

3100098010052



**TUGAS AKHIR**  
(OE 1701)

**ANALISA STABILITAS DOLPHIN PADA DERMAGA III  
PENYEBERANGAN KAMAL**



RSke  
627.31  
Kun  
a-1  

---

1997

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	20 Nov. 97
No. Revisi	4
No. Agenda Dep.	7622

Oleh :

**BAGUS BUDI KUNCORO**  

---

NRP. 4392 100 024

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**Judul Tugas Akhir : ANALISA STABILITAS DOLPHIN PADA DERMAGA III  
PENYEBERANGAN KAMAL**

**Penulis : BAGUS BUDI KUNCORO**

**NRP : 4392 100 024**

**Surabaya, 1997**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**



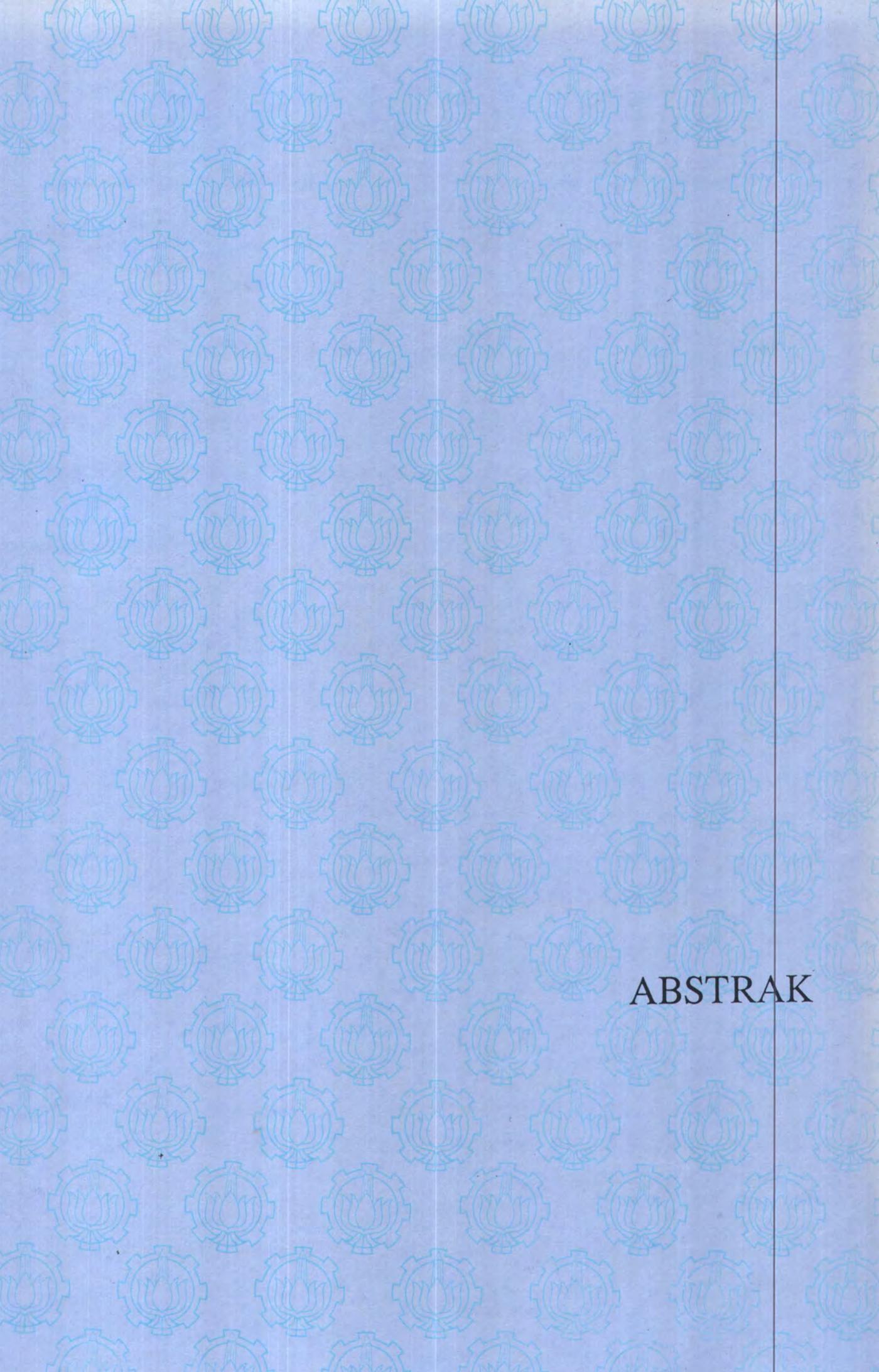
**Ir. W.A. Pratikto, M.Sc., Ph.D.**

**NIP. 130 816 210**

**Ir. Suntoyo**

**NIP. 132 133 977**

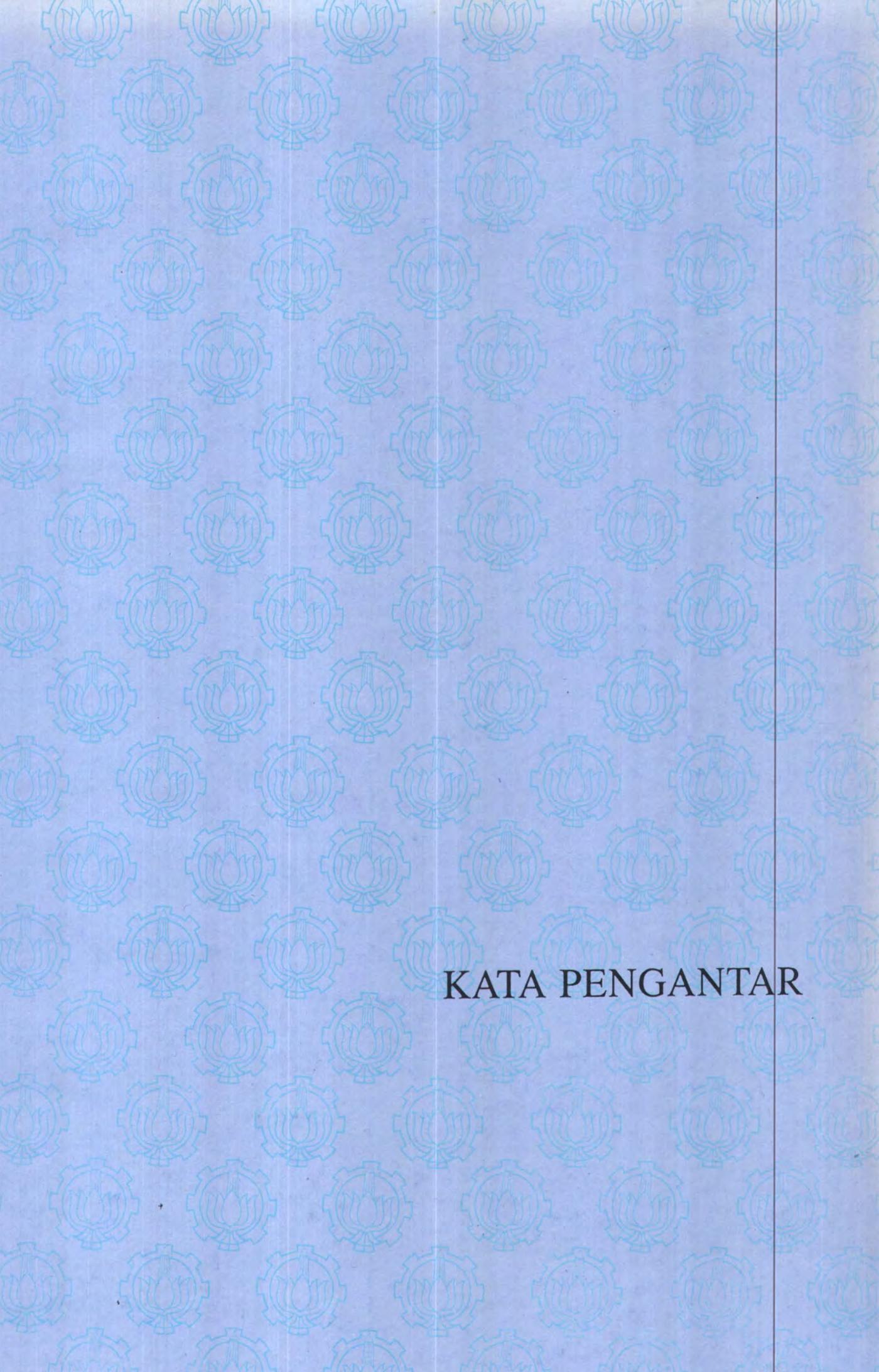
*Untuk Bapak dan Ibu*



ABSTRAK

## ABSTRAK

*Tugas akhir ini merupakan analisa stabilitas struktur dolphin pada dermaga III penyeberangan Kamal. Stabilitas dolphin merupakan salah satu faktor penting yang menentukan kemampuan sebuah dermaga untuk berfungsi secara optimal. Struktur dolphin merupakan tempat untuk bersandar kapal. Berkembangnya jumlah penduduk dan aktifitas manusia menyebabkan perkembangan kebutuhan sarana transportasi termasuk kebutuhan transportasi penyeberangan. Dalam tugas akhir ini dianalisa kemampuan dolphin untuk digunakan berlabuh kapal dengan kapasitas lebih besar dari kapasitas disainnya. Dari hasil perhitungan dan analisa daya dukung lapisan tanah terhadap struktur dan beban yang terjadi bila struktur dipakai berlabuh kapal dengan kapasitas lebih besar dari disainnya, didapatkan bahwa struktur dolphin tetap stabil untuk digunakan berlabuh kapal dengan kapasitas sampai 1000 GRT dengan kecepatan berlabuh sampai 0.5 m/s.*



KATA PENGANTAR

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran ALLAH S.W.T atas segala rahmat dan hidayah serta kekuatan lahir dan batin untuk menyelesaikan tugas akhir dengan judul “**Analisa Stabilitas Dolphin pada dermaga III Penyeberangan kamal**”.

Sebagai seorang manusia penulis menyadari akan segala kekurangan dan keterbatasan, untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih yang paling tulus kepada siapa saja yang ikut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, terutama kepada :

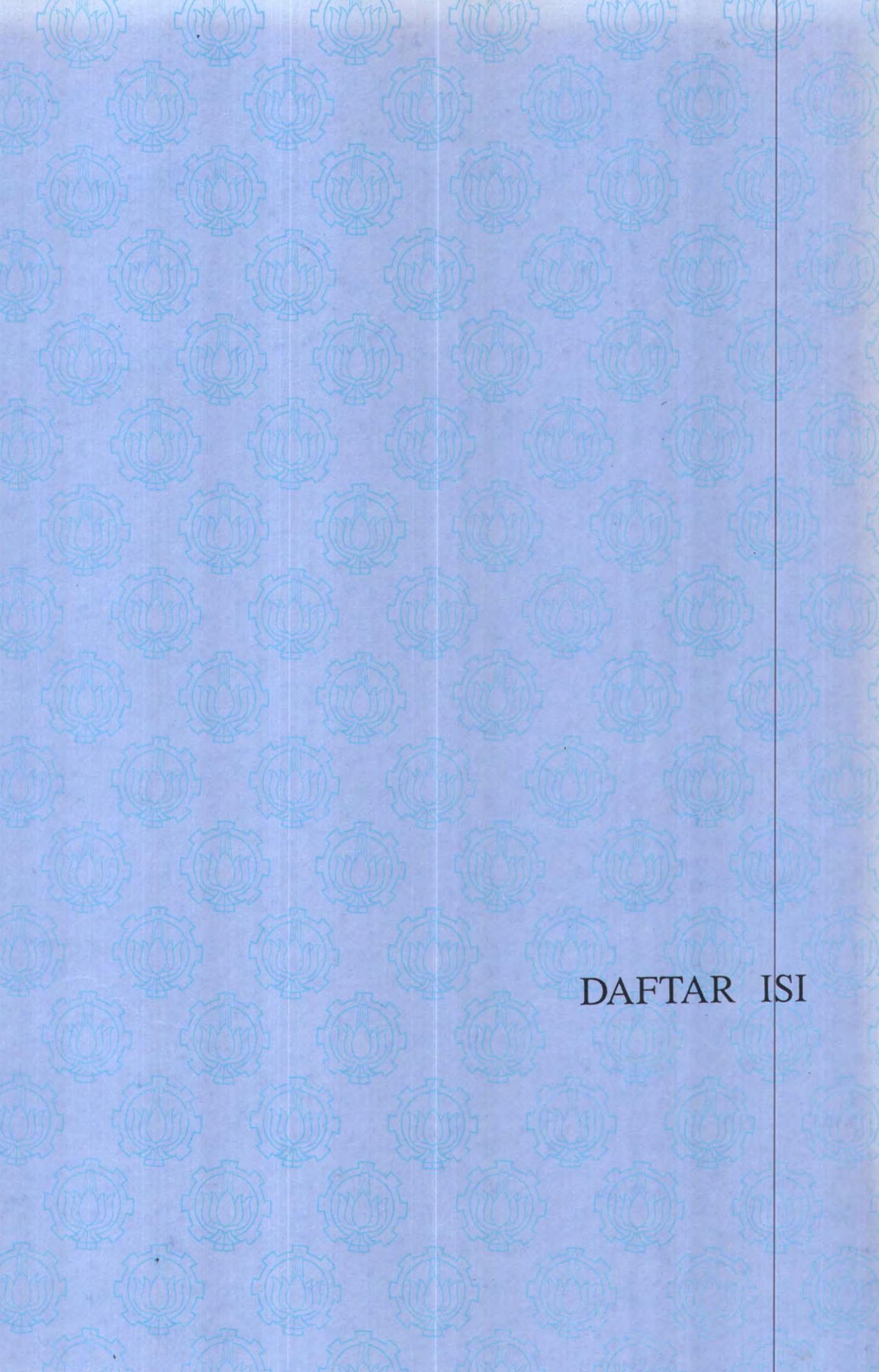
1. Bapak dan Ibu tercinta yang tak pernah henti memberikan semangat.
2. Ir.W.A. Pratikto, MSc, Phd. selaku dosen pembimbing dan dosen wali atas bimbingan dan arahan selama penulis menempuh studi serta dalam penulisan tugas akhir ini.
3. Ir. Suntoyo sebagai dosen pembimbing kedua dan Ir. Haryo yang telah memberikan waktu untuk berdiskusi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ir. E.B. Djatmiko, MSc, Phd. dan Ir. P. Indiyono, MSc, PhD selaku Kajur dan Sekjur Teknik Kelautan.
5. Seluruh dosen pengajar di Teknik Kelautan atas bimbingannya selama penulis menempuh studi di Teknik Kelautan ITS.
6. Ir. Fuad (Nippon Koei, Co.LTD) yang telah memberikan data untuk penulisan tugas akhir ini.
7. Seluruh teman seperjuangan angkatan 92’.
8. Seluruh teman-teman sepenenderitaan di lantai 4 terutama: Mas Edi & Vera, Sukma, Iwan, Gatot, Budi”Ontong”, Heri “Karet“ yang menemani penulis begadang ,Heri “artis” yang telah meminjamkan printernya, Adriansyah”Nagabonar”Sinaga dan partnerku dalam pencarian data tugas akhir ini, Wisnu.
9. Seluruh mahasiswa teknik Kelautan ITS-Surabaya.
10. Teman-teman di kost “Benteng IIC/24”
11. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu disini tanpa mengurangi rasa hormat..

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari sempurna, oleh karenanya saran dan kritik untuk penyempurnaan dimasa mendatang sangat penulis harapkan.

Akhirnya semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi para pembaca sekalian...

Surabaya, Oktober 1997

Penyusun



DAFTAR ISI

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR NOTASI	
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar belakang masalah	I-1
1.2. Perumusan masalah	I-3
1.3. Tujuan dan manfaat	I-4
1.4. Batasan masalah	I-5
1.5. Metodologi dan sistematika skripsi	I-6
<b>BAB II. DASAR TEORI</b>	
2.1. Beban-beban yang bekerja pada struktur dolphin	II-2
2.1.1. Gaya gelombang	II-2
2.1.2. Gaya arus	II-6
2.1.3. Gaya gempa bumi	II-6
2.1.4. Gaya tumbukan kapal	II-10
2.1.5. Gaya angin	II-11
2.2. Kapasitas daya dukung tanah terhadap tiang pancang	II-12
<b>BAB III. PERHITUNGAN BEBAN DAN KAPASITAS DAYA DUKUNG TANAH TERHADAP TIANG PANCANG</b>	
3.1. Perhitungan beban yang bekerja pada struktur dolphin	III-2
3.1.1. Gaya gelombang	III-2
3.1.1.1. Gaya gelombang pada tiang tegak	III-2
3.1.1.2. Gaya gelombang pada tiang miring	III-6

3.1.1.3. Gaya gelombang pada cap struktur	III-8
3.1.2. Gaya arus	III-10
3.1.2.1. Gaya arus pada tiang tegak	III-10
3.1.2.2. Gaya arus pada tiang miring	III-11
3.1.2.3. Gaya arus pada cap	III-14
3.1.3. Gaya gempa	III-15
3.1.4. Gaya tumbukan kapal	III-18
3.1.5. Gaya angin	III-20
3.2. Perhitungan daya dukung lapisan tanah terhadap tiang pancang	III-22
3.2.1. Kapasitas daya dukung tanah terhadap gaya aksial	III-22
3.2.1.1. Perhitungan dengan metode statis	III-22
3.2.1.2. Perhitungan dengan metode dinamis	III-28
3.2.2. Kapasitas daya dukung tanah terhadap gaya horisontal	III-30
3.2.3. Efisiensi tiang pancang dalam kelompok	III-42

#### BAB IV. ANALISA

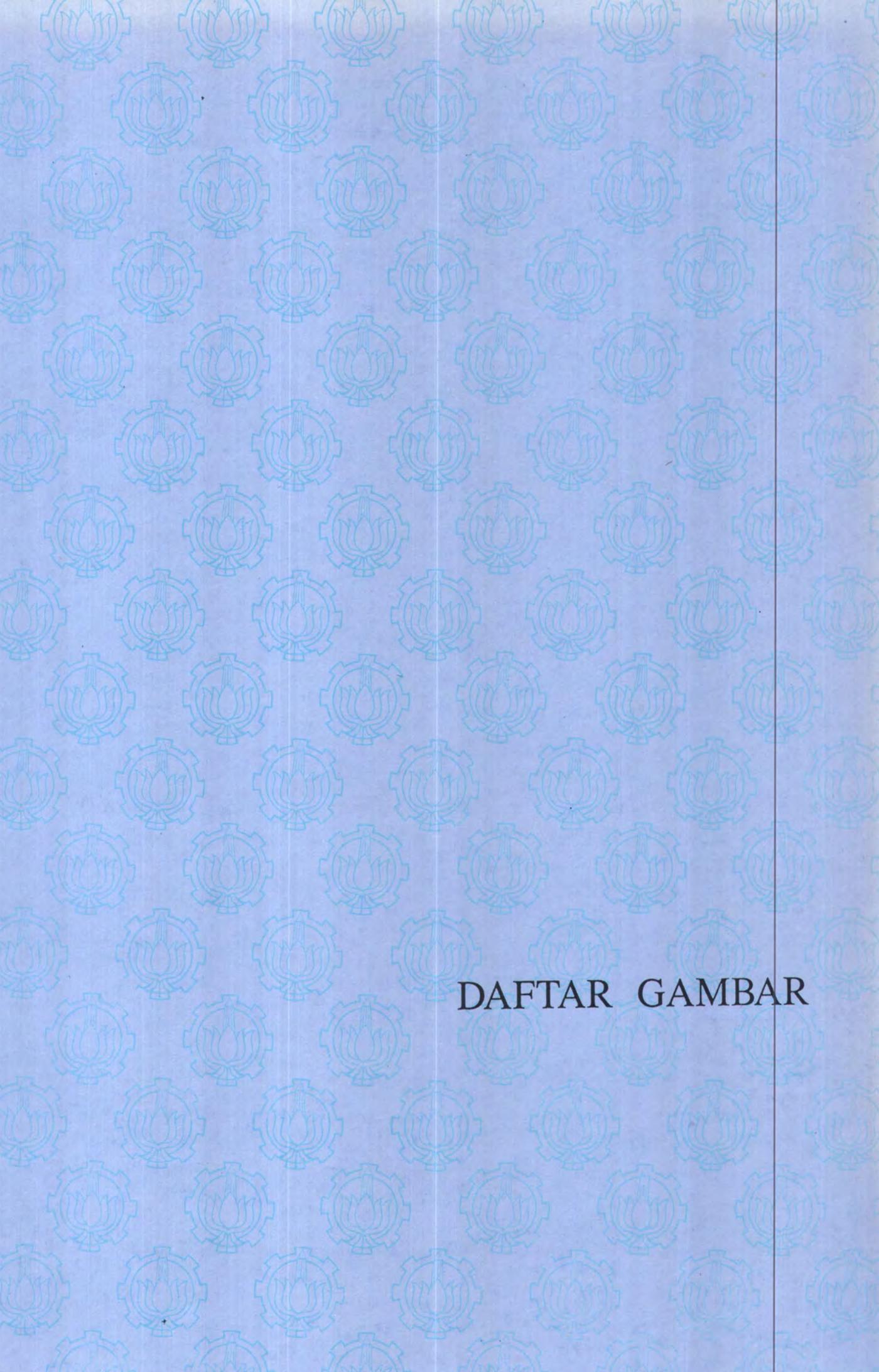
4.1. Analisa beban total pada struktur	IV-2
4.1.1. Analisa beban total akibat gaya gelombang	IV-2
4.1.2. Analisa beban total akibat gaya arus	IV-4
4.1.3. Analisa beban total akibat gempa	IV-5
4.1.4. Analisa beban total akibat gaya tumbukan kapal	IV-6
4.1.5. Analisa beban total akibat gaya angin	IV-8
4.2. Analisa daya dukung lapisan tanah terhadap tiang pancang	IV-8
4.2.1. Analisa daya dukung tanah terhadap gaya aksial	IV-8
4.2.2. Analisa daya dukung tanah terhadap gaya horisontal (lateral)	IV-10
4.2.3. Analisa stabilitas dolphin	IV-12

#### BAB V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan	V-1
5.2. Saran	V-2

#### DAFTAR PUSTAKA

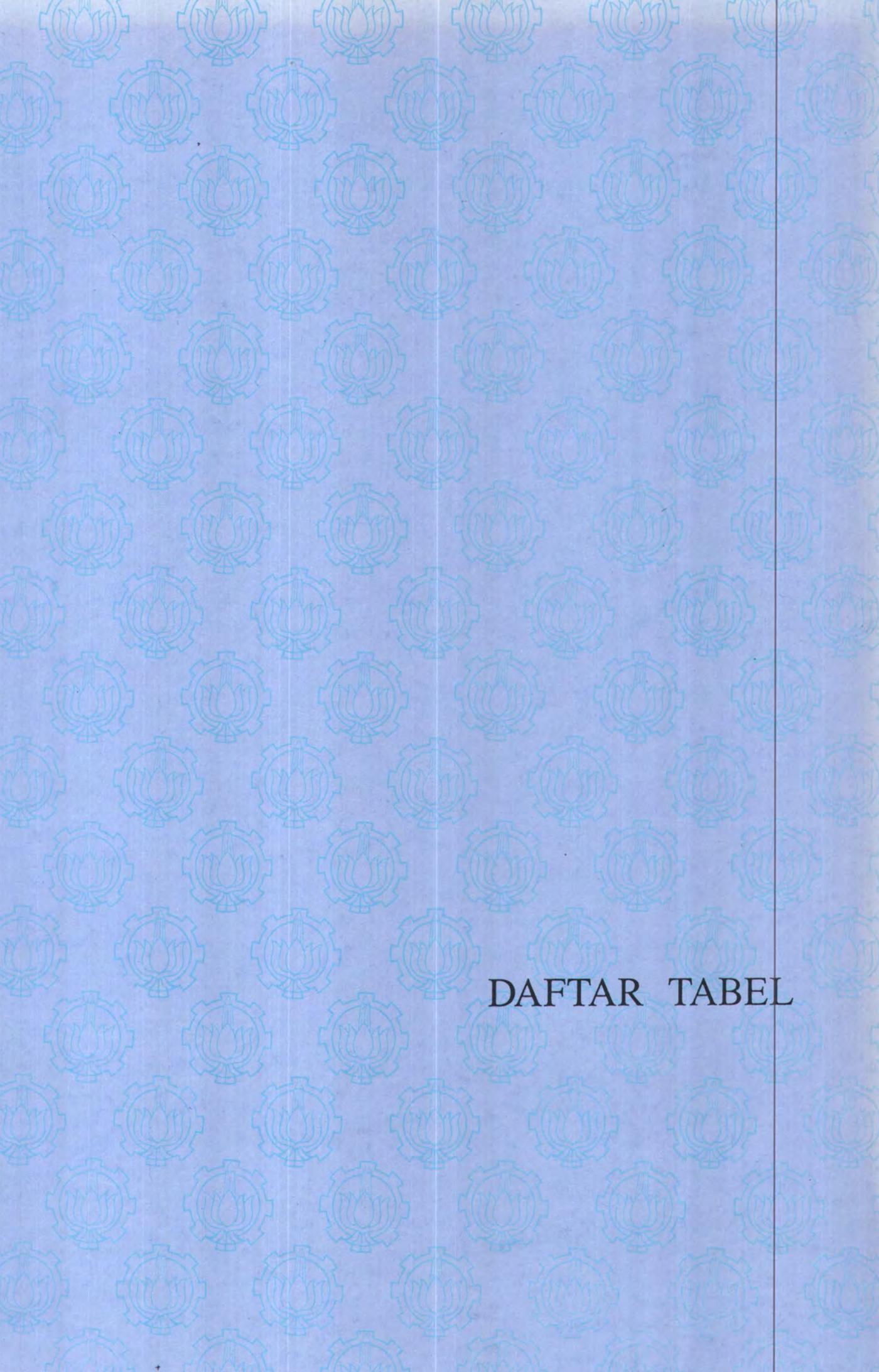
#### LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

## DAFTAR GAMBAR

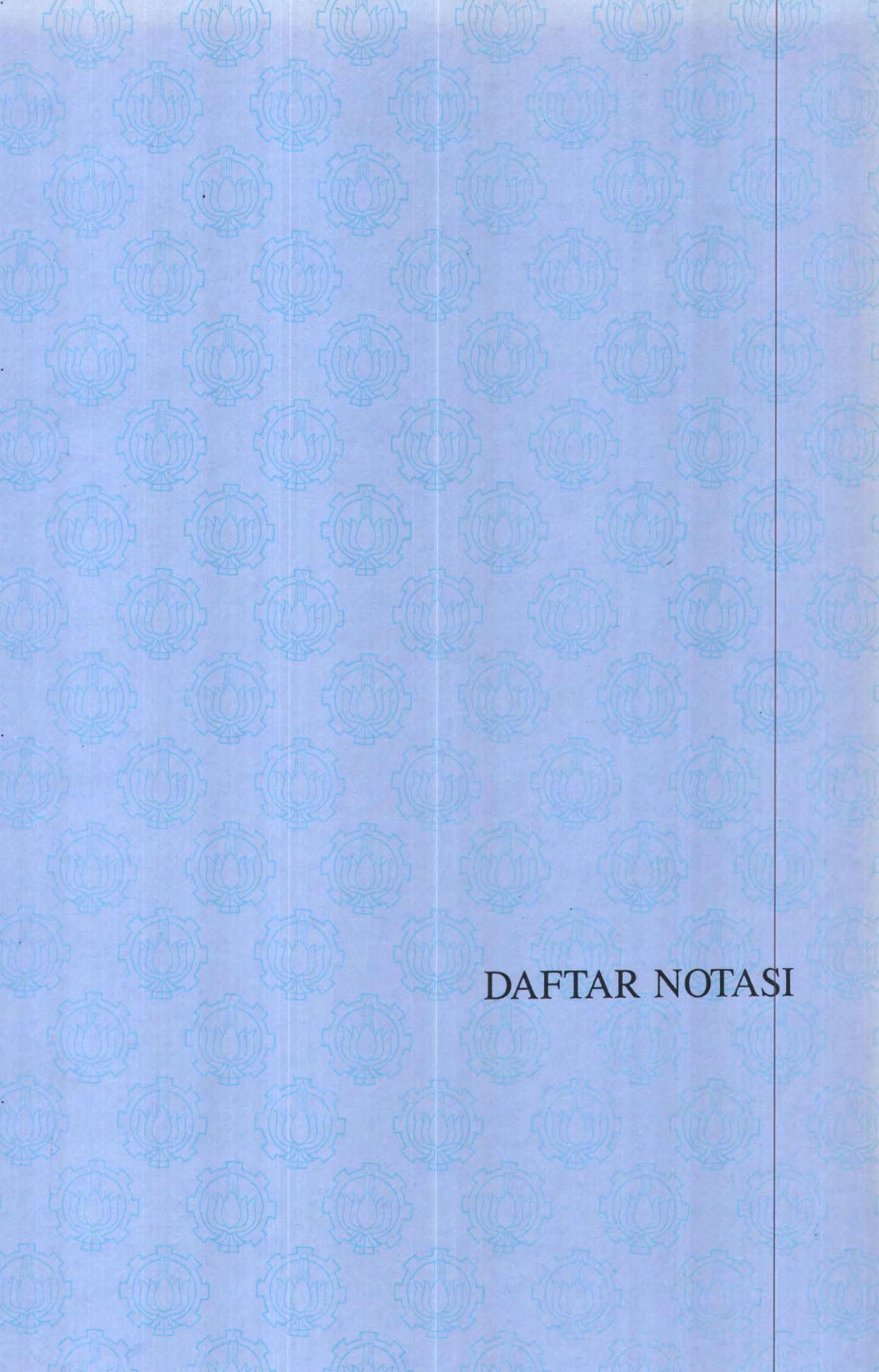
Gambar 2.1. Koordinat polar tiang miring	II-4
Gambar 2.2. Equivalensi tiang miring menjadi tiang tegak	II-5
Gambar 2.3. Equivalensi dari fixed head ke free head	II-15
Gambar 2.4. Kapasitas gaya lateral korelasi dengan penetrasi tiang	II-17
Gambar 3.1. Geometri struktur dolphin	III-2
Gambar 3.2. Distribusi kecepatan arus pada tiang	III-10
Gambar 3.3. Kurva performa fender	III-20
Gambar 3.4. Luasan proyeksi cap struktur yang terkena angin	III-21
Gambar 3.5. Penetrasi tiang miring dan karakteristik tanah	III-24
Gambar 3.6. Penetrasi tiang tegak dan karakteristik tanah	III-27
Gambar 3.7. Letak titik tetap, e equivalent lapisan tanah pada tiang tegak	III-33
Gambar 3.8. Letak titik tetap, e equivalent lapisan tanah pada tiang tegak	III-39
Gambar 3.9. Penampang cap kelompok tiang pancang	III-42
Gambar 4.1. Propagasi & penampang struktur dari arah gelombang	IV-3



DAFTAR TABEL

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Faktor kondisi tanah lapisan bawah	II-9
Tabel 2.2. Kelas-kelas tanah lapisan bawah	II-9
Tabel 2.3. Koefisien tingkat kepentingan	II-9
Tabel 2.4. Nilai CD	II-12
Tabel 3.1. Perhitungan gaya gelombang pada tiang tegak	III-5
Tabel 3.2. Perhitungan gaya gelombang pada tiang miring	III-7
Tabel 3.3. Perhitungan gaya gelombang pada cap	III-9
Tabel 3.4. Perhitungan gaya arus pada tiang tegak	III-11
Tabel 3.5. Perhitungan gaya arus pada tiang miring	III-13
Tabel 3.6. Perhitungan gaya arus pada cap	III-14
Tabel 3.8. Kedalaman, panjang dan berat tiang pancang	III-15
Tabel 3.9. Perhitungan berat lapisan grouting	III-16
Tabel 3.10 Displasement dan dimensi kapal	III-18
Tabel 3.11. Perhitungan energi tumbukan kapal dengan kecepatan 0.4m/s	III-19
Tabel 3.12. Perhitungan energi tumbukan kapal dengan kecepatan 0.4m/s	III-19
Tabel 3.13. Gaya reaksi akibat energi tumbukan pada satu fender	III-20
Tabel 3.14. Hasil kalendering pemancangan	III-29
Tabel 3.15. Kapasitas daya dukung lapisan tanah pada tiang pancang	III-41
Tabel 4.1. Gaya reaksi akibat tumbukan kapal pada struktur	IV-7
Tabel 4.2. Kapasitas daya dukung terhadap gaya aksial metode statis	IV-10
Tabel 4.3. Kapasitas daya dukung terhadap gaya aksial metode dinamis	IV-10
Tabel 4.4. Kapasitas daya dukung tanah terhadap gaya lateral (horisontal)	IV-11

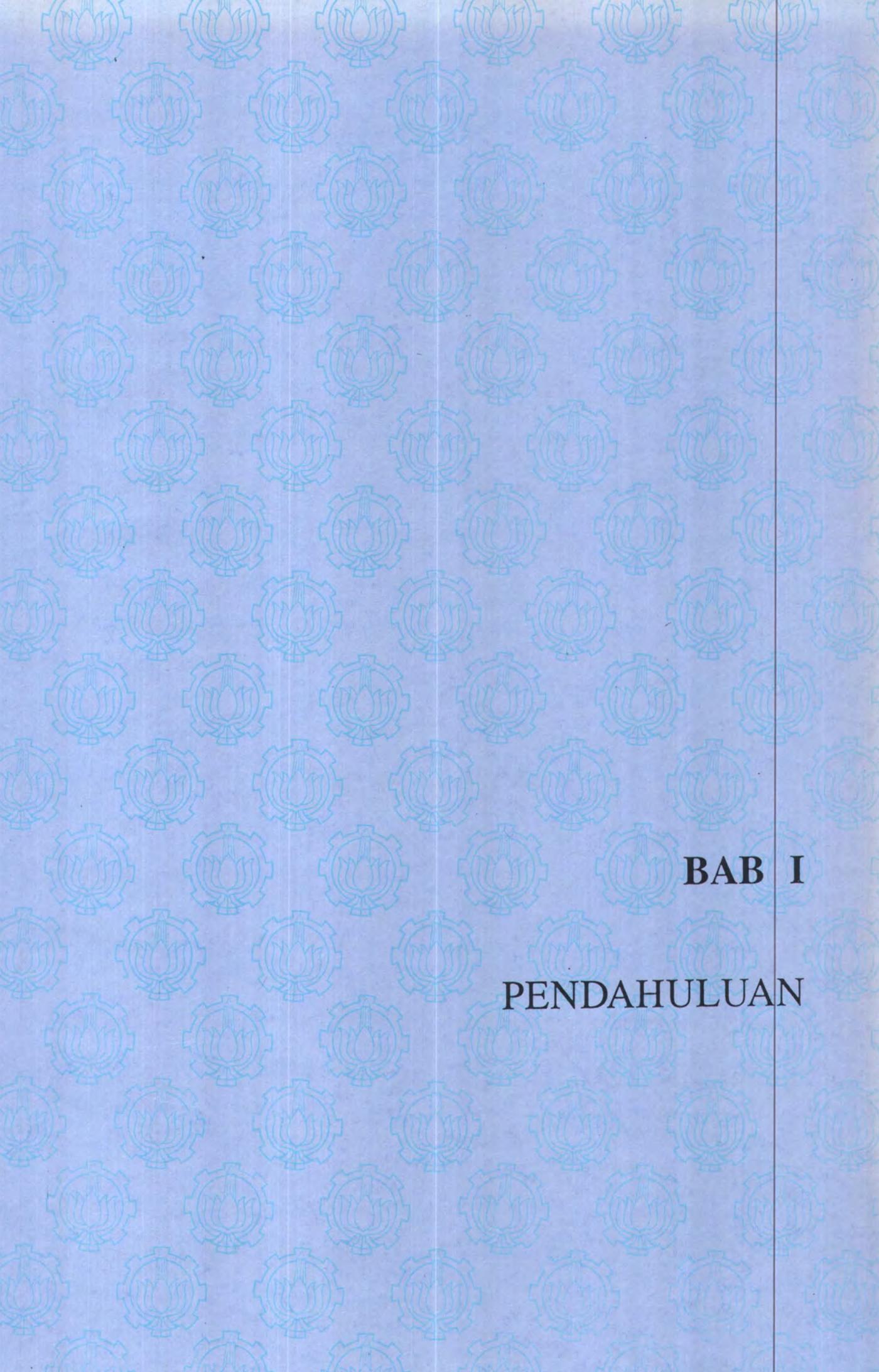


DAFTAR NOTASI

## DAFTAR NOTASI

A	= luasan proyeksi, $m^2$ ( $feet^2$ ).
Ab	= luasan penampang tiang, $m^2$ .
As	= luasan kulit tiang, $m^2$ .
B	= lebar kapal, $m^2$ .
Cb	= koefisien blok kapal.
Cc	= faktor bentuk tempat berlabuh.
$C_D$	= koefisien drag.
Cf	= koefisien pembebanan.
Cg	= faktor eksentrisitas.
Cm	= faktor masa semu.
$C_M$	= koefisien inersia
Cs	= faktor kelembutan.
Cu	= kohesifitas lapisan tanah, $kN/m^2$ .
D	= diameter tiang, m.
d	= sarat kapal, m.
e	= jarak antara titik tetap dan titik pembebanan, m.
$e'$	= equivalen jarak antara titik tetap dan titik pembebanan, m.
Ef	= energi berlabuh kapal, Ton m.
F	= gaya total persatuan panjang, Ton/m. = gaya total sepanjang tiang, Ton (pound).
fd	= gaya drag persatuan panjang, Ton/m.
fi	= gaya inersia persatuan panjang Ton/m.
g	= percepatan gravitasi, $m/s^2$ .
H	= tinggi jatuh rata-rata selama tocht terakhir, mm.
Ha	= gaya horisontal ijin, Ton.
Hu	= gaya horisontal maksimum, Ton.
$I_p$	= inersia penampang, $m^4$ .
$K^*$	= koefisien kemampuan struktur.
L	= kedalaman penetrasi tiang, m.
Le	= panjang tiang sampai titik acuan, m.

- $m$  = jumlah tiang perbaris.  
 $M_{\max}$  = momen maksimum, Ton m.  
 $n$  = jumlah baris.  
 $N_c$  = faktor daya dukung.  
 $P_e$  = gaya eksitasi horisontal, Ton.  
 $P_o$  = tekanan efektif vertikal,  $\text{kN/m}^2$ .  
 $\rho$  = masa jenis air,  $\text{Ton/m}^3$ .  
 $Q_b$  = kapasitas tahanan ujung tiang, Ton.  
 $Q_g$  = kapasitas kelompok tiang pancang, Ton.  
 $Q_s$  = kapasitas tahanan sekeliling tiang, Ton.  
 $Q_u$  = kapasitas ultimate, Ton.  
 $R_e$  = angka Reynold.  
 $T_n$  = periode natural, detik.  
 $u$  = kecepatan horisontal partikel air, m/s.  
 $U_{\max}$  = kecepatan horisontal pada SWL, m/s.  
 $V$  = kecepatan, m/s (mph).  
 $W$  = berat tiang, Ton.  
 $w$  = kecepatan vertikal, Ton.  
 $W_o$  = displacement kapal, Ton.  
 $W_p$  = berat efektif tiang, Ton.  
 $W_T$  = berat efektif total struktur, Ton.  
 $z$  = jarak titik tetap dengan permukaan lapisan tanah, m.  
 $Z$  = turunnya tiang selama tocht terakhir, mm.  
 $\lambda$  = koefisien penetrasi tiang pancang.  
 $\gamma$  = berat jenis,  $\text{kN/m}^3$ .  
 $\varepsilon$  = efisiensi kelompok tiang pancang, %  
 $\phi$  = sudut antara tiang miring dengan sumbu X.  
 $\nu$  = viskositas kinematik fluida,  $\text{m}^2/\text{s}$ .  
 $\vartheta$  = kecepatan normal terhadap sumbu tiang, m/s.  
 $\psi$  = sudut antara tiang miring dengan sumbu Z.  
 $\frac{\delta u}{\delta t}$  = percepatan horisontal partikel air,  $\text{m/s}^2$ .



**BAB I**

**PENDAHULUAN**

---

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### I.1. Latar belakang masalah.

Seiring dengan meningkatnya mobilitas manusia dan penambahan jumlah penduduk, mengakibatkan kebutuhan transportasi menjadi meningkat. Penyeberangan antara dua pulau yang berdekatan merupakan salah satu transportasi yang penting untuk mobilitas penduduk kedua pulau tersebut. Sebagai contoh adalah pulau Jawa dan Madura, dimana banyak penduduk Madura mempunyai aktivitas di Surabaya. Kebutuhan sarana transportasi penyeberangan tersebut semakin bertambah mengikuti penambahan jumlah penduduk dan mobilitas pemakai jasa transportasi penyeberangan tersebut. Laju pertumbuhan lalu lintas penumpang pada penyeberangan Ujung-Kamal pada tahun 1986-1991 adalah 5,7%, sedangkan laju pertumbuhan lalu lintas kendaraan roda empat ke atas adalah sekitar 3,9% (NIPPON KOEI, 1992). Dari kenyataan tersebut, dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang meningkat maka laju pertumbuhan lalu lintas penyeberangan tentu akan lebih tinggi daripada periode waktu tersebut. Namun perkembangan kebutuhan transportasi tersebut tidak diikuti dengan penambahan kapasitas penyeberangan, hal tersebut dapat dilihat dengan terjadinya antrian panjang pemakai jasa penyeberangan.

Pantai tempat merapatnya kapal penyeberangan biasanya dangkal, sehingga untuk merapatnya kapal tergantung pada pasang surut air laut. Hal ini berpengaruh terhadap efisiensi waktu untuk menaikkan maupun menurunkan penumpang, Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan membuat dermaga yang letaknya

menjorok ke laut, sehingga kapal tidak kesulitan merapat karena dangkalnya pantai dan tidak tergantung pada pasang surut air laut. Selain itu dengan adanya dermaga memudahkan penumpang untuk naik ke kapal penyeberangan. Salah satu bagian dermaga tersebut adalah dolphin. Dolphin adalah merupakan struktur yang dibangun untuk menahan beban horizontal akibat tumbukan dari kapal serta beban akibat angin dan dan arus selama kapal tertambat (Quin, 1972). Struktur dolphin terdiri sekelompok tiang pancang yang dihubungkan satu dengan yang lain dengan cap pada bagian atas. Dolphin terdiri atas dua jenis yaitu: breasting dolphin dan mooring dolphin (Quin, 1972). Breasting dolphin berfungsi untuk menerima beban hempasan dan gaya akibat kapal tertambat, sedangkan mooring dolphin hanya berfungsi untuk menahan beban akibat tertambatnya kapal. Ketika kapal penyeberangan bersandar pada dermaga, maka yang terkena hempasan dari kapal adalah dolphin. Hempasan kapal mempunyai energi yang besar, dimana akibat hempasan kapal inilah menyebabkan terjadinya beban terbesar yang mengenai dolphin dibandingkan beban lingkungan.

Struktur tanah di daerah pantai umumnya memiliki lapisan lumpur yang tebal, dimana kapasitas daya dukungnya sangat kecil. Lapisan tanah berfungsi untuk menahan beban yang diterima oleh dolphin, sehingga daya dukung lapisan tanah merupakan faktor penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan dolphin. Dalam perencanaan dolphin maka harus diperhatikan dengan teliti adalah antara kapasitas daya dukung tanah terhadap struktur dolphin dengan beban yang akan mengenai dolphin. Perhitungan beban-beban yang mengenai dolphin harus dilakukan dengan menghitung semua beban akan mengenai yang mengenai dolphin. Beban tersebut antara lain : angin, arus, gempa, hempasan dan gelombang.

Untuk perhitungan kapasitas daya dukung dolphin agar dapat memenuhi fungsinya dengan baik, maka perhitungan daya dukung lapisan tanah harus dilakukan dengan perhitungan yang teliti. Kapasitas daya dukung lapisan tanah tergantung pada karakteristik lapisan tanah (Tomlinson, 1977). Karakteristik tanah dapat diketahui dengan mengadakan penelitian pada lokasi di bangunnya dolphin serta analisa dilaboratorium untuk mengetahui karakteristik tanah. Dari hasil penelitian didapatkan karakteristik lapisan tanah, sehingga dapat dihitung kapasitas daya dukung lapisan tanah terhadap struktur dolphin. Pada perencanaan dolphin kapasitas daya dukung lapisan tanah pada dolphin dibandingkan dengan beban yang diterima akan menentukan stabilitas dolphin.

## I.2. Perumusan masalah.

Pada perencanaan dolphin seringkali beberapa beban diabaikan karena kecil dibandingkan beban total yang bekerja. Perkembangan kebutuhan sarana transportasi memerlukan penambahan kapasitas dan hal ini jarang diperhatikan dalam perencanaan. Selain itu karakteristik tanah memberikan beberapa keterbatasan dalam perencanaan dolphin, yaitu bila dilihat dari instalasinya. Pada lingkungan pantai instalasi atau pemancangan dari tiang pancang struktur dolphin tentunya akan mengalami beberapa kesulitan dibandingkan dengan pemancangan di darat. Dengan batasan tersebut maka, maka dalam perencanaan harus dipilih yang paling menguntungkan dalam hal teknis maupun ekonomis. Hal yang yang tidak boleh dilupakan adalah adanya kecenderungan peningkatan kebutuhan transportasi di masa mendatang, maka diharapkan struktur dolphin dapat bekerja sesuai dengan tugasnya pada jangka waktu yang lebih lama, sehingga tidak membutuhkan sarana

---

baru bila terjadi kenaikan kebutuhan transportasi. Dari beberapa hal tersebut didapatkan beberapa permasalahan dalam perencanaan struktur dolphin khususnya untuk mengantisipasi kebutuhan penambahan kapasitasnya pada masa mendatang, yaitu:

- Stabilitas dolphin ketika beban yang bekerja pada struktur bekerja secara bersama-sama ( terjadinya pembebanan maksimal, ).
- Kemampuan dolphin untuk dioperasikan dengan pembebanan lebih besar dari desain awal bila dikaitkan dengan perkembangan kebutuhan transportasi (untuk penggunaan kapal penyeberangan dengan kapasitas lebih besar dari desain).

### I.3 Tujuan dan manfaat

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk memberikan informasi kuantitatif mengenai stabilitas dolphin, terutama dikaitkan dengan peningkatan kebutuhan transportasi penyeberangan. Dengan peningkatan kebutuhan transportasi, maka diperlukan penambahan kapasitas sarana penyeberangan. Salah satu alternatif untuk memenuhi bertambahnya kebutuhan transportasi penyeberangan adalah dengan penggunaan kapal dengan kapasitas lebih besar. Dengan kapal penyeberangan yang besar berarti bertambah pula kebutuhan kemampuan dermaga untuk melayani kapal yang lebih besar tersebut, yang berarti pula beban yang harus diterima oleh struktur dolphin akan lebih besar. Hal tersebut karena beban hampasan kapal berbanding lurus dengan besarnya masa kapal dan kuadrat kecepatan kapal ketika merapat (Quin, 1972). Masalah kecepatan merapat kapal pada dolphin menjadi sangat penting, karena pada operasi di lapangan banyak ditemukan kecepatan yang melebihi batas yang diijinkan. Hal tersebut

---

mengakibatkan kerusakan pada fender dan dolphin, bila hal tersebut tidak diperhatikan dapat mengurangi kemampuan dolphin.

Dengan memperhatikan hal-hal yang disebutkan diatas maka dengan tugas akhir ini akan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

- Pertimbangan batas besarnya kapasitas kapal penyeberangan yang dapat dioperasikan, dimana dolphin masih stabil.
- Pertimbangan batas kecepatan kapal penyeberangan yang diperbolehkan ketika merapat pada dermaga, sehingga dolphin tetap stabil.

#### 1.4. Batasan Masalah.

Dalam penulisan tugas akhir ini, untuk membatasi permasalahan yang dianalisa, maka diambil beberapa batasan masalah. Batasan masalah ini bertujuan untuk mendapatkan hasil analisa yang sesuai dengan tujuan penulisan tugas akhir ini. Batasan masalah yang dipakai adalah:

- Struktur dolphin terdiri dari empat buah tiang pancang, yaitu : 2 buah tiang pancang tegak dan 2 buah tiang pancang miring (NIPPON KOEI, 1992)
- Material tiang pancang adalah baja dengan spesifikasi JIS A 5525 kelas SKK 50 (NIPPON KOEI, 1992)
- Pada tiang yang terendam air laut digROUTING untuk mencegah terjadinya korosi. (NIPPON KOEI, 1992)
- Tiang pancang tidak mengalami defleksi selama terbebani.
- Tidak terjadi penurunan tanah pada lokasi (setelment) karena lapisan tanah pada bagian bawah adalah lapisan pasir padat dan lempung padat (NIPPON KOEI, 1992).

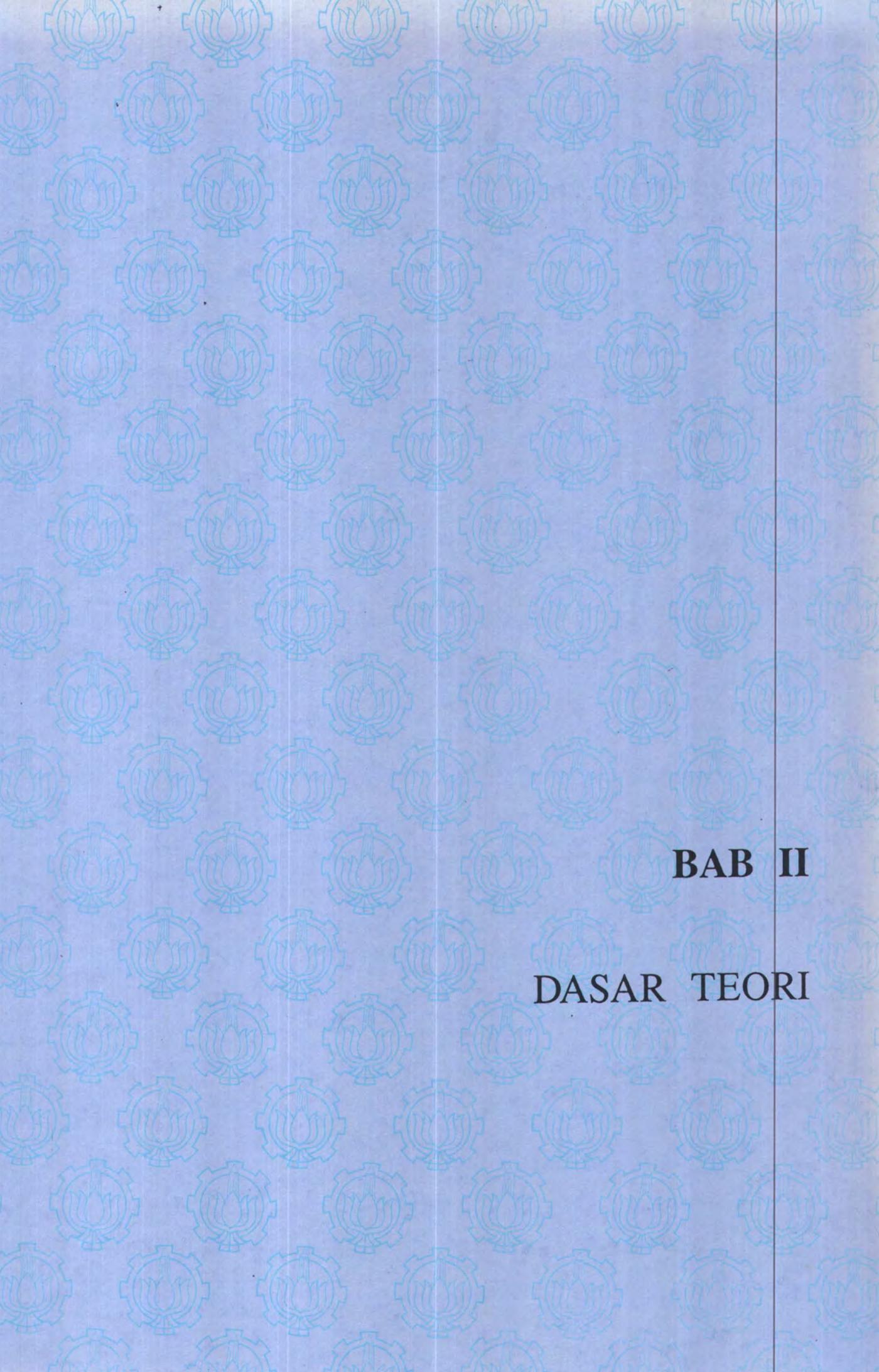
- Perhitungan kapasitas dolphin berdasarkan daya dukung lapisan tanah terhadap grup tiang pancang.
- Grup tiang pancang hanya berfungsi untuk memindahkan beban yang mengenainya ke lapisan tanah (Sardjono, 1991).
- Perhitungan kapasitas daya dukung lapisan tanah terhadap grup tiang pancang dengan analisa statis dan dinamis.

### 1.5. Metodologi dan sistematika skripsi.

Perhitungan stabilitas dolphin dilakukan dengan cara berdasarkan literatur dan referensi yang sesuai dengan permasalahan yang ada. Pertama kali dilakukan perhitungan besarnya beban lingkungan yang akan mengenai struktur. Perhitungan beban lingkungan dengan menggunakan data yang telah didapatkan, beban yang dihitung meliputi: angin, gelombang, hempasan kapal, arus, gempa. Selanjutnya dilakukan perhitungan kapasitas daya dukung lapisan tanah terhadap struktur dolphin, perhitungan kapasitas daya dukung lapisan tanah tersebut dengan menggunakan cara statis dan dinamis. Perhitungan statis dengan menggunakan data tentang karakteristik lapisan tanah yang diperoleh dari penelitian pada lokasi maupun di laboratorium. Sedangkan perhitungan secara dinamis dilakukan berdasarkan data kalender pemancangan tiang pancang. Setelah itu diadakan analisa stabilitas dolphin ketika menerima beban berdasarkan perhitungan beban dan kemampuan struktur.

Selanjutnya hasil analisa disusun dalam penulisan tugas akhir, yang terdiri atas: Bab I berisi pendahuluan yang meliputi: latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah dan metodologi serta sistematika penulisan

skripsi. Bab II berisi landasan teori yang dipakai untuk menganalisa permasalahan yang ada. Bab III berisi perhitungan beban-beban yang akan bekerja pada struktur dan analisa kapasitas daya dukung lapisan tanah terhadap tiang pancang. Perhitungan yang dilakukan berdasarkan landasan teori yang bersesuaian seperti yang diuraikan pada bab II, serta menggunakan data lapangan maupun dari laboratorium. Bab IV berisi analisa: beban total yang bekerja pada struktur, kemampuan struktur berdasarkan daya dukung lapisan tanah, serta analisa stabilitas struktur dolphin. Bab V merupakan penutup yang berisi kesimpulan dan saran dari analisa sebelumnya mengenai batas kapasitas maksimal kapal yang yang dapat dilayani oleh struktur dan batas kecepatan yang diperbolehkan untuk kapal ketika merapat.



## BAB II

### DASAR TEORI

---

## BAB II

### DASAR TEORI

Salah satu langkah dalam analisa stabilitas dolphin pada dermaga adalah perhitungan beban-beban yang bekerja pada struktur dolphin, baik beban lingkungan maupun beban yang diterima dolphin sesuai dengan fungsi dolphin (beban operasional). Beban yang bekerja tersebut dapat menyebabkan terjadinya momen bending (Kulhawy,1981). Beban yang bekerja mungkin mengenai langsung struktur atau dapat melalui medium lainnya, sebagai contoh adalah ketika beban gempa bekerja maka beban mengenai struktur melalui media tanah. Beban yang mengenai struktur dolphin meliputi beban yang disebabkan oleh : gelombang, arus, gempa bumi, tumbukan kapal, dan angin.

Perhitungan kapasitas daya dukung lapisan tanah yang memberikan daya dukung terhadap struktur dophin harus dilakukan dengan teliti, hal ini karena kemampuan dolphin untuk menerima beban yang bekerja padanya sepenuhnya bergantung pada daya dukung lapisan tanah. Kapasitas daya dukung lapisan tanah adalah tergantung pada kondisi dan karakteristik dari lapisan tanah (Tomlinson, 1977). Karakteristik dari lapisan tanah tersebut dapat diketahui melalui penelitian pada lokasi dan analisa dilaboratorium. Dari hasil penelitian yang dilakukan akan didapatkan karakteristik lapisan tanah yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan kapasitas daya dukung lapisan tanah terhadap struktur dolphin.

## 2.1. Beban-beban yang bekerja pada struktur dolphin.

### 2.1.1. Gaya gelombang.

Struktur yang digunakan pada lingkungan pantai akan terkena beban gelombang. Beban gelombang tersebut bekerja langsung pada struktur maupun melalui media lain untuk mengenai struktur. Gelombang dapat terjadi karena berbagai sebab seperti : pergerakan kapal, gempa, angin dan sebab yang lain. Perhitungan gaya gelombang pada struktur tiang berdasarkan persamaan *Morison* (Kulhawy, 1981). Besarnya gaya gelombang merupakan resultan dari gaya inersia dan gaya drag. Secara empiris persamaan *Morison* dapat dituliskan (Kulhawy, 1981) :

$$F = f_i + f_d \quad (2.1)$$

di mana:

$F$  = gaya total persatuan panjang.

$f_i$  = gaya inersia persatuan panjang.

$f_d$  = gaya drag persatuan panjang.

Gaya inersia merupakan hasil dari percepatan partikel air yang konstan, dengan asumsi fluida ideal. Komponen gaya inersia dapat dituliskan (Kulhawy, 1981):

$$f_i = C_M \frac{\gamma \pi D^2}{g \cdot 4} \frac{\delta u}{\delta t} \quad (2.2)$$

di mana :

$C_M$  = koefisien inersia.

$\gamma$  = berat jenis fluida.

= 62.4 lb/ft<sup>3</sup> (9.8 kN/m<sup>3</sup>) untuk air tawar.

= 64.0 lb/ft<sup>3</sup> (10.0 kN/m<sup>3</sup>) untuk air asin.

$\frac{\delta u}{\delta t}$  = percepatan horizontal partikel fluida pada sumbu. (asumsi pipa adalah slender).

$g$  = percepatan gravitasi ( $32.2 \text{ ft/sec}^2$  atau  $9.8 \text{ m/sec}^2$ ).

Gaya drag adalah gaya akibat kecepatan konstan partikel air pada struktur, besarnya gaya drag dapat dituliskan (Kulhawy, 1981):

$$f_D = C_D \frac{1}{2} \rho u |u| D \quad (2.3)$$

di mana:

$C_D$  = koefisien drag.

$u$  = kecepatan horizontal partikel air pada sumbu pile (asumsi tiang adalah slender).

Dalam perhitungan gaya gelombang untuk nilai diameter tiang bukan diameter tiang saja. Dalam perhitungan gaya gelombang nilai diameter tiang yang dipakai dengan memasukkan besarnya penambahan diameter akibat pelapisan (grouting).

Koefisien yang dipergunakan dalam perhitungan gaya gelombang yaitu koefisien drag dan koefisien inersia didapatkan dari beberapa percobaan, CERC (1977) memberikan rekomendasi untuk koefisien drag dan koefisien inersia.

Koefisien inersia ( $C_M$ ):

$$C_M = 2.0 \quad \text{jika } Re < 2.5 \times 10^5$$

$$C_M = 2.5 - \frac{Re}{5 \times 10^5} \quad \text{jika } 2.5 \times 10^5 < Re < 5 \times 10^5$$

$$C_M = 1.5 \quad \text{jika } Re > 5 \times 10^5.$$

Koefisien drag ( $C_D$ ) drag didapatkan dari grafik angka Reynold (Kulhawy, 1981).

Angka Reynold untuk mendapatkan kedua koefisien tersebut dapat dituliskan:

$$R_e = \frac{u_{\max} D}{\nu} \quad (2.4)$$

di mana :

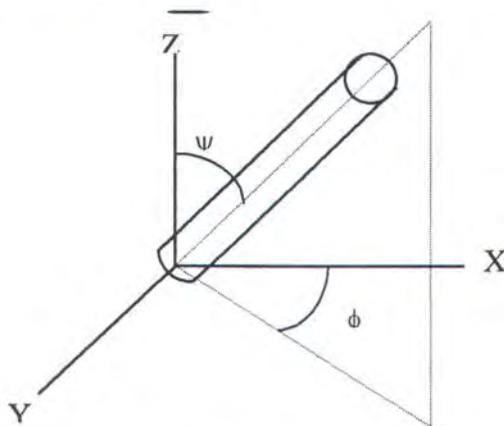
$R_e$  = angka Reynold.

$U_{\max}$  = kecepatan horisontal maksimal pada SWL.

$\nu$  = viskositas kinematik fluida.

=  $1 \times 10^{-5}$  ft<sup>2</sup>/sec ( $9.3 \times 10^{-7}$  m<sup>2</sup>/sec) pada suhu 20°C.

Pada struktur dolphin yang akan dianalisa terdiri dari dua buah tiang vertikal dan dua buah tiang miring. Untuk tiang vertikal perhitungan gaya gelombang dengan cara seperti yang telah diuraikan. Untuk tiang miring persamaan Morison masih sesuai dipakai. Metode yang dipakai untuk perhitungan diadopsi dari industri lepas pantai. Yang membedakan antara tiang miring dan vertikal yaitu pada tiang vertikal kecepatan dan percepatan partikel fluida hanyalah dalam arah horisontal saja, sedangkan pada tiang miring kecepatan dan percepatan adalah dalam arah vertikal dan horisontal. Dengan kecepatan dan percepatan dalam dua arah maka menyebabkan kecepatan pada sumbu normal ke sumbu tiang.



Gambar. 2.1. Koordinat polar tiang miring

Gambar 2.1 menunjukkan koordinat polar  $\psi, \phi$  dari sumbu tiang miring. Kecepatan normal ke sumbu tiang dapat dituliskan sebagai berikut (Dowson, 1983):

$$g = \left[ u^2 + w^2 - (c_x u + c_z w)^2 \right]^{1/2} \quad (2.5)$$

di mana :

$u$  : kecepatan horisontal.

$w$  : kecepatan vertikal

$c_x$  :  $\sin\psi \cos\phi$

$c_y$  :  $\sin\psi \sin\phi$

$c_z$  :  $\cos\psi$

Persamaan Morison untuk tiang miring dituliskan sebagai berikut (Ippen, 1966):

$$df_D = \frac{C_D \rho D (u^2 + v^2 + w^2)}{2} \frac{g}{g} \quad (2.6)$$

$$df_i = \frac{C_M \rho D^2}{4} \sqrt{\left( \left( \frac{\dot{u}}{g} \right)^2 + \left( \frac{\dot{v}}{g} \right)^2 + \left( \frac{\dot{w}}{g} \right)^2 \right)} \frac{\dot{g}}{g} \quad (2.7)$$

Gaya gelombang terbesar yang mengenai struktur terjadi pada puncak gelombang atau "*wave crest*". Untuk mengetahui terjadinya puncak gelombang tersebut maka harus diketahui sudut fase gelombang tersebut. Untuk menghitung sudut fase gelombang adalah turunan jumlah total gaya (gaya drag dan inersia):

$$\frac{\delta F}{\delta \theta} = F_i + F_d \quad (2.8)$$

Untuk posisi tiang vertikal dan tiang miring memiliki sudut fase "*wave crest*" yang berbeda.

### 2.1.2. Gaya arus.

Gaya arus yang mengenai struktur dolphin adalah kecil. Yang harus diperhatikan adalah arus juga berpengaruh pada kecepatan berlabuh kapal, di mana faktor kecepatan ini merupakan faktor yang menentukan besarnya gaya tumbukan kapal ketika berlabuh. Pengaruh arus pada kecepatan berlabuh kapal dan gaya yang ditimbulkannya termasuk dalam perhitungan gaya akibat tumbukan kapal. Gaya arus pada struktur dapat dihitung dengan persamaan ( Tomlinson, 1977 ):

$$F_D = 0.5 C_D \rho V^2 A \quad ( 2.9 )$$

di mana:

$F_D$  = gaya total persatuan panjang.

$C_D$  = koefisien drag.

$\rho$  = masa jenis air.

$V$  = kecepatan arus.

$A$  = proyeksi luasan tercelup air.

### 2.1.3. Gaya gempa bumi.

Gempa bumi merupakan gejala alam yang sulit diprediksikan terjadinya, sehingga dalam desainnya faktor beban akibat gempa bumi sangat penting karena beban gempa tersebut besarnya bervariasi dan dapat mengakibatkan kehancuran struktur. Dengan ketidak pastian terjadinya gempa tersebut maka dalam perhitungan desain harus diperhatikan, hal tersebut dikarenakan dengan beban akibat gempa seringkali mengakibatkan kegagalan struktur bahkan dapat mengakibatkan kehancuran struktur.

Perhitungan beban akibat gempa memerlukan analisa yang teliti, kondisi pada lokasi struktur yaitu zone seismik merupakan faktor terpenting dalam perhitungan beban akibat gempa. Selain faktor seismik faktor lain seperti faktor kondisi tanah lapisan tanah dan tingkat kepentingan harus diperhitungkan (JICA, 1995). Klasifikasi faktor kondisi tanah dan tingkat kepentingan sesuai dengan klasifikasi yang dilakukan oleh JICA (Japan International Cooperation Agency).

Semua struktur memiliki periode natural, dan yang dihindari apabila terjadi gempa adalah terjadinya resonansi antara struktur dan gempa yang akan menyebabkan gaya yang sangat besar. Resonansi terjadi apabila periode alami struktur sama dengan periode gempa, apabila hal itu terjadi maka terjadi pembesaran gaya gempa sehingga gaya gempa menjadi berlipat besarnya. Untuk menghitung periode natural dari struktur yang terdiri dari beberapa bagian menggunakan persamaan berikut (Chellis, 1961):

$$T_n = c_f \sqrt{\frac{\sum Wp}{\sum (E_p I_p / L_e^3)}} \quad (2.10)$$

di mana:

- $T_n$  : Periode natural struktur.
- $Wp$  : Berat effective dari tiang.
- $E_p$  : Modulus Young's material tiang.
- $I_p$  : Momen inersia penampang tiang.
- $L_e$  : Panjang struktur sampai titik acuan.
- $C_f$  : Koefisien yang bergantung pada kondisi pembebanan.
- 0.18 (tanpa pembebanan pada atas struktur).
  - 0.09 (dengan pembebanan pada atas struktur).

Gempa bumi terdiri atas gerakan tanah vertikal dan horisontal. Gerakan vertikal relatif lebih kecil dibandingkan besarnya gerakan horisontal, dalam desain biasanya gerakan vertikal diabaikan (Kulhawy, 1981). Gerakan horisontal memberikan gaya lateral pada struktur, besarnya tergantung pada kekakuan, inersia dan karakteristik redaman pada struktur serta besarnya gempa bumi. Respon seismic dari struktur direkomendasikan oleh SEAOC ( Structural Engineers Association of California) persamaan untuk mengestimasi besarnya exitasi horizontal selama terjadinya gempa (Kulhawy, 1981):

$$P_e : K^* C W_T \quad (2.11)$$

di mana:

$P_e$  : gaya exitasi horisontal.

$K^*$  : koefisien yang menunjukkan kemampuan struktur menyerap energi (0.67 - 3.00).

$W_T$  : berat efektif total struktur.

Metode lain yang dapat digunakan untuk menghitung gaya akibat gempa adalah dengan metode seismic (JICA, 1995). Metode seismic menggunakan parameter koefisien seismic yang memasukkan faktor kondisi lapisan tanah dan faktor kepentingan dari struktur. Koefisien seismic dapat dituliskan (JICA, 1995):

Koefisien seismic : Koefisien seismic regional x faktor kondisi lapisan tanah x koefisien kepentingan.

Nilai koefisien diambil dari klasifikasi yang diadakan oleh JICA seperti yang terlihat pada tabel 2.1, 2.2, dan 2.3.( JICA, 1995 ).

Sedangkan gaya seismic dapat dihitung dengan persamaan( JICA, 1995 ):

$$\text{Gaya seismic} = \text{berat mati} \times \text{koefisien seismic desain.} \quad (2.12)$$

$$\text{Gaya seismik} = (\text{berat total}) \times \text{koefisien sismik desain} \quad (2.13)$$

Tabel 2.1. Faktor kondisi tanah lapisan bawah

Kelas Tanah lapisan Bawah	Tanah lapisan Kelas 1	Tanah lapisan Kelas 2	Tanah Lapisan Kelas 3
Faktor	0.8	1.0	1.2

Tabel 2.2. Kelas-kelas tanah lapisan bawah

	Lapisan kerikil pasir	Pasir Biasa, Tanah lapisan bawah Lempung	Tanah lapisan bawah buruk
< 5 meter	Kelas 1	Kelas 1	Kelas 2
5 - 25 meter	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
> 5 meter	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 3

Tabel 2.3. Koefisien tingkat kepentingan

Klasifikasi Struktur	Sifat Struktur	Koefisien Kepentingan
Kelas Spesial	Struktur di mana karakter 1-3 terlihat jelas diantara karakter-karakter dalam kelas A	1.5
Kelas A	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Struktur yang cenderung yang menyebabkan hilangnya nyawa dan barang setelah kerusakan seismik.</li> <li>2. Struktur yang berperan penting dalam pemuliharaan kembali dari bencana gempa bumi.</li> <li>3. Struktur yang menangani materi berbahaya dan cenderung menyebabkan kerusakan serius terhadap kehidupan dan barang setelah kerusakan seismik.</li> <li>4. Struktur yang sangat berpengaruh pada aktifitas sosial dan ekonomi suatu daerah setelah kerusakan seimik.</li> <li>5. Struktur yang diperkirakan akan sulit mengalami pemulihan setelah kerusakan seismik.</li> </ol>	1.2
Kelas B	Struktur selain kelas spesial, kelas A, dan C	1.0
Kelas C	Struktur kecil selain kelas spesial dan kelas A, dan mengijinkan pemulihan yang mudah.	0.5

Formula tersebut digunakan dengan asumsi bahwa gaya gempa bekerja pada bagian yang paling tidak menguntungkan yaitu bagian pusat gravitasi struktur tersebut (JICA,1995). Dengan metode seismik perhitungan gaya yang mengenai struktur dolphin lebih mendekati kenyataan, hal ini pada metode ini dimasukkan faktor - faktor kondisi lingkungan di mana struktur berada.

#### 2.1.4 Gaya tumbukan kapal.

Gaya yang terbesar yang terjadi pada struktur dolphin adalah beban akibat tumbukan kapal ketika berlabuh, hal ini karena lokasi dolphin terletak pada daerah laut tertutup sehingga beban lingkungan relatif kecil. Besarnya energi kapal yang berlabuh dapat dihitung dengan metode kinetik ( JICA, 1995):

$$E_f = \frac{W_0 V^2}{2g} C_g C_m C_s C_c \quad (2.14)$$

di mana:

$E_f$  : energi berlabuh kapal.

$g$  : percepatan gravitasi.

$W_0$  : displacement kapal yang berlabuh.

$V$  : kecepatan kapal berlabuh.

$C_g$  : faktor eksentrisitas.(0.5 sebagai standar)

$C_m$  : faktor masa semu.

$C_s$  : faktor kelembutan (1.0 sebagai standar).

$C_c$  : faktor bentuk tempat berlabuh (1.0 sebagai standar).

Faktor masa semu dapat dihitung dengan persamaan (JICA, 1995):

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2} C_b \frac{d}{B} \quad (2.15)$$

di mana:

$C_b$  : koefisien block.

$d$  : sarat.

$B$  : lebar bagian dalam. Kapal.

Dari persamaan diatas terlihat bahwa energi tumbukan kapal adalah berbanding lurus dengan berat kapal dan kuadrat kecepatan kapal ketika berlabuh, sehingga kedua faktor tersebut merupakan faktor penting dalam perencanaan struktur dolphin.

#### 2.1.5. Gaya angin.

Gaya angin yang mengenai struktur dolphin relatif kecil bila dibandingkan dengan total gaya yang mengenai struktur. Gaya angin hanya mengenai bagian struktur yang terletak diatas permukaan air. Bagian struktur yang berada diatas permukaan tidak terlalu banyak, sehingga proyeksi luasan yang terkena gaya angin dalah kecil. Besarnya gaya angin yang terjadi dapat dihitung dengan rumus (Tomlinson, 1977):

$$F = 0.00256 V^2 C_D A \quad (2.16)$$

di mana :

$F$  : gaya angin ( pound ).

$V$  : kecepatan angin ( m p h ).

$C_D$  : koefisien drag.

$A$  : luas proyeksi struktur yang terkena angin ( feet<sup>2</sup>).

Nilai koefisien drag berdasarkan bentuk struktur dan Reynold number , nilai koefisien drag didapatkan pada tabel dibawah ini ( Tomlinson, 1977 )

Tabel 2.4. Tabel nilai  $C_D$ 

TIPE	RATIO ( PANJANG / LEBAR)		
	1	5	$\infty$
Plat datar	1.16	1.20	1.90
Prisma ( sama sisi )	-	-	2.00
Prisma ( panjang/ lebar = 2:1 )	-	-	1.50
Silinder			
Re = $10^4$	0.63	0.74	1.20
Re = $5 \times 10^5$	-	0.35	0.33

## 2.2 Kapasitas daya dukung tanah terhadap tiang pancang.

Tiang pancang sebagai pondasi fungsinya adalah untuk menyalurkan beban struktur di atasnya ke lapisan tanah dibawahnya (Pole, 1980). Ada dua jenis dasar tiang pancang yaitu *end bearing* dan *friction*. End bearing adalah tipe tiang pancang yang menyalurkan beban yang diterimanya melalui tahanan ujung ke lapisan tanah keras, sedangkan *friction* adalah tipe tiang pancang yang menyalurkan beban yang diterima melalui tahanan yang timbul akibat gesekan antara permukaan tiang pancang dengan lapisan tanah disekelilingnya (Sardjono, 1991). Selain kedua jenis tersebut terdapat juga jenis tiang pancang yang merupakan gabungan kedua jenis tiang seperti yang disebutkan didepan. Kapasitas daya dukung tiang pancang tergantung pada karakteristik lapisan tanah di mana tiang dipancang, jenis dan sifat masing-masing lapisan tanah memberikan kontribusi daya dukung yang berbeda pada tiang pancang. Karakteristik lapisan menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan jenis tiang pancang yang dipakai sehingga dicapai tiang pancang yang layak secara teknis dan ekonomis. Kapasitas ultimate tiang pancang untuk menahan beban secara umum didapatkan dengan rumus sebagai

berikut (Pole, 1980 ):

$$Q_u = Q_b + Q_s - W + \gamma A_b D \quad (2.17)$$

di mana:

$Q_u$  : kapasitas ultimate.

$Q_b$  : kapasitas tahanan ujung tiang.

$Q_s$  : kapasitas tahanan sekeliling tiang (kulit).

$W$  : berat tiang.

$\gamma$  : berat jenis rata-rata lapisan tanah.

$A_b$  : luas penampang tiang.

$D$  : kedalaman penetrasi dari tiang.

Dari persamaan diatas bagian  $\gamma A_b D$  menunjukkan gambaran tekanan vertikal pada dasar tiang. Besarnya tahanan kulit sepanjang tiang didapatkan dari persamaan "*Vijayvergiya dan Focht*" sebagai berikut ( Tomlinson, 1977 ):

$$Q_s = \lambda \left( \bar{P}_o + 2\bar{c}_u \right) A_s \quad (2.18)$$

di mana:

$Q_s$  : tahanan kulit total.

$\lambda$  : koefisien berdasarkan penetrasi tiang

$\bar{P}_o$  : tekanan efektif vertikal antara permukaan sampai ujung.

$\bar{c}_u$  : nilai kohesif lapisan tanah.

$A_s$  : luasan kulit tiang yang tertanam.

Sedangkan besarnya tahanan ujung tiang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ( Tomlinson, 1977 ):

$$Q_b = N_c C_b A_b \quad (2.19)$$

di mana:

$Q_b$  : tahanan ujung tiang.

$N_c$  : faktor daya dukung : 9 ( Tomlinson, 1977 )

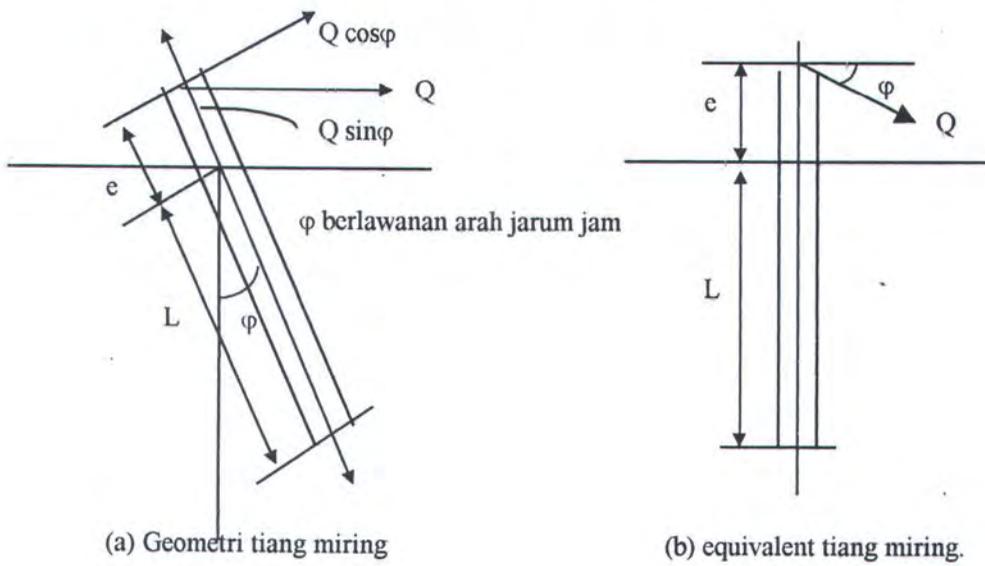
$C_b$  : kohesi lapisan tanah ujung tiang.

$A_b$  : luas penampang ujung tiang.

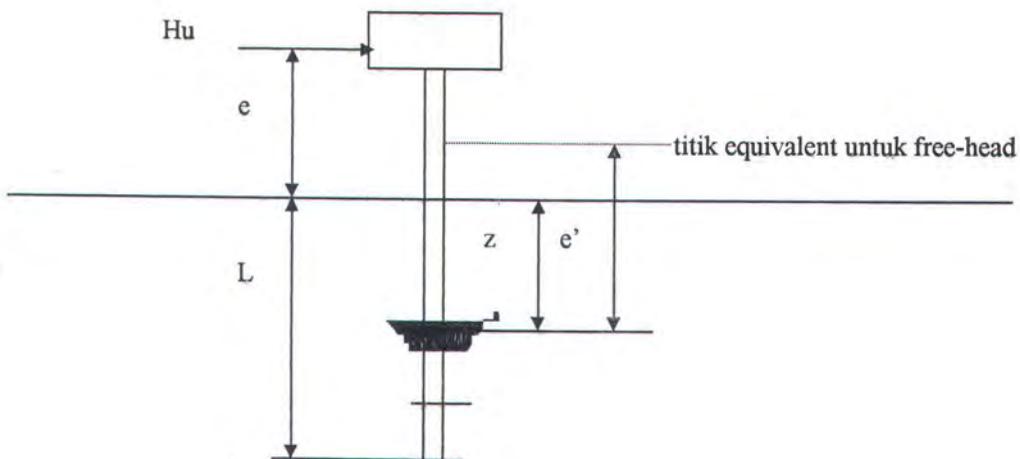
Struktur dolphin yang dianalisa merupakan grup tiang pancang yang terdiri dari empat buah tiang. Posisi pemancangan tiang dengan dua posisi pemancangan, dua buah dipancang tegak, dua yang lain dipancang miring dan disatukan dengan poer beton pada bagian atas sehingga membentuk suatu struktur dolphin. Dua tiang yang dipancang tegak bertujuan untuk memudahkan kapal bersandar pada dolphin baik pada waktu pasang maupun surut. Sedangkan tiang dipancang miring dimaksudkan untuk memberikan kapasitas yang lebih besar untuk menerima beban horizontal, hal tersebut karena seperti yang diketahui tiang pancang memiliki kapasitas yang lebih besar untuk menerima beban vertikal daripada beban horizontal. Dengan tiang yang dipancang miring maka beban horizontal yang diterima akan disalurkan ke lapisan tanah sebagai beban axial atau vertikal dengan menggunakan sudut terhadap beban horizontal yang bekerja terhadap struktur. Equivalensi beban horizontal ke beban axial seperti terlihat pada gambar 2.2 Poulos, 1980 ).

Perhitungan kapasitas daya dukung tanah terhadap gaya horisontal dan momen dihitung dengan metode Brinch Hansen ( Kulhawy, 1977 ). Metode ini memberikan persamaan untuk tiang yang mengami pembebanan pada ujung atas tiang (fixed head) yaitu akibat adanya cap struktur menjadi tiang tanpa pembebanan

diatas ( free-headed). Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.3 (Tomlinson, 1977).



Gambar 2.2. Equivalensi tiang miring menjadi tiang tegak.



Gambar 2.3. Equivalensi dar fixed headed ke free head

Titik equivalence didapatkan dengan persamaan sebagai berikut (Tomlinson, 1977) :

$$e' = 0.5 ( e + z ) \quad ( 2.20 )$$

Besarnya momen dan gaya horisontal maximum yang dapat diterima oleh lapisan tanah dapat dihitung dengan persamaan-persamaan sebagai berikut (Poulos, 1980):

$$f: \quad : \frac{Hu}{9 CuD} \quad (2.21)$$

$$M_{max} \quad : Hu (e' + 1.5 D + 0.5 f) \quad (2.22)$$

$$L \quad : 1.5 D + f + g \quad (2.23)$$

di mana:

$H_u$  : gaya horisontal maksimal.

$C_u$  : kohesifitas lapisan tanah.

$D$  : diameter tiang pancang.

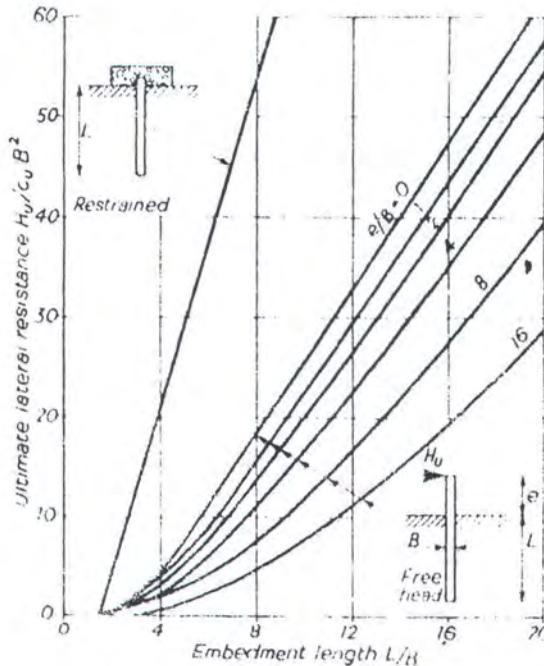
$L$  : panjang tiang yang tertanam.

$M_{max}$  : momen maksimum

$H_u$  didapatkan dari grafik percobaan Broms pada gambar 2.4 ( Tomlinson, 1977 ), setelah mendapatkan nilai  $H_u$  dari grafik maka dapat dihitung nilai  $f$  untuk menghitung nilai  $M_{max}$ .

Perhitungan kapasitas tiang pancang yang disebutkan didepan baik berupa tiang pancang yang dipasang miring maupun tegak adalah kapasitas pada tiang pancang tunggal. Seperti yang diketahui struktur dolphin yang dianalisa merupakan kelompok tiang pancang maka untuk perhitungan secara kelompok tentunya tidak hanya menjumlahkan kapasitas masing-masing tiang pancang secara langsung, melainkan harus diperhatikan faktor efisiensi tiang akibat penyatuan beberapa tiang pancang kedalam satu kelompok tiang pancang. Pengelompokan beberapa tiang pancang menjadi suatu kelompok akan menyebabkan berkurangnya kapasitas maksimum dari masing-masing tiang. Dengan penyatuan tersebut maka

kelompok tiang pancang akan memiliki efisiensi kelompok tiang tersebut. Kelompok tiang pancang disatukan dengan poer (cap) yang terbuat dari beton, asumsi untuk poer adalah dianggap kaku sempurna ( Sardjono, 1991 ).



Gambar 2.4. Kapasitas ultimate gaya lateral untuk tiang rigid pada tanah kohesif korelasi dengan panjang tiang yang tertanam.

Perhitungan kapasitas masing-masing tiang pancang didapatkan dengan menghitung efisiensi dari grup tiang pancang. Efisiensi dari grup tiang pancang dapat dihitung dengan menggunakan aturan Converse-Labare ( Pole, 1980):

$$\varepsilon = 1 - \frac{\theta}{90} \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{mn} \right] \quad (2.23)$$

di mana:

$m$  : jumlah baris tiang.

$n$  : jumlah tiang per baris.

$\theta$  :  $\tan^{-1} \frac{B}{S}$  ( dalam derajat ).

D : diameter tiang.

S : jarak antar tiang (dari masing-masing titik pusat ).

Dari persamaan diatas dapat dilihat bahwa besarnya efisiensi kelompok tiang pancang sangat dipengaruhi oleh jumlah baris serta jarak antar tiang dalam kelompok. Jarak antar tiang ini sangat penting karena bila jarak tidak sesuai akan menyebabkan kerugian seperti: bila terlalu dekat jaraknya akan menyebabkan naiknya tiang yang dipancang ketika pemancangan tiang berikutnya dilakukan. Sedangkan kalau terlalu jauh akan membutuhkan poer yang besar sehingga tidak ekonomis.

Setelah efisiensi dari kelompok tiang pancang diperoleh maka kapasitas ultimate tiang pancang dapat dihitung dengan rumus ( Pole, 1980 ):

$$Q_g = \epsilon n Q_u \quad ( 2.24 )$$

di mana :

$Q_g$  : kapasitas ultimate kelompok tiang pancang.

$Q_u$  : kapasitas ultimate tiang pancang tunggal.

$\epsilon$  : efisiensi dari kelompok tiang pancang.

$n$  : jumlah tiang pancang dalam kelompok

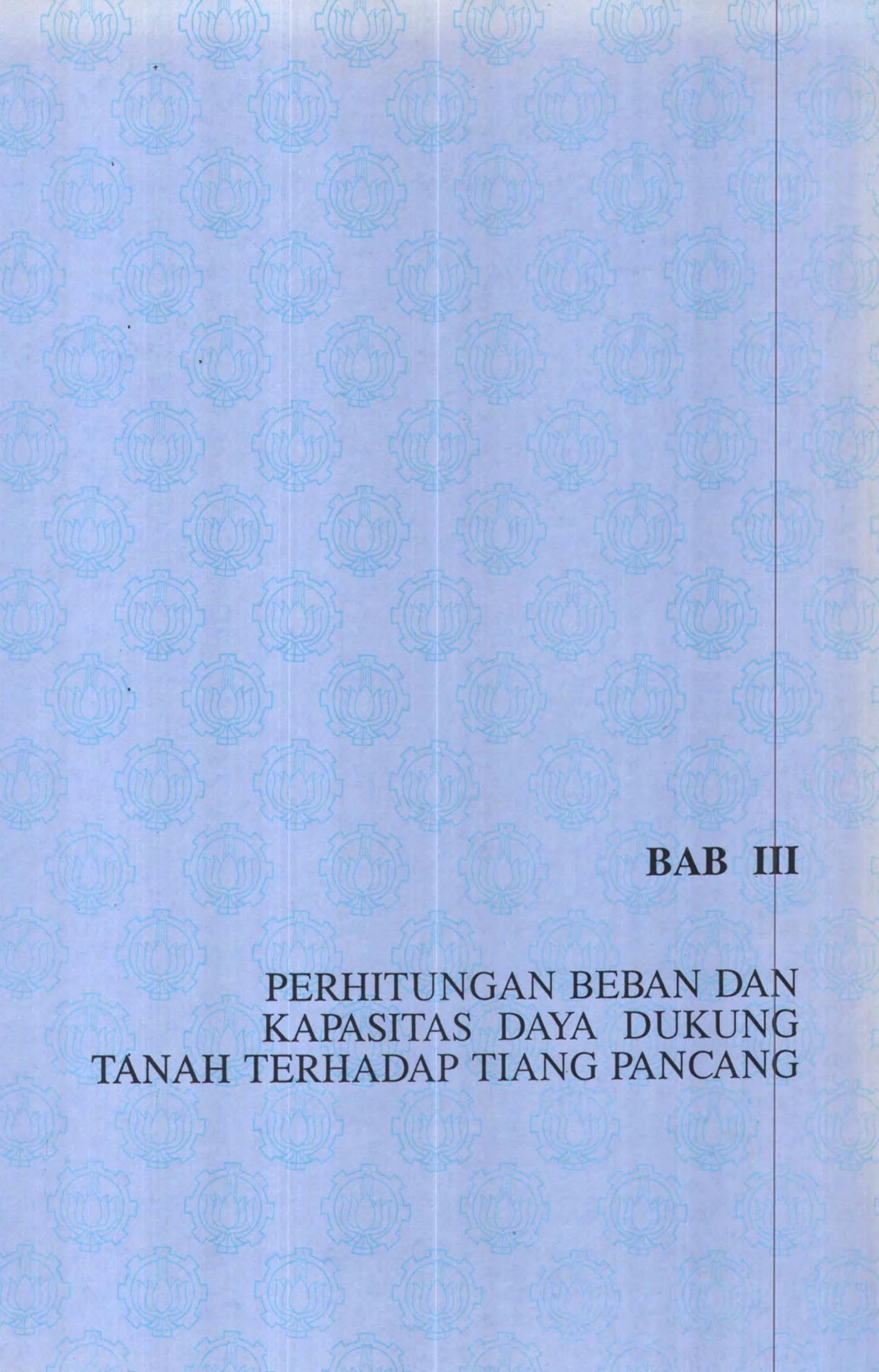
Perhitungan kapasitas ultimate dari tiang pancang tidak hanya dengan analisa statis seperti yang disebutkan didepan tetapai juga dapat dilakukan dengan mengadakan pencatatan pada waktu pemancangan dilaksanakan ( *calendering* ). Dengan sistem kalender ini akan dapat diketahui secara langsung kapasitas dari tiang pancang sesuai dengan kondisi sebenarnya. Rumus yang dipakai untuk perhitungan dalam sistem kalender adalah dengan dasar rumus-rumus teori tumbukan dari Newton dengan cara mengadakan percobaan penumbukan (Sardjono, 1991). Dari hasil kalender disusun formula tumbuk untuk menentukan

daya dukung tiang pancang. Karena banyak faktor yang memengaruhi daya penahan maka banyak pula rumus-rumus yang dipakai. Salah satu yang dipakai yang dapat dipakai adalah rumus Eitelwein (Poulos, 1980):

$$W = \frac{1}{n} \frac{B^2 H}{Z} \frac{B}{B+T} \quad (2.25)$$

di mana:

- W : kapasitas maksimal tiang pancang.  
B : berat besi penumbuk dalam kg.  
T : berat tiang dalam kg.  
H : tinggi jatuh rata-rata selama tocht terakhir.  
n : faktor keamanan.  
Z : turunnya tiang selama tocht terakhir.



## BAB III

# PERHITUNGAN BEBAN DAN KAPASITAS DAYA DUKUNG TANAH TERHADAP TIANG PANCANG

### BAB III

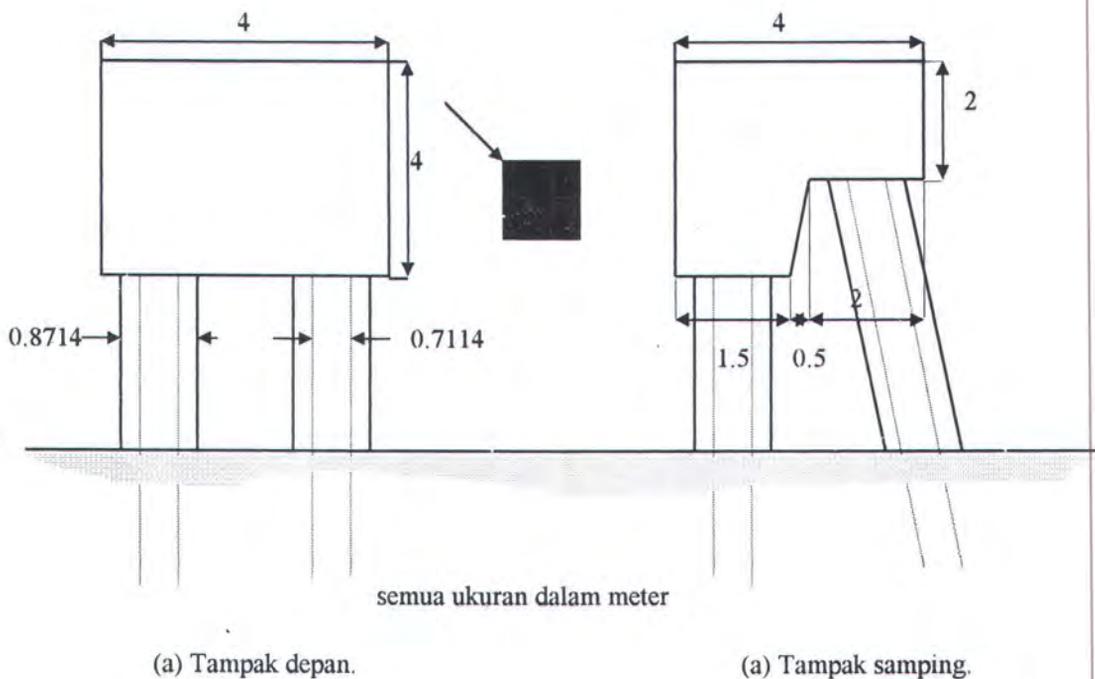
## PERHITUNGAN BEBAN DAN KAPASITAS DAYA DUKUNG TANAH TERHADAP TIANG PANCANG

Perhitungan beban yang akan dilakukan dengan menggunakan data-data yang diperoleh dari data lapangan yang dilakukan oleh NIPPON KOEI dan P.T. DESIGRAS yang dilakukan pada tahun 1992. Tiang pancang struktur yang dipakai adalah dengan posisi pemancangan tegak pada sisi depan dan miring pada posisi belakang. Bentuk geometri struktur dapat dilihat pada gambar 3.1 (geometri dan lay out struktur pada lampiran) . Hal ini dengan tujuan bahwa tiang tegak pada sisi depan untuk tidak mengganggu kapal ketika merapat, sedangkan tiang miring untuk memberikan kapasitas yang lebih besar pada struktur untuk menerima beban horisontal.

Beban yang akan mengenai struktur dolphin berupa beban lingkungan dan beban operasional. Beban lingkungan yang mengenai struktur meliputi beban yang ditimbulkan : gelombang, arus, angin dan gempa bumi (seismik). Beban operasional adalah beban yang mengenai struktur dimana struktur dibangun untuk menrima beban tersebut, beban operasional pada struktur dolphin adalah beban karena hempasan kapal ketika merapat.

Struktur dolphin memakai tiang pancang yang akan menyalurkan beban yang diterima oleh struktur ke lapisan tanah diman atiang dipancang. Besarnya

kapasitas daya dukung tanah untuk menerima beban yang disalurkan tergantung pada karakteristik lapisan tanah. Karakteristik lapisan tanah dapat diketahui dengan penelitian di lapangan dan analisa di laboratorium. Dari hasil penelitian tersebut akan didapatkan nilai dari parameter yang akan digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung tanah. Selain dengan analisa dengan menggunakan parameter tanah (analisa statis) perhitungan kemauan daya dukung tanah dapat diperoleh dengan analisa dinamis yaitu dengan sistem kalendering. Sistem kalendering adalah dengan melakukan pencatatan ketika melakukan pemancangan tiang pancang. Dari pencatatan tersebut dapat dilakukan analisa kapasitas daya dukung masing-masing tiang untuk gaya aksial.



Gambar 3.1.: Geometri struktur dolphin.

### 3.1. Perhitungan beban yang bekerja pada struktur dolphin.

#### 3.1.1. Gaya gelombang.

##### 3.1.1.1 Gaya gelombang pada tiang tegak.

Akibat gelombang yang mengenai struktur akan menghasilkan gaya lateral dan momen pada struktur. Gaya gelombang yang mengenai struktur dapat dihitung dengan persamaan "Morison". Untuk mendapatkan percepatan dan kecepatan partikel fluida gelombang dipakai teori gelombang "small wave amplitude", hal ini karena lokasi struktur berada diarah pantai yang biasanya gelombang dengan panjang gelombang yang panjang dan amplitudo yang kecil. Parameter teori gelombang yang dipakai dapat dituliskan sebagai berikut (Ippen, 1966):

$$\eta = a \cos \sigma t \quad (3.1)$$

$$U = a \sigma \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh kh} \cos(kx - \sigma t) \quad (3.2)$$

$$\dot{U} = a \sigma^2 \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh kh} \sin(kx - \sigma t) \quad (3.3)$$

dengan mengambil batas  $x = 0$  dan  $s = h + z$  persamaan 3.2 dan 3.3 menjadi:

$$U = a \sigma \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh kh} \cos \sigma t \quad (3.4)$$

$$\dot{U} = a \sigma^2 \frac{\cosh k(h+z)}{\sinh kh} \sin \sigma t \quad (3.5)$$

dimana:  $a$  : amplitudo gelombang ( $H/2$ ).

$k$  :  $2\pi / L$

$\sigma^2$  :  $gk \tanh kh$ .

Dari data gelombang diperoleh (Nippon koei, 1992):

$h$  : 2.35 m.

$L$  : 49.6 m.

$H$  : 1.7 m

$$a : H/2 : 0.85 \text{ m.}$$

$$T : 5.1 \text{ detik.}$$

Sehingga dengan nilai tersebut didapatkan nilai-nilai:

$$\sigma^2 : 0.38$$

$$a : 0.85 \text{ m.}$$

$$\eta = z : 0.72 \text{ m.}$$

$$S=h+z : 3.07 \text{ m}$$

Untuk mendapatkan nilai koefisien drag ( $C_D$ ) dan koefisien inersia ( $C_M$ ) berdasarkan angka Reynold ( $R_e$ ), dimana  $R_e$  didapatkan dengan persamaan 2.4 :

$$R_e : 1.7 \times 10^6.$$

Sehingga dari CERC dan grafik didapatkan:

$$C_D : 0.7$$

$$C_M : 1.5$$

Untuk mendapatkan nilai  $\sigma$  maksimum dapat dicari dengan turunan total gaya gelombang pada tiang (persamaan 2.8), sehingga didapatkan nilai  $\sigma$ :  $-31.67^\circ$ :

Untuk menghitung gaya gelombang pada tiang pancang didapatkan dengan substitusi persamaan : 2.2, 2.3, 3.4 dan 3.5 sehingga didapatkan persamaan:

$$F_D : \int_0^S \frac{C_D \gamma D a^2 \sigma^2 \cosh^2 ks}{2g \sinh^2 kh} \cos \sigma t |\cos \sigma t| \quad (3.6)$$

$$F_I : - \int_0^S \frac{C_M \gamma \pi D^2 a \sigma^2 \cosh ks}{4g \sinh kh} \sin \sigma t \quad (3.7)$$

dimana :  $\gamma : 10 \text{ kN/m}^3.$

$g : 9.81 \text{ m/s}^2.$

D : 0.8714 m.

Nilai diameter yang dipakai adalah diameter tiang pancang setelah digrouting yaitu dari permukaan tanah sampai bagian atas struktur. Gaya yang terjadi akan menyebabkan momen dengan panjang lengan momen (L) diukur dari titik tetap tiang. Titik tetap tiang adalah 1/3 panjang tiang yang tertanam dari permukaan tanah (Tomlinson, 1977). Letak titik tetap diambil secara seragam untuk seluruh tiang yaitu dengan kedalaman pemancangan: 20 m, sehingga letak titik tetap: 20/3 : 6.67 m dibawah permukaan tanah dasar laut. Dengan menggunakan aturan Simson untuk mendapatkan nilai integrasi dari persamaan 3.6 dan 3.7 seperti ditunjukkan dalam tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perhitungan gaya gelombang dengan aturan Simson pada tiang tegak.

z	F <sub>I</sub>	F <sub>D</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>I</sub> +F <sub>D</sub>	FS	FR=F <sub>T</sub> xFS	FR x L
0	0.96	0.67	1.630	1	1.630	10.872
0.11	0.96	0.67	1.630	4	6.521	44.212
0.22	0.96	0.671	1.631	2	3.262	22.474
0.33	0.961	0.671	1.632	4	6.528	45.699
0.44	0.962	0.672	1.634	2	3.268	23.232
0.55	0.962	0.673	1.636	4	6.544	47.244
0.66	0.964	0.675	1.638	2	3.277	24.020
0.77	0.965	0.677	1.642	4	6.566	48.853
0.88	0.966	0.679	1.645	2	3.290	24.841
0.99	0.968	0.681	1.649	4	6.596	50.529
1.1	0.97	0.684	1.654	1	1.654	12.849
					<b>Σ1= 49.136</b>	<b>Σ2= 354.826</b>

Dari tabel 3.1 dapat dihitung:

$$\begin{aligned} \text{Gaya total} &= 1/3 \times d \times \Sigma 1 \\ &= 1.80 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen total} &= 1/3 \times d \times \Sigma 2 \\ &= 13.01 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

Titik tangkap =  $\Sigma 1/\Sigma 2$

= 7.22 m dari titik tetap.

Dari perhitungan diatas didapatkan gaya gelombang total pada tiang pancang tunggal yang dipancang tegak:

Gaya total : 1.80 kN : 0.184 Ton.

Momen : 13.01 kNm : 1.326 Ton m.

Titik tangkap momen : 7.22 m dari titik tetap.

### 3.1.1.2. Gaya gelombang pada tiang miring.

Perhitungan gaya gelombang pada tiang yang dipancang miring hampir sama dengan tiang tegak, yang berbeda adalah pada tiang tegak kecepatan partikel fluida hanya pada arah horizontal, sedangkan pada tiang miring ada kecepatan partikel fluida dalam arah vertikal. Pada tiang yang dipancang miring dengan dua arah kecepatan maka akan terjadi kecepatan normal ke sumbu tiang. Teori gelombang yang dipakai untuk perhitungan gaya gelombang sama dengan pada tiang tegak hanya ada penambahan adanya kecepatan dan percepatan pada arah vertikal yaitu (Ippen, 1966) :

$$w = -a \sigma \frac{\sinh ks}{\sinh kh} \cos^2 \sigma t \quad (3.8)$$

$$\dot{w} = -a \sigma^2 \frac{\sinh ks}{\sinh kh} \cos \sigma t \quad (3.9)$$

Untuk mendapatkan kecepatan normal ke sumbu tiang dengan substitusi persamaan 2.5 dan nilai  $c_x$  dan  $c_z$ , dengan  $\psi = 15^0$ . Didapatkan :

$$c_x = 0.26 \quad c_z = 0.97$$

$$v = \frac{a\sigma}{kh} (0.97 \cosh ks \cos \sigma t + 0.25 \sinh ks \sin \sigma t) \quad (3.10)$$

$$\dot{v} = \frac{a\sigma^2}{kh} (0.25 \sinh ks \cos \sigma t - 0.97 \cosh ks \sin \sigma t) \quad (3.11)$$

Dengan cara yang sama dengan tiang tegak nilai  $\sigma t$  maksimum didapatkan  $\sigma t : 64.88^\circ$ . Untuk menghitung gaya drag pada tiang didapatkan dengan substitusi persamaan 2.6; 3.4 dan 3.8 sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$F_D = \int_0^s \frac{C_D \rho D a^2 \sigma^2}{(kh)^2} \cos^2 \sigma t \sinh^2 ks \frac{\left( \frac{a\sigma}{kh} (0.97 \cosh ks \cos \sigma t + 0.25 \sinh ks \sin \sigma t) \right)}{\left| \left( \frac{a\sigma}{kh} (0.97 \cosh ks \cos \sigma t + 0.25 \sinh ks \sin \sigma t) \right) \right|} \quad (3.12)$$

Untuk perhitungan gaya inersia didapatkan dengan substitusi persamaan : 2.7, 3.5 dan 3.9 sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$F_I = - \int_0^s \frac{C_M \rho D^2}{4kh} \sqrt{2(\sinh^2 + \sin^2 \sigma t)} \frac{\left( \frac{a\sigma^2}{kh} (0.25 \sinh ks \cos \sigma t - 0.97 \cosh ks \sin \sigma t) \right)}{\left| \left( \frac{a\sigma^2}{kh} (0.25 \sinh ks \cos \sigma t - 0.97 \cosh ks \sin \sigma t) \right) \right|} \quad (3.13)$$

Dengan cara yang sama seperti pada tiang tegak yaitu dengan aturan Simpson untuk menghitung integrasi gaya drag dan gaya inersia pada tiang miring seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Perhitungan dengan aturan Simson gaya gelombang pada tiang miring

z	F <sub>I</sub>	F <sub>D</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>I</sub> +F <sub>D</sub>	FS	FR=F <sub>T</sub> xFS	FR x L
0	1.232	0.33	1.562	1	1.562	10.738
0.271	1.233	0.332	1.565	4	6.259	44.787
0.542	1.235	0.399	1.574	2	3.149	23.411
0.813	1.24	0.351	1.59	4	6.362	49.077
1.084	1.246	0.367	1.613	2	3.226	25.789
1.355	1.255	0.387	1.642	4	6.569	54.346
1.626	1.265	0.413	1.678	2	3.356	28.705
1.897	1.277	0.444	1.721	4	6.883	60.794
2.168	1.291	0.479	1.771	2	3.541	32.265

2.439	1.307	0.520	1.827	4	7.310	68.646
2.71	1.25	0.567	1.892	1	1.892	18.294
					$\Sigma 1=50.108$	$\Sigma 2=416.850$

d: 0.271 m

$$\begin{aligned} \text{Gaya total} &= 1/3 \times d \times \Sigma 1 \\ &= 4.53 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen total} &= 1/3 \times d \times \Sigma 2 \\ &= 37.66 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik tangkap} &= \Sigma 1 / \Sigma 2 \\ &= 8.32 \text{ m dari titik tetap.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan gaya gelombang total pada tiang pancang tunggal yang dipancang miring :

$$\text{Gaya total} \quad : 4.53 \text{ kN} \quad : 0.462 \text{ Ton.}$$

$$\text{Momen} \quad : 37.66 \text{ kNm} \quad : 3.839 \text{ Ton m.}$$

$$\text{Titik tangkap momen} : 8.32 \text{ m dari titik tetap.}$$

### 3.1.1.3. Gaya gelombang pada cap struktur.

Gelombang yang mengenai tidak hanya mengenai struktur tiang saja melainkan juga mengenai cap yang berada diatas tiang. Perhitungan gaya gelombang pada cap sama dengan perhitungan tiang tegak, hanya nilai  $C_D$  dan  $C_M$ , serta luasan proyeksi dan luas volume yang berbeda karena bentuk yang berbeda.

Nilai koefisien untuk cap (Gerhard, 1992) :

$$C_D \quad : 1.5$$

$$C_M : 2.02$$

Sehingga persamaan 3.6 dan 3.7 dapat dituliskan sebagai berikut :

$$F_D : \int_0^S \frac{C_D \gamma D a^2 \sigma^2}{2g} \frac{\cosh^2 ks}{\sinh^2 kh} \cos \sigma t |\cos \sigma t| \quad (3.14)$$

$$F_I : - \int_0^S \frac{C_M \gamma B^2 a \sigma^2}{g} \frac{\cosh ks}{\sinh kh} \sin \sigma t \quad (3.15)$$

B : lebar cap.

D : panjang diagonal penampang cap

Perhitungan gaya gelombang pada cap dengan aturan Simson ditunjukkan pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Perhitungan dengan aturan Simson gaya gelombang pada cap

z	F <sub>I</sub>	F <sub>D</sub>	F <sub>T</sub> =F <sub>I</sub> +F <sub>D</sub>	FS	FR=F <sub>T</sub> xFS	FR x L
1.1	0.97	0.679	1.649	1	1.649	13.014
1.2971	0.974	0.684	1.658	4	6.6100	53.327
1.494	0.978	0.685	1.663	2	3.327	27.492
1.691	0.983	0.692	1.676	4	6.703	56.712
1.888	0.989	0.701	1.690	2	3.379	29.258
2.085	0.995	0.71	1.705	4	6.821	60.397
2.282	1.003	0.72	1.722	2	3.445	31.182
2.479	1.01	0.731	1.741	4	6.965	64.419
2.676	1.019	0.743	1.762	2	3.524	33.284
2.873	1.028	0.756	1.784	4	7.137	68.819
3.07	1.037	0.567	1.808	1	1.808	17.794
					Σ1=51.372	Σ2=455.698

$$d : 0.197 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya total} &= 1/3 \times d \times \Sigma 1 \\ &= 3.37 \text{ kN.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen total} &= 1/3 \times d \times \Sigma 2 \\ &= 29.92 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

Titik tangkap =  $\Sigma 1 / \Sigma 2$

= 8.87 m dari titik tetap.

Dari perhitungan diatas didapatkan gaya gelombang total pada cap :

Gaya total : 3.37 kN : 0.344 Ton.

Momen : 29.92 kNm : 3.05 Ton m.

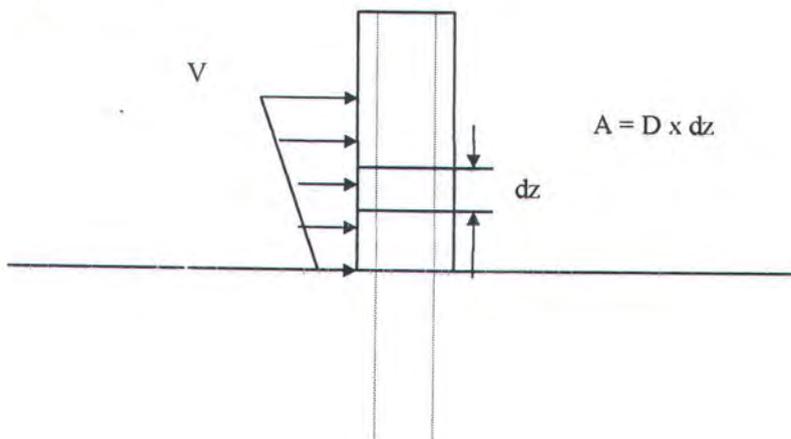
Titik tangkap momen : 8.871 m dari titik tetap.

### 3.1.2. Gaya arus.

#### 3.1.2.1 Gaya arus pada tiang tegak.

Besarnya gaya akibat arus yang mengenai struktur adalah tergantung pada kecepatan arus, hal ini sesuai dengan persamaan gaya arus ( persamaan 2.9 ). Besarnya kecepatan arus merupakan fungsi kedalaman perairan, hal ini berarti pada kedalaman yang berbeda maka besarnya kecepatan arus adalah berbeda.

Dari data yang diperoleh adalah kecepatan pada permukaan dan dasar laut, dengan demikian diambil suatu asumsi bahwa fungsi kecepatan arus adalah sebagai persamaan linier. Distribusi kecepatan arus sesuai dengan kedalaman perairan dapat dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 distribusi kecepatan arus pada tiang

Dengan asumsi persamaan linier maka dengan data yang didapat :

Kecepatan arus pada permukaan laut : 0.78 m/s.

Kecepatan arus pada dasar laut : 0.40 m/s.

Dengan asumsi kecepatan arus sebagai fungsi linier dan data tersebut diatas didapatkan persamaan kecepatan sebagai berikut:

$$X = \frac{z}{7.68} + 0.4 \quad (3.16)$$

Gaya arus pada tiang dapat dihitung dengan substitusi persamaan 2.9 dan 3.16 sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$F_D = \int_0^z 0.5 \frac{\gamma}{g} C_D D \left( \frac{z^3}{58.98} + \frac{0.8z^2}{7.68} + 0.16z \right) \quad (3.17)$$

Dengan aturan Simpson untuk menghitung nilai integrasi dari gaya arus pada tiang tegak. Perhitungan dengan aturan Simpson dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Perhitungan dengan aturan Simpson pada tiang tegak

Z	F <sub>D</sub>	FS	F <sub>D</sub> x FS	F <sub>D</sub> x FS x z
0	0.000	1	0.000	0.000
0.11	0.006	4	0.023	0.159
0.22	0.013	2	0.025	0.173
0.33	0.020	4	0.080	0.562
0.44	0.029	2	0.057	0.406
0.55	0.038	4	0.152	1.095
0.66	0.048	2	0.097	0.708
0.77	0.060	4	0.239	1.778
0.88	0.072	2	0.144	1.091
0.99	0.086	4	0.343	2.631
1.1	0.101	1	0.101	0.782
			Σ1=1.262	Σ2=9.384

d: 0.11 m

Gaya total = 1/3 x d x Σ1

$$= 0.046 \text{ kN}$$

$$\text{Momen total} = 1/3 \times d \times \Sigma 2$$

$$= 0.34 \text{ kNm.}$$

$$\text{Titik tangkap} = \Sigma 1 / \Sigma 2$$

$$= 7.438 \text{ m dari titik tetap.}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan gaya arus total pada tiang pancang tunggal yang dipancang tegak :

$$\text{Gaya total} \quad : 0.046 \text{ kN} \quad : 0.005 \text{ Ton.}$$

$$\text{Momen} \quad : 0.34 \text{ kNm} \quad : 0.035 \text{ Ton m.}$$

$$\text{Titik tangkap momen} : 7.438 \text{ m dari titik tetap.}$$

### 3.1.2.2. Gaya arus pada tiang miring.

Pada tiang miring perhitungan gaya arus adalah sama, hal ini karena walaupun tiang dalam posisi miring kecepatan arus tetap hanya pada arah horizontal tanpa ada kecepatan dalam arah vertikal. Dengan kondisi tersebut yang sedikit membedakan adalah panjang tiang yang panjang tiang yang terkena arus. Untuk menghitung gaya arus pada tiang miring didapatkan dengan substitusi persamaan 2.9 dan 3.16 serta panjang tian relatif terhadap kedalaman air laut =  $z / \cos 15^\circ$ , sehingga didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$F_D = \int_0^z 0.5 \frac{\gamma}{g \cos 15^\circ} C_D D \left( \frac{z^3}{58.98} + \frac{0.8z^2}{7.68} + 0.16z \right) \quad (3.18)$$

Dengan aturan Simpson dapat dihitung besarnya gaya arus pada tiang miring seperti yang terlihat pada tabel 3 5.

Tabel 3.5. Perhitungan dengan aturan Simpson gaya arus pada tiang miring

z	F <sub>D</sub>	FS	F <sub>D</sub> x FS	F <sub>D</sub> x FS x z
0.000	0.000	1	0.000	0.000
0.235	0.014	4	0.056	0.397
0.470	0.032	2	0.064	0.471
0.705	0.055	4	0.218	1.659
0.940	0.082	2	0.164	1.288
1.175	0.115	4	0.460	3.720
1.410	0.154	2	0.307	2.560
1.645	0.199	4	0.794	6.809
1.880	0.250	2	0.500	4.409
2.115	0.309	4	1.235	11.184
2.350	0.375	1	0.375	3.485
			Σ1=4.174	Σ2=35.983

d: 0.235 m.

$$\begin{aligned} \text{Gaya total} &= 1/3 \times d \times \Sigma 1 \\ &= 0.327 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen total} &= 1/3 \times d \times \Sigma 2 \\ &= 2.82 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik tangkap} &= \Sigma 1 / \Sigma 2 \\ &= 8.621 \text{ m dari dasar laut.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan gaya arus total pada tiang pancang tunggal yang dipancang miring:

$$\text{Gaya total} \quad : 0.327 \text{ kN} \quad : 0.033 \text{ Ton.}$$

$$\text{Momen} \quad : 2.82 \text{ kNm} \quad : 0.288 \text{ Ton m.}$$

$$\text{Titik tangkap momen} : 8.621 \text{ m dari titik tetap.}$$

### 3.1.2.3. Gaya arus pada cap.

Gaya arus yang mengenai struktur tidak hanya pada bagian tiang tetapi juga pada bagian cap yang terkena gelombang. Perhitungan gaya gelombang pada cap adalah sama dengan perhitungan gaya gelombang pada tiang tegak hanya nilai  $C_D$  dan  $C_M$  berbeda karena bentuk struktur yang berbeda. Nilai koefisien tersebut adalah sama dengan koefisien pada perhitungan gaya gelombang pada cap, hal tersebut karena bentuk cap yang sama. Perhitungan gaya arus pada cap dengan menggunakan aturan Simson seperti pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Perhitungan dengan aturan Simpson gaya arus pada cap

z	$F_D$	FS	$F_D \times FS$	$F_D \times FS \times z$
0	0.701	1	0.701	0.000
0.11	0.828	4	3.313	26.490
1.225	0.967	2	1.933	15.700
1.350	1.117	4	4.467	36.832
1.4750	1.279	2	2.558	21.410
1.600	1.454	4	5.815	49.395
1.725	1.641	2	3.283	28.296
1.850	1.842	4	7.369	64.445
1.975	2.057	2	4.114	36.494
2.225	2.286	4	9.145	82.259
2.350	2.530	1	2.530	23.074
			$\Sigma 1=45.229$	$\Sigma 2=389.913$

d: 0.125 m

$$\begin{aligned} \text{Gaya total} &= 1/3 \times d \times \Sigma 1 \\ &= 1.885 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen total} &= 1/3 \times d \times \Sigma 2 \\ &= 16.246 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik tangkap} &= \Sigma 1 / \Sigma 2 \\ &= 8.621 \text{ m dari titik tetap.} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan gaya arus total pada cap:

Gaya total : 1.885 kN : 0.192 Ton.

Momen : 16.246 kNm : 1.656 Ton m.

Titik tangkap momen : 8.621 m dari titik tetap.

### 3.1.3 Gaya gempa.

Gaya gempa atau juga disebut dengan gaya seismik adalah gaya yang tidak terus terjadinya. Meskipun demikian gaya seismik dapat menyebabkan kehancuran, oleh karena itu gaya seismik dalam suatu perencanaan struktur beban seismik termasuk dalam perhitungan. Untuk perhitungan gaya seismik hal terpenting yang harus diketahui adalah koefisien seismik. Koefisien seismik didapatkan dengan dua cara yaitu dengan perhitungan dengan rumus dan dari zona seismik suatu daerah. Dalam tugas akhir ini koefisien seismik didapatkan dengan kedua cara tersebut.

Untuk perhitungan koefisien seismik dengan rumus, harus diketahui data tentang kedalaman pemancangan tiang, panjang tiang, berat tiang, dan panjang titik acuan seperti terlihat dalam tabel 3.8.

Tabel 3.8. Tabel kedalaman, panjang dan berat tiang

Tiang	Kedalaman (m)	Panjang tiang	Le	Berat tiang	$E_p I_p / L_e^3$
9	19.941	23.301	4.814	4825.637	3030588.096
10	19.841	23.201	4.814	4804.927	3030588.096
11	19.742	20.991	4.747	4347.236	3160730.561
12	19.936	21.185	4.747	4387.414	3034368.455
				$\Sigma 1=18365.2$	$\Sigma 2=12256275.$

Untuk menghitung koefisien seismik dengan rumus maka harus menghitung periode natural struktur dengan persamaan 2.10 sehingga diperoleh nilai sebagai berikut:

$$T_n = 0.09 \sqrt{\frac{\Sigma 1}{\Sigma 2}} = 0.0035 \text{ detik}$$

$$c = \frac{0.05}{\sqrt[3]{T_n}} = 0.329.$$

Kemudian dihitung berat lapisan grouting pile seperti terlihat dalam tabel 3.7

Tabel 3.9 Perhitungan berat lapisan grouting

Tiang	Panjang grouting(m)	Volume	Berat (Kg)
9	3.36	0.672	1612.8
10	3.36	0.672	1612.8
11	1.249	0.25	600
12	1.249	0.25	600
			$\Sigma 1 = 4425.6$

Bj beton : 2.4 Ton / m<sup>3</sup>.

$$\begin{aligned} \text{Untuk berat cap struktur} &= \text{volume cap} \times \text{berat jenis beton} \\ &= 46 \text{ m}^3 \times 2400 \text{ Kg/m}^3. \\ &= 110400 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga didapat W total} &= \text{cap} + \text{tiang} + \text{lapisan grouting.} \\ &= 110400 + 18365.21 + 4425.6 \\ &= 133190.8 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

Gaya exitasi horisontal didapatkan dengan persamaan 2.11, sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} P_e &= K \times C \times W_T & K &= 0.67 \\ &= 0.67 \times 0.329 \times 133190.8 \\ &= 25050.3 \text{ Kg.} \\ &= 25.05 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Gaya seismik dapat juga dihitung dengan menggunakan nilai koefisien seismik berdasarkan zone seismik ( metode seismik ) dimana struktur berada. Dengan metode ini faktor kondisi tanah lapisan bawah serta tingkat kepentingan

struktur ikut mempengaruhi perhitungan gaya seismik yang terjadi. Gaya seismik yang terjadi dalam metode ini diasumsikan bekerja pada titik gravitasi struktur, dengan asumsi tersebut gaya yang mengenai struktur bekerja maksimum.

Dari data yang diperoleh diketahui lokasi struktur berada pada zone seismik 4, sehingga didapatkan:

Koefisien seismik regional ( $c$ ) = 0.05.

Faktor kondisi tanah lapisan bawah dimana lapisan tanah bawah berupa lempung, dari tabel (2.2) dan tabel (2.1). didapatkan:

Faktor kondisi tanah = 1.0

Untuk koefisien kepentingan sesuai dengan pentingnya struktur tersebut sebagai sarana utama yang menghubungkan pulau Jawa dan Madura maka klasifikasi struktur *adalah "klasifikasi spesial"*, dari tabel 2.3 diperoleh:

Koefisien kepentingan = 1.5

Koefisien seismik =  $0.05 \times 1 \times 1.5$   
= 0.075

Gaya seismik didapatkan dengan memasukkan parameter diatas kedalam persamaan 2.13:

Gaya seimik =  $133190.8 \times 0.075$   
= 9989.31 Kg  
= 9.99 Ton.

Dari perhitungan besarnya gaya eksitasi horizontal akibat gempa dengan metode "*periode natural*" struktur dan "*metode seismik*" didapatkan :

Gaya eksitasi horisontal (peride natural) : 25.05 Ton.

Gaya eksitasi horisontal (seismik) : 9.99 Ton.

### 3.1.4. Gaya tumbukan kapal.

Gaya akibat tumbukan kapal ketika merapat dan tarikan kapl ketika berlabuh merupakan gaya yang harus diterima oleh struktur sesuai dengan fungsi desain struktur. Hal tersebut karena struktur dolphin dibuat untuk menerima beban-beban tersebut. Untuk perhitungan gaya tumbukan pada prinsipnya sama dengan energi kinetis. Dengan dasar tersebut kecepatan ketika merapat dari kapal adalah faktor terbenting terhadap besarnya gaya tumbukan yaitu berbanding lurus dengan kuadrat kecepatan (persamaan 2.14).

Untuk perhitungan displacemen kapal yang merapat didapatkan dengan persamaan sebagai berikut ( Tsinker, 1996 ):

$$W_o : 1 - 1.2 \times GRT \quad (3.19)$$

Untuk analisa tugas akhir ini dihitung displacement yang dipakai adalah pada ferry dengan kapasitas desain struktur yaitu 650 GRT dan 1000 GRT untuk kemungkinan kebutuhan penambahan kapasitas, serta kecepatan merapat 0.4 dan 0.5 m/s<sup>2</sup>. Displacement dan dimensi kapal dapat dilihat pada tabel 3.10.

Tabel 3.10 Displacement dan dimensi kapal.

GRT	DISPLACEMENT	L	B	D	Cb
650	715	48	12.2	1.588	0.75
1000	1100	73	14.2	1.362	0.76

Nilai Cm dhitung dengan menggunakan persamaan 2.15

Selanjutnya energi tumbukan kapal pada struktur dolphin oleh masing-masing Ferry dapat dihitung dengan substitusi data berat total (tabel 3.10) masing-masing kedalam persamaan 2.14., dengan nilai-nilai koefisien sebagai berikut:

Kecepatan berlabuh (v) : 0.4 m/s dan 0.5 m/s.

Faktor kelembutan (Cs)	:1.0
Faktor eksentrisitas (Cg)	: 0.5
Faktor bentuk tempat berlabuh	: 1.0
Faktor masa semu (Cm)	: tergantung pada masing-masing Ferry

Hasil perhitungan energi tumbukan oleh masing-masing ferry yang beroperasi terlihat dalam tabel 3.11 dan 3.12.

Tabel 3.11. Perhitungan energi tumbukan dengan kecepatan 0.4 m/s.

DISPLACEMENT	Cm	E ( Ton m )
715	1.153	3.298
1100	1.114	4.904

Tabel 3.12. Perhitungan energi tumbukan dengan kecepatan 0.5 m/s.

DISPLACEMENT	Cm	E ( Ton m )
715	1.153	3.298
1100	1.114	4.904

Gaya tumbukan kapal tersebut akan mengenai fender dan dari performa dari fender yang dipakai diketahui gaya reaksi akibat gaya tumbukan kapal. Pada breasting dolphin pada dermaga III penyeberangan Kamal dipakai fender FENTEK model SCN550 dengan jumlah dua buah dengan penempatan secara paralel. Dengan instalasi fender tersebut dipakai asumsi energi tumbukan tersalur secara merata ke dua buah fender, sehingga dapat dihitung gaya reaksi pada masing-masing fender. Perhitungan gaya reaksi dengan kurva grade karet RH (gambar 3.3). Selengkapnya hasil perhitungan gaya reaksi dari energi tumbukan pada satu buah fender untuk masing-masing displacement dan kecepatan pada tabel 3.13.

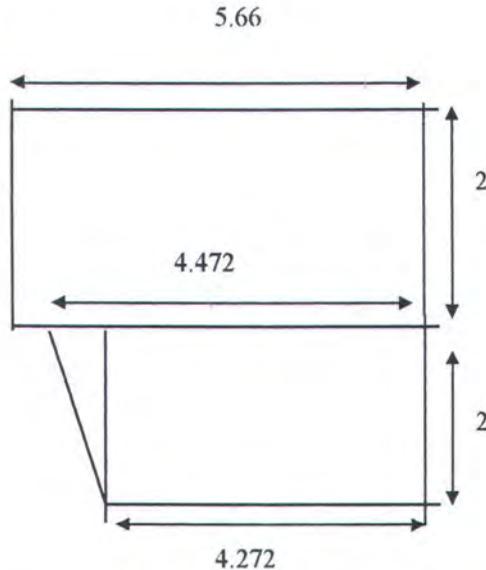
kedalam air rata-rata (SWL) tiang tegak terendam seluruhnya.

Luasan proyeksi dua buah tiang miring : 1.76 m<sup>2</sup> : 18.935 ft<sup>2</sup>.

Kecepatan angin : 20 m/s : 44.64 mile/jam.

Koefisien drag C<sub>D</sub> (cap) : 1.16 (tabel 2.4)

Koefisien drag C<sub>D</sub> (tiang) : 0.7



Gambar 3.4 : Luasan proyeksi cap yang terkena angin

Besarnya gaya angin didapatkan dengan mensubstitusi nilai tersebut kedalam persamaan 2.16 sehingga didapatkan:

$$F(\text{cap}) : 0.00256 \times (44.64)^2 \times 1.16 \times 215.857$$

$$: 1277.358 \text{ lbf.}$$

$$: 5684.241 \text{ N.}$$

$$: 0.579 \text{ Ton.}$$

$$F(\text{tiang}) : 0.00256 \times (44.64)^2 \times 0.7 \times 18.935$$

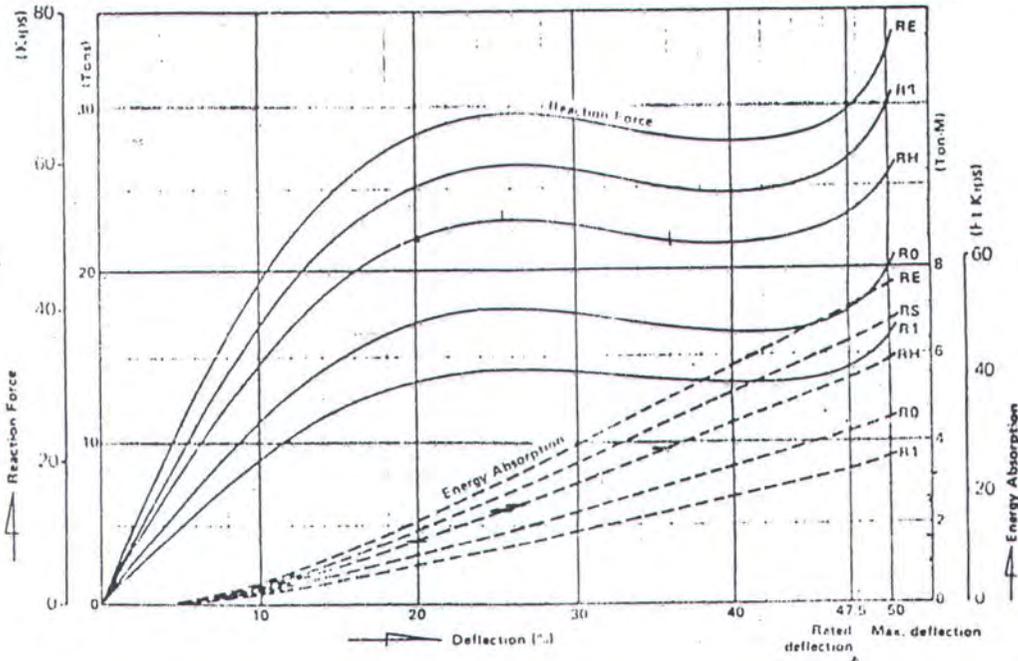
$$: 67.616 \text{ lbf.}$$

$$: 300.891 \text{ N.}$$

$$: 0.031 \text{ Ton.}$$

Tabel 3.13. Gaya reaksi akibat tumbukan kapal pada satu fender.

DISLACEMENT	KECEPATAN	E (Ton m)	GAYA REAKSI (Ton)
715	0.4	1.649	24.096
1100	0.4	2.452	25.666
715	0.5	2.577	25.666
1100	0.5	3.831	23.833



Gambar 3.3 kurva performa fender

### 3.1.5. Gaya angin.

Gaya angin yang mengenai struktur adalah hanya pada bagian struktur yang tidak terendam oleh air laut. Beban angin terbesar mengenai pada bagian cap, hal itu karena luasan proyeksi maksimum cap adalah paling luas dibandingkan bagian lain yang terkena gaya angin. Luasan proyeksi maksimum cap dapat dilihat pada gambar 3.4.

Luasan proyeksi cap :  $20.054 \text{ m}^2$ ;  $215.857 \text{ ft}^2$ .

Luasan tiang yang terkena angin hanya pada tiang miring, hal ini karena pada

$$\begin{aligned}
 F \text{ total} &: F \text{ Tiang} + F \text{ cap} \\
 &: 0.579 + 0.031 \\
 &: 0.61 \text{ Ton.}
 \end{aligned}$$

Momen yang timbul akibat gaya horisontal angin:

$$\begin{aligned}
 M &: 9.77 \times 0.61 \\
 &: 5.959 \text{ Ton.m.}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan gaya angin total yang mengenai bagian cap :

$$\text{Gaya angin total} \quad : 0.61 \text{ Ton}$$

$$\text{Momen angin total} \quad : 5.959 \text{ Ton m.}$$

### 3.2. Perhitungan daya dukung lapisan tanah terhadap tiang pancang.

#### 3.2.1 Kapasitas daya dukung lapisan tanah terhadap gaya vertikal.

##### 3.2.1.1. Perhitungan dengan metode statis.

Perhitungan dengan cara statis adalah dengan cara melakukan perhitungan kapasitas daya dukung lapisan tanah berdasarkan data-data karakteristik lapisan tanah yang diperoleh dari analisa sample tanah dilaboratorium. Parameter karakteristik tanah yang dipakai adalah :  $\gamma$  (unit volume), C (kohesifitas). Perhitungan dilakukan untuk tiap lapisan tanah dengan pertimbangan lapisan tanah yang berbeda dengan karakteristik yang berbeda. Penetrasi tiang miring kedalam lapisan tanah terlihat seperti pada gambar 3.5.

#### **Tiang no 9**

Daya dukung lapisan tanah I : daya dukung untuk lapisan I diabaikan karena pada lapisan tersebut berupa endapan lumpur yang daya dukungnya sangat kecil (Nippon

Koei, 1992 )

Daya dukung lapisan tanah II :

$$As_2 : \pi D L_2 : \pi \times 0.7114 \times 11.39 : 25.456 \text{ m}^2.$$

$$\bar{P}_O^2 : + \gamma d \times h_2 : (18.247 \times 11) : 200.717 \text{ kN/m}^2.$$

Tahanan kulit tiang pada lapisan tanah II didapatkan dengan persamaan 2.18 sehingga diperoleh :

$$Qs_2 : 0.17 (200.717 + 2 \times 55) 25.456 : 1344.634 \text{ kN}.$$

Tekanan akibat lapisan tanah II yang dipindahkan oleh tiang:

$$Ab : \pi D^4/4 : \pi \times 0.7114^4 /4 : 0.398 \text{ m}^2.$$

$$\gamma d_2 Ab L_2 : 18.247 \times 0.398 \times 11.39 : 82.718 \text{ kN}$$

Daya dukung lapisan tanah III :

$$As_3 : \pi D L_3 : \pi \times 0.7114 \times 2.861 : 6.39 \text{ m}^2.$$

$$\bar{P}_O^3 : \bar{P}_O^2 + \gamma d \times h_3 : 200.717 + (17.364 \times 2.764) : 248.711 \text{ kN/m}^2.$$

Tahanan kulit tiang pada lapisan tanah III didapatkan dengan persamaan 2.18 sehingga diperoleh :

$$Qs_3 : 0.17 (248.711 + 2 \times 52) 6.39 : 383.15 \text{ kN}.$$

Tekanan akibat lapisan tanah III yang dipindahkan oleh tiang:

$$Ab : \pi D^4/4 : \pi \times 0.7114^4 /4 : 0.398 \text{ m}^2.$$

$$\gamma d_3 Ab L_3 : 17.364 \times 0.398 \times 2.861 : 19.77 \text{ kN}$$

Tahanan ujung tiang no 9 diperoleh dengan persamaan 2.19 ,dimana pada ujung tiang dipasang sepatu dengan diameter 1 m sehingga diperoleh :

$$Ab : (\pi D^4)/4 : \pi \times 1^4 / 4 : 0.785 \text{ m}^2.$$

$$Q_b : 9 \times 52 \times 0.785 : 367.38 \text{ kN.}$$

Sehingga total kapasitas daya dukung tanah pada tiang no 9 sesuai dengan persamaan 2.17:

$$Q_u : 2149.642 \text{ kN}$$

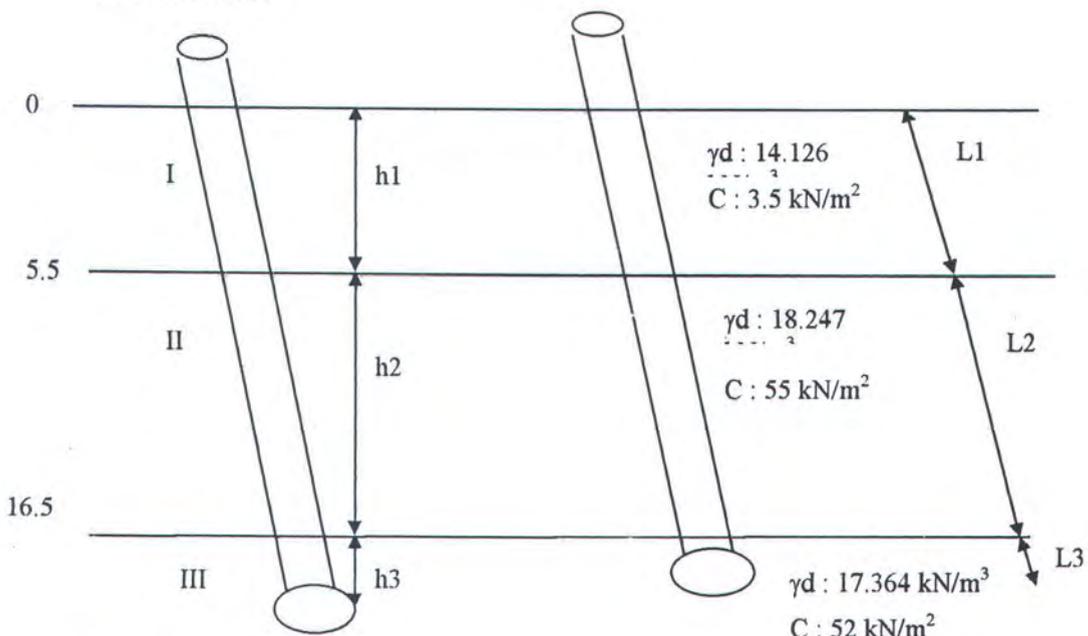
$$Q_{ua} : Q_u/3 : 73 \text{ Ton.}$$

Gaya aksial maksimum oleh tiang miring ( gambar 3.5 ):

$$Q_a : Q_{ua} \cos 15^\circ$$

$$: 73 \times 0.966$$

$$: 70.513 \text{ Ton.}$$



Sumber : Nippon Koei

Gambar 3.5. Penetrasi tiang miring dan karakteristik lapisan tanah

### Tiang no 10

Untuk tiang no 10 tahanan kulit tiang pada lapisan II, serta tahanan ujung adalah sama dengan tiang no 9 yang berbeda hanya pada lapisan III karena beda kedalaman penetrasi. Daya dukung lapisan tanah III :

$$As_3 : \pi D L_3 : \pi \times 0.7114 \times 2.761 : 6.171 \text{ m}^2.$$

$$\bar{P}_{O3} : \bar{P}_{O2} + \gamma d \times h_3 : 200.717 + (17.364 \times 2.761) : 248.711 \text{ kN/m}^2.$$

Tahanan kulit tiang pada lapisan tanah III didapatkan dengan persamaan 2.18 sehingga diperoleh :

$$As_3 : \pi D L_3 : \pi \times 0.7114 \times 2.761 : 6.171 \text{ m}^2.$$

$$Qs_3 : 0.17 (248.711 + 2 \times 52) 6.171 : 370.019 \text{ kN}.$$

Tekanan akibat lapisan tanah III yang dipindahkan oleh tiang:

$$Ab : \pi D^4/4 : \pi \times 0.7114^4 / 4 : 0.398 \text{ m}^2.$$

$$\gamma d_3 Ab L_3 : 17.364 \times 0.398 \times 2.761 : 18.666 \text{ kN}$$

Sehingga total kapasitas daya dukung tanah pada tiang no 10 sesuai dengan persamaan 2.17:

$$Q_u : 2135.613 \text{ kN}$$

$$Q_a : Q_u/3 : 72 \text{ Ton}.$$

Gaya aksial maksimum oleh tiang miring ( gambar 3.5 ):

$$Q_a : Q_{ua} \cos 15^\circ$$

$$Q_a : Q_{ua} \times \cos 15^\circ.$$

$$: 69.547 \text{ Ton}.$$

Untuk tiang nomor 11 dan 12 penetrasi tiang kedalam lapisan tanah terlihat pada gambar 3.6.

### **Tiang no 11**

Daya dukung lapisan tanah II :

$$As_2 : \pi D h_2 : \pi \times 0.7114 \times 11 : 24.584 \text{ m}^2.$$

$$\bar{P}_{O2} : \gamma d \times h_2 : (18.247 \times 11) : 200.717 \text{ kN/m}^2.$$

Tahanan kulit tiang pada lapisan tanah 2 didapatkan dengan persamaan 2.18 sehingga diperoleh :

$$Qs2 : 0.17 (200.717 + 2 \times 3.5 ) 25.584 : 1298.57 \text{ kN.}$$

Tekanan akibat lapisan tanah I yang dipindahkan oleh tiang:

$$Ab : \pi D^4/4 : \pi \times 0.7114^4 /4 : 0.398 \text{ m}^2.$$

$$\gamma d1 Ab h2 : 18.247 \times 0.398 \times 11 : 79.885 \text{ kN}$$

Daya dukung lapisan tanah III :

$$As3 : \pi D h3 : \pi \times 0.7114 \times 3.242 : 7.246 \text{ m}^2.$$

$$\bar{P}o^3 : \bar{P}o^2 + \gamma d \times h3 : 200.717 + ( 17.364 \times 3.242 ) : 257.011 \text{ kN/m}^2.$$

Tahanan kulit tiang pada lapisan tanah III didapatkan dengan persamaan 2.18 sehingga diperoleh :

$$Qs3 : 0.17 (257.011 + 2 \times 52)7.246 : 444.7 \text{ kN.}$$

Tekanan akibat lapisan tanah III yang dipindahkan oleh tiang:

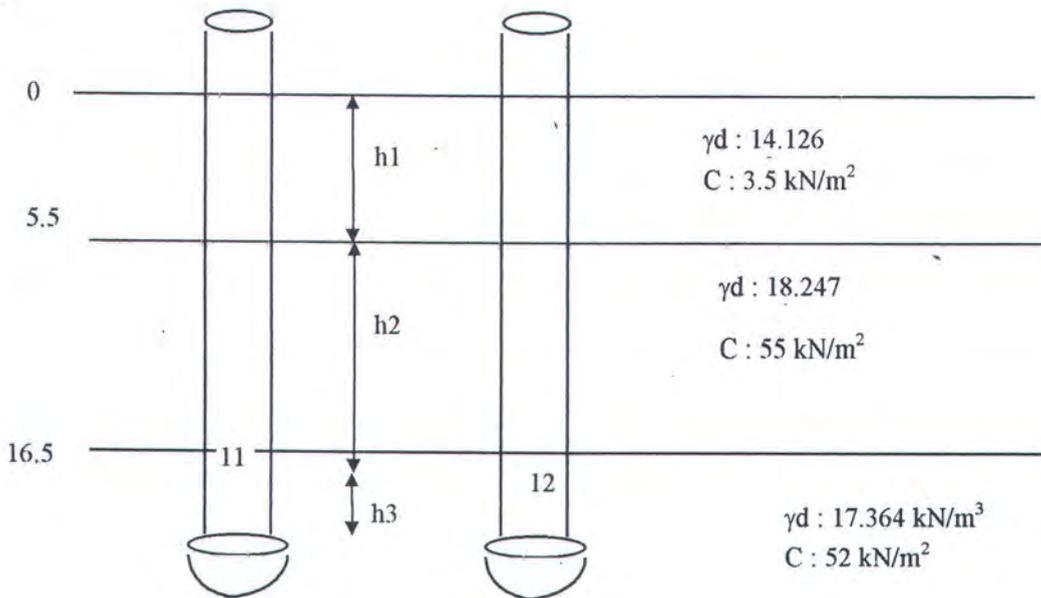
$$Ab : \pi D^4/4 : \pi \times 0.7114^4 /4 : 0.398 \text{ m}^2.$$

$$\gamma d3 Ab h3 : 17.364 \times 0.398 \times 3.242 : 22.405 \text{ kN}$$

Besarnya tahanan ujung pada tiang vertikal adalah sama dengan pada tiang miring (no 9&10) karena berada pada lapisan tanah yang sama dan bentuk sepatu yang sama. Sehingga kapasitas tahanan tanah total pada tiang no 11 sesuai persamaan 2.17

$$Qu : 2172.364 \text{ kN}$$

$$Qa : Qu/3 : 73 \text{ Ton.}$$



Sumber : Nippon Koci

Gambar 3.6. Penetrasi tiang tegak dan karakteristik lapisan tanah

### Tiang no 12

Untuk tiang no 12 tahanan kulit tiang pada lapisan II, serta tahanan ujung adalah sama dengan tiang no 11 yang berbeda hanya pada lapisan III karena beda kedalaman penetrasi.

Daya dukung lapisan tanah III :

$$A_{s3} : \pi D h_3 : \pi \times 0.7114 \times 3.436 : 7.679 \text{ m}^2.$$

$$\bar{P}_{O3} : \bar{P}_{O2} + \gamma_d \times h_3 : 200.717 + (17.364 \times 3.436) : 260.38 \text{ kN/m}^2.$$

Tahanan kulit tiang pada lapisan tanah III didapatkan dengan persamaan 2.18 sehingga diperoleh :

$$Q_{s3} : 0.17 (257.011 + 2 \times 52) 7.679 : 475.673 \text{ kN}.$$

Tekanan akibat lapisan tanah III yang dipindahkan oleh tiang:

$$A_b : \pi D^4/4 : \pi \times 0.7114^4/4 : 0.398 \text{ m}^2.$$

$$\gamma_d A_b h_3 : 17.364 \times 0.398 \times 3.242 : 22.405 \text{ kN}$$

Besarnya tahanan ujung pada tiang vertikal adalah sama dengan pada tiang miring (no 9&10) karena berada pada lapisan tanah yang sama dan bentuk sepatu yang sama. Sehingga kapasitas tahanan tanah total pada tiang no 12 sesuai persamaan 2.17

$$Q_u : 2204.266 \text{ kN}$$

$$Q_a : Q_u/3 : 74.9 \text{ Ton.}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kapasitas tiap tiang pancang terhadap gaya aksial :

$$\text{Tiang no 9} : 70.513 \text{ Ton}$$

$$\text{Tiang no 10} : 69.547 \text{ Ton}$$

$$\text{Tiang no 11} : 73 \text{ Ton}$$

$$\text{Tiang no 12} : 74.9 \text{ Ton.}$$

### 3.2.1.2. Perhitungan dengan metode dinamis.

Perhitungan tahanan total tiang pancang dengan metode dinamis adalah dengan cara melakukan "*Calendering*" atau pencatatan ketika melakukan pemancangan tiang. Dengan metode ini lebih dijamin keakurasian besarnya kapasitas sebuah tiang pancang, hal itu karena dengan metode dimais ini lebih mendekati kenyataan dilapangan terutama berkaitan dengan kondisi tanah yang tidak homogen. Bila dengan cara statis data-data yang dipakai berdasarkan data yang diambil pada lokasi kemudian dianalisa dillaboratorium, maka hasil

laboratorium tersebut sedikit atau banyak akan menyimpang dari kenyataan sebenarnya. Dengan demikian untuk keperluan desain data laboratorium masih dapat digunakan sedangkan untuk analisa setelah struktur jadi untuk proyeksi masa datang struktur maka dengan cara diamis lebih valid dibandingkan dengan cara statis.

Untuk analisa tugas akhir ini yang digunakan untuk perhitungan kapasitas tiang pancang digunakan metode dinamis. Untuk perhitungan cara dinamis digunakan rumus tiangpancang "*Eytelwein*" seperti pada persamaan 2.24. Data dari kalendering adalah berat tiang ketika pemancangan dan turunnya tiang pada toeh terakhir (z). Selengkapnya hasil Kalendering pemancangan tiang dengan angka keamanan 3 pada tabel 3.14.

Tabel 3.14 Hasil kalendering pemancangan

Tiang	z (mm)	H (mm)	T (Ton)	B (Ton)	Qa
9	18.1	2066	3.5	4.968	110.1
10	23.1	2066	3.5	4.968	96.25
11	17.2	2066	3.5	4.968	115.84
12	17.6	2066	3.5	4.968	113.21

Untuk tiang miring kapasitas daya dukung tanahnya terhadap gaya aksial:

***Tiang no 9.***

$$Q_a : Q_{ua} \cos 15^\circ$$

$$Q_a : Q_{ua} \times \cos 15^\circ$$

$$: 110.1 \times 0.966$$

$$: 106.348 \text{Ton.}$$

***Tiang no 10.***

$$Q_a : Q_{ua} \cos 15^\circ$$

$$\begin{aligned}
 Q_a & : Q_{ua} \times \cos 15^\circ \\
 & : 96.25 \times 0.966 \\
 & : 92.97 \text{ Ton.}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan dengan metode dinamis (calendering) diperoleh kapasitas tiang pancang terhadap gaya vertikal (aksial) :

$$\text{Tiang no 9} \quad : 106.384 \text{ Ton.}$$

$$\text{Tiang no 10} \quad : 92.97 \text{ Ton}$$

$$\text{Tiang no 11} \quad : 115.84 \text{ Ton}$$

$$\text{Tiang no 12} \quad : 113.21 \text{ Ton}$$

### 3.2.2. Perhitungan kapasitas daya dukung tanah terhadap gaya horisontal.

Daya dukung tanah pada tiang pancang struktur dolphin terhadap gaya lateral (horisontal) adalah jenis tiang dengan pembebanan diatas tiang (fixed head). Untuk perhitungan jenis tiang fixed tersebut dapat dsamakan dengan equivalent dengan tiang tanpa pembebanan (free-head). Dalam perhitungan kapasitas daya dukung tanah terhadap gaya lateral dihitung daya dukung tiap-tiap lapisan tanah dengan equivalensi pembebanan untuk tiap lapisan tanah. Perhitungan tiap lapisan dengan asumsi bahwa *tiang rigid* dan tiang hanya terbenam pada lapisan tanah tersebut. Penentuan titik  $e_1$  dan titik tetap tiap lapisan (z) dapat dilihat pada gambar 3.7.

#### **Tiang no 11**

Daya dukung tanah lapisan II

$$\begin{aligned}
 e' & : 0.5 (z+e) & z : 1/3 \times L : 1/3 \times 11 : 3.667 \text{ m.} \\
 & : 0.5 (3.667+8.6)
 \end{aligned}$$

: 6.133 m.

Untuk mencari gaya lateral maksimum dengan grafik pada gambar 2.4. dengan parameter grafik sebagai berikut:

$L/D$  : 11 / 0.7114 : 15.463

$e'/D$  : 6.133 / 0.7114 : 8.585

dari grafik 2.4 diperoleh nilai  $\frac{Hu}{9CuD^2}$  untuk nilai:

$e/D$  : 8 : 25.385

$e/D$  : 16 : 17.692

Sehingga untuk nilai  $e/D$  : 8.62 didapatkan dengan interpolasi :

$\frac{Hu}{9CuD^2}$  : 15.463 + ((17.692 - 25.385)(8.62 - 8) / (16 - 8))

: 14.867

$Hu$  : 9 Cu D<sup>2</sup> 14.867

: 9 x 55 x 0.7114<sup>2</sup> x 14.867

: 418.322 kN.

: 42.18 Ton.

$Hua$  :  $Hu / 3$

: 14.061 Ton.

Momen maksimum didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.22 dan 2.23 :

$f$  : 413.822 / (9 x 55 x 0.7114)

: 1.175 m

$M_{max}$  : 14.061 x (6.133 + 1.067 + (1.175 / 2))

: 109.5 Ton m.

Daya dukung tanah lapisan III

$$\begin{aligned}
 e' &: 0.5 (z+e) & z &: 1/3 \times L : 1/3 \times 3.242 : 1.081 \text{ m.} \\
 &: 0.5 (1.081+19.6) \\
 &: 10.34 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Untuk mencari gaya lateral maksimum dengan grafik pada gambar 2.4. dengan parameter grafik sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 L/D &: 3.242 / 0.7114 & : 4.557 \\
 e'/D &: 10.34 / 0.7114 & : 14.535
 \end{aligned}$$

dari grafik 2.4 diperoleh nilai  $\frac{Hu}{9CuD^2}$  untuk nilai:

$$\begin{aligned}
 e/D : 8 & & : 2.308 \\
 e/D : 16 & & : 0.769
 \end{aligned}$$

Sehingga untuk nilai  $e/D : 14.535$  didapatkan dengan interpolasi :

$$\begin{aligned}
 \frac{Hu}{9CuD^2} &: 2.308 + ((0.769 - 2.308)(14.535 - 8) / (16 - 8)) \\
 &: 1.051 \\
 Hu &: 9 Cu D^2 1.051 \\
 &: 9 \times 55 \times 0.7114^2 \times 1.051 \\
 &: 27.654 \text{ kN.} \\
 &: 2.8 \text{ Ton.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{ua} &: H_u / 3 \\
 &: 0.94 \text{ Ton.}
 \end{aligned}$$

Momen maksimum didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.22 dan 2.23 sehingga didapatkan :

$$f : 27.654 / (9 \times 52 \times 0.7114)$$

$$: 0.08 \text{ m}$$

$$M_{\max} : 0.94 \times (10.34 + 1.067 + (0.08 / 2))$$

$$: 10.76 \text{ Ton m.}$$

Daya dukung tanah total untuk tiang no 11 :

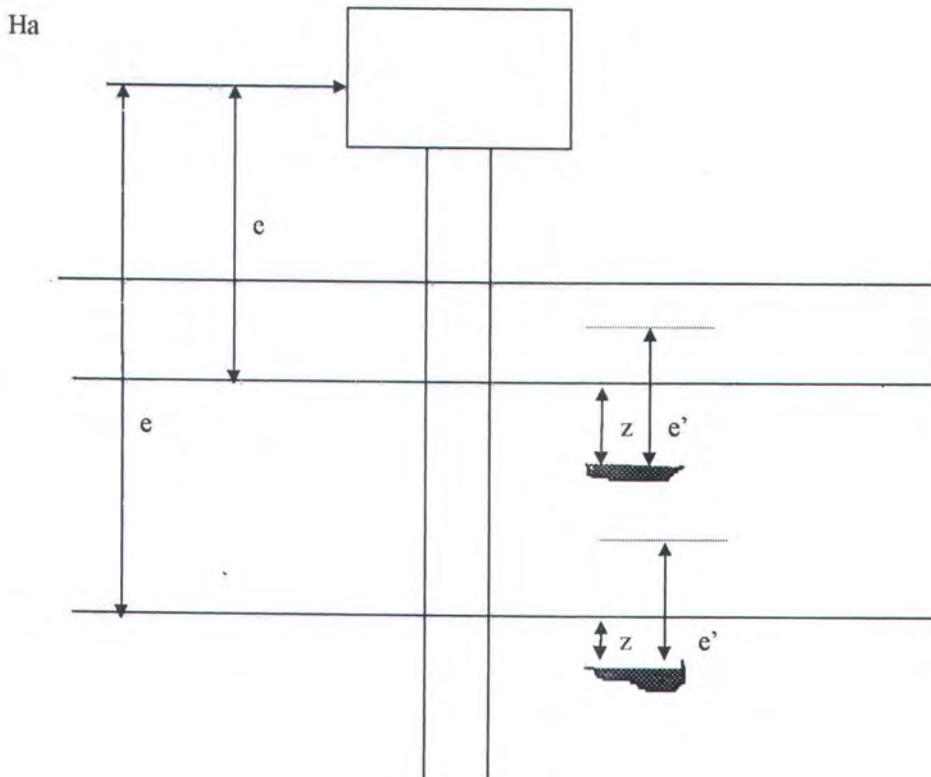
Daya dukung : daya dukung lapisan II + daya dukung lapisan III

$$H_a : 14.061 + 0.94$$

$$: 15.001 \text{ Ton}$$

$$M_{\max} : 109.5 + 10.76$$

$$: 120.26 \text{ Ton m.}$$



Gambar 3.7. letak titik tetap, equivalen pada tiap lapisan tanah. untuk tiang tegak

**Tiang no 12**

Daya dukung tanah lapisan II

Daya dukung untuk tanah lapisan II tiang no 12 adalah sama dengan daya dukung tanah lapisan II pada tiang no 11, karena jenis dan penetrasi yang sama.

Daya dukung tanah lapisan III:

$$e' : 0.5 (z+e) \qquad z : 1/3 \times L : 1/3 \times 3.436 : 1.145 \text{ m.}$$

$$: 0.5 (1.145+19.6)$$

$$: 10.373 \text{ m.}$$

Untuk mencari gaya lateral maksimum dengan grafik pada gambar 2.4. dengan parameter grafik sebagai berikut:

$$L/D : 3.436 / 0.7114 \qquad : 4.83$$

$$e'/D : 10.373 / 0.7114 \qquad : 14.581$$

dari grafik 2.4 diperoleh nilai  $\frac{Hu}{9CuD^2}$  untuk nilai:

$$e/D : 8 \qquad : 3.077$$

$$e/D : 16 \qquad : 1.15$$

Sehingga untuk nilai  $e/D : 14.584$  didapatkan dengan interpolasi :

$$\frac{Hu}{9CuD^2} : 3.077 + ((1.15 - 3.077)(14.581 - 8) / (16 - 8))$$

$$: 1.492$$

$$Hu : 9 Cu D^2 1.492$$

$$: 9 \times 55 \times 0.7114^2 \times 1.492$$

$$: 39.265 \text{ kN.}$$

$$: 4.003 \text{ Ton.}$$

Hua :  $H_u / 3$

: 1.334 Ton.

Momen maksimum didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.22 dan 2.23 sehingga didapatkan:

$f$  :  $39.265 / (9 \times 52 \times 0.7114)$

: 0.118 m

$M_{max}$  :  $1.334 \times (10.373 + 1.067 + (0.118 / 2))$

: 15.34 Ton m.

Daya dukung tanah total untuk tiang no 12 :

Daya dukung : daya dukung lapisan II + daya dukung lapisan III

$H_a$  :  $14.061 + 1.334$

: 15.395 Ton

$M_{max}$  :  $109.5 + 15.34$

: 124.84 Ton m.

Perhitungan daya dukung tanah terhadap gaya lateral ( horisontal ) adalah dengan cara perhitungan seperti tiang miring. Equivalensi dari tiang miring menjadi tiang tegak dapat dilihat pada gambar 2.2. Untuk penentuan  $e_1$  dan titik tetap (z) dari tiap lapisan tanah terlihat pada gambar 3.8.

### **Tiang no 9**

Daya dukung tanah lapisan II

Perhitungan untuk lapisan tanah II hampir sama dengan perhitungan pada tiang tegak, tetapi yang membedakan pada tiang miring adalah adanya gaya horisontal yang disalurkan sebagai gaya aksial. Dengan adanya gaya horisontal yang disalurkan sebagai gaya aksial, maka untuk mendapatkankapasitas gaya lateral

pada tiang miring merupakan operasi vektor. Perhitungan kapasitas tiang miring pada tanah lapisan II sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 e' &: 0.5 (z+e) & z &: 1/3 \times L : 1/3 \times 11 : 3.667 \text{ m.} \\
 &: 0.5 (3.667+8.6) \\
 &: 6.133 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

Untuk mencari gaya lateral maksimum dengan grafik pada gambar 2.4. dengan parameter grafik sebagai berikut:

$$L/D : 11 / 0.7114 : 15.463$$

$$e'/D : 6.133 / 0.7114 : 8.585$$

dari grafik 2.4 diperoleh nilai  $\frac{Hu}{9CuD^2}$  untuk nilai:

$$e/D : 8 : 25.385$$

$$e/D : 16 : 17.692$$

Sehingga untuk nilai  $e/D : 8.62$  didapatkan dengan interpolasi :

$$\frac{Hu}{9CuD^2} : 15.463 + ((17.692 - 25.385)(8.62 - 8) / (16 - 8))$$

$$: 14.867$$

$$Hu : 9 Cu D^2 14.867$$

$$: 9 \times 55 \times 0.7114^2 \times 14.867$$

$$: 418.322 \text{ kN.}$$

Kapasitas daya dukung tanah lapisan II pada tiang miring no 9, dimana besarnya gaya aksial diperoleh dari perhitungan pada bagian 3.2.1.1:

$$Hu : (\text{ gaya lateral}^2 + \text{ gaya aksial}^2)^{0.5}$$

$$: (418.322^2 + 1427.352^2)$$

$$: 1487.389 \text{ k N}$$

$$: 151.62 \text{ Ton.}$$

$$\text{Hua} : \text{Hu} / 3$$

$$: 151.62 / 3$$

$$: 50.54 \text{ Ton.}$$

Perhitungan momen maksimum didapatkan dengan persamaan 2.22 dan 2.23:

$$f : 14.87.389 / (9 \times 52 \times 0.7114)$$

$$: 4.224 \text{ m.}$$

$$M \text{ mak} : 50.54 \times (6.133 + 1.067 + (4.224/2))$$

$$: 470.627 \text{ Ton m.}$$

Daya dukung tanah lapisan III

$$e' : 0.5 (z+e) \qquad z : 1/3 \times L : 1/3 \times 3.441 : 1.147 \text{ m.}$$

$$: 0.5 (1.147+19.6)$$

$$: 10.374 \text{ m.}$$

Untuk mencari gaya lateral maksimum dengan grafik pada gambar 2.4. dengan parameter grafik sebagai berikut:

$$L/D : 3.441 / 0.7114 \qquad : 4.837$$

$$e'/D : 10.374 / 0.7114 \qquad : 14.582$$

dari grafik 2.4 diperoleh nilai  $\frac{Hu}{9CuD^2}$  untuk nilai:

$$e/D : 8 \qquad : 3.077$$

$$e/D : 16 \qquad : 1.15$$

Sehingga untuk nilai  $e/D : 14.584$  didapatkan dengan interpolasi :

$$\frac{H_u}{9CuD^2} : 3.077 + ((1.15 - 3.077)(14.582 - 8) / (16 - 8))$$

$$: 1.495$$

$$H_u : 9 Cu D^2 1.495$$

$$: 9 \times 55 \times 0.7114^2 \times 1.495$$

$$: 39.343 \text{ kN.}$$

Kapasitas daya dukung tanah lapisan II pada tiang miring no 9, dimana besarnya gaya aksial diperoleh dari perhitungan pada bagian 3.2.1.1:

$$H_u : (\text{ gaya lateral}^2 + \text{ gaya aksial}^2)^{0.5}$$

$$: (39.343^2 + 772.3^2)$$

$$: 773.321 \text{ k N}$$

$$: 78.83 \text{ Ton.}$$

$$H_{ua} : H_u / 3$$

$$: 78.83 / 3$$

$$: 26.277 \text{ Ton.}$$

Momen maksimum didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.22 dan 2.23 :

$$f : 773.321 / (9 \times 52 \times 0.7114)$$

$$: 2.323 \text{ m}$$

$$M_{\text{mak}} : 26.277 \times (10.374 + 1.067 + (2.323 / 2))$$

$$: 337.369 \text{ Ton m.}$$

Daya dukung tanah total untuk gaya lateral dan momen maksimum tiang no 9 :

Daya dukung : daya dukung lapisan II + daya dukung lapisan III

$$H_u : 50.54 + 26.277$$

$$: 76.817 \text{ Ton}$$

M mak simum : M mak lapisan II + M mak Lapisan III

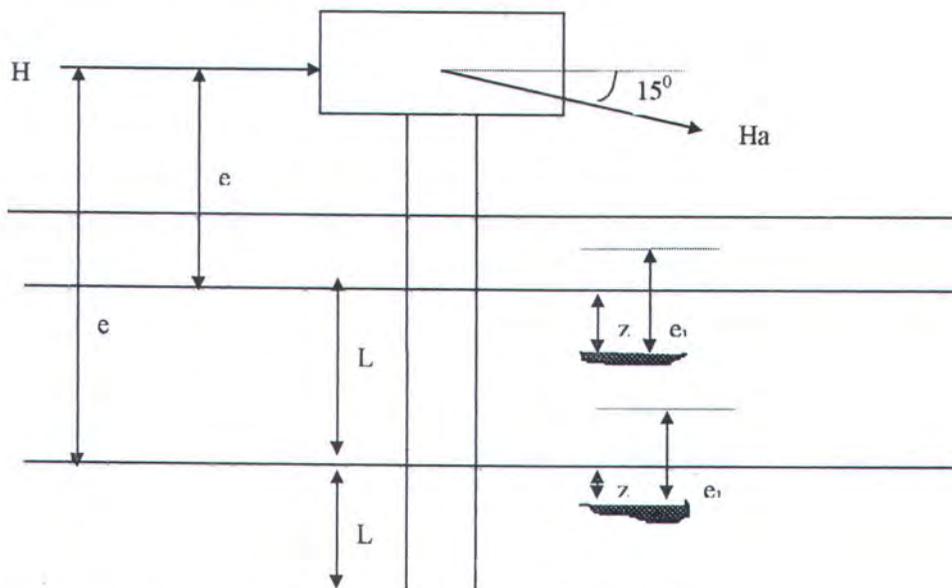
: 470.627 + 337.369

: 807.996 Ton m.

Dari perhitungan diatas didapatkan kapasitas tiang pancang terhadap gaya lateral :

Kapasitas gaya lateral : 76.817 Ton

Kapasitas Momen : 807.996 Ton m.



Gambar 3.8. letak titik tetap, e equivalen pada tiap lapisan tanah. untuk tiang miring

### Tiang no 10

Daya dukung tanah lapisan II

Untuk perhitungan daya dukung tanah lapisan II adalah sama dengan tiang no 9.

Hal itu karena jenis tanah dan kedalaman penetrasi tiang adalah sama.

Daya dukung tanah lapisan III

$e'$  : 0.5 (z+e)                      z :  $1/3 \times L$  :  $1/3 \times 3.341$  : 1.114 m.

: 0.5 (1.114+19.6)

: 10.357 m.

Untuk mencari gaya lateral maksimum dengan grafik pada gambar 2.4. dengan parameter grafik sebagai berikut:

$$L/D : 3.341 / 0.7114 : 4.696$$

$$e'/D : 10.357 / 0.7114 : 14.558$$

dari grafik 2.4 diperoleh nilai  $\frac{Hu}{9CuD^2}$  untuk nilai:

$$e/D : 8 : 2.77$$

$$e/D : 16 : 1.154$$

Sehingga untuk nilai  $e/D : 14.584$  didapatkan dengan interpolasi :

$$\frac{Hu}{9CuD^2} : 2.77 + ((1.154 - 2.77)(14.558 - 8) / (16 - 8))$$

$$: 1.445$$

$$Hu : 9 Cu D^2 1.445$$

$$: 9 \times 55 \times 0.7114^2 \times 1.445$$

$$: 38.028 \text{ kN.}$$

Kapasitas daya dukung tanah lapisan II pada tiang miring no 9, dimana besarnya gaya aksial diperoleh dari perhitungan pada bagian 3.2.1.1:

$$Hu : ( \text{ gaya lateral}^2 + \text{ gaya aksial}^2 )^{0.5}$$

$$: ( 38.028^2 + 756.059^2 )$$

$$: 757.015 \text{ kN}$$

$$: 77.168 \text{ Ton.}$$

$$Hua : Hu / 3$$

$$: 77.168 / 3$$

$$: 25.723 \text{ Ton.}$$

Momen maksimum didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.22 dan 2.23 :

$$f : 757.015 / (9 \times 52 \times 0.7114)$$

$$: 2.274 \text{ m}$$

$$M \text{ mak} : 25.723 \times (10.34 + 1.067 + (2.274 / 2))$$

$$: 323.104 \text{ Ton m.}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kapasitas maksimum tiang pancang no 10 terhadap gaya lateral :

Daya dukung : daya dukung lapisan II + daya dukung lapisan III

$$Hu : 50.54 + 25.723$$

$$: 76.263 \text{ Ton}$$

$$M \text{ mak simum} : M \text{ mak lapisan II} + M \text{ mak Lapisan III}$$

$$: 470.627 + 323.104$$

$$: 793.731 \text{ Ton m.}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan kapasitas tiang pancang no 10 terhadap gaya lateral :

Kapasitas gaya lateral : 76.263 Ton

Kapasitas Momen maksimum : 793.731 Ton m.

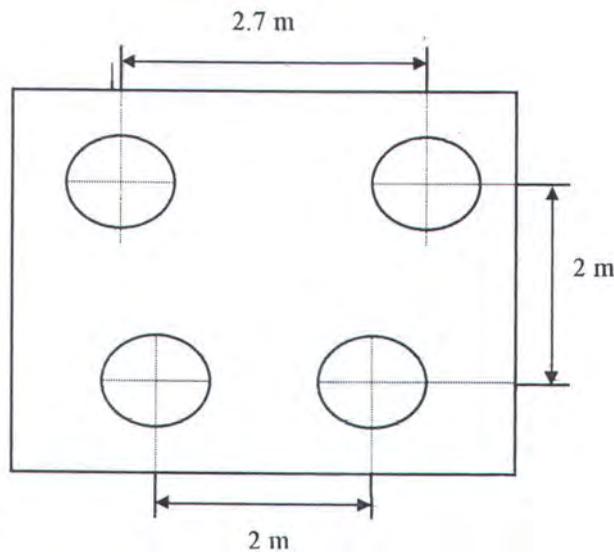
Dari semua perhitungan diatas didapatkan kapasitas maksimal masing-masing tiang pancang untuk gaya lateral dan momen maksimum seperti yang terlihat pada tabel 3.15:

Tabel 3.15. Kapasitas daya dukung lapisan tanah pada tiang pancang

TIANG	GAYA LATERAL (Ton)	MOMEN (Ton m)
9	76.817	807.996
10	76.263	793.731
11	15.001	120.26
12	15.395	124.84

### 3.2.3. Efisiensi tiang pancang dalam kelompok tiang pancang.

Penyatuan beberapa tiang kedalam suatu kelompok tiang pancang dengan cap pada bagian atas tiang akan menyebabkan reduksi pada daya dukung masing-masing tiang pancang terhadap struktur. Reduksi tersebut disebabkan karena adanya overlapping penyebaran tegangan disekeliling tiang. Untuk menghitung daya dukung sebuah kelompok tiang harus dihitung efisiensi kelompok tiang tersebut. Untuk menghitung efisiensi kelompok tiang pada struktur dolphin dihitung dengan persamaan 2.23. Penampang kelompok tiang pancang struktur dolpin terlihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Penampang cap kelompok tiang pancang struktur dolphin

Perhitungan efisiensi kelompok tiang pancang pada struktur dolphin dengan menggunakan persamaan 2.23.:

$$n : 2$$

$$m : 2$$

$$D : 0.7114 \text{ m}$$

$$S : 2 \text{ m.}$$

$$\theta : \tan^{-1} (D/S)$$

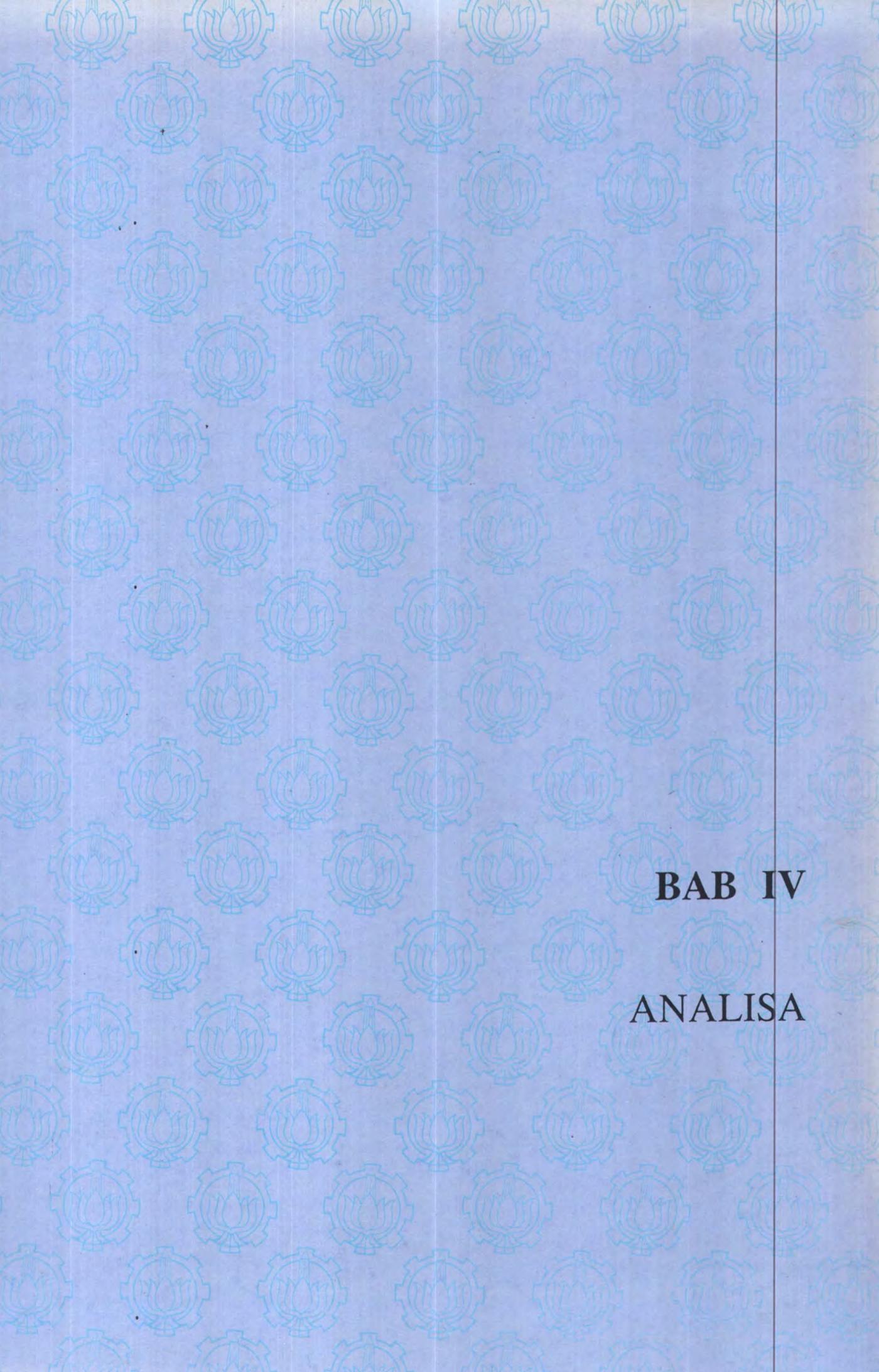
$$: 19.58^{\circ}$$

Sehingga dengan persamaan 2.23 didapatkan:

$$\varepsilon : 1 - (19.58^{\circ} / 90^{\circ}) (((2 - 1)^2 + (2 - 1)^2) / 2 \times 2)$$

$$: 0.78$$

Dari perhitungan diatas didapatkan nilai efisiensi dari kelompok tiang pancang yang mendukung struktur dolphin yaitu: 0.78.



**BAB IV**

**ANALISA**

## BAB IV

### ANALISA

Stabilitas struktur dolphin dapat diketahui dari perhitungan beban dan kapasitas daya dukung lapisan tanah terhadap tiang pancang struktur. Beban yang paling dominan mengenai struktur adalah beban operasional dari struktur yaitu beban tumbukan kapal ketika berlabuh. Selain beban operasional tersebut struktur dolphin menerima beban lingkungan, seperti gelombang, arus, angin dan gempa. Beban lingkungan paling besar yang mengenai struktur adalah gaya akibat gempa. Meskipun gempa ini tidak selalu terjadi tetapi karena pentingnya struktur dan akibat dari gempa dapat menyebabkan kehancuran, maka gaya akibat gempa harus diperhitungkan dalam desain struktur.

Stabilitas struktur dolphin tergantung pada kapasitas daya dukung lapisan tanah terhadap tiang pancang. Lapisan tanah merupakan penerima beban yang diterima oleh struktur melalui tiang pancang (Sardjono, 1991). Dengan demikian kapasitas daya dukung lapisan tanah merupakan faktor terpenting dalam stabilitas struktur dolphin. Struktur dolphin terletak didaerah pantai yang kondisi lapisan tanahnya kebanyakan adalah endapan lumpur pada lapisan paling atas, sehingga untuk mendapatkan kapasitas daya dukung yang diperlukan adalah data tentang karakteristik lapisan tanah. Data tentang lapisan tanah biasanya didapatkan dengan pengambilan sampel tanah pada daerah dimana struktur berada. Dengan

pengambilan sample maka data tentang lapisan tanah tidak dapat keseluruhan dapat diketahui karena dalam pengambilannya dapat terjadi ketidak sempurnaan pengambilan sample. Dengan pertimbangan tersebut selain dengan data lapisan tanah penghitungan kapasitas daya dukung lapisan tanah juga dilakukan dengan pengukuran ketika melakukan pemancangan tiang pancang. Perhitungan Kapasitas daya dukung dengan menggunakan perhitungan berdasarkan data karakteristik lapisan tanah dengan metode “*statis*”, sedangkan dengan pengukuran pada waktu pemancangan dengan metode “*calendering*”. Selanjutnya setelah perhitungan beban dan kapasitas daya dukung lapisan tanah, maka masing-masing beban dan daya dukung lapisan tanah dianalisa untuk mengetahui stabilitas struktur. Analisa diuraikan pada bagian dibawah ini.

#### 4.1. Analisa beban total pada struktur.

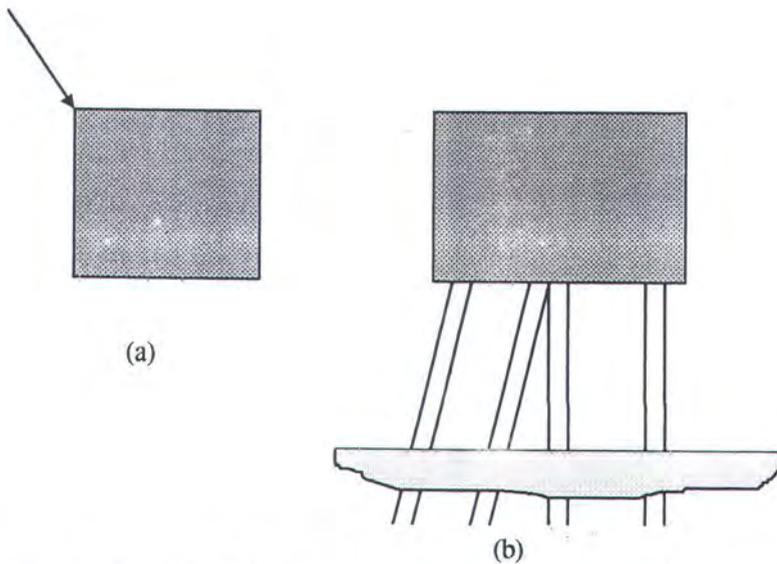
##### 4.1.1. Analisa beban total akibat gaya gelombang

Struktur dolphin yang dianalisa terdiri atas cap dan kelompok tiang pancang. Cap berfungsi untuk menyatukan tiang pancang dalam menyalurkan beban yang diterima oleh struktur. Tidak semua bagian struktur terkena gaya gelombang, bagian struktur yang terkena gaya gelombang hanyalah struktur yang menerima hampasan gelombang. Arah gelombang yang mengenai struktur terlihat pada gambar 4.1. Dari gambar tersebut terlihat semua tiang pancang terkena langsung pada arah datangnya gelombang, sehingga efek akibat letak antar tiang tidak terjadi. Perhitungan gaya gelombang dengan persamaan “*Morison*” (Kulhawy, 1981). Sedangkan teori gelombang yang dipakai adalah “*small wave amplitude*”( Ippen, 1966 ). Pemilihan teori gelombang ini sesuai dengan kondisi

perairan pantai yang mempunyai panjang gelombang yang panjang dengan amplitudo gelombang kecil. Perairan dimana struktur berada termasuk perairan dangkal sesuai dengan klasifikasi yaitu :

$$\frac{d}{L} = 2.35 / 49.6 = 0.047$$

Sehingga  $\frac{d}{L} < 0.05$  : perairan dangkal ( Ippen, 1966 )



(a). Arah propagasi gelombang dari atas (b). Tiang pancang dari arah datangnya gelombang.

gambar 4.1. Arah propagasi gelombang dan penampang struktur dari arah propagasi gelombang

Perhitungan gaya arus pada tiang tegak dan tiang miring berbeda karena pada tiang tegaka kecepatan partikel air pada arah vertikal tidak ada, tetapi pada tiang miring percepatan partikel air pada arah vertikal ada, sehingga pada perhitungan gaya gelombang pada tiang miring diperlukan superposisi kecepatan dan percepatan patikel air pada arah verikal dan horisontal. Pada cap perhitungan gaya gelombang adalah sama dengan perhitungan pada tiang tegak hanya koefisien drag dan koefisien inersia yang berbeda karena berbeda bentuk. Perhitungan gaya

gelombang pada tiang miring seperti yang diuraikan pada bagian 3.1.1.1, gaya gelombang pada tiang miring pada bagian 3.1.1.2, dan untuk gaya gelombang pada cap pada bagian 3.1.1.3. Dari penampang arah datangnya gelombang terlihat bagian struktur yang terkena gaya gelombang adalah dua buah tiang pancang tegak, dua buah tiang miring, dan cap struktur. Sehingga beban total pada struktur akibat gaya gelombang adalah:

$$\begin{aligned} \text{Beban gelombang} & : \text{beban tiang tegak} + \text{beban tiang miring} + \text{beban cap} \\ & : 2 \times 0.184 + 2 \times 0.462 + 0.344 \\ & : 1.636 \text{ Ton.} \end{aligned}$$

Akibat gaya horisontal pada struktur mengakibatkan terjadinya momen yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Momen total} & : \text{Momen tiang tegak} + \text{momen tiang miring} + \text{momen pada cap} \\ & : 2 \times 1.326 + 2 \times 3.839 + 3.05 \\ & : 13.38 \text{ Ton m.} \end{aligned}$$

#### 4.1.2. Analisa beban total akibat gaya arus.

Beban lingkungan yang diterima oleh struktur lainnya adalah gaya arus. Arah datangnya arus adalah sama dengan arah datangnya gelombang, sehingga bagian-bagian struktur yang terkena arus adalah sama seperti pada perhitungan gaya gelombang, tetapi bagian struktur yang terkena arus hanya bagian struktur yang terendam air. Perhitungan pada tiang tegak dan tiang miring berbeda hanya pada panjang tiang yang terkena arus, sedangkan gaya arus pada cap hanya berbeda pada koefisien drag berbeda dengan koefisien drag pada tiang. Selengkapnya perhitungan gaya arus diuraikan pada bagian 3.1.2.1, 3.1.2.2, dan 3.1.2.3. Sehingga beban total pada struktur dolphin akibat gaya arus :

Beban arus : Beban tiang tegak + beban tiang miring + beban pada cap.  
:  $2 \times 0.005 + 2 \times 0.003 + 0.192$   
: 0.208 Ton.

Akibat gaya horisontal pada struktur mengakibatkan terjadinya momen yaitu:

Momen total : Momen tiang tegak + momen tiang miring + momen pada cap  
:  $2 \times 0.035 + 2 \times 0.288 + 1.65$   
: 2.302 Ton m.

#### 4.1.3. Analisa beban total akibat gaya gempa.

Gaya gempa merupakan bagian dari beban lingkungan sulit diprediksikan kapan terjadinya, namun demikian akibat yang ditimbulkan gempa dapat menyebabkan kehancuran, sehingga dalam perencanaan struktur gaya akibat gempa harus diperhitungkan. Beban akibat gempa diterima oleh struktur melalui medium lapisan tanah. Bagian yang paling tidak menguntungkan bila gaya gempa bekerja pada titik gravitasi struktur (JICA, 1995). Perhitungan beban pada struktur akibat gempa dapat dilakukan dengan dua metode yaitu: metode "*periode natural*" dan "*metode seismik*". Perhitungan dengan metode periode natural struktur adalah dengan menghitung periode natural dari struktur untuk selanjutnya digunakan untuk menghitung koefisien seismik. Setelah itu baru dihitung gaya eksitasi horisontal akibat gaya gempa dapat dihitung (Kulhawy, 1981). Perhitungan dengan metode seismik memasukkan faktor-faktor kondisi lingkungan seperti faktor kondisi tanah, faktor kepentingan dan zone seismik dimana struktur berada dari struktur tersebut untuk mendapatkan koefisien seismik yang selanjutnya untuk menghitung gaya eksitasi horisontal akibat gaya gempa bumi (JICA, 1995). Kedua

metode perhitungan gaya gempa bumi tersebut diuraikan pada bagian 3.1.3. Untuk perhitungan beban total pada struktur akibat gaya gempa diantara kedua metode tersebut diatas maka dipilih metode seismik untuk dipergunakan dalam analisa stabilitas struktur dolphin dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Dengan metode seismik faktor lingkungan dimana struktur berada sudah termasuk dalam perhitungan.
2. Dengan metode seismik faktor kepentingan dari struktur diperhitungkan.
3. Dengan metode seismik perhitungan juga berdasarkan zone gempa pada daerah dimana struktur berada.
4. Metode seismik berdasarkan penelitian yang lebih baru dibandingkan dengan metode periode natural yang cenderung lebih konservatif.

Dengan pertimbangan tersebut diatas dengan perhitungan pada bagian bagian 3.1.3 maka beban total pada struktur dolphin akibat gaya gempa :

Berat struktur : 133.191 Ton

Gaya ekitasi horisontal : 9.99 Ton.

Pada gaya gempa bumi tidak menyebabkan momen karena gempa bekerja pada lapisan tanah dan diasumsikan pada titik tetap sehingga tidak memiliki lengan momen.

#### 4.1.4. Analisa beban total akibat gaya tumbukan kapal.

Beban pada struktur yang timbul akibat tumbukan kapal ketika merapat merupakan beban operasional dari struktur. Beban operasional struktur adalah beban yang harus diterima oleh struktur sesuai dengan fungsi struktur tersebut. Fungsi utama struktur dolphin adalah menerima gaya yang timbul akibat kapal yang

berlabuh yaitu gaya tumbukan kapal (Quin, 1972). Dalam tugas akhir ini dianalisa kemampuan struktur dolphin yang sudah ada untuk menerima beban yang besar dari beban desainnya, dalam hal ini kemampuan struktur untuk digunakan berlabuh kapal dengan kapasitas lebih besar dengan dua buah variasi kecepatan berlabuh kapal. Dimana gaya akibat tumbukan kapal adalah berbanding lurus dengan masa kapal dan kuadrat kecepatan kapal ketika berlabuh. Perhitungan beban akibat tumbukan kapal dengan kapal berkapasitas 650 GRT dan 1000 GRT, dan kecepatan berlabuh 0.4 m/s dan 0.5 m/s. Perhitungan gaya tumbukan kapal diuraikan pada bagian 3.1.4. Kapal dengan kapasitas 650 GRT adalah sesuai dengan beban desain dari struktur, sedangkan untuk kapal dengan kapasitas 1000 GRT adalah untuk mengetahui kemampuan struktur untuk dipakai berlabuh kapal dengan kapal yang lebih besar kapasitasnya dari desainnya. Dari perhitungan pada bagian 3.1.4 didapatkan beban total akibat gaya tumbukan kapal pada struktur dolphin seperti pada tabel 4.1:

Tabel 4.1. Gaya reaksi akibat tumbukan kapal pada struktur.

DISP	V (m/s)	E (Ton m)	GAYAREAKSI (TON)	MOMEN (Ton m)
715	0.4	1.649	48.192	470.837
1100	0.4	2.452	51.332	501.514
715	0.5	2.577	51.332	501.514
1100	0.5	3.831	47.66	465.697

Dari performa fender Fentek dengan tipe SCN 550 mempunyai kemampuan maksimum menerima energi hempasan sebesar : 8.155 Ton m dan reaksi fender terhadap struktur : 28.033 Ton untuk satu fender (Fentek, 1995). Untuk dua buah fender maka gaya reaksi maksimum pada struktur :  $2 \times 28.033$  : 56.066 Ton dan momen maksimum pada struktur : 547.757 Ton m. Untuk perhitungan stabilitas

maka beban total akibat gaya tumbukan kapal adalah sesuai dengan kapasitas dan kecepatan masing-masing kapal, seperti pada tabel 4.1. Dari perhitungan gaya hampasan kapal diketahui bahwa energi tumbukan kapal maksimum yang terjadi adalah lebih kecil dari pada kemampuan maksimum fender untuk menerima energi tumbukan kapal, sehingga fender mampu memenuhi fungsinya dengan baik.

#### 4.1.5. Analisa beban total akibat gaya angin.

Struktur dolphin yang dianalisa tidak semua bagiannya terendam oleh air, dimana bagian yang tak tercelup air ini terkena oleh gaya angin. Besarnya gaya angin yang mengenai struktur dolphin adalah kecil dibandingkan gaya lain yang mengenai struktur. Oleh karena itu pada perencanaan struktur biasanya gaya angin tidak termasuk dalam perhitungan beban yang mengenai struktur. Dalam tugas akhir ini gaya angin termasuk dalam beban yang mengenai struktur. Perhitungan gaya angin diuraikan pada bagian 3.1.5, dan didapatkan :

Beban total : 0.61 Ton.

Momen : 5.959 Ton m.

#### 4.2. Analisa kapasitas daya dukung lapisan tanah terhadap tiang pancang.

##### 4.2.1. Analisa kapasitas daya dukung lapisan tanah terhadap gaya aksial (vertikal).

Tiang pancang adalah salah satu jenis pondasi yang dipakai pada struktur dimana tanah dibawahnya tidak memiliki daya dukung yang cukup (Sardjono, 1991). Struktur dolphin yang dianalisa berada pada daerah pantai dengan endapan lumpur yang tebal pada lapisan paling atas, dimana endapan lumpur daya dukungnya sangat kecil (Nippon Koei, 1992). Dengan demikian dipilih pondasi

tiang pancang untuk struktur dolphin. Kemampuan daya dukung tiang pancang adalah akibat gaya gesekan kulit tiang pancang dengan lapisan tanah dan tahanan ujung tiang (Bowles, 1983). Dengan demikian kapasitas daya dukung adalah tergantung terhadap karakteristik dari lapisan tanah serta dimensi tiang pancang. Tiang pancang yang dipancang tegak kapasitas terbesarnya adalah untuk menahan gaya aksial, sedangkan untuk menahan beban horisontal digunakan tiang pancang miring (Sardjono, 1991). Dalam tugas akhir ini struktur dolphin yang dianalisa menggunakan dua buah tiang pancang yang dipancang tegak pada sisi depan dan dua buah tiang yang dipancang miring dengan kemiringan  $15^{\circ}$  pada sisi belakang. Penggunaan tiang pancang tegak dengan tujuan untuk memberikan kemudahan kapal berlabuh, sedangkan tiang miring untuk memberikan kapasitas yang lebih besar pada struktur untuk menerima beban horisontal sebagai fungsi utama struktur. Tiang pancang sebagai pondasi adalah untuk meneruskan beban yang diterima struktur ke lapisan tanah dibawahnya (Sardjono, 1991). Kemampuan daya dukung lapisan tanah terhadap tiang pancang menentukan kemampuan struktur dolphin untuk berfungsi seperti yang diharapkan. Perhitungan daya dukung lapisan tanah pada tugas akhir ini menggunakan dua metode yaitu : *metode statis* dan *metode dinamis*. Metode statis dihitung berdasarkan data karakteristik tanah dari hasil penelitian dengan pengambilan sampel di mana struktur berada. Metode dinamis dihitung dengan menggunakan data pemancangan tiang pancang ( Poulos, 1980 ). Dalam tugas akhir ini perhitungan stabilitas struktur dolphin daya dukung tanah terhadap gaya aksial adalah dengan metode dinamis dengan pertimbangan sebagai berikut:

1. Metode dinamis lebih dapat menunjukkan daya dukung lapisan tanah sebenarnya

karena metode dilakukan pada saat pemancangan.

2. Metode statis dengan data tanah berdasarkan pengambilan sample tanah, sehingga daya dukung yang diperoleh tidak berada tepat dimana tiang dipancang.

Perhitungan kapasitas dengan kedua metode tersebut diuraikan pada bagian 3.2.1.1 dan 3.2.1.2. Dari perhitungan kedua metode tersebut diperoleh daya dukung lapisan tanah terhadap gaya aksial dan gaya lateral pada tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.2. Kapasitas daya dukung tanah terhadap gaya aksial dengan metode statis

TIANG	DAYA DUKUNG TANAH TERHADAP GAYA AKSIAL (Ton)
9	70.513
10	69.547
11	73
12	74.9

Tabel 4.3 Kapasitas daya dukung tanah terhadap gaya aksial dengan metode dinamis

TIANG	DAYA DUKUNG TANAH TERHADAP GAYA AKSIAL (Ton)
9	106.384
10	92.97
11	115.84
12	113.21

- 4.2.2. Analisa kapasitas daya dukung lapisan tanah terhadap gaya lateral (horisontal).

Untuk memberikan daya dukung yang lebih terhadap gaya lateral maka tiang pancang yang digunakan pada struktur dipancang miring. Kemiringan pemancangan tiang adalah  $15^{\circ}$ . Dengan dua tiang yang dipancang miring pada sisi

lateral dari pada tiang pancang tegak pada sisi depan. Pada tiang pancang miring gaya lateral yang diterima sebagai gaya lateral dan gaya aksial. Sebagai gaya lateral adalah gaya tersebut bekerja tegak lurus sumbu tiang, sedangkan sebagai gaya aksial adalah gaya yang disalurkan searah dengan sumbu tiang. Gambaran penyaluran gaya lateral pada tiang miring dapat dilihat pada gambar (2.2). Perhitungan daya dukung lapisan tanah terhadap gaya lateral selengkapnya diuraikan pada bagian 3.2.2. Untuk perhitungan gaya lateral yang disalurkan sebagai gaya aksial digunakan daya dukung tiap lapisan tanah terhadap gaya aksial dengan metode statis, hal ini karena perhitungan dilakukan tiap lapisan tanah dan daya dukung tanah terhadap tiap lapisan tanah hanya diketahui dengan cara statis. Perhitungan cara dinamis gaya aksial diperoleh tidak setiap lapisan tetapi pada keseluruhan lapisan tanah, sedangkan perhitungan untuk gaya lateral yang disalurkan sebagai gaya aksial harus dilakukan tiap lapisan tanah, karena tiap lapisan tanah memiliki titik equivalen yang berbeda-beda ( Tomlinson, 1977 ). Dari perhitungan tersebut didapat kapasitas gaya lateral yang disalurkan sebagai gaya lateral dan gaya aksial pada tiang miring, dan untuk mendapatkan daya dukung maksimum lapisan tanah terhadap tiang miring dengan operasi vektor dari daya dukung kedua gaya tersebut. Dari perhitungan pada bagian 3.2.2 didapatkan daya dukung lapisan tanah seperti pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Kapasitas daya dukung tanah terhadap gaya lateral pada tiang pancang

TIANG	GAYA LATERAL (Ton)	MOMEN MAKSIMUM (Ton m)
9	76.817	807.996
10	76.263	793.731
11	15.001	120.26
12	15.395	124.84

#### 4.3. Analisa stabilitas dolphin.

#### 4.3. Analisa stabilitas dolphin.

Stabilitas dolphin ditentukan kemampuan struktur dolphin untuk menahan beban baik beban lingkungan maupun beban operasional struktur. Kemampuan struktur untuk menahan beban adalah tergantung pada daya dukung tanah dimana struktur berada (Tomlinson, 1977). Untuk mencapai stabilitas struktur, maka kapasitas daya dukung tanah terhadap struktur harus lebih besar dari beban yang diterima oleh struktur. Kapasitas struktur meliputi kemampuan struktur untuk menerima gaya aksial, gaya horisontal dan momen akibat gaya horisontal. Selain itu harus diperhatikan pula kemampuan tiang sendiri menerima beban yang diterimanya. Kemampuan tiang ini berhubungan dengan material dari tiang. Untuk spesifikasi material tiang pancang adalah sesuai dengan spesifikasi tiang pancang JIS A 5525 dengan kelas SKK 50 (Nippon Koei, 1992). Pada struktur dolphin tiang pancang yang dipakai mempunyai diameter 711.4 mm dan tebal tiang: 12 mm, luasan penampang tiang:  $263.7 \text{ cm}^2$  inersia :  $161 \times 10^3 \text{ cm}^4$  (JIS, 1984), diperoleh tegangan ijin tiang pancang sesuai spesifikasi material, sehingga dapat diketahui gaya ijin untuk tiang sebagai berikut (JICA, 1995):

Gaya aksial ijin	: 771.115 Ton.
Gaya geser ijin	: 445.699 Ton.
Gaya momen ijin	: 878.099 Ton m.

Beban total yang bekerja pada struktur didapatkan dengan menjumlahkan seluruh gaya yang bekerja pada struktur yang diperoleh dari bagian 4.1 tugas akhir ini.

Gaya aksial : berat struktur  
: 133.191 Ton.

Gaya horisontal : gelombang+arus+gempabumi+tumbukan kapal+ angin  
:  $1.636 + 0.208 + 9.99 + 51.332 + 0.61$   
: 63.776 Ton.

Momen : gelombang + arus + tumbukan kapal + angin  
:  $13.38 + 2.302 + 501.514 + 5.959$   
: 523.155 Ton m.

Perhitungan beban juga dilakukan pada kondisi bila fender berdefleksi masimum, dengan berdefleksi maksimum maka fender memberikan gaya reaksi yang lebih besar. Perhitungan gaya reaksi bila fender berdeleksi maksimum pada bagian 4.1.4.

Dari perhitungan tersebut beban pada struktur menjadi :

Gaya horisontal : gelombang+arus+gempa bumi+tumbukan kapal+angin  
:  $1.636 + 0.208 + 9.99 + 56.066 + 0.61$   
: 68.51 Ton.

Momen : gelombang + arus + tumbukan kapal + angin  
:  $13.38 + 2.302 + 547.757 + 5.959$   
: 569.398 Ton m.

Sedangkan daya dukung total untuk kelompok tiang pancang adalah sesuai dengan persamaan 2.24 dengan efisiensi tiang pancang : 0.78 (bagian 3.2.3) sehingga didapatkan:

Daya dukung aksial :  $0.78 \times (106.384 + 92.97 + 115.84 + 113.21)$   
: 334.155 Ton.

---

Daya dukung lateral :  $0.78 \times (76.817 + 76.263 + 15.001 + 15.395)$   
: 143.111 Ton m.

Daya dukung momen :  $0.78 \times (807.966 + 793.731 + 120.26 + 124.84)$   
: 1440.502 Ton m.

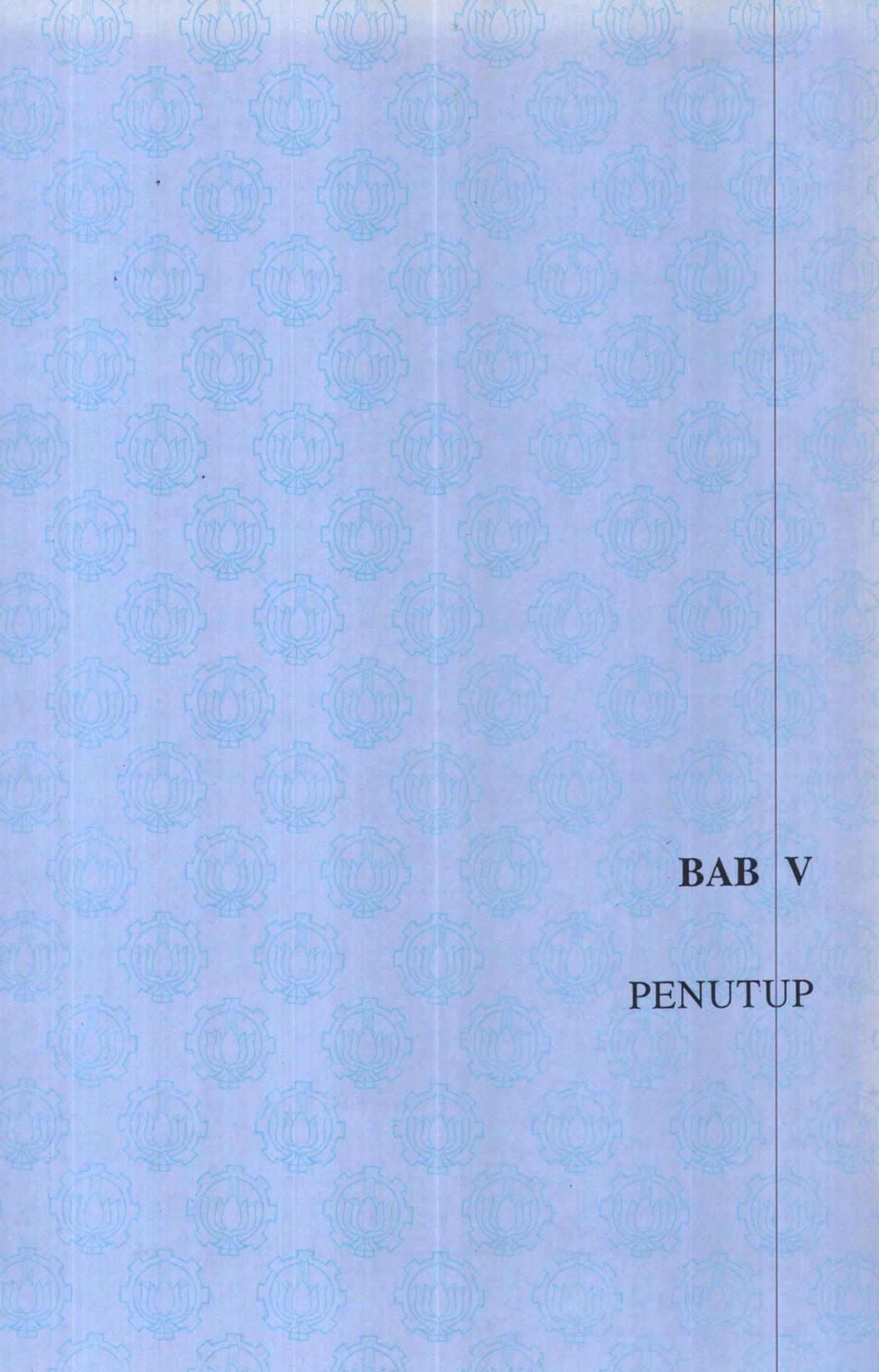
Dengan perhitungan diatas didapatkan untuk pembebanan 650 GRT, 1000 GRT dan kondisi fender berdefleksi maksimum:

Beban aksial < Kapasitas maksimum terhadap gaya aksial dan beban aksial ijin tiang.

Beban lateral < Kapasitas struktur maksimum terhadap gaya lateral dan beban geser ijin tiang.

Momen < Kapasitas struktur maksimum terhadap momen dan momen ijin tiang.

Dengan kondisi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa struktur dolphin tetap stabil untuk digunakan berlabuh kapal dengan kapasitas 1000 GRT dengan kecepatan berlabuh sampai 0.5 m/s.



**BAB V**

**PENUTUP**

---

## BAB V

### PENUTUP

Stabilitas struktur dolphin yang dianalisa dalam tugas akhir ini dapat diketahui setelah perhitungan kapasitas daya dukung struktur, beban yang bekerja pada struktur dan kemampuan tiang menyalurkan beban yang diterimanya kelapisan tanah. Untuk mengetahui kemampuan tiang menyalurkan beban adalah dengan menghitung beban ijin tiang sesuai material tiang yang digunakan. Selanjutnya dari perhitungan dan analisa pada struktur dolphin dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran tentang stabilitas struktur dolphin.

#### 5.1. Kesimpulan.

Dari analisa perhitungan yang dilakukan pada bagian sebelumnya pada tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan:

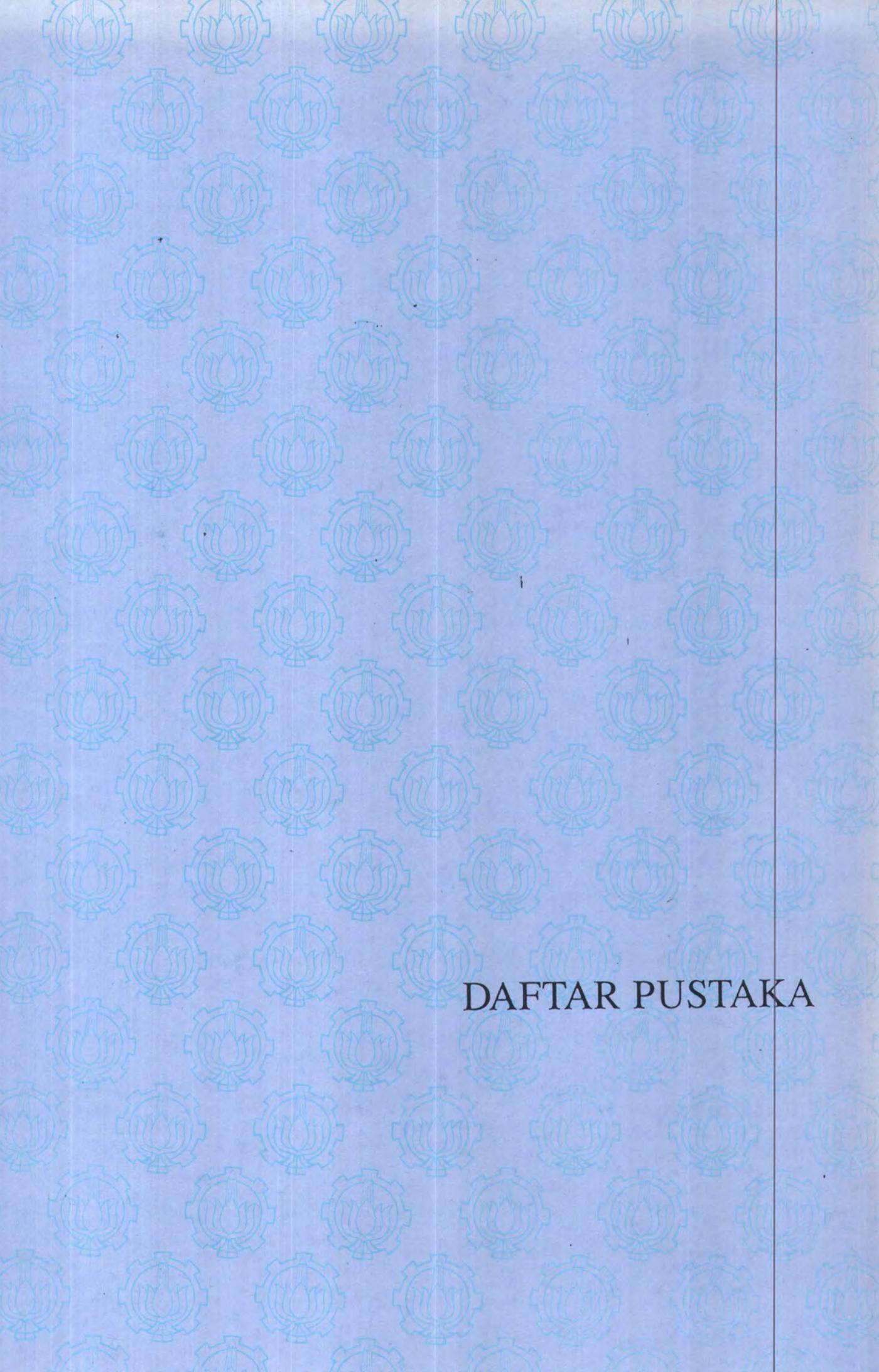
1. Struktur dolphin adalah stabil untuk berlabuh kapal dengan kapasitas 650 GRT sesuai dengan kapasitas desain pada kondisi pembebanan maksimum.
2. Struktur dolphin dapat digunakan untuk berlabuh kapal dengan kapasitas sampai 1000 GRT dimana struktur dolphin tetap stabil.
3. Struktur tetap stabil dengan kecepatan berlabuh sampai 0.5 m/s, baik untuk kapal dengan kapasitas sampai 1000 GRT.

4. Struktur dolphin tetap stabil dengan pembebanan akibat tumbukan kapal yang menyebabkan fender berdefleksi maksimum dan memberikan gaya reaksi pada struktur sampai 56.066 Ton..
5. Tiang pancang mampu menyalurkan beban yang diterimanya (beban yang mengenainya lebih kecil dari beban ijin tiang).

#### 5.2. Saran.

Dari hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan dapat diambil pertimbangan dan saran untuk pengoperasian struktur dolphin:

1. Penggunaan kapal dengan kapasitas yang lebih besar bila dibutuhkan penambahan kapal sesuai dengan perkembangan kebutuhan transportasi penyeberangan (kapal dengan kapasitas sampai 1000 GRT).
2. Pemeriksaan kedalaman air dimana didaerah pantai cepat dangkal karena endapan lumpur, bila perlu dilakukan pengerukan endapan lumpur yang ada untuk mencegah terjadinya kapal kandas.
3. Untuk menggunakan kapal dengan kapasitas lebih dari 1000 GRT memungkinkan dengan perhitungan dan analisa lebih lanjut terutama untuk pertimbangan ukuran kapal, penambahan kedalaman perairan dan beban yang diakibatkan oleh berlabuhnya kapal dengan kapasitas yang lebih besar.
4. Bila struktur dolphin digunakan untuk berlabuh kapal dengan kapal dengan kapasitas lebih dari 1000 GRT perlu dipertimbangkan penggunaan fender dengan kapasitas menyerap energi yang lebih besar dari yang digunakan sekarang yaitu fender dari fentek tipe SCN 550.

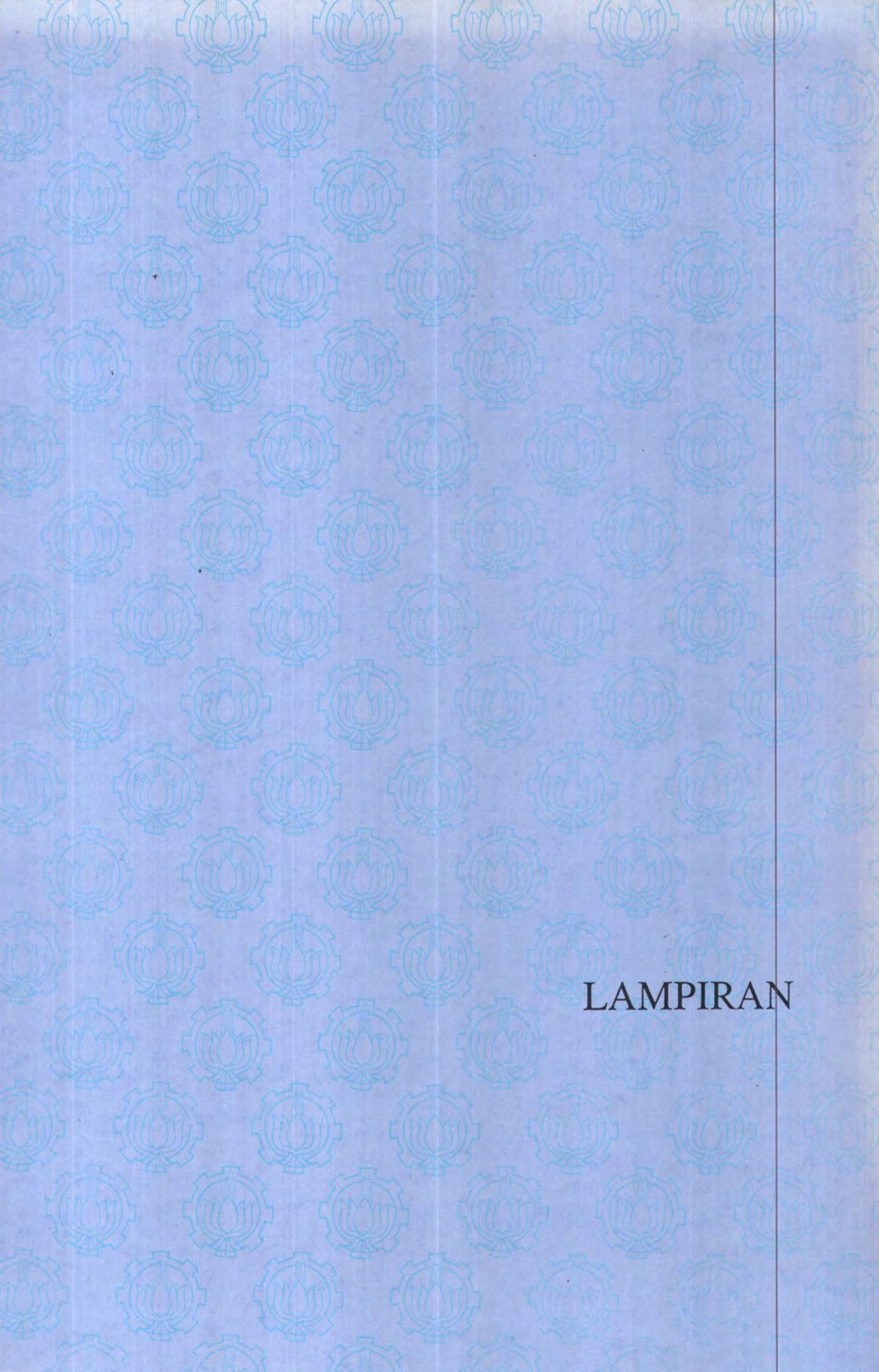


DAFTAR PUSTAKA

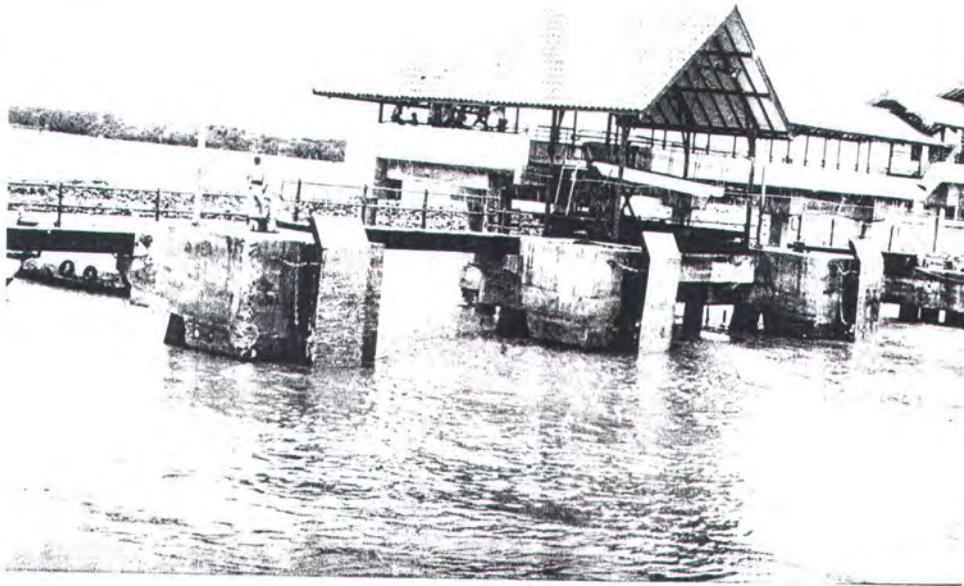
## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E (1983), *Foundation Analysis and Design*, 3rd Edition, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Chellis, Robert D, B.S, C.E.(1961), *Pile Foundations*, 2nd Edition, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Cheung, Francis K.P and Kulhawy, Fred H (1981), *Analysis Design and Construction of Pile in The Coastal Environment*, Report to New York Sea Grant Institute Albany, New York.
- Dawson, Thomas H (1983), *Offshore Structure Engineering*, Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs New Jersey.
- Fentek (1995), *Marine Fendering Systems*, Fentek Australia Pty Ltd, Brisbane.
- Gerhart, Philip M. Gross, Richard J. Hochstein, John I (1992), *Fundamental of Fluid Mechanics*, 2nd Edition, Addison-Wesley Publishing Company, New York.
- Ippen, Arthur T (1966), *Estuary and Coastline Hydrodynamics*, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Japan Internasional Cooperation Agency (1995), *Standar Teknis Sarana-Sarana Pelabuhan di Jepang*, Japan International Cooperation Agency, Japan.
- Japanese Standarts Association (1984), *JIS Handbook 1984*, Japanese Standarts Association, Japan.
- Nippon Koei Co. LTD & PT. Desigras (1992), *Design Report The Urgent Rehabilitation Project of The Ferry Terminals In East Java and Bali*

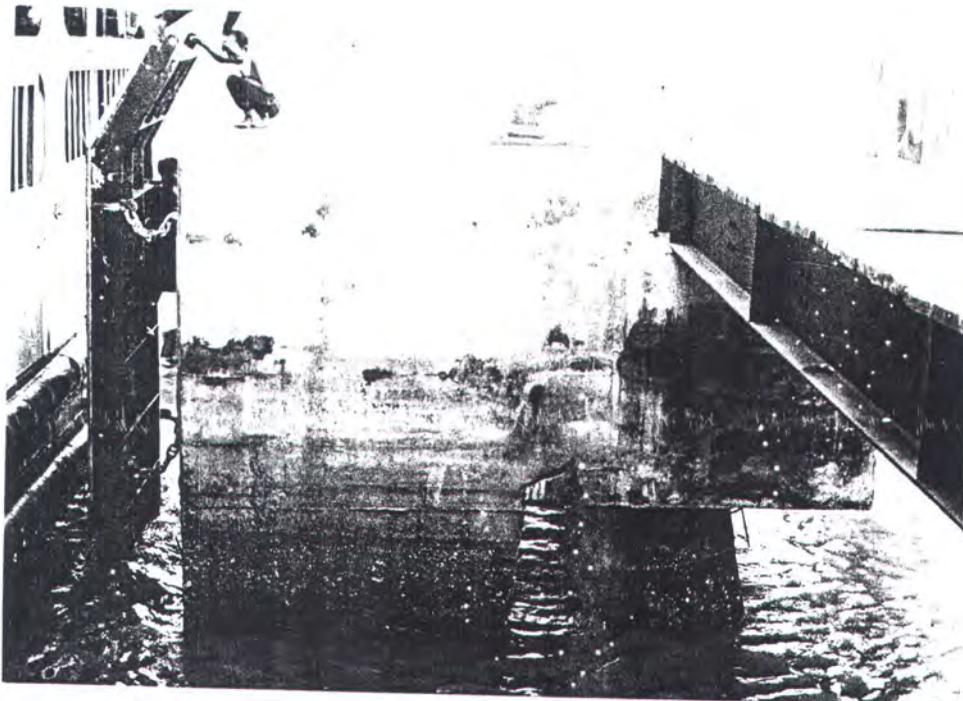
- 
- Island, The Government of The Republic of Indonesia Ministry of Communication, Directorate General of Land Communications, Jakarta.
- Nippon Koei Co. LTD & PT. Desigras (1992), Kamal Soil Investigation, The Urgent Rehabilitation Project of The Ferry Terminals In East Java and Bali Island, The Government of The Republic of Indonesia Ministry of Communication, Directorate General of Land Communications, Jakarta.
- Poulos, H.G and Davis, E.H (1980), Pile Foundation Analysis and Design, John Wiley & Sons, Singapore.
- Quin, Alonzo Def (1972), Design and Construction of Ports and Marine Structures, 2nd Edition, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Sardjono, HS (1991), Pondasi Tiang Pancang, Jilid I edisi kedua, Sinar Wijaya, Surabaya.
- Smith, G.N. and Pole, E.L (1980), Element of Foundation Design, Garland STPM Press, New York.
- Tomlinson, M.J, CEng, FICE, FStructE (1977), Pile Design and Construction Practice, A Viewpoint Publication, London.
- Tsinker, Gregory P (1996), Floating Port and Construction Practice, Gulf Publishing Company, Houston Texas.



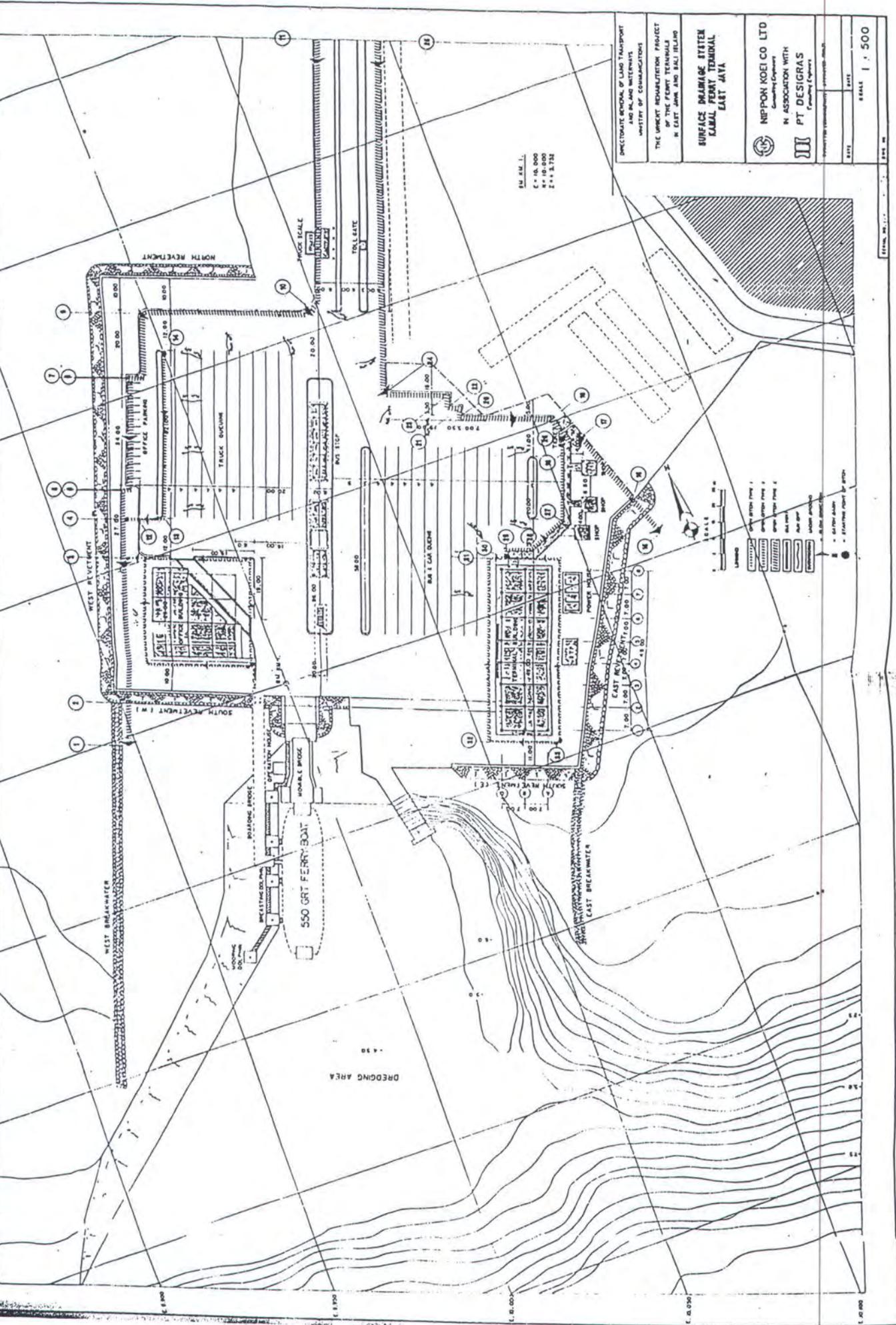
LAMPIRAN



Dermaga III penyeberangan Kamal



Breasting Dolphin



1:500  
 E = 10.000  
 H = 10.000  
 S = 1.125

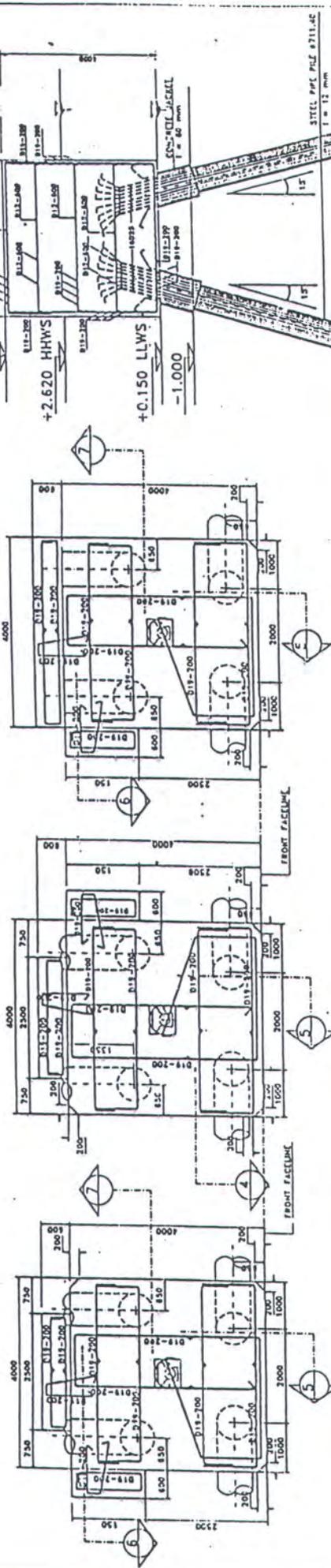
DIRECTORATE GENERAL OF LAND TRANSPORT AND MARINE INFRASTRUCTURE  
 MINISTRY OF COMMUNICATIONS

THE URBAN INFRASTRUCTURE PROJECT  
 OF THE FERRY TERMINALS  
 IN EAST JAVA AND BALI ISLAND

**SURFACE DRAINAGE SYSTEM  
 KALABAY FERRY TERMINAL  
 EAST JAVA**

**NIPPON KOEI CO. LTD.**  
 Consulting Engineers  
 IN ASSOCIATION WITH  
**PT. DESIGTRAS**  
 Consulting Engineers

PROJECT NO. 100/100/100/100/100  
 DATE: \_\_\_\_\_  
 SCALE: 1 : 500



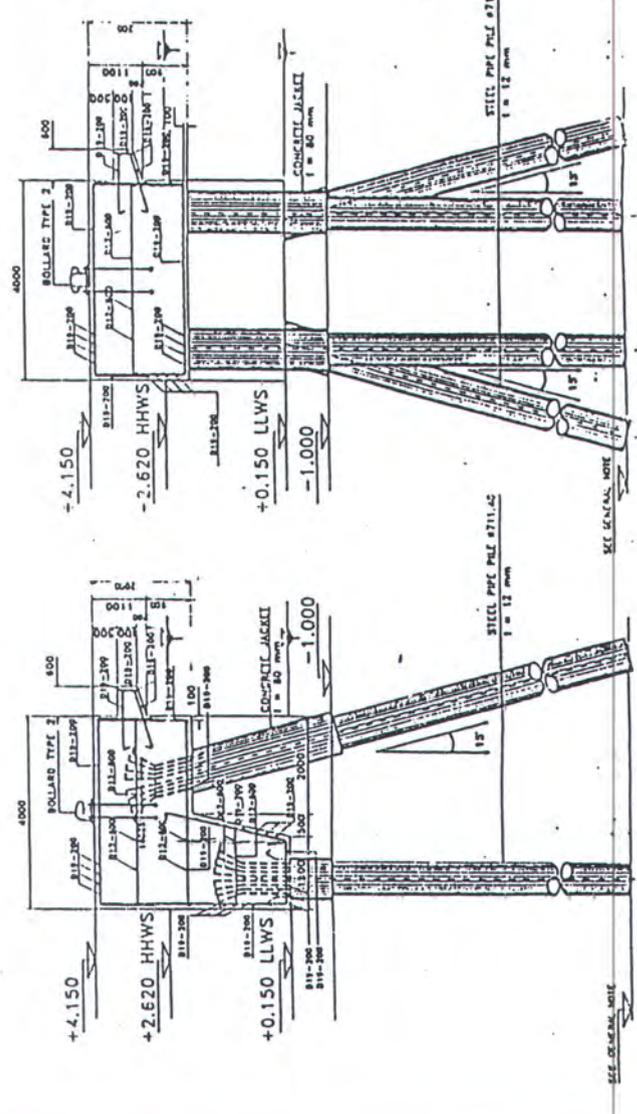
1 BD TYPE 1 PLAN AND RE-BAR SCALE 1:40

2 BC TYPE 2 PLAN AND RE-BAR SCALE 1:40

3 BD TYPE 3 PLAN AND RE-BAR SCALE 1:40



SECTION A SCALE 1:30



SECTION A SCALE 1:30

SECTION B SCALE 1:30

SECTION C SCALE 1:30

NOTES:  
 1 DIMENSIONS ARE IN MM  
 2 DIMENSIONS ARE IN METERS RELATIVE TO CHART C-100  
 3 DETAIL OF PILE-PILE CAP JOINT AND CONCRETE JACKET REFER TO

INSTITUTE GENERAL & MARINE TRANSPORT AND MARINE EQUIPMENT  
 UNIVERSITY OF COMMERCIALS  
 THE UNDER RECONSTRUCTION PROJECT OF THE PORT TERMINAL IN LAKE JAYA AND LAKE BANGSA

TITLE 1  
 BREASTING DOLPHIN

NIPPON KODI CO LTD  
 IN ASSOCIATION WITH  
 PT DESIGRAS



AS SHOWN  
 DRAWING NO. UC-8





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

Kampus ITS - Sukolilo, Surabaya 60111 Telp. 5928105, 5994251 psw. 1104 - 1107  
Telex 34224 Fax 5947254

TUGAS AKHIR ( OE.1702 )

NO. : 07JPT.12.FTK4.H8/Q/96

MATA KULIAH : TUGAS AKHIR  
NOMOR MATA KULIAH : OE.1702  
NAMA MAHASWA : Bagus Budi Kuncoro  
NOMOR POKOK : 4392100024  
TGL.DIBERIKAN TUGAS : 28 April 1997  
TGL.SELESAINYA TUGAS : 28 Desember 1997  
DOSEN PEMBIMBING : 1. Dr.Ir. W.A.Pratikto,MSc  
2. Ir. Suntoyo

TEMA / URAIAN / DATA-DATA YANG DIBERIKAN / JUDUL TUGAS AKHIR :

ANALISA STABILITAS DOLPHIN PADA DERMAGA III PENYEBERANGAN KAMAL

BUAT RANGKAP 4 :

Mahasiswa ybs.  
Dekan FTK-ITS  
Dosen Pembimbing  
Arsip Jurusan .

Surabaya, 28 April 1997  
Ketua Jurusan ;



Dr. Ir. Eko Budi Djatmiko, MSc.  
NIP. 131-407-592