yang cocok adalah 8.8 ton untuk Hwl dan 7.86 ton untuk Lwl, tetapi type berat tetrapod yang digunakan adalah 10 ton.

3. Persamaan untuk kasus I Desain untuk rata – rata pengurangan berat.

Penempatan X – shape blok di sepanjang tetrapod, untuk menahan tinggi gelombang yang datang tidak rata. berat dan ukuran dari X – shape block ini tidak sama. berat armor unit yang dibutuhkan untuk breakwater adalah :

$X/H_o'5$	$W_r/W_{max} \times 1$
$5X/H_o'1$	$W_r/W_{max} \times 0.4$
$10X/H_o'$	$W_r/W_{max} \times 0.1$

Sehingga,

$X \geq 6.5$	$W_r = W_{max} \times 1$
$2.6.5X \geq 43.5$	$W_r = W_{max} \times 0.4$
$43.5X$	$W_r = W_{max} \times 0.1$

a. Perhitungan pengurangan berat armor blocks armor untuk Hwl

$$W_{\max} = 8.8$$

X 26.5 : $W_r = 8.8$ 10 ton type (berat sebenarnya – 10.3 t)

26.5X53.5: $W_r = 3.52$ 4 ton type (berat sebenarnya – 4.3 t)

43.5X : $W_r = 0.88$ 1 ton type (berat sebenarnya – 1.2 t)

b. Perhitungan pengurangan berat armor blocks armor untuk Lwl

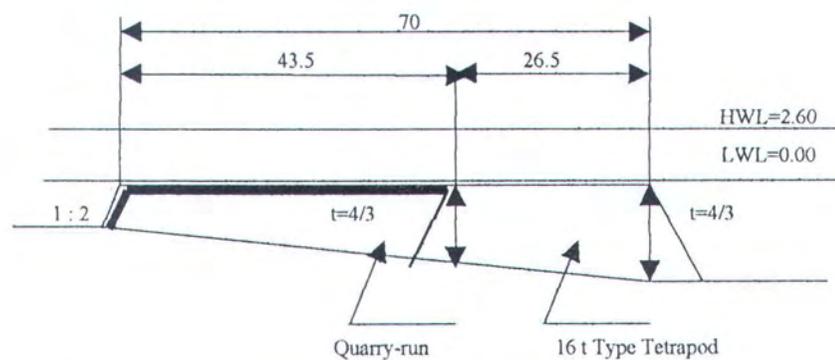
$$W_{\max} = 7.89$$

X 26.5 : $W_r = 7.89$ 10 ton type (berat sebenarnya – 10.3 t)

26.5X53.5: $W_r = 3.16$ 4 ton type (berat sebenarnya – 4.3 t)

53.5X : $W_r = 0.79$ 1 ton type (berat sebenarnya – 1.2 t)

Type dari cross section dari submerged breakwater pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.7 Cross Section Pada Desain Kasus I

2. Kasus II

1. Persamaan untuk tetrapod.

Dalam kasus ini perhitungan tetrapod untuk *submerged breakwater* digunakan persamaan Hudson. Persamaan ini digunakan pada crest yang tinggi dari Hwl, untuk *submerged breakwater* ditanah lot pembangunan struktur dibawah garis permukaan air dengan menggunakan persamaan dari Brehner – Donnelly (CERC, 1984).

Nilai dari rate kerusakan adalah 0 % sehingga :

$$W = \frac{\rho x H_s^3}{N_s^3 x (S_r - 1)^3}$$

dimana : W= berat dari tetrapod

ρ = berat beton (2.3 t/m³)

Ns = Faktor stabilitas

Sr = grafiti relatif beton dengan air laut (2.3/1.03 = 2.23)

c. Perhitungan berat tetrapod pada HWL

$$R/H_s = 3.1/5.4 = 0.57$$

Ns = 2.6 (dari tabel lampiran IV)

$$W = (2.3 \times 5.3^3) / (2.6^3 \times (2.3/1.03 - 1)^3) = 11.50 \text{ ton}$$

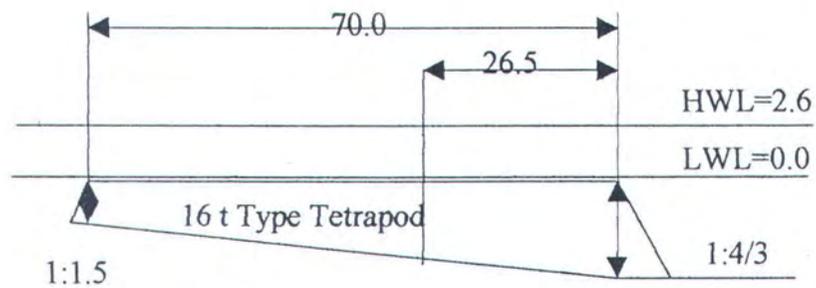
d. Perhitungan berat tetrapod pada LWL

$$R/H_s = 0.5/3.9 = 0.57$$

Ns = 1.9 (dari tabel lampiran IV)

$$W = (2.3 \times 3.9^3) / (1.9^3 \times (2.3/1.03 - 1)^3) = 10.61 \text{ ton}$$

hasilnya, standart tetrapod yang cocok adalah 11.5 ton untuk Hwl dan 10.61 ton untuk Lwl, tetapi type berat tetrapod yang digunakan adalah 16 ton. Berat untuk mengisi seluruh bagian submerged breakwater pada kasus ini perhitungan sama dengan kasus I. Berat tipe tetrapod yang digunakan adalah 16 ton.



Gambar 4.8 Cross Section Pada Desain Kasus II

3. Desain submerged breakwater pada kasus III

1. Berat tetrapod mula – mula.

Tetrapod yang diisi pada seluruh bagian dari *submerged breakwater* adalah dengan mempertimbangkan tersedianya batuan alam. pada kasusu ini berat tetrapod yang sebenarnya 11.50 ton untuk Hwl dan 10.61 ton untuk Lwl.

2. Perhitungan pengurangan berat armor blocks armor untuk Hwl

$$W_{\max} = 11.5 \text{ ton}$$

$$X \ 26.5 : W_r = 11.5 \quad 16 \text{ t type}$$

$$26.5 \times 53.5 : W_r = 4.40 \quad 6.3 \text{ t type}$$

$$53.5 \times : W_r = 1.1 \quad 2 \text{ t type}$$

perhitungan pengurangan berat armor blocks armor untuk Lwl

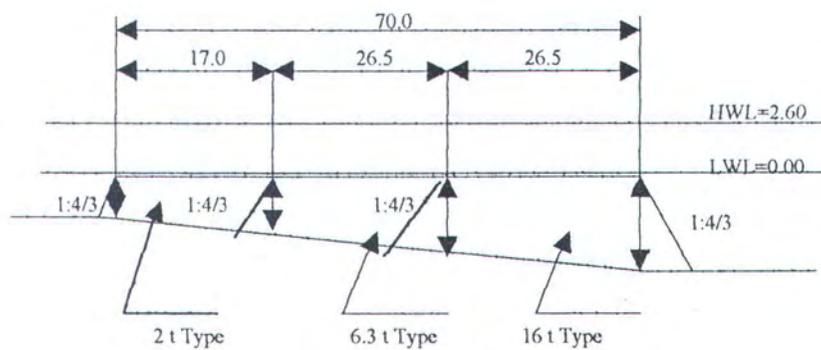
$$W_{\max} = 10.61$$

$$X_{26.5} : W_r = 10.61 \quad 12 \text{ ton type (berat sebenarnya 12.5 t)}$$

$$26.5 \times 53.5 : W_r = 4.24 \quad 6 \text{ ton type (berat sebenarnya - 6.3 t)}$$

$$53.5 \times X : W_r = 1.06 \quad 1.10 \text{ ton type (berat sebenarnya - 2 t)}$$

Type tetrapod 16 ton digunakan pada bagian 26.5 m disisi breakwater yang lebih dalam, type tetrapod 5 ton digunakan pada bagian tengah antara 26.5m dan 53.5 m dan type tetrapod 2 ton digunakan pada bagian antara 53.5 m dan 70 m. Type dari cross sectionnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.9 Cross Section Pada Desain Kasus III

4. Design *Submerged Breakwater* pada kasus IV (modifikasi pada kasus III).

Type tetrapod dengan berat 2 ton, sangat mudah dipindahkan oleh gaya gelombang dengan jarak gelombang dengan jarak yang cukup jauh dari

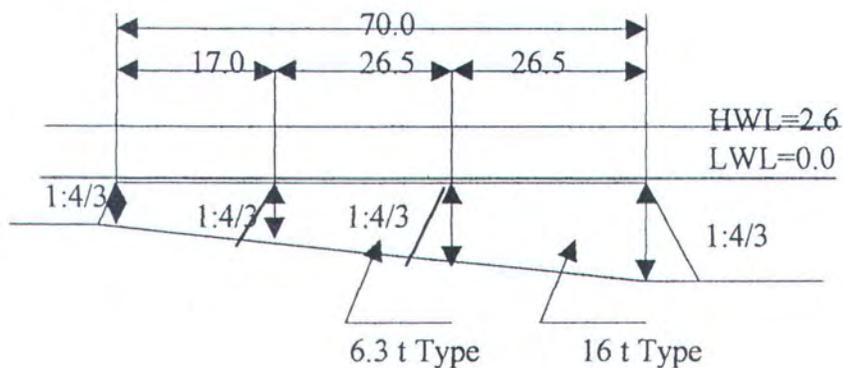
posisi semula. pada kondisi semula. pada kondisi lain, jika tetrapod 6.3 ton ditempatkan pada tetrapod 2 ton maka kemungkinan menjadi efektif. Beberapa kemungkinan menjadi efektif.

$$W_{\max} = 11.5 \text{ ton}$$

$$X26.5 : W_r = 11.50 \quad 16 \text{ ton type (berat sebenarnya 16 t)}$$

$$26.5 \times 70.0 : W_r = 4.40 \quad 6 \text{ ton type (berat sebenarnya 6.3 t)}$$

pada desain ini, sisi dari submerged breakwater akan mendapat gaya refleksi dari sudut dari breakwater. gaya reaksi ini lebih besar yang diperhitungkan dan type tetrapod 6.3 ton juga dengan mudah dapat dipindahkan maka salah satu langkah yang dapat diambil adalah menepatkan tetrapod dengan type 16 ton pada lokasi konstruksi dari struktur tersebut. Type dari cross sectionnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



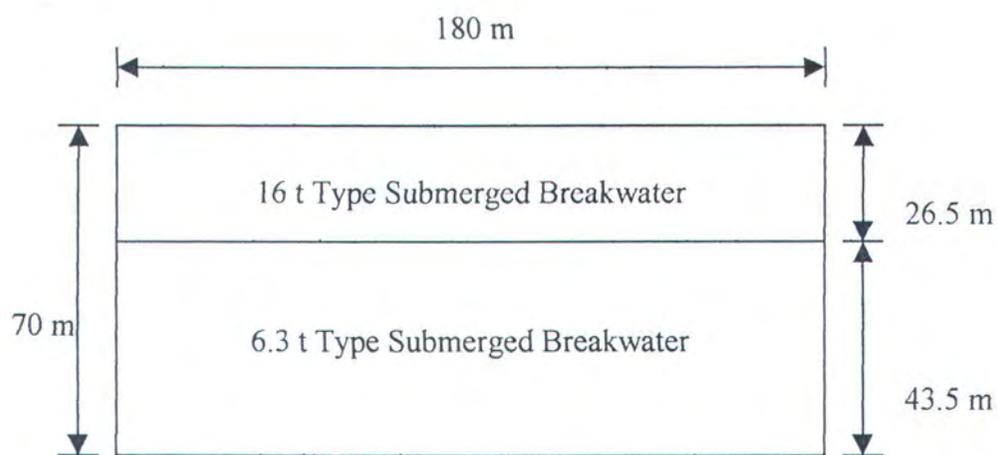
Gambar 4.10 Cross Section Pada Desain Kasus IV

Dengan memperhatikan cross section dari masing – masing struktur diatas dapat dipilih struktur dengan perbandingan material Pada lampiran IV. Dari lampiran IV dapat disimpulkan bahwa Desain pada kasus IV merupakan desain yang paling

efektif untuk direncanakan dan memiliki nilai stabilitas antara material penyusun dan ikatan saling mengunci (interlocking) sangat efektif untuk meredam datangnya gelombang yang cukup besar.

4.2.4 Perhitungan Jumlah Butiran Dari Tetrapod Dan Penyusunan Tetrapod

Dari hasil perencanaan dan alternatif desain dalam hal ini kasus 4 maka setruktur dapat dilihat sebagai berikut



Gambar 4.11 Rencana Modifikasi Submerged Breakwater Kasus IV

Perhitungan penggunaan Jumlah Butiran Pada masing – Masing section :

- Untuk Tetrapod type 16 t

Ukuran dari struktur yang ditempati tetrapod type 16 t adalah 180 x 26.5 maka

dari data pada tabel lampiran VI diperoleh data – data sebagai berikut :

$$S = 3.38 \text{ m}$$

$$S_0 = 3.5 \text{ m}$$

$$B = 13.90 \text{ m}$$

$$B' = 70 \text{ m}$$

$$P1 = 180 \text{ m}$$

$$L2 = 26.5 \text{ m}$$

Dengan memperhatikan data diatas dapat dihirung jumlah tetrapod yang digunakan dengan perhitungandi bawah ini :

Untuk lapisan pertama

$$B = (n-1)S_0 + S$$

$$N = ((B - S)/S_0) + 1$$

$$N = ((13.90 - 3.38)/3.5) + 1$$

$$N = 3 + 1$$

$$N = 4$$

Jadi

jumlah tetrapot Lapisan pertama untuk P1 = $(180/13.90) \times 4 = 52$ butir

jumlah tetrapot Lapisan pertama untuk L1 = $(26.5/13.90) \times 4 = 8$ butir

Untuk lapisan kedua

$$B' = (n-2)S_0$$

$$N = (B'/S_0) + 2$$

$$N = (7/3.5) + 2$$

$$N = 4 \text{ butir}$$

Jadi

jumlah tetrapot Lapisan pertama untuk P'1 = $(180/7.00) \times 4 = 103$ butir

jumlah tetrapot Lapisan pertama untuk L'1 = $(26.5/7.00) \times 4 = 15$ butir

Total jumlah keseluruhan tetrapod lapis lindung untuk tipe adalah

$$N = (P1 \times L1) + (P'1 + L'1)$$

$$N = (52 \times 8) + (103 + 15)$$

$$N = 416 + 118$$

$$N = 534 \text{ buah}$$

- Untuk Tetrapod type 6.3 t

Ukuran dari struktur yang ditempati tetrapod type 16 t adalah 180 x 26.5 maka

dari data pada tabel lampiran D diperoleh data – data sebagai berikut :

$$S = 2.47\text{m}$$

$$S0 = 2.25\text{m}$$

$$B = 10.10 \text{ m}$$

$$B' = 5.10 \text{ m}$$

$$P1 = 180 \text{ m}$$

$$L2 = 43.5 \text{ m}$$

Dengan memperhatikan data diatas dapat dihirung jumlah tetrapod yang

digunakan dengan perhitungan di bawah ini :

Untuk lapisan pertama

$$B = (n-1)S0 + S$$

$$N = ((B - S)/S0) + 1$$

$$N = ((10.10 - 2.47)/2.25) + 1$$

$$N = 3 + 1$$

$$N = 4$$

Jadi

jumlah tetrapod Lapisan pertama untuk P2 = $(180/10.1) \times 4 = 71$ butir

jumlah tetrapot Lapisan pertama untuk L2 = $(43.5/10.10) \times 4 = 17$ butir

Untuk lapisan kedua

$$B' = (n-2)S_o$$

$$N = (B'/S_o) + 2$$

$$N = (5.1/2.55) + 2$$

$$N = 4 \text{ butir}$$

Jadi

jumlah tetrapot Lapisan pertama untuk P'1 = $(180/5.1) \times 4 = 141$ butir

jumlah tetrapot Lapisan pertama untuk L'1 = $(43.5/5.1) \times 4 = 34$ butir

Total jumlah keseluruhan tetrapod lapis lindung untuk tipe 6.3 t adalah :

$$N = (P1 \times L1) + (P'1 + L'1)$$

$$N = (71 \times 17) + (141 + 34)$$

$$N = 1207 + 175$$

$$N = 1382 \text{ butir}$$

4.2.5 Energi dan Tenaga Gelombang

Energi total gelombang adalah jumlah energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik adalah sebagian dari energi total yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi potensial adalah bagian dari energi yang dihasilkan oleh sebagian massa air yang berada di atas lembah gelombang. Besar energi gelombang adalah

$$\begin{aligned} E &= 1/8 \rho g H^2 L \\ &= 1/8 (1025)(9.8)(5.4)^2(399.36) \\ &= 14.622,177 \text{ KJ} \end{aligned}$$

Fluks energi gelombang adalah energi gelombang tiap satu satuan waktu yang menjalar dalam arah penjalaran gelombang. Fluks energi gelombang dapat ditulis sebagai hasil kali dari gaya yang bekerja pada bidang vertikal tegak lurus penjalaran gelombang dengan kecepatan partikel melintasi bidang tersebut. Rata-rata fluks energi tiap satu satuan lebar maka besarnya tenaga gelombang adalah :

$$\bar{F} = \bar{E}nC = \bar{E}Cg$$

Fluks Energi \bar{F} sering disebut sebagai tenaga gelombang dengan :

$$Cg = \frac{1}{2} \frac{L}{T} \left(1 + \frac{4\pi d / L}{\sinh(4\pi d / L)} \right) = nC$$

$$n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right)$$

Harga n bertambah dari 0,5 di laut dalam sampai 1,0 di laut dangkal.

$$C = L/T = 399.36/16 = 24.96 \text{ m/s.}$$

$$n = 0.5 \left[1 + \frac{(2)(0.48)(5)}{\sinh (2)(0.48)(5)} \right]$$

$$n = 0.5 [1 + 0.08]$$

$$n = 0.504$$

Maka besar nya tenaga gelombang adalah :

$$F = E n C$$

$$F = 14.622,177 \times 0.504 \times 24,96 \text{ N}$$

$$F = 183.944,65 \text{ N}$$

4.2.6 Kehilangan Energi Gelombang :

Kehilangan energi biasanya didefinisikan sebagai jumlah kerja oleh fluida (air) per satuan luas per detik. Pada aliran osilasi kehilangan energi dinyatakan sebagai laju rata – rata kehilangan energi dalam satu siklus gelombang

Ada beberapa mekanisme kehilangan energi yang terjadi pada gelombang. Mekanisme yang terpenting adalah gelombang pecah dan pengaruh dasar, termasuk di dalamnya pengaruh gesekan dasar (*bed friction*) dan porositas dasar (*bed porosity*).

a. Gelombang Pecah

Di laut dalam kecepatan partikel di puncak lebih kecil daripada kecepatan rambat gelombang. Kecepatan partikel di puncak sebanding dengan tinggi gelombang untuk periode gelombang tertentu. Sehingga dengan bertambahnya tinggi gelombang, kecepatan partikel semakin besar. Sedangkan di air dangkal kecepatan rambat gelombang berkurang. Dengan demikian pada suatu saat kecepatan partikel akan sama dengan kecepatan rambat gelombang sehingga gelombang menjadi tidak stabil dan akhirnya pecah.

Pada mekanisme gelombang pecah, energi gelombang dari laut dalam kan terdisipasi secara cepat. Kehilangan energi gelombang tersebut dapat ditulis sebagai berikut (Dally, 1984) :

$$\bar{D} = \frac{KCg}{d} \left(1 - \frac{Hs^2}{H^2} \right)$$

dengan notasi s menunjukkan pada kondisi stabil dan $K = \frac{Hb}{hb} = 1,26/05 = 2,52$

Maka kehilangan energinya adalah =

$$D = \{2,52 \times 12,58 \times [1-(1,3/(5,4))/5]\}$$

$$D = 4,95 \text{ KJ}$$

b. Gesekan Dasar (*Bottom Friction*)

Pengaruh gesekan dasar pada aliran osilasi dapat dibedakan menjadi dua, tergantung alirannya laminar atau turbulen. Jika kedalaman air besar atau amplitudo gelombang relatif kecil, kondisi aliran di dekat dasar adalah laminar. Dengan berkurangnya kedalaman atau bertambahnya tinggi gelombang, kecepatan pada dasar menjadi turbulen. Pada daerah pantai lebih sering terjadi kondisi aliran turbulen. Laju kehilangan energi akibat gesekan dasar dapat diperoleh dari hubungan (Dally, 1984) :

$$\bar{D} = \frac{4}{3} f \rho \frac{\pi^2 H^3}{T^4 \sinh^3(kd)}$$

dengan f adalah koefisien gesekan 0,6 m. Maka laju kehilangan energi adalah :

$$\bar{D} = \frac{4}{3} (0,6)(1025) \frac{(3,14)^2 (5,4)^3}{16^2 \sinh^2(0,48 \times 5)}$$

$$\bar{D} = 0,644 \text{ m/s}$$

c. Porositas Dasar (*Bed Porosity*)

Pada dasar yang permeable seperti pada dasar pantai atau koral, air akan meresap masuk dan keluar dari dasar tersebut. Pada kondisi tersebut aliran air akan kehilangan energi. Laju kehilangan energi per satuan luas akibat pengaruh porositas dasar dirumuskan sebagai berikut :

$$\bar{D} = \frac{\rho g^2 H^2 K \tanh(kd)}{8v \cosh^2(kd)}$$

dengan K adalah permeabilitas dasar dan d1 adalah kedalaman dasar yang, maka :

$$\bar{D} = \frac{1}{8 \times 0.5 \cosh^2(0.48 \times 5)} (1025)(9,8)^2 (5,4)^2 \tanh(0.48 \times 5,75)$$

$$\bar{D} = 23,05 Kj$$

4.2.6 Gaya Gelombang

Gaya yang ditimbulkan oleh gelombang tidak pecah terutama adalah gaya hidrostatis. Sedang pada gelombang pecah dan setelah pecah terjadi tambahan gaya yang ditimbulkan oleh pengaruh dinamis dari turbulensi air. Gaya-gaya dinamis ini bisa lebih besar daripada gaya hidrostatis.

Gaya hidrodinamis yang bekerja pada unit lapis lindung adalah gaya angkat (*lift force*) dan gaya seret (*drag force*) F_D (Jensen, 1984). Gaya seret disebabkan oleh terjadinya gesekan pada permukaan lapis lindung dan seretan yang disebabkan oleh perbedaan tekanan pada sisi atas dan sisibawah dari unit lapis lindung. Besarnya seretan yang terjadi dapat beberapa kali lebih besar daripada gesekan permukaan antar unit lapis lindung pemecah gelombang.

Gaya angkat disebabkan oleh perbedaan tekanan pada sisi atas dan sisi bawah unit lapis lindung karena adanya perbedaan kecepatan. Tekanan paling tinggi terjadi pada sisi atas dengan kecepatan yang paling rendah. Gaya-gaya yang bekerja pada material lapis lindung terumbu buatan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

bekerja pada material lapis lindung terumbu buatan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_D = C_D \frac{1}{2} \rho_w U^2 A$$

$$F_L = C_L \frac{1}{2} \rho_w U^2 A$$

Resultan kedua gaya tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$F_R = C \frac{1}{2} \rho_w g d^2 \frac{\pi}{4}$$

dengan memasukkan nilai kecepatan $U = \alpha \sqrt{2gH}$, persamaannya menjadi :

$$F_R = \frac{\pi}{4} C \alpha^2 \rho_w g d^2 H$$

$$F_s = \frac{3,14}{4} (1)(0,02)^2 (1.025)(9,8)(3,04)^2 (5,4)$$

$$F_s = 157,4 \text{KN}$$

Berat material di dalam air merupakan berat material terendam yang diperoleh dari persamaan :

$$W = \frac{\pi d^3}{6} (\rho_s - \rho_w) g$$

$$W = \frac{(3,14)(3,04)^3}{6} (2300 - 1025)(9,8)$$

$$W = 198,78 \text{KN}$$

Dari hasil perhitungan diatas dimana $W > F_r$ disimpulkan bahwa berat batuan stabil karena tidak akan terangkat oleh gaya tekan keatas.

Untuk mendapatkan stabilitas material, gaya seret, dan gaya angkat harus dilawan oleh gaya gravitasi, gaya gesek antar butir lapis lindung dan sifat saling kunci antar material.

Dari pembahasan di atas diperkirakan peubah yang berpengaruh terhadap stabilitas adalah sebagai berikut :

1. Gaya yang menstabilkan dipengaruhi oleh : massa (M), volume material (V), massa jenis materi (ρ_m), kekasaran dan sifat saling kunci (masuk dalam K_d atau N_s), serta kemiringan lereng (α).
2. Gaya yang menyerang dipengaruhi oleh : tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), lokasi titik yang terkena serangan gelombang, kondisi gelombang (pecah dan tidak pecah, gelombang berdiri, gelombang berjalan), dan massa jenis air (ρ).

4.3 METODE KONSTRUKSI PEMBANGUNAN KONSTRUKSI SUBMERGED BREAKWATER DI TANAH LOT.

Bali merupakan salah satu dari 27 propinsi yang ada Indonesia. Terletak sebelah timur pulau jawa, diantara $8^{\circ} - 9^{\circ}$ lintang selatan dan $114^{\circ}30' - 115^{\circ}30'$ Bujur Timur. Propinsi bali memiliki luas wilayah kurang lebih 5.632 Km^2 . Keadaan meteorologi Bali tidak tidak berbeda jauh dengan tempat lain di Indonesia, dimana perubahan musim terjadi setiap enam bulan sekali. Musim kemarau terjadi pada bulan juni – september adalah dipengaruhi oleh masa udara

dari deretan Australia dan musim hujan yang terjadi pada bulan Desember – Maret adalah karena pengaruh oleh massa udara yang berasal dari daratan Asia.

Sampai dengan tahun 2000, Bali memiliki populasi atau jumlah penduduk sebesar 3 juta jiwa. Sebagian besar tinggal di daerah selatan Pulau Bali dan terutama pada daerah – daerah pariwisata. Sebagian besar dari populasi tersebut berkecimpung dalam dunia pariwisata maupun sektor agrowisata. Oleh karena itu, pariwisata adalah merupakan sumber inkam pendapatan masyarakat. Berdasarkan laporan data stastitik, jumlah wisatawan mancanegara berkunjung ke Bali pada tahun 2000 kurang lebih 2.300.000 orang. Menurut Bali Tourism development corporation (BTDC), mempekirakan jumlah wisatawan mancanegara yang datang berkunjung ke Bali pada tahun 2010 akan lebih 3.100.000 orang. Pantai tanah lot merupakan salah satu daerah tujuan obyek wisata yang memiliki permasalahan pengikisan daerah sekitar pantai tersebut. Keadaan di sekitar perairan pantai Tanah Lot dengan tinggi gelombang datang yang relatif tinggi dan ombak yang besar yang berasal dari arah selatan sehingga sangat menyulitkan dalam proses pembangunan *submerged breakwater*. Pekerjaan pembangunan struktur pelindung pantai sangat dipengaruhi oleh besarnya biaya yang dikeluarkan dan waktu yang ditentukan dalam pelaksanaan pembangunan yang ditargetkan. Berdasarkan faktor tersebut pembangunan *submerged beakwater* yang merupakan bangunan struktur pelindung di pantai tanah Lot dengan investasi yang sangat mahal harus mempertimbangkan metode – metode pembangunanapa yang sangat tepat untuk pelaksanaan pekerjaan pembangunan *submerged breakwater*.

Pekerjaan di sekitar pura Tanah Lot terdiri dari beberapa tahap:

1. Pembangunan jalan akses sementara dari jalan utama ke tepi pantai.
2. Pembangunan jalan lintas dari tepi karang ke lepas pantai Tanah Lot.
3. Pembangunan *submerged breakwater* 70 m di lepas pantai Tanah Lot.

Untuk pekerjaan di Tanah Lot peralatan yang akan digunakan :

- Dump truck ---- 11 ton
- Crawler crane --- 40 ton digunakan sebagai life umum.
- Crawler crane --- 200 ton untuk penempatan armor unit.
- Backhoes untuk penempatan batuan dalam jalan lintas sementara.
- Mobil batching plant untuk memproduksi armor unit
- Tempat mobile pumping untuk memompa pasir
- Mobile plant untuk memproduksi panel batu karang buatan dan perlindungannya

Lokasi pekerjaan lepas pantai di Tanah Lot akan berbahaya dan mungkin relatif sulit karena kondisi gelombang yang ganas. Untuk mengantisipasi masalah tersebut maka membangun jalan lintas menggunakan kerangka baja diatas batu karang dengan kemiringan 1: 10 sebagai faktor keamanannya. Disamping itu pula kontraktor juga harus mempertimbangkan keadaan cuaca keadaan tangga pada batu karang, tinggi jembatan dari pantai kira-kira 15 m. Jembatan ini digunakan sampai pekerjaan ini selesai.

Laut di Tanah Lot sangat ganas dan pengerahan peralatan langsung ke laut melalui jetties sementara ke lokasi proyek perlu perhitungan yang matang.

Peralatan berat yang dibutuhkan untuk pekerjaan konstruksi di Tanah Lot didatangkan dari luar Bali. Peralatan yang didatangkan tersebut pertama ditransport terlebih dahulu ke pelabuhan Benoa, yang kemudian baru diangkut menuju ke lokasi proyek. Pengangkutan ke lokasi proyek adalah dengan per komponen dan dirakit/ dipasang di lokasi.

Kemiringan dari deck jacked pada level operasional, tidak terjangkau oleh gelombang, karena gelombang laut selatan yang relatif tinggi. Proses pengangkutan material ke lokasi offshore menggunakan jalan pintas. Untuk pembangunan jalan pintas ini membutuhkan jumlah batu yang sangat banyak dan kondisi pembangunannya relatif sulit. Tapi bagaimanapun jalan pintas ini sangat dibutuhkan. Jalan pintas ini menggunakan struktur baja pada kerangkanya.

4.4.1 Rencana Lokasi

Rencana lokasi di Tanah Lot tergantung dari jalan akses yang dipilih oleh kontraktor Konsultan membawa kedalam studi untuk dievaluasi terhadap beberapa pilihan. Komponen dasar dari rencana lokasi adalah;

- Jalan akses
- Areal stopfile
- Area casting
- Jalan lintas lepas pantai dari batu karang pura
- Base camp; untuk perkantoran dan fasilitas akomodasi
- Work shop secara umum

- Work shop untuk pembuatan batu karang buatan

untuk jalan akses yang lain bisa mengikuti jajaran karang kecil di sebelah timur Tanah Lot atau bisa keluar melalui jalan akses yang dari parkir. Pada area yang dibutuhkan ini untuk stockfile untuk pembangunan hubungan sementara lepas pantai Tanah Lot.

4.3.2 Pembangunan Sumbmerged Breakwater di Tanah Lot

Kondisi perairan di sekitar Tanah Lot yang ganas, maka digunakan peralatan floating. Pengangkutan material ke lokasi konstruksi menggunakan barge dari pelabuhan Benoa. Batuan akan diangkut ke lokasi menggunakan low loaders dan stockfile ditempatkan pada area sementara lokasi breakwater.

Crawler yang besar dibutuhkan untuk mengangkat tetrapod ke lokasi dengan energi sendiri bergerak diatas jalan lintas sementara. Sebelum penempatan armor unit di lokasi terlebih dahulu diadakan survey keberadaan dasar perairan. Survey ini juga memberikan informasi penempatan pondasi dan pemindahan pasir ke lokasi lain dari proyek. Tempat yang datar diperlukan untuk memudahkan penempatan tetrapod di lokasi konstruksi. Penggalan dasar laut menggunakan backhoes dan hasil galiannya dipindahkan dengan dump truck. Pengangkatan tetrapod untuk konstruksi *breakwater* menggunakan crane ke lokasi penempatan akhir. Bagaimanapun proses

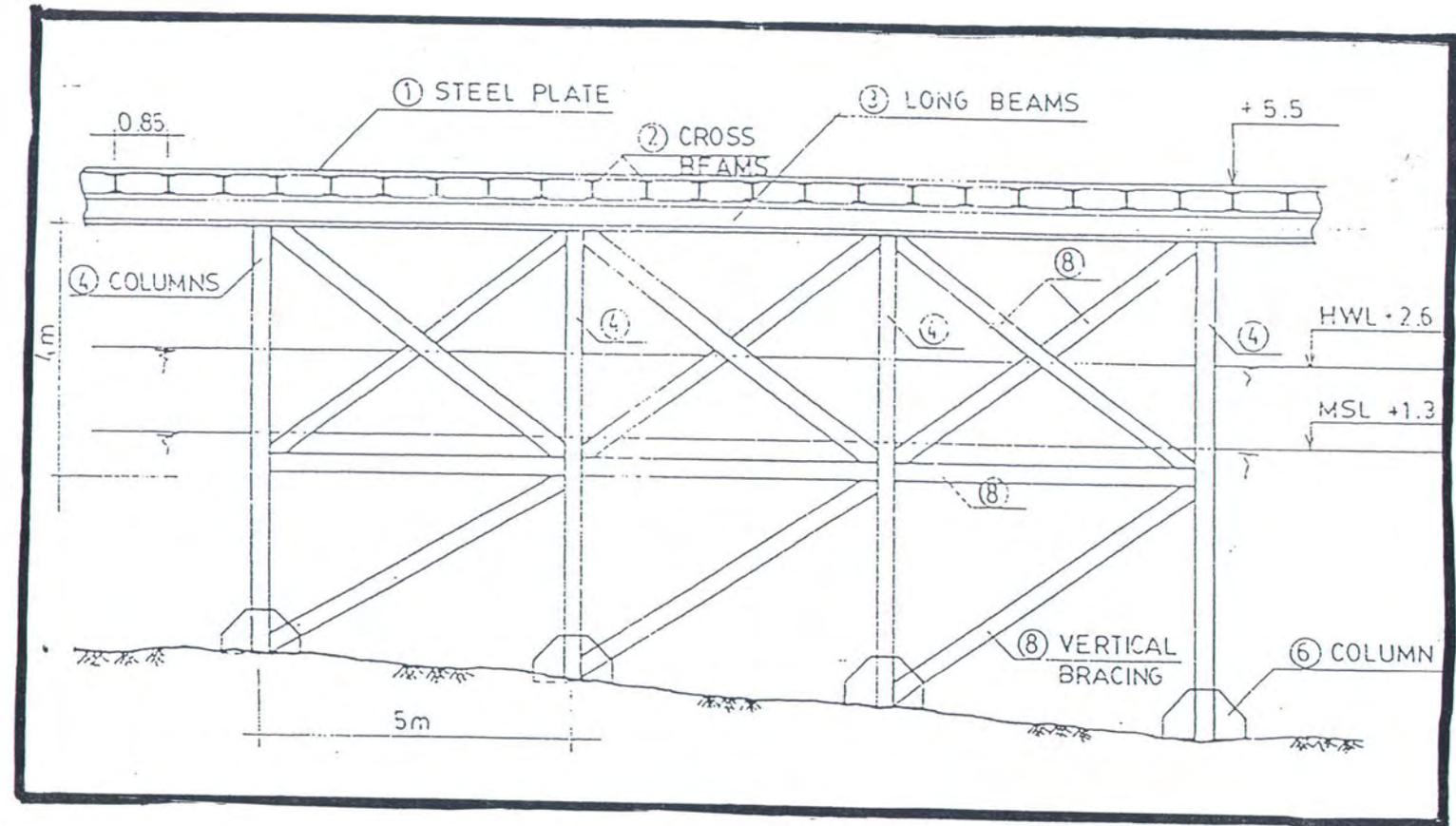


placing tetrapod, jalan lintas (jembatan baja), dan rencana pemindahan tetrapod dilakukan secepatnya.

Peralatan yang digunakan untuk pembangunan konstruksi *submerged breakwater* adalah crane 200 ton untuk penempatan tetrapod, crane untuk mengangkat tetrapod dari dump truck dan 5 dump truck atau lebih untuk sarana transportasi. Area yang dibutuhkan untuk pembangunan konstruksi perlindungan ini, kecuali untuk jalan akses dan jalan lintas harus dekat dengan lokasi proyek.

Kemiringan dari deck jacked pada level operasional, tidak terjangkau oleh gelombang, karena gelombang laut selatan yang relatif tinggi. Proses pengangkutan material ke lokasi offshore menggunakan jalan pintas. Untuk pembangunan jalan pintas ini membutuhkan jumlah batu yang sangat banyak dan kondisi pembangunannya relatif sulit. Tapi bagaimanapun jalan pintas ini sangat dibutuhkan. Jalan pintas ini menggunakan struktur baja pada kerangkanya.

Dengan memperhitungkan dari segi ekonomis dan keadaan perairan sekitar lokasi bahwa pembangunan *submerged breakwater* di tanah Lot bali menggunakan metode pembuatan jalan akses sementara menuju pantai yang merupakan struktur jembatan baja sebagai metode yang tepat. Pembangunan jembatan sangat memudahkan pengangkutan material kelokasi dan dapat dipasang perlengkapan dari peralatan berat yang nantinya digunakan untuk proses pengerjaan pembangunan *submerged breakwater*.



Gambar 4.11 Jalan Lintas Dengan Struktur Baja

4.3 PEMBAHASAN DAN DISKUSI

Submerged breakwater adalah struktur ambang rendah dengan puncak lebar dan merupakan struktur yang sangat cocok untuk dikembangkan sebagai struktur pelindung pantai terutama pada daerah pantai yang dijadikan suatu daerah pariwisata. Di Indonesia yang merupakan daerah kepulauan yang memiliki garis pantai yang panjang mempunyai permasalahan yang serius pada pantai, dimana daerah pantai banyak digunakan sebagai sarana perdagangan, perhubungan, perindustrian dan pariwisata sehingga perlu adanya suatu penanganan yang serius akan perlindungan terhadap daerah pantai yang mengalami kerusakan akibat mundurnya garis pantai karena pengaruh dari abrasi yang mengikis daerah pantai tersebut. Penggunaan *submerged breakwater* di Indonesia masih belum banyak digunakan sehingga perlu untuk di bahas dan dikembangkan di Indonesia terutama pada daerah pantai yang dijadikan sebagai tempat wisata yang mengalami masalah abrasi didaerah sekitarnya. Perlindungan di Pantai Tanah Lot sangat cocok untuk dibangun pemecah gelombang *submerged breakwater* selain struktur tidak muncul dipermukaan sehingga tidak akan mengurangi keindahan pantai dan struktur *submerged breakwater* dapat efektif mengurangi tinggi gelombang yang datang.

Perencanaan *submerged breakwater* memerlukan data – data lingkungan dan analisa data lingkungan yang teliti serta data sekunder yang lain yang mendukung perencanaan. Dari hasil perencanaan yang telah dilakukan penentuan lay out breakwater dan sangat perlu guna mendapat suatu rencana yang tepat dan efektif dalam pembangunannya. Pemilihan konstruksi dan material serta alternatif

beberapa desain sangat diperlukan untuk mendapatkan suatu struktur yang aman, efektif, dan ekonomis. Metode pembangunan *submerged breakwater* diperlukan untuk ketepatan dalam pembangunan/pemasangan konstruksi pada lokasi.

Adapun hasil perencanaan diatas didapa kelebihan dan kekurangan dalam perencanaan sebagai berikut

a. Kelebihan

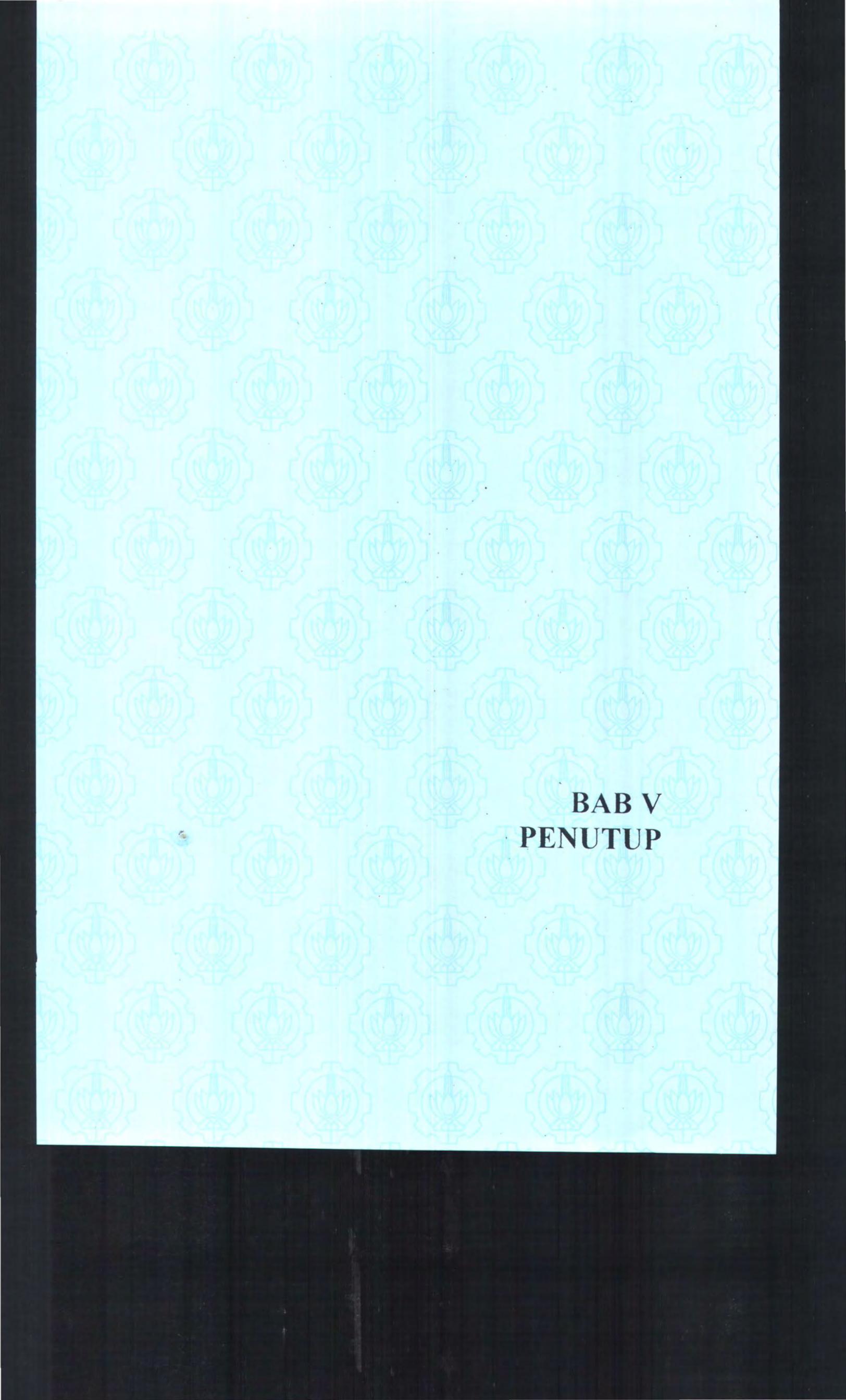
- Analisa data - data lingkungan dibahas berdasarkan kondisi yang ada yang dibutuhkan dalam perencanaan.
- Pada perencanaan digunakan tinggi gelombang rencana periode tahunan sebagai alternatif dari umur struktur yang direncanakan.
- Pemilihan konstruksi dan material dibahas dengan membandingkan beberapa unit material dan dianalisa dengan membandingkan berat batu dengan pertimbangan lainnya yang berhubungan dengan pertimbangan pemilihan material.
- *Submerged breakwater* direncanakan dengan beberapa alternatif desain berdasarkan pemakaian perbandingan material

b. Kekurangan

- Penentuan panjang *breakwater* perlu adanya perbandingan penentuan dengan membandingkan dengan rumus penentuan panjang dari *submerged breakwater*.
- Analisa stabilitas dari perhitungan dari gaya gelombang yang ada belum cukup sehingga untuk menyakinkan perlu diadakan uji pemodelan fisik.

- Penentuan salah satu alternatif desain hanya membandingkan penempatan dari material pada struktur yang direncanakan.

Untuk menyempurnakan perencanaan perlu adanya pengkajian pada langkah – langkah perencanaan.



BAB V
PENUTUP

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil perencanaan diperoleh :
 - Breakwater di pasang pada kedalam 5,5 m diatas sea bed dan direncanakan mampu mereduksi gelombang sebesar 60 %
 - Hs tinggi gelombang rencana pada perencanaan digunakan tinggi gelombang rencana periode tahunan $H_{50th} = 5,4$ m dan $T = 16$ s.
 - Lebar submerged breakwater dan panjang breakwater adalah 70 m dan 180 m.
 - Tinggi struktur 1,83 meter
 - Material yang dipakai adalah tetrapod karena memiliki satabilitas yang tinggi terhadap ikatan saling mengunci (interlocking) dan porositas yang besar sehingga gelombang yang datang dapat diserap melalui sela – sela kaki tetrapod tanpa mengurangi keindahan gelombang serta tetrapod mudah dicetak dengan type yang direncanakan berdasarkan standar yang telah ditentukan.
 - Dari empat alternatif desain didapat desain yang paling efektif dan stabil adalah alternatif IV. Dari hasil perhitungan alternatif IV lebar submerged breakwater 70 m dibagi menjadi dua daerah dengan

perbedaan penempatan berat dari breakwater untuk daerah I lebar = 26.5 m dengan penempatan tetrapod type 16 t dan daerah II lebar = 43.5 m dengan penempatan tetrapod type 6,3 t.

- Jumlah tetrapod yang dipakai untuk type 16 t = 534 buah dan type 6,3 t = 1382 buah.
- Dari hasil pembahasan diperkirakan peubah yang berpengaruh terhadap stabilitas adalah sebagai berikut :

Gaya yang menstabilkan dipengaruhi oleh : massa (M), volume material (V), massa jenis materi (ρ_m), kekasaran dan sifat saling kunci (masuk dalam Kd atau Ns), serta kemiringan lereng (α).

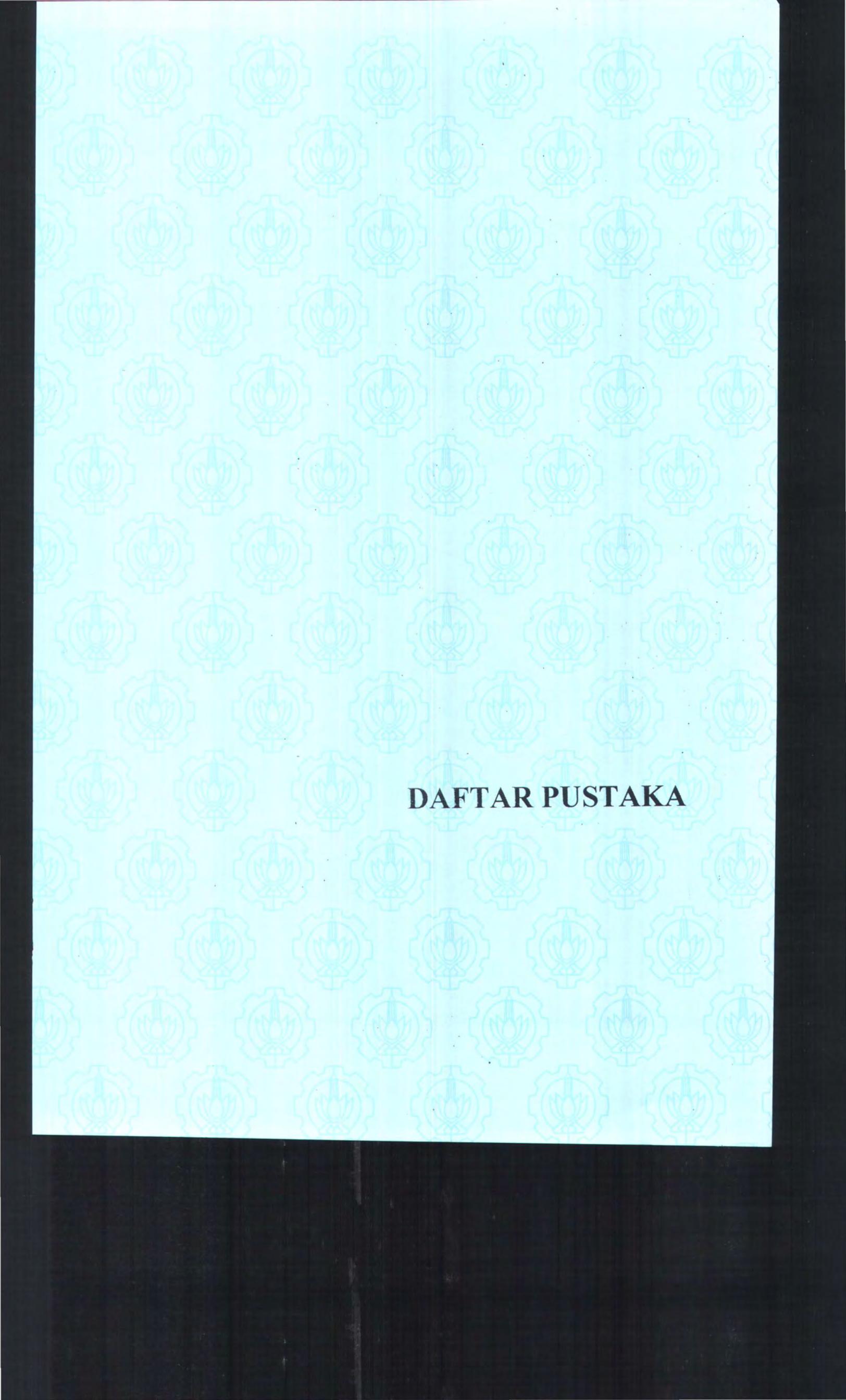
Gaya yang menyerang dipengaruhi oleh : tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), lokasi titik yang terkena serangan gelombang, kondisi gelombang (pecah dan tidak pecah, gelombang berdiri, gelombang berjalan), dan massa jenis air (ρ). Dari hasil perhitungan berat material yang terendam lebih besar dari resultan gaya maka material tidak akan terangat keatas atau bergeser sehingga struktur dapat dikatakan stabil.

2. Metode konstruksi pembangunan submerged breakwater dapat menggunakan metode yang aman dan ekonomis sebagai berikut :
 - Pembangunan jalan akses sementara dari jalan utama
 - Pembangunan jalan akses dari tepi karang ke lepas pantai

5.2 SARAN

Adapun saran – saran yang dapat kami sampaikan adalah :

1. Indonesia merupakan daerah pantai sehingga permasalahan pantai harus cepat ditangani dengan serius jangan sampai pantai menjadi rusak dan dapat mengganggu aktifitas masyarakat disekitar pantai.
2. Penggunaan pemecah ombak seperti *submerged breakwater* perlu dikembangkan di indonesia terutama pada daerah pariwisata yang mengalami perubahan garis pantai akibat abrasi yang terus menerus mengikis daratan.
3. Perlunya suatu hasil perencanaan yang telah dianalisa untuk dilakukan uji stabilitas model fisik untuk menyakinkan akan struktur yang dibangun sudah memenuhi syarat stabilitas atau belum

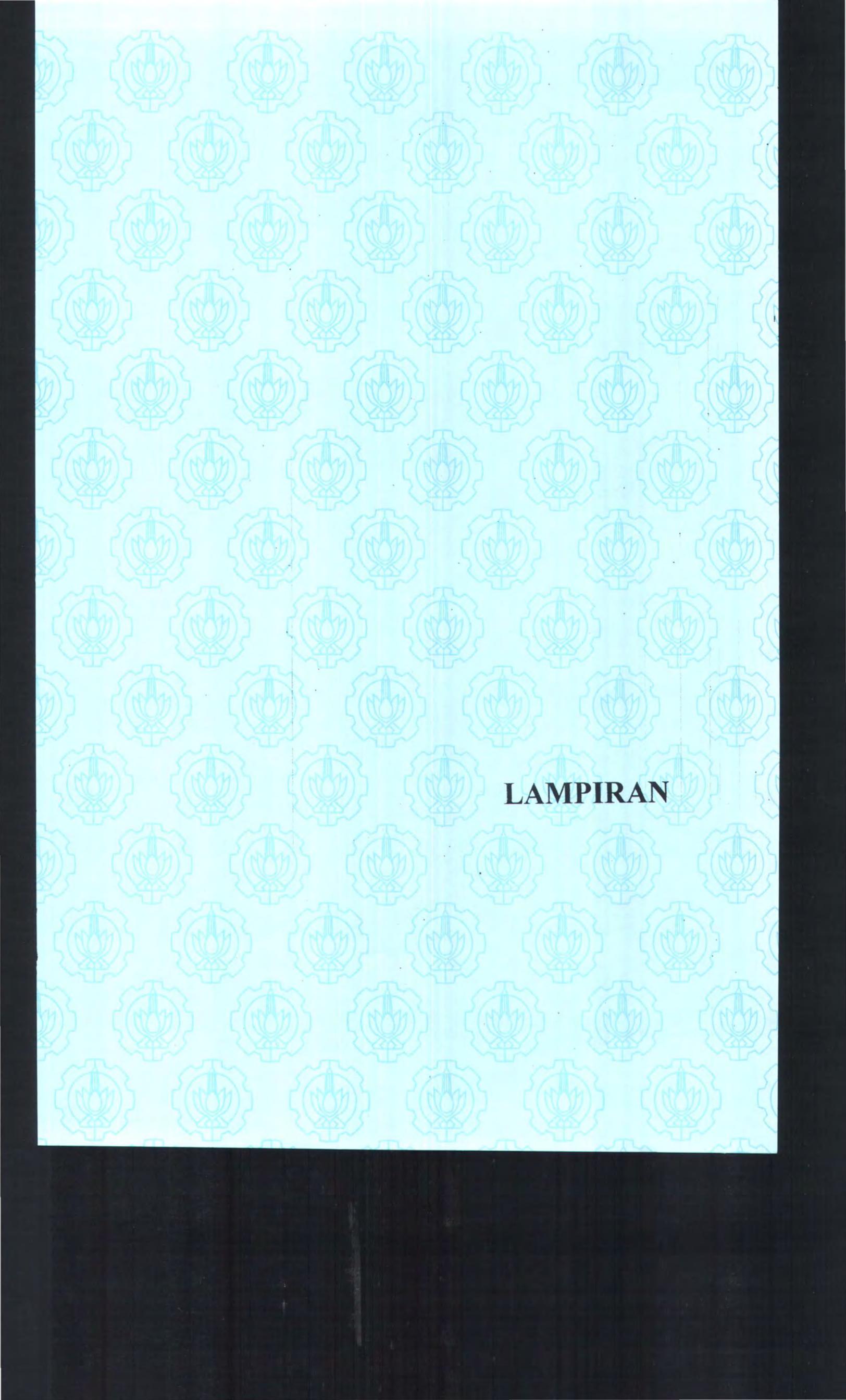


DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Baba, M, (1986),” *Computation of Wave Tansmission Over a Shore Protecting Submerged Breakwater*”, ocean Eng.v.13, no.3, hal227 – 237, pergamon, London
- CERC, (1984),”*Shore Protection Manual*”, US Army Coastal Engineering Research, Center, Vicksburg
- Goda, Y., (1985), “*Rendom seas and Design of Maritim strukture*”, University of tokyo Press, Tokyo.
- Derajat, R.,(2000), “*Study Perubahan Garis Pantai dan Perencanaan Perlindungannya di Pantai Kerawang Jawa Barat*”, Tugas Akhir S1, Teknik Kelautan ITS, Surabaya.
- Dally, (1984), ”*An Investigation Of The Stability Of Submerged Breakwater Homogenous Rubble Mound Structure Under Wave Attack*”, Lehigh University, Report ILH-110-86
- Final Refort,” *Protection Plan Bali Beach Conservation Project* “, june 1998, Dinas P.U Bali
- JICA, (1998), “*The Feasibility Study On The Urgent Bali Beach Conservation Projec*”t, The Republic of Indonesia.
- Dally, (1984), ”*An Investigation Of The Stability Of Submerged Breakwater Homogenous Rubble Mound Structure Under Wave Attack*”, Lehigh University, Report ILH-110-86
- Jensen, (1984), ”*Guidance Dynamics and Coastal Proceeses*”, CRC, Florida
- Kramadibrata, S., (1981),” *Perencanaan Pelabuhan*”, Ganeca Exact Bandung.

- Pratikto, W.A., Armono, H.D. , Suntoyo (1996), "*Perencanaan Fasilitas Pantai dan Lau*"t, BPFE, Yokyakarta.
- Pratikto, W.A, dkk, (1999), "*Struktur Pelindung Pantai*" ,Teknik Kelautan, FTK, ITS, Surabaya.
- Silvester, R. (1974), "*Coastal Engineering Volume I*", Elsevier Sceintific Publication Co., New York.
- Sorensen, Robert M. (1978), "*Basic coastal Engineering*", Jonh Wiley and sons, USA.
- Siladarma , (1998), "*Analisa gelombang Transmisi Pada Struktur Ambang Rendah*", Tesis S2, FT – UGM Yogyakarta
- Triadmodjo, B (1996),"*Pelabuhan*", Beta Offset, Yogyakarta
- Triadmodjo, B (1999),"*Teknik Pantai*" , Beta Offset, Yogyakarta
- U.S. Army Corp Engineering (1984), "*Shore Protection Manual*", Vol. I Mississippi.
- U.S. Army Corp Engineering (1984), "*Shore Protection Manual*", Vol. II Mississippi.
- Van der Meer, j. W, (1994), "*Low – crested and reef Breakwate*"r, deflt Hydraulic report
- Yuwono, Nur (1986), "*Teknik Pantai Volume I*", Biro Penerbitan Keluarga Mahasisiwa Teknik Sipil, FT- UGM, Yogyakarta.
- Yuwono, Nur (1993), "*Dasar – Dasar Perencanaan Bangunan Pantai Volume II*", Biro Penerbitan Keluarga Mahasisiwa Teknik Sipil, FT- UGM, Yogyakarta



LAMPIRAN

Lampiran I

Data Pasang Surut

47. BENOA (BALI)

08° 7' S - 115° 2' T

MARET 2001

Waktu : G.M.T. + 08.00

J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J
1	20	21	19	15	11	7	4	4	6	9	14	19	22	23	22	19	15	11	7	5	5	7	11	14	1
2	17	19	18	16	13	10	7	5	6	8	12	16	20	22	22	21	18	14	10	8	6	7	9	11	2
3	14	16	17	16	14	12	9	8	7	8	10	14	17	19	21	21	19	17	14	11	9	8	8	9	3
4	11	13	14	15	14	13	12	10	9	9	10	12	14	17	18	20	20	19	17	14	12	10	9	8	4
5	9	10	11	12	13	13	13	12	11	11	11	12	14	15	17	18	19	19	17	15	13	11	9	5	5
6	8	7	8	9	11	13	14	14	14	14	13	12	11	11	12	14	16	18	19	20	19	17	14	11	6
7	8	6	6	7	8	11	13	15	16	16	15	13	11	10	10	11	13	16	18	20	21	20	17	14	7
8	10	7	5	4	6	8	12	15	18	19	18	16	13	10	8	8	9	12	16	19	22	22	21	17	8
9	13	8	5	3	3	6	10	14	18	20	20	18	15	11	8	6	6	9	13	17	21	23	23	20	9
10	16	11	6	3	2	3	7	12	17	21	22	21	18	13	9	5	4	6	9	14	19	23	24	23	10
11	19	14	8	4	1	7	5	10	16	20	21	21	16	11	6	1	1	6	11	16	21	24	24	21	11
12	21	17	11	6	2	1	3	8	13	19	23	24	23	19	14	8	4	2	4	7	12	18	22	24	12
13	23	19	14	8	4	1	2	6	11	17	22	25	25	22	17	11	6	3	2	5	9	14	19	22	13
14	23	21	16	11	6	3	2	4	9	14	20	24	25	23	20	14	9	5	3	3	6	11	16	20	14
15	21	21	18	13	9	5	3	4	7	12	17	23	24	24	22	17	12	8	4	4	5	8	12	16	15
16	19	20	18	15	11	8	5	5	7	10	15	19	23	23	22	20	15	11	7	5	5	7	10	13	16
17	16	17	17	16	13	10	8	7	7	9	13	16	20	22	22	21	18	14	11	8	7	7	8	10	17
18	13	15	16	15	14	12	10	9	9	9	11	14	17	19	20	20	19	17	14	11	9	8	8	9	18
19	10	12	13	14	14	13	12	11	11	11	11	12	14	16	17	18	19	18	17	15	13	11	9	8	19
20	8	9	10	11	13	14	14	13	13	12	12	12	13	14	16	17	18	18	16	14	12	9			20
21	8	7	7	9	10	13	14	16	16	15	14	12	11	11	11	12	14	17	18	19	19	17	15	11	21
22	8	6	5	6	8	11	14	16	18	18	16	14	12	9	9	9	11	14	17	20	21	20	18	14	22
23	10	7	4	4	5	8	12	16	19	20	19	17	13	10	7	6	8	10	14	18	21	22	21	18	23
24	13	8	5	3	3	6	10	15	19	22	22	20	16	11	7	5	5	7	11	16	20	23	23	21	24
25	16	11	6	3	2	4	8	13	18	22	24	22	19	14	8	5	3	4	7	13	18	22	24	23	25
26	19	14	8	4	2	2	6	11	17	22	24	22	17	11	6	2	2	4	9	14	20	23	23	26	
27	21	17	11	6	2	2	4	8	14	20	24	25	24	20	14	8	4	1	2	6	11	16	21	23	27
28	22	19	14	8	4	2	3	7	12	18	23	25	25	22	17	11	6	2	2	4	8	13	18	21	28
29	22	20	16	11	7	4	3	5	10	15	20	24	25	24	20	15	9	5	2	3	6	10	14	18	29
30	20	20	17	13	9	6	4	5	8	13	18	22	24	24	22	17	12	8	5	4	5	8	11	15	30
31	18	19	18	15	12	8	6	6	8	11	15	19	22	23	22	19	16	11	8	6	5	6	9	12	31

APRIL 2001

J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J
1	15	16	16	15	13	11	9	8	8	10	13	16	19	21	21	20	18	15	11	9	7	7	8	10	1
2	12	13	14	15	14	13	11	10	10	10	12	14	16	18	19	19	18	17	15	12	10	9	8	8	2
3	9	10	12	13	14	14	14	13	12	12	12	12	13	15	16	17	16	18	17	15	14	11	10	8	3
4	8	8	9	11	12	14	15	15	15	14	13	12	11	11	13	13	14	16	17	18	17	15	12	10	4
5	7	6	7	8	10	13	15	17	18	17	15	13	11	10	9	11	13	15	18	19	19	18	15	12	5
6	9	6	5	6	8	11	15	18	20	20	18	15	12	9	7	7	8	12	16	19	21	21	18	15	6
7	11	7	4	4	5	9	13	18	21	22	21	18	14	9	6	5	6	9	13	17	21	22	21	18	7
8	13	9	5	3	3	6	11	16	21	23	23	21	16	11	6	4	3	5	9	14	19	22	23	21	8
9	16	11	6	3	2	4	9	14	20	24	25	23	19	14	8	6	5	3	6	11	16	21	23	22	9
10	19	14	9	4	2	3	6	12	18	23	25	25	22	17	11	7	6	3	8	13	18	22	23	10	
11	21	17	11	6	3	3	5	9	15	21	25	26	25	20	14	8	3	1	2	5	10	15	19	22	11
12	21	18	14	9	5	3	4	8	13	18	23	26	26	23	17	12	6	2	1	3	7	12	16	20	12
13	21	19	16	12	7	5	4	6	11	16	21	24	25	24	20	15	9	5	3	3	5	9	13	17	13
14	19	19	17	14	10	7	6	6	9	13	18	22	24	24	21	18	13	8	5	4	5	7	10	14	14
15	16	17	17	15	12	10	8	8	9	12	15	18	21	22	22	19	16	12	9	6	6	6	8	11	15
16	13	15	16	15	14	12	10	9	10	11	13	16	18	20	20	19	18	15	12	9	8	7	7	9	16
17	11	12	14	14	14	13	12	11	11	12	13	15	16	18	18	18	17	15	13	11	9	8	8	17	
18	8	10	11	13	14	15	15	15	14	13	12	12	12	13	14	16	17	17	17	16	14	12	10	8	18
19	7	7	9	10	13	15	16	17	17	15	14	12	11	10	11	12	14	16	18	18	17	15	13	10	19
20	7	6	6	8	11	14	17	19	19	18	16	13	10	8	8	9	11	14	17	19	19	18	16	12	20
21	9	6	5	6	8	12	16	19	21	21	19	15	11	8	6	6	7	11	15	18	20	20	19	15	21
22	11	7	4	4	6	10	14	19	22	23	22	18	14	9	5	4	4	7	11	16	20	22	21	18	22
23	14	9	5	3	4	7	12	17	22	24	24	22	17	11	6	3	2	4	8	13	18	21	22	20	23
24	16	11	7	4	3	5	10	15	21	25	26	24	20	14	8	3	1	2	5	10	15	20	22	22	24
25	19	14	9	5	3	4	7	13	18	23	26	25	23	18	11	5	2	0	2	6	12	17	20	22	25
26	20	16	12	7	4	4	6	10	16	21	25	26	25	21	15	9	4	1	4	8	14	18	20	26	
27	20	18	14	10	6	4	5	8	13	19	23	26	25	23	18	12	7	3	1	3	6	10	15	18	27
28	20	19	16	12	9	6	6	7	11	16	20	24	25	24	20	15	10	6	3	3	5	8	12	15	28
29	18	18	17	14	11	8	7	8	10	13	17	21	23	23	21	18	13	9	6	4	5	6	9	12	29
30	15	17	17	15	13	11	9	9	10	12	15	18	20	21	21	19	16	13	9	7	6	6	8	10	30

47. BENOA (BALI)

175 - 115°2T

MEI 2001

Waktu : G.M.T. + 08.00

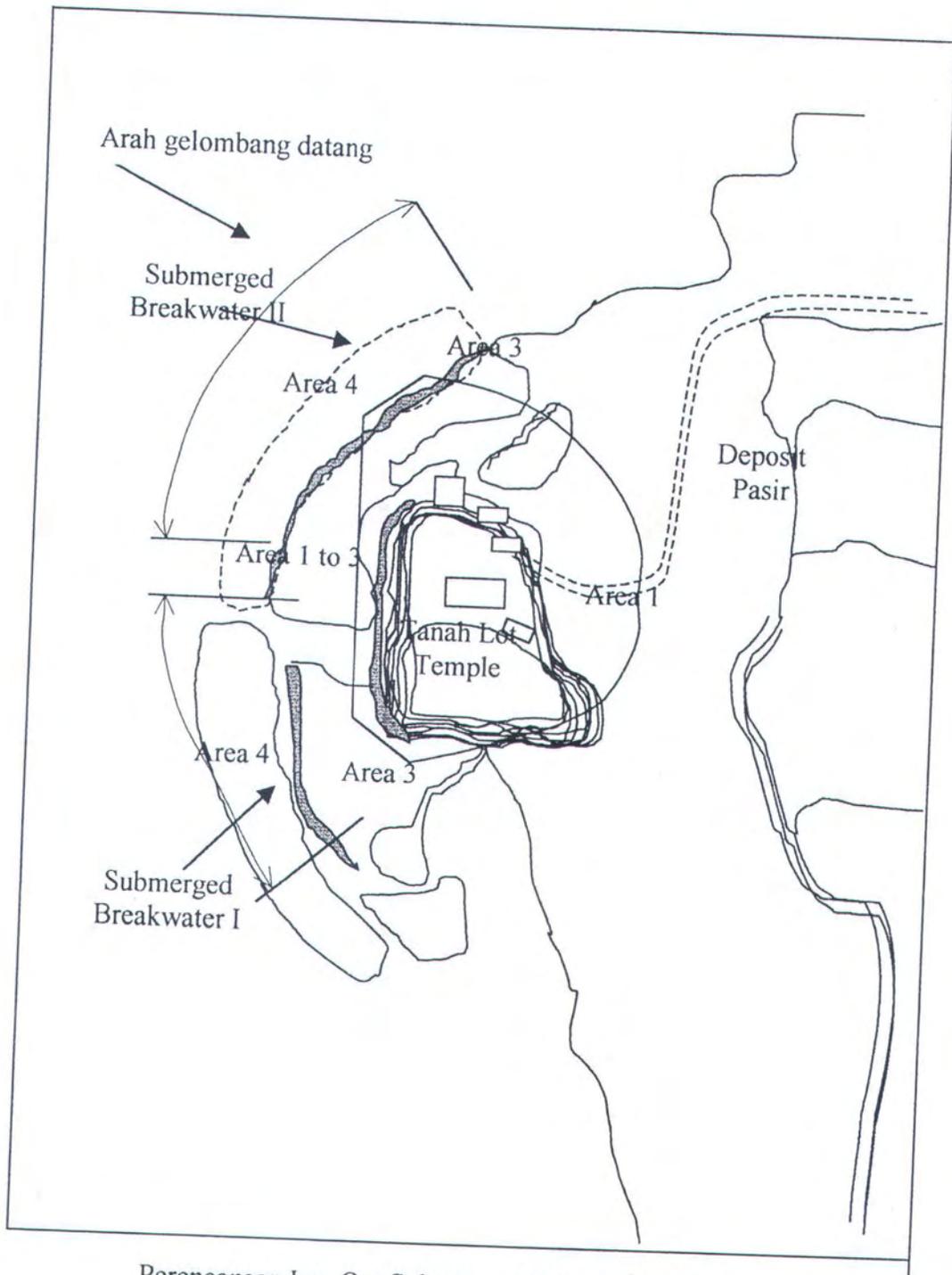
J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T
1	12	14	15	15	15	13	12	11	11	11	13	15	17	18	19	19	17	15	13	10	8	7	7	8	1	1
2	10	12	13	15	15	15	14	13	12	12	12	13	15	16	17	17	17	15	14	11	10	8	7	8	2	2
3	8	9	11	13	15	16	17	16	15	14	12	11	11	11	13	14	16	17	17	16	15	12	10	8	3	3
4	7	7	8	11	13	16	18	19	18	16	14	12	10	9	9	11	13	15	17	18	17	16	13	10	4	4
5	7	6	6	8	11	15	18	20	21	19	17	13	10	7	6	7	9	13	16	18	19	18	16	12	5	5
6	9	6	5	6	9	13	17	21	23	22	20	16	11	7	5	4	6	9	13	17	20	20	18	15	6	6
7	11	7	5	4	6	10	15	20	23	24	23	19	14	9	5	3	3	6	10	15	19	21	20	18	7	7
8	14	9	6	4	5	8	13	18	23	25	25	22	17	11	6	2	1	3	7	12	17	20	21	20	8	8
9	16	12	7	4	4	8	10	16	21	25	26	25	20	15	8	3	1	1	4	8	14	18	21	21	9	9
10	18	14	10	6	4	5	8	13	19	24	26	26	23	18	12	6	2	0	2	5	10	15	19	21	10	10
11	20	16	12	8	5	5	7	11	16	21	25	26	25	21	15	9	4	1	1	3	7	12	16	19	11	11
12	20	18	15	11	7	6	6	9	13	18	23	25	25	23	18	13	7	3	2	2	5	9	14	17	12	12
13	19	18	16	13	10	7	7	8	11	15	19	23	24	23	20	16	11	7	4	3	4	7	11	14	13	13
14	17	18	17	15	12	10	8	8	10	13	16	20	22	22	21	18	14	10	7	5	5	6	8	11	14	14
15	14	16	17	16	14	13	11	10	10	11	14	16	18	20	20	19	16	13	10	8	6	6	7	9	15	15
16	11	14	15	16	16	15	14	12	11	11	12	13	15	17	18	18	17	16	13	11	9	7	7	8	16	16
17	9	11	13	15	16	17	16	15	14	12	11	11	12	13	15	16	17	17	16	14	12	10	8	7	17	17
18	7	9	11	13	16	17	18	18	16	14	12	11	10	10	11	13	15	16	17	16	15	13	10	8	18	18
19	7	7	8	11	14	17	19	20	19	17	14	11	9	8	8	9	12	14	17	18	17	16	13	10	19	19
20	7	6	7	9	12	16	19	21	22	20	17	13	9	7	5	6	8	11	15	18	19	18	16	12	20	20
21	9	6	5	7	9	14	18	22	24	23	21	16	11	7	4	3	5	8	12	16	19	20	18	15	21	21
22	11	8	5	5	7	11	16	21	24	25	23	20	14	9	4	2	2	5	9	14	18	20	20	18	22	22
23	14	10	6	5	6	9	14	19	23	26	26	23	18	12	6	2	1	2	6	10	15	19	20	19	23	23
24	16	12	8	5	5	7	11	16	21	25	26	25	21	15	9	4	1	1	3	7	12	17	20	20	24	24
25	18	15	10	7	5	6	9	13	19	23	26	26	23	19	13	7	2	0	1	4	9	14	18	20	25	25
26	19	17	13	9	6	6	7	11	16	21	24	26	25	21	16	10	5	2	1	3	6	11	15	18	26	26
27	19	18	15	12	9	7	7	9	13	17	21	24	25	23	19	14	8	4	2	2	5	8	12	16	27	27
28	18	18	17	14	11	9	8	8	11	14	18	21	23	23	20	16	12	8	5	3	4	6	10	13	28	28
29	16	18	17	16	14	11	10	9	10	12	15	18	20	21	20	18	15	11	8	5	5	5	8	11	29	29
30	14	16	17	17	16	14	12	11	10	11	12	15	17	19	19	18	17	14	11	8	6	6	7	8	30	30
31	11	14	16	17	17	16	15	13	12	11	12	13	15	17	17	17	16	14	11	9	7	7	7	7	31	31

JUNI 2001

J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J	T	
1	9	11	14	16	17	18	18	16	14	12	11	10	11	12	13	15	16	16	16	14	12	10	8	7	1	1	
2	7	9	11	14	17	19	19	17	15	12	10	9	9	10	12	14	15	16	16	15	13	10	8	2	2	2	
3	7	7	9	12	15	18	20	21	20	18	15	11	8	7	7	8	10	13	16	17	17	15	13	10	3	3	
4	8	7	7	9	13	17	20	22	23	21	18	14	9	6	4	5	7	10	14	17	18	16	13	4	4		
5	9	7	6	7	10	14	19	22	24	24	21	17	12	7	4	3	4	7	11	15	18	19	18	15	5	5	
6	12	8	6	6	8	12	16	21	24	25	24	20	15	9	5	2	4	8	12	16	19	19	17	6	6		
7	14	10	7	6	6	9	14	19	23	26	26	23	18	12	7	3	1	1	5	9	14	18	19	7	7		
8	17	13	9	6	6	7	11	16	21	25	26	25	21	16	10	5	1	0	2	6	11	15	18	20	8	8	
9	18	15	12	8	6	6	9	13	18	22	25	26	24	19	13	8	3	1	1	4	8	13	17	19	9	9	
10	19	17	14	10	8	6	7	10	15	19	23	25	25	22	17	11	6	2	1	2	5	10	14	17	10	10	
11	19	18	16	13	10	8	7	9	12	16	20	23	24	23	19	14	9	5	3	2	4	7	11	15	11	11	
12	18	19	18	15	13	10	8	8	10	13	17	20	22	22	20	17	13	8	5	3	4	6	9	13	12	12	
13	16	18	18	17	15	13	10	9	11	14	16	19	20	18	15	13	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
14	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
15	9	11	14	17	19	19	17	15	12	10	9	9	10	12	14	15	16	16	14	12	10	8	7	15	15		
16	7	7	9	12	15	18	20	21	20	18	15	11	8	7	7	8	10	13	16	17	17	15	13	10	16	16	
17	8	7	8	10	13	17	21	23	23	21	18	14	9	6	4	5	7	10	14	17	18	16	13	4	17	17	
18	9	7	6	7	10	14	19	22	24	24	21	17	12	7	4	3	4	7	11	15	18	19	18	15	18	18	
19	12	8	6	6	8	12	16	21	24	25	24	20	15	9	5	2	4	8	12	16	19	19	17	6	19	19	
20	14	10	7	6	6	9	14	19	23	26	26	23	18	12	7	3	1	1	5	9	14	18	19	7	20	20	
21	17	13	9	6	6	7	11	16	21	25	26	25	21	16	10	5	1	0	2	6	11	15	18	20	8	21	21
22	18	15	12	8	6	6	9	13	18	22	25	26	24	19	13	8	3	1	1	4	8	13	17	19	9	22	22
23	19	17	14	10	8	6	7	10	15	19	23	25	25	22	17	11	6	2	1	2	5	10	14	17	10	23	23
24	19	18	16	13	10	8	7	9	12	16	20	23	24	23	19	14	9	5	3	2	4	7	11	15	11	24	24
25	18	19	18	15	13	10	8	8	10	13	17	20	22	22	20	17	13	8	5	3	4	6	9	13	12	25	25
26	16	18	18	17	15	13	10	9	11	14	16	19	20	18	15	13	11	11	11	11	11	11	11	11	11	26	26
27	19	19	18	14	11	8	7	8	11	15	19	22	23	22	20	15	10	6	3	2	4	7	11	15	27	27	
28	18	19	19	17	14	11	9	8	9	12	15	18	21	22	20	17	13	9	6	4	4	5	9	12	28	28	
29	16	19	19	16	14	11	9	9	10	12	15	18	19	20	18	16	12	9	6	5	5	7	10	29	29		
30	14	17	19	18	16	14	11	10	9	10	12	14	16	17	18	17	14	12	9	7	6	7	8	30	30		
31	11	14	17	19	20	19	17	14	12	10	9	10	11	13	14	16	16	15	14	12	10	8	7	8	31	31	

Lampiran II

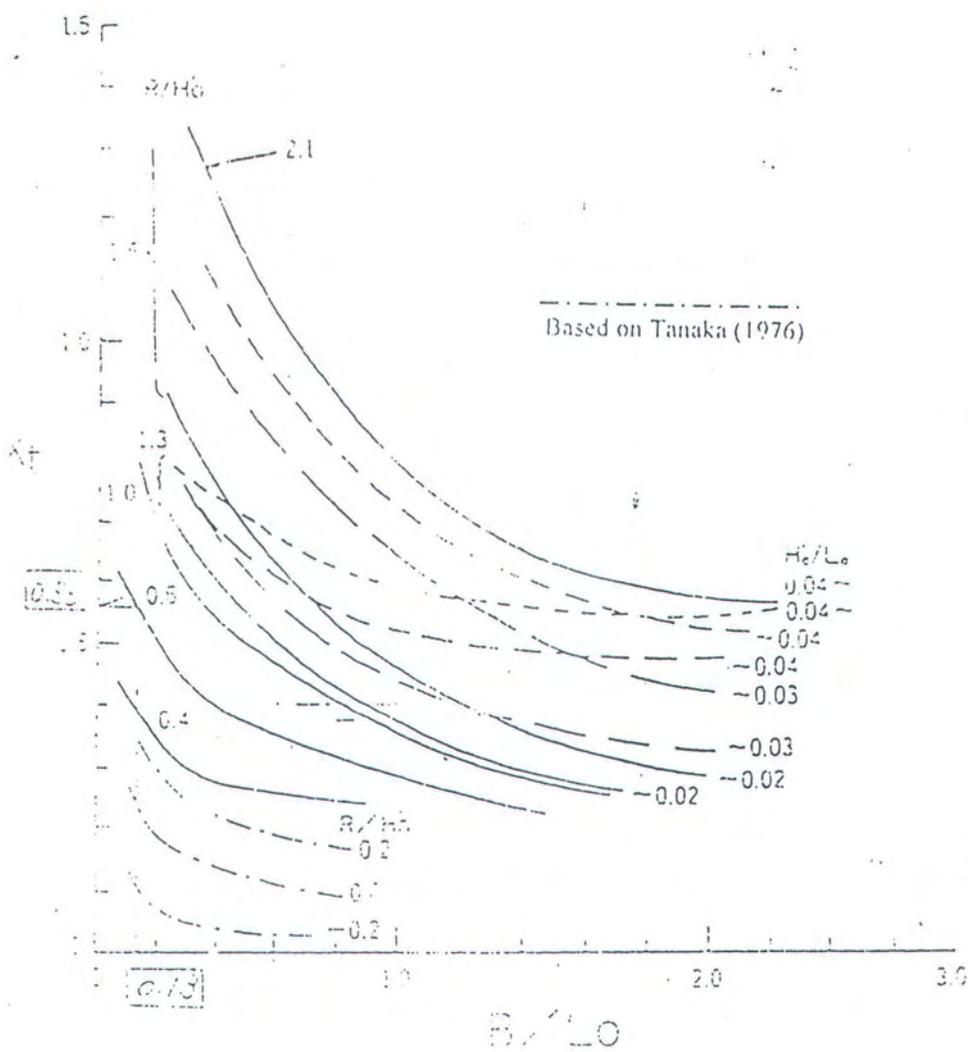
Lay Out Perencanaan



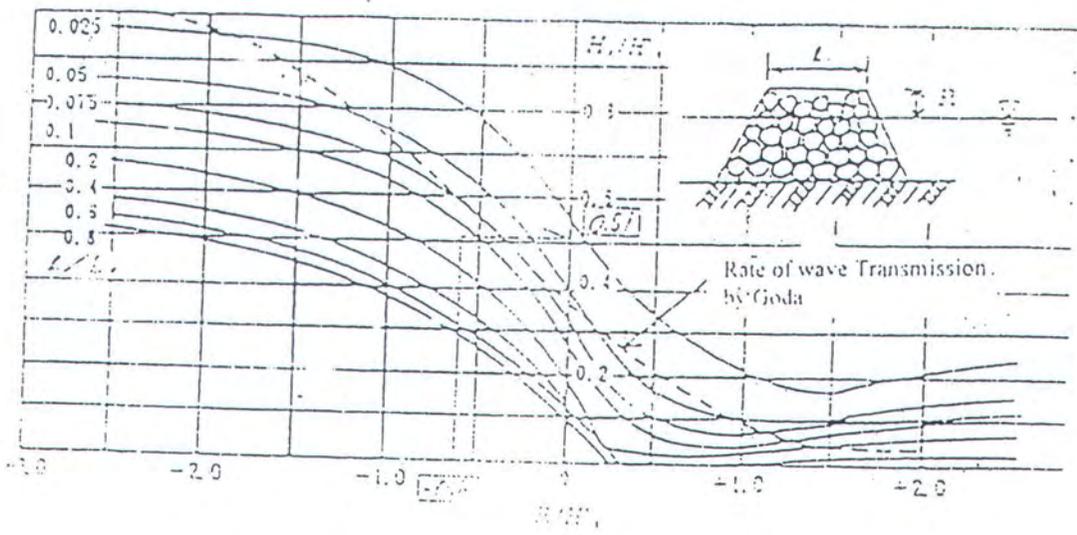
Perencanaan Lay Out Submarged Di Tanah Lot Bali

Lampiran III

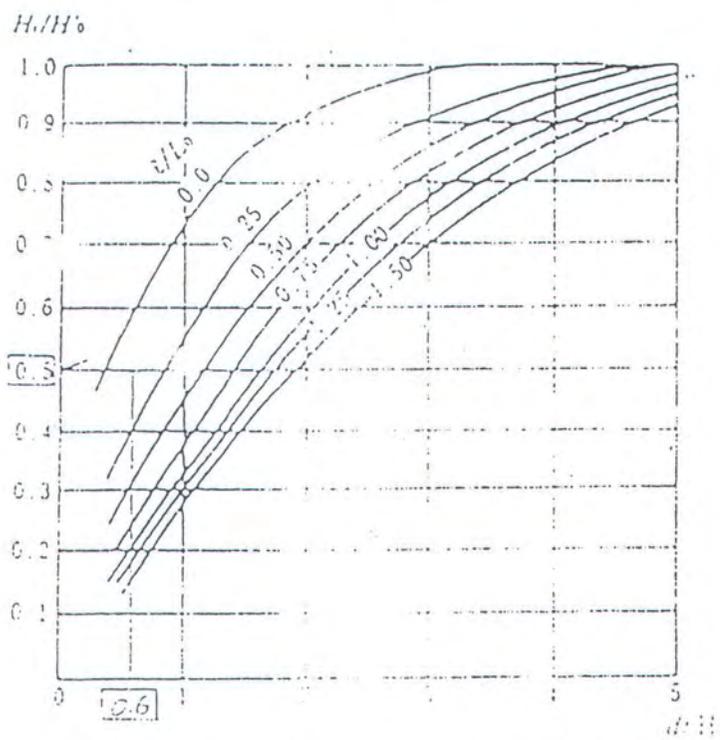
Grafik Hubungan Koefisien Transmisi



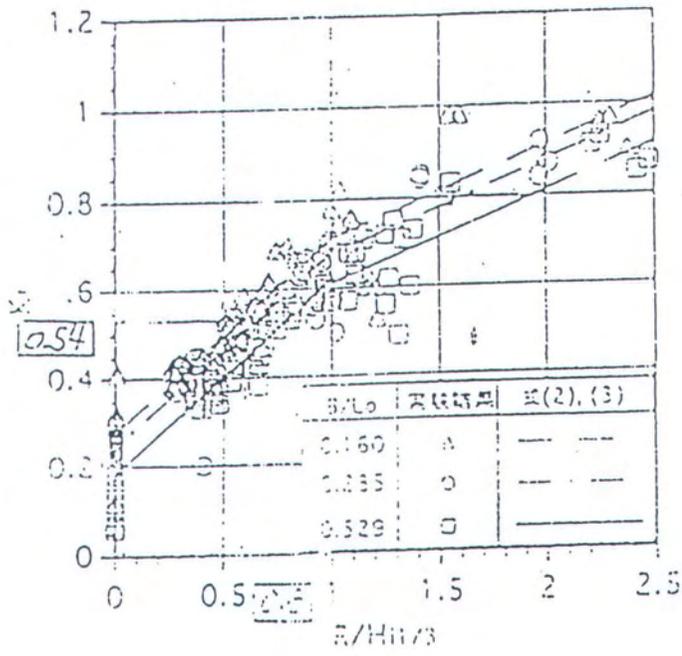
Relationships between " K_t " and " B/L_0 " for the Rate of Wave Height Transmission on the Submerged Breakwater' by Uda et.al.



Relationships on the Crest Level and the Rate of Wave Attenuation
 (B/L_0 is the parameter to the relationships on the H_t/H_0' and R/H_0'
 by Tanaka



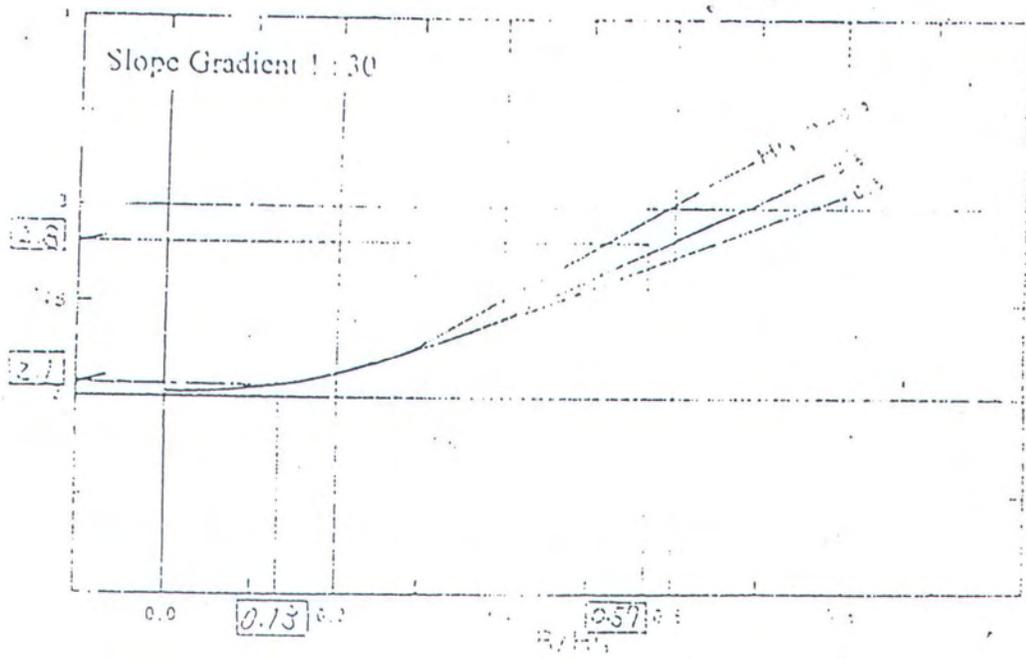
Rate of the Wave Height Transmission over Submerged Breakwater
 (B/L_0 is the Parameter to the relationship on the H_t/H_0' and R/H_0')
 by Tanaka, et al (1967)



Relationships between K_t and $R/H_{1/3}$
by Hanzawa et.al.

Lampiran IV

Grafik Nilai Stabilitas NS Shape Block



Stabilizing Factor (N_s) for the X-Shaped Block
on the Submerged Breakwater

Lampiran V

Perbandingan Penggunaan Material

Perbandingan Material yang Digunakan untuk Submerged Breakwater

Kasus I

<p>Stabilitas (Max : 20 points)</p>	<p>Sebagai balok bidang X 1 lapis, jika salah satu terangkat oleh gerak gelombang, maka rubble stone terhisap keluar. Ini akan menyebabkan kejelekan lapisan rubble stone seperti balok bidang X dan tetrapod.(10 point)</p>
<p>Jalur Pengerjaan (Max : 20 points)</p>	<p>Ada sejumlah pekerjaan seperti penempatan rubble stone, pembuatan level, penempatan balok bidang X yang meminta hasil yang akurat, dan penempatan tetrapod akan menambah waktu konstruksi (10 points).</p>
	<p>Harus ada pemisah antara rubble stone dan tetrapod seukuran rubble stone, yang kecil yang mirip untuk mendapatkan tambatan dalam tetrapod (10 points) Ketebalan dari 16 t Type tetrapod masih mungkin untuk didapat.(20) Pekerjaan penggalian terbatas pada section dari tetrapod (10 points)</p>
<p>Keuntungan Struktural (max 30 point)</p>	<p>Area batas antara tetrapod dengan balok bidang X, adalah area tidal mungkin untuk memprediksi gaya gelombang. Sehingga, insiden yang tidak diharapkan bisa terjadi pada area struktur tersebut.(7)</p>
<p>Rating</p>	<p>Stabilitas (max 20 point):10 Kemampuan kerja (max 20 point):10 Jalur Kerja (max 20 point):13 Keuntungan struktur (max 30 point):7 Rating keseluruhan : 40 point sampai 90 point</p>
<p>Keseluruhan Taksiran</p>	<p>Karena banyaknya jenis pekerjaan yang berbeda serta bidang material yang berbeda pula, maka kemampuan kerjanya rendah. Balok bidang X 1 lapis lemah melawan gerak gelombang. Dalam sudut pandang kepentingan Tanah Lot untuk tradisi lokal sebaik daya tariknya untuk wisata, satbilas adalah kunci utama oleh karena itu tidak direkomendasi untuk dikerjakan.</p>

Kasus II

<p>Stabilitas (Max : 20 points)</p>	<p>Bahkan jika tetrapod dipasang secara acak, dan jika salah satunya dipindah, sisanya akan tetap tinggal dengan efek interlock-nya. (20 point)</p> <p>Sejak tetrapod berat dipasang antara daerah pantai dengan ujung lepas pantai, stabilitas yang diperlukan bisa diperoleh. (20 point)</p>
<p>Jalur Pengerjaan (Max : 20 points)</p>	<p>Satu ukuran tetrapod tidak akan memerlukan susunan pekerjaan dan jalur pengerjaan yang berbeda. (20 point)</p>
<p>Kemampuan Kerja (Max : 20 point)</p>	<p>Penempatan tetrapod secara acak akan mengurangi waktu konstruksi. (20 point)</p> <p>Karena tetrapod yang berat dipasang di atas dasar laut, pekerjaan penggalian bisa dilakukan untuk seluruh luasan.(5 point)</p>
<p>Keuntungan Struktural (max 30 point)</p>	<p>Karena seluruh area tertutup oleh tetrapod, maka tidak ada konstruksi terhadap sambungan (joint), hanya pembangunan struktur rigid.(30)</p>
<p>Rating</p>	<p>Stabilitas (max 20 point):20 Kemampuan kerja (max 20 point):20 Jalur Kerja (max 20 point):13 Keuntungan struktur (max 30 point):30 Rating keseluruhan : 40 point sampai 90 point</p>
<p>Keseluruhan Taksiran</p>	<p>Tetrapod dengan konstruksi berat merupakan hasil dari perhitungan teknis rekayasa yang memberi stabilitas yang sama dengan pembentukan submerged breakwater.</p> <p>Dalam sudut pandang kepentingan Tanah Lot untuk tradisi lokal sebaik daya tariknya untuk wisata, satbilitas adalah kunci utama oleh karena itu tidak direkomendasi untuk dikerjakan.</p>

Kasus III

	<p>The diagram shows a breakwater structure with a total length of 70.0. It is divided into three sections: a 17.0 section with 2 t Type tetrapods, a 26.5 section with 6.3 t Type tetrapods, and another 26.5 section with 16 t Type tetrapods. The structure is built on a slope of 1:4/3. The High Water Level (HWL) is 2.60 and the Low Water Level (LWL) is 0.00.</p>
<p>Stabilitas (Max : 20 points)</p>	<p>Bahkan jika tetrapod dipasang secara acak, dan jika salah satunya dipindah, sisanya akan tetap tinggal dengan efek interlock-nya. (20 point)</p> <p>Sejak tetrapod berat dipasang antara daerah pantai dengan ujung lepas pantai, stabilitas menjadi tidak baik. (5 point)</p>
<p>Jalur Pengerjaan (Max : 20 points)</p>	<p>Tiga ukuran tetrapod akan memerlukan susunan pekerjaan yang berbeda pada jalur pengerjaan yang sama. (10 point)</p>
<p>Kemampuan Kerja (Max : 20 point)</p>	<p>Penempatan tetrapod secara acak akan mengurangi waktu konstruksi. (20 point)</p> <p>Karena tetrapod yang berat dipasang di atas dasar laut, pekerjaan penggalian bisa dilakukan untuk seluruh luasan.(15)</p>
<p>Keuntungan Struktural (max 30 point)</p>	<p>Karena seluruh area tertutup oleh tetrapod yang berbeda, maka tidak ada konstruksi terhadap sambungan (joint), hanya pembangunan struktur tidak begitu rigid.</p>
<p>Rating</p>	<p>Stabilitas (max 20 point):13 Kemampuan kerja (max 20 point):10 Jalur Kerja (max 20 point):7 Keuntungan struktur (max 30 point):15 Rating keseluruhan : 40 point sampai 90 point</p>
<p>Keseluruhan</p>	<p>Tetrapod dengan konstruksi berat merupakan hasil dari perhitungan teknis rekayasa yang memberi stabilitas yang sama dengan pembentukan submerged breakwater.</p>
<p>Taksiran</p>	<p>Dalam sudut pandang kepentingan Tanah Lot untuk tradisi lokal sebaik daya tariknya untuk wisata, satbilitas adalah kunci utama oleh karena itu tidak direkomendasi untuk dikerjakan.</p>

Kasus IV

	<p style="text-align: center;">70.0 17.0 26.5 26.5</p> <p style="text-align: right;">HWL=2.60 LWL=0.00</p> <p style="text-align: center;">1:4/3 1:4/3 1:4/3 1:4/3</p> <p style="text-align: center;">6.3 t Type 16 t Type</p>
<p>Stabilitas (Max : 20 points)</p>	<p>Bahkan jika tetrapod dipasang secara acak, dan jika salah satunya dipindah, sisanya akan tetap tinggal dengan efek interlock-nya. (20 point)</p> <p>Meskipun berat tetrapod yang dipasang pada tepi onshore dikurangi, maka akan tertutup dengan 16 t Type tetrapod yang memberikan stabilitas yang baik.(20 point)</p>
<p>Jalur Pengerjaan (Max : 20 points)</p>	<p>Dua ukuran tetrapod tidak akan memerlukan susunan pekerjaan yang berbeda pada jalur pengerjaan yang sama. (20 point)</p>
<p>Kemampuan Kerja (Max : 20 point)</p>	<p>Penempatan tetrapod secara acak akan mengurangi waktu konstruksi. (20 point)</p> <p>Karena tetrapod yang berat dipasang di atas dasar laut, pekerjaan penggalian bisa dilakukan untuk seluruh luasan yang tertutup tetrapod 16 t. (5 point)</p>
<p>Keuntungan Struktural (max 30 point)</p>	<p>Karena seluruh area tertutup oleh tetrapod, maka tidak ada konstruksi terhadap sambungan (joint). (30 point)</p>
<p>Rating</p>	<p>Stabilitas (max 20 point):20 Kemampuan kerja (max 20 point):10 Jalur Kerja (max 20 point):15 Keuntungan struktur (max 30 point):30 Rating keseluruhan : 40 point sampai 90 point</p>
<p>Keseluruhan Taksiran</p>	<p>Tetrapod dengan konstruksi berat merupakan hasil dari perhitungan teknis rekayasa yang memberi stabilitas yang sama dengan pembentukan submerged breakwater.</p> <p>Dalam sudut pandang kepentingan Tanah Lot untuk tradisi lokal sebaik daya tariknya untuk wisata, satbilitas adalah kunci utama oleh karena itu tidak direkomendasi untuk dikerjakan.</p>

Lampiran VI

Dimensi Tetrapod

2 テトラポット工法の基本数値

2-1 形状および寸法

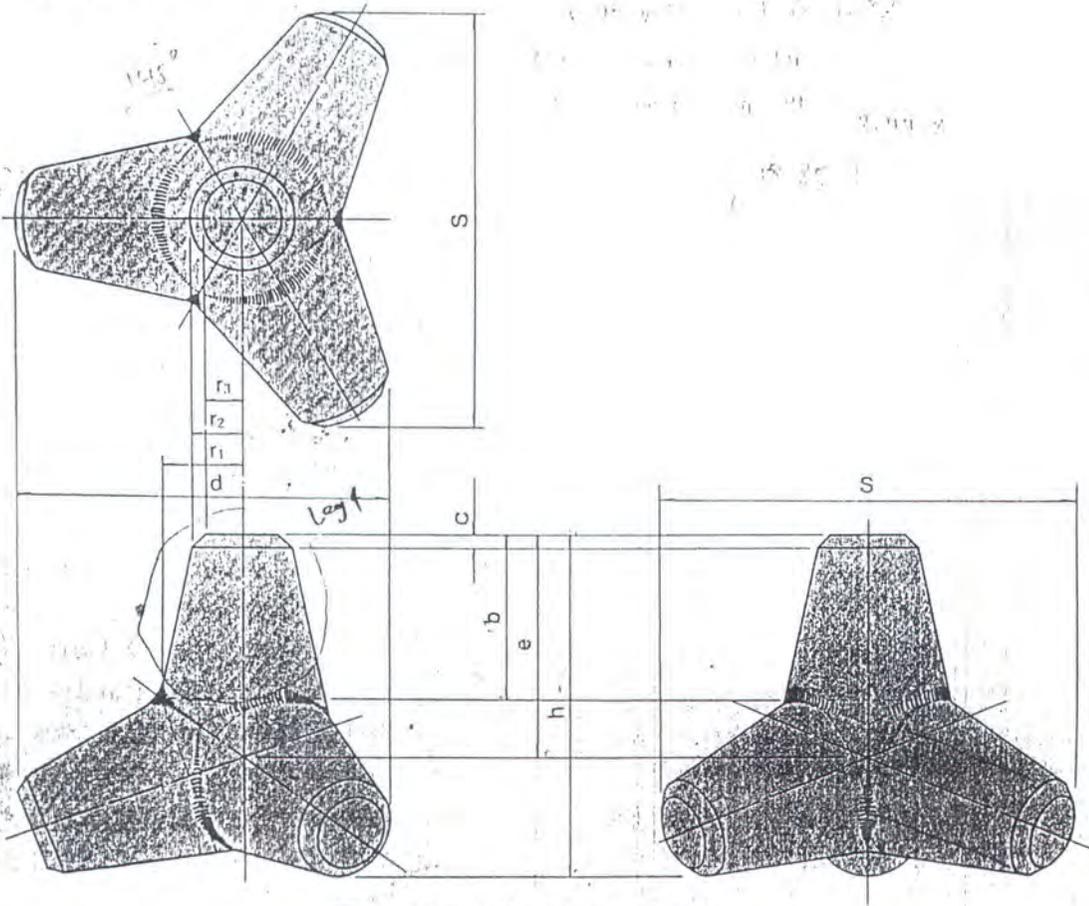


図 2-1 テトラポットの形状寸法図

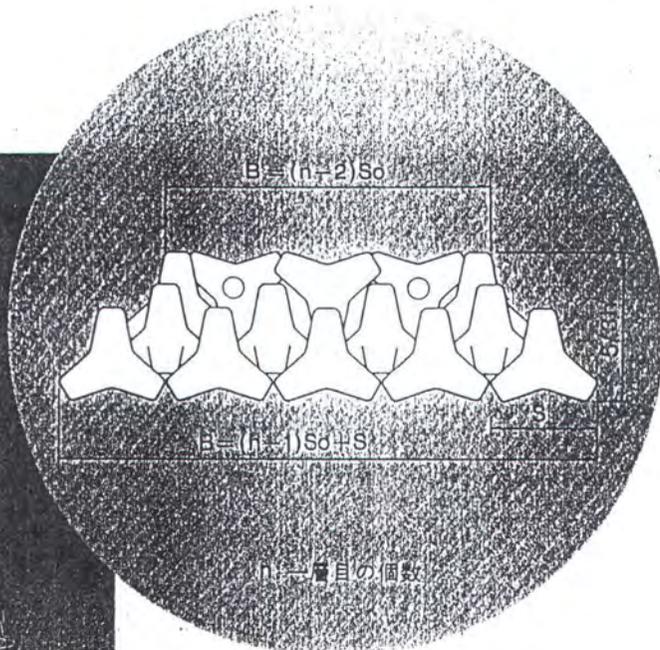
表 2-1 テトラポットの寸法表

(単位: mm)

型別	実重量 (kg)	体積 (m ³)	型枠面積 (m ²)	h	d	S	r ₁	r ₂	r ₃	b	c	e
0.5	0.46	0.2	2.18	900	965	1075	215	135	100	435	35	585
0.7	0.92	0.4	3.44	1130	1215	1350	270	170	125	545	45	740
1.0	1.84	0.8	5.42	1420	1525	1695	340	210	155	685	55	930
1.5	2.88	1.25	7.82	1650	1770	1970	395	245	180	800	65	1075
2.0	3.68	1.6	8.62	1790	1920	2140	425	265	195	865	70	1170
3.0	4.60	2.0	10.00	1930	2075	2305	460	285	210	935	75	1260
4.0	5.75	2.5	11.52	2070	2225	2470	495	310	225	1010	80	1360
5.0	7.36	3.2	13.74	2260	2430	2700	540	335	245	1095	90	1475
6.0	9.20	4.0	15.88	2430	2610	2905	580	360	265	1175	95	1590
8.0	11.50	5.0	18.46	2620	2815	3130	625	390	285	1270	105	1710
10.0	14.49	6.3	21.54	2830	3040	3380	675	420	310	1370	110	1850
15.0	18.40	8.0	25.19	3060	3290	3655	730	455	335	1485	120	2000
20.0	23.00	10.0	29.29	3300	3545	3945	785	490	360	1600	130	2155
25.0	28.75	12.5	33.90	3550	3815	4240	845	530	390	1720	140	2320
30.0	36.80	16.0	40.08	3860	4150	4610	920	575	420	1870	155	2520
40.0	46.00	20.0	46.44	4155	4465	4965	990	620	455	2015	165	2715
50.0	58.88	25.6	54.59	4505	4845	5385	1075	675	495	2185	180	2950
60.0	80.50	35.0	67.25	5000	5375	5975	1200	745	545	2420	200	3270

実重量は、コンクリートの単位体積重量2.3t/m³で計算)

④水平三層積 (B配列)



- 延長方向
 - 天端幅 $L' = (m-3)D + d$
 - 敷幅 $L = (m-1)D + d$ (m:一層目の個数)
- 所要個数 (N)
 - 一層 $n \times m$
 - 二層 $(n-1) \times (m-1)$
 - 三層 $n \times (m-2)$

7 水平三層積(B配列)諸元

(単位: m)

別型)	層厚 5/3h	芯間隔 So	4-3-4		5-4-5		6-5-6		7-6-7	
			B'	B	B	B'	B	B'	B	B'
0.5	1.50	1.10	4.40	2.20	5.50	3.30	6.60	4.40	7.70	5.50
1.0	1.90	1.40	5.55	2.80	6.95	4.20	8.35	5.60	9.75	7.00
2.0	2.40	1.75	6.95	3.50	8.70	5.25	10.45	7.00	12.20	8.75
3.2	2.75	2.00	7.95	4.00	9.95	6.00	11.95	8.00	13.95	10.00
4.0	3.00	2.20	8.75	4.40	10.95	6.60	13.15	8.80	15.35	11.00
5.0	3.20	2.35	9.35	4.70	11.70	7.05	14.05	9.40	16.40	11.75
6.3	3.45	2.55	10.10	5.10	12.65	7.65	15.20	10.20	17.75	12.75
8.0	3.80	2.80	11.10	5.60	13.90	8.40	16.70	11.20	19.50	14.00
10.0	4.05	3.00	11.90	6.00	14.90	9.00	17.90	12.00	20.90	15.00
12.5	4.35	3.25	12.90	6.50	16.15	9.75	19.40	13.00	22.65	16.25
16.0	4.70	3.50	13.90	7.00	17.40	10.50	20.90	14.00	24.40	17.50
20.0	5.10	3.75	14.90	7.50	18.65	11.25	22.40	15.00	26.15	18.75
25.0	5.50	4.05	16.10	8.10	20.15	12.15	24.20	16.20	28.25	20.25
32.0	5.90	4.35	17.30	8.70	21.65	13.05	26.00	17.40	30.35	21.75
40.0	6.40	4.75	18.85	9.50	23.60	14.25	28.35	19.00	33.10	23.75
50.0	6.90	5.10	20.25	10.20	25.35	15.30	30.45	20.40	35.55	25.50
64.0	7.50	5.55	22.05	11.10	27.60	16.65	33.15	22.20	38.70	27.75