

TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI
PENGGUNAAN TIANG PANCANG MIRING
DENGAN TIANG PANCANG VERTIKAL
PADA TANAH KOHESIF



DISUSUN OLEH :

Nama : Haifani Eka Yuswanti
No. Mhs. : 92 310 078
Nirm. : 920051013114120078

Nama : Nila Erlina
No. Mhs. : 92 310 186
Nirm. : 920051013114120186

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1996/1997

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI PENGUNAAN TIANG PANCANG MIRING DENGAN TIANG PANCANG VERTIKAL PADA TANAH KOHESIF

Oleh :

HAIFANI EKA YUSWANTI

No. Mhs. : 92 310 078
Nirm. : 920051013114120078

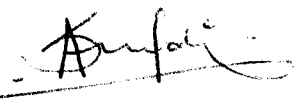
NILA ERLINA


No. Mhs. : 92 310 186
Nirm. : 920051013114120186

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. H. M. Samsudin
Dosen Pembimbing I

Ir. Ruzardi, MS
Dosen Pembimbing II


Tanggal 14-7-97.


Tanggal 11-07-97

TUGAS AKHIR

STUDI KOMPARASI
PENGUNAAN TIANG PANCANG MIRING
DENGAN TIANG PANCANG VERTIKAL
PADA TANAH KOHESIF

*Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia
untuk memenuhi sebagian prasyarat memperoleh
derajat Sarjana Teknik Sipil*

Oleh :

Nama : Haifani Eka Yuswanti
No. Mhs. : 92 310 078
Nirm. : 920051013114120078

Nama : Nila Erlina
No. Mhs. : 92 310 186
Nirm. : 920051013114120186

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
1997

MOTTO

“Sesungguhnya sholatku, hidupku, dan matiku hanyalah untuk Allah”

“Allah akan meninggikan orang-orang yang berilmu dua puluh tujuh derajat”

“Tuntutlah ilmu dari buaian sampai ke liang lahat, menuntutlah ilmu walaupun sampai ke negeri Cina”

Tugas akhir ini kami persembahkan untuk

Ayah, Ibu, Adik dan Kakak

Dan juga bagi Bangsa, Negara dan Agama

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum wr. wb.

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, khususnya kepada kami, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir yang berjudul "STUDI KOMPARASI PENGGUNAAN TIANG PANCANG MIRING DENGAN TIANG PANCANG VERTIKAL PADA TANAH KOHESIF" diajukan sebagai syarat guna memperoleh derajat strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Hal ini tidak terlepas dari dukungan, motivasi dan sumbangan pikiran yang sangat membantu dalam menyelesaikan semua hambatan yang terjadi selama penulisan hingga selesainya Tugas Akhir ini. Untuk itu dengan segala keikhlasan hati kami ucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir. H. M. Samsudin, selaku Dosen Pembimbing I
2. Bapak Ir. Ruzardi, MS, selaku Dosen Pembimbing II
3. Bapak DR. Ir. Edy Purwanto, DEA atas ide yang telah diberikan untuk penulisan Tugas Akhir ini
4. Ayah, Ibu, Kakak dan Adik, yang telah banyak memberi bantuan dan dorongan baik moril maupun material dalam penyusunan Tugas Akhir ini

5. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
6. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Kepala Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
7. Para sahabat, teman dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu-satu, yang telah banyak membantu kami dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, tentu banyak kekurangan dan kesalahan karena keterbatasan kemampuan kami dalam menganalisa formasi dan kemiringan tiang pancang itu sendiri. Untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat kami harapkan untuk pengembangan di masa mendatang.

Akhir kata, penyusun sangat berharap semoga penulisan kami ini bermanfaat bagi kita semua. Semoga Allah memberkati kita semua. Amin.

Wassalaamu,alaikum wr. wb.

Yogyakarta

Penyusun

DAFTAR ISI

Lembar Judul.....	I
Lembar Pengesahan.....	ii
Motto.....	iii
Kata Pengantar.....	Iv
Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	ix
Daftar Gambar	xiii
Daftar Lampiran	xv
Daftar Notasi.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	3
1.3 Batasan Masalah dan Istilah.....	3
BAB II TINJAUAN TEORI	6
2.1 Klasifikasi Tanah.....	6
2.1.1 Sistem klasifikasi tanah Unified (USC)	7
2.1.2 American Association of State Highway and Transportation	7
2.2 Daya Dukung Tanah.....	10
2.3 Sistem Pondasi Suatu Konstruksi.....	12

2.4 Metode Statis.....	16
2.5 Cara studi	17
2.6 Pemilihan Pondasi.....	18
2.6.1 Pondasi tiang pancang berdasarkan jenis material/bahannya.....	18
2.6.2 Pondasi tiang berdasarkan pemindahan beban	20
2.6.3 Pondasi tiang berdasarkan pemancangan	20
2.7 Analisa Pondasi Dalam “Adhesive Pile” Dengan Metode Statis.....	21
2.7.1 Penerusan beban ke tiang vertikal.....	21
2.7.2 Beban terpusat vertikal sentris terhadap tiang miring	24
2.7.3 Kapasitas daya dukung tiang “adhesive pile”.....	25
2.7.4 Efisiensi tiang pancang kelompok.....	29
2.8 Analisa Pondasi Dalam “Adhesive Pile” Terhadap Beban Lateral... ..	30
2.8.1 Beban-beban yang bekerja	30
2.8.2 Daya dukung tiang terhadap beban lateral	35
BAB III PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN.....	37
3.1 Perhitungan “Adhesive Pile”.....	37
3.1.1 Kapasitas daya dukung kelompok tiang.....	37
3.1.2 Efisiensi tiang pancang.....	60
3.2 Hasil Perhitungan dan Pembahasan.....	62
3.2.1 Hasil perhitungan.....	62
3.2.2 Pembahasan	77

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....	80
5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran.....	81
DAFTAR PUSTAKA.....	82
LAMPIRAN.....	84

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Simbol kelompok sistem USC	8
Tabel 2.2	Klasifikasi tanah berbutir halus berdasar sistem USC	10
Tabel 2.3	Jenis-jenis pondasi dan kegunaannya	14
Tabel 2.4	Kecepatan merapat kapal pada dolphin	34
Tabel 2.5	Gaya tarikan kapal	35
Tabel 3.1	Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin pada type A	40
Tabel 3.2	Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin pada type B	43
Tabel 3.3	Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin pada type C	46
Tabel 3.4	Hasil perhitungan untuk type A dengan beban karakteristik kapal 10.000 DWT	63
Tabel 3.5	Hasil perhitungan untuk type A dengan beban karakteristik kapal 15.000 DWT	63
Tabel 3.6	Hasil perhitungan untuk type A dengan beban karakteristik kapal 20.000 DWT	64
Tabel 3.7	Hasil perhitungan untuk type B dengan beban karakteristik kapal 10.000 DWT	64
Tabel 3.8	Hasil perhitungan untuk type B dengan beban karakteristik kapal 15.000 DWT	65

Tabel	3.9	Hasil perhitungan untuk type B dengan beban karakteristik kapal 20.000 DWT	65
Tabel	3.10	Hasil perhitungan untuk type C dengan beban karakteristik kapal 10.000 DWT	66
Tabel	3.11	Hasil perhitungan untuk type C dengan beban karakteristik kapal 15.000 DWT	66
Tabel	3.12	Hasil perhitungan untuk type C dengan beban karakteristik kapal 20.000 DWT	67
Tabel	3.13	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT	68
Tabel	3.14	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 15.000 DWT	68
Tabel	3.15	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 20.000 DWT	68
Tabel	3.16	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT	69
Tabel	3.17	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 15.000 DWT	69
Tabel	3.18	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 20.000 DWT	69

Tabel 3.19	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type C secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT	70
Tabel 3.20	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type C secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 15.000 DWT	70
Tabel 3.21	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type C secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 20.000 DWT	70
Tabel 3.22	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT	71
Tabel 3.23	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A dengan berat karakteristik kapal 15.000 DWT	71
Tabel 3.24	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A dengan berat karakteristik kapal 20.000 DWT	71
Tabel 3.25	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT	72
Tabel 3.26	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B dengan berat karakteristik kapal 15.000 DWT	72
Tabel 3.27	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B dengan berat karakteristik kapal 20.000 DWT	72
Tabel 3.28	Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type C dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT	73

- Tabel 3.29 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type C dengan berat 73 karakteristik kapal 15.000 DWT
- Tabel 3.30 Efisiensi satu tiang pada kelompok tuang type C dengan berat 73 karakteristik kapal 20.000 DWT

DAFTAR GAMBAR

Gambar	2.1	Diagram plastisitas	9
Gambar	2.2	Tegangan karakteristik tanah	11
Gambar	2.3	Analisis gaya pada tiang akibat beban vertikal sentris	21
Gambar	2.4	Susunan tiang asimetris	23
Gambar	2.5	Deskripsi kapasitas daya dukung satu tiang	25
Gambar	2.6	Daya dukung kelompok tiang pada tanah lempung	28
Gambar	2.7	Efisiensi tiang kelompok	30
Gambar	2.8	Dimensi poer	30
Gambar	2.9	Koefisien blok	34
Gambar	2.10	Gaya horisontal yang bekerja	36
Gambar	3.1	Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin type A	39
Gambar	3.2	Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin type B	42
Gambar	3.3	Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin type C	45
Gambar	3.4	Panjang tiang vertikal dan tiang miring kelompok tiang type A	49
Gambar	3.5	Panjang tiang vertikal kelompok tiang type A	51
Gambar	3.6	Panjang tiang vertikal dan tiang miring kelompok tiang type B	53
Gambar	3.7	Panjang tiang vertikal kelompok tiang type B	55
Gambar	3.8	Panjang tiang vertikal dan tiang miring kelompok tiang type C	58
Gambar	3.9	Panjang tiang vertikal kelompok tiang type C	60

- Gambar 3.10 Grafik hubungan kemiringan dan diameter untuk beban 74 karakteristik kapal 10.000 DWT
- Gambar 3.11 Grafik hubungan kemiringan dan diameter untuk beban 75 karakteristik kapal 15.000 DWT
- Gambar 3.12 Grafik hubungan kemiringan dan diameter untuk beban 76 karakteristik kapal 20.000 DWT

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I Koefisien kapasitas daya dukung

Lampiran II Dimensi kapal pada pelabuhan

Lampiran III Karakteristik kapal

Lampiran IV Grafik gaya defleksi fender karet silinder

DAFTAR NOTASI

A	=	Luas penampang tiang
A_w	=	Proyeksi bidang yang tertiuip angin
B	=	Lebar telapak pondasi, lebar kelompok tiang
B	=	Lebar kapal
c	=	Kohesi tanah dalam keadaan “drained”
c''	=	Kohesi tanah dalam keadaan “undrained”
C_b	=	Koefisien blok kapal
C_c	=	Koefisien bentuk dari tambatan
C_e	=	Koefisien eksentrisitas
C_m	=	Koefisien massa
C_s	=	Koefisien kekerasan
d	=	Draft kapal
D	=	Diameter tiang
E	=	Bilangan epsilon = 2,1782
E	=	Energi benturan kapal
E_f	=	Energi yang diserap sistem fender
E_g	=	Efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang
E_{gm}	=	Efisiensi satu tiang miring dalam kelompok tiang
E_{gv}	=	Efisiensi satu tiang vertikal dalam kelompok tiang
F	=	Gaya tumbukan kapal pada dolphin
g	=	Percepatan gravitasi
h	=	beban horisontal yang direduksi oleh satu tiang
k	=	Perbandingan gaya lekatan dengan kekuatan geser tanah
l	=	Lebar poer, jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal

L	=	Panjang tiang yang masuk ke dalam tanah
L_{dolphin}	=	Panjang dolphin
L_{oa}	=	Panjang kapal
L_{pp}	=	Panjang garis air
m	=	Kemiringan tiang, jumlah kolom dalam satu kelompok tiang
M	=	Momen yang dipakai
MF	=	Momen akibat gaya tumbukan kapal pada dolphin
MT	=	Momen akibat gaya tarik kapal pada bollard
M_x	=	Komponen momen pada arah sumbu-x
M_y	=	Komponen momen pada arah sumbu-y
n	=	Jumlah tiang dalam satu kelompok, jumlah baris dalam satu kelompok tiang
N_c	=	Faktor koefisien kapasitas daya dukung
o	=	Pusat berat kelompok tiang
O	=	Keliling penampang tiang
p	=	Nilai konis pada kedalaman tertentu, panjang poer
P	=	Gaya aksial pada satu tiang
q	=	Beban merata per satuan panjang
Q	=	Daya dukung ijin kelompok tiang
Q_t	=	Daya dukung kelompok tiang
Q_a	=	Besar tekanan angin
r	=	Jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air
R_w	=	Besar gaya angin yang mengenai badan kapal
s	=	Jarak antar tiang
SF	=	“Safety Factor” (angka keamanan)
t	=	Tebal poer
T	=	Gaya tarikan kapal pada bollard

v	=	Kecepatan angin
V	=	Beban vertikal yang bekerja pada kelompok tiang
V	=	Kecepatan merapat kapal
W	=	Berat kapal
W_p	=	Beban vertikal sentris yang bekerja pada tiang yang merupakan resultante beban poer, setengah dari gaya tarikan kapal dan berat pondasi
x_i	=	Koordinat tiang ke i dari titik berat kelompok tiang
x_c	=	Koordinat titik berat kelompok tiang
y	=	Panjang kelompok tiang
y_o	=	Absis tiang ke i dari titik berat kelompok tiang
y_c	=	Absis titik berat kelompok tiang
τ	=	Tegangan geser tanah
σ	=	Tegangan normal yang bekerja
ϕ (derajat)	=	Sudut geser tanah
θ	=	$\text{arc tan } D/s$
γ_{beton}	=	Berat volume beton

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai realisasi pembangunan jangka panjang tahap kedua, sekalipun titik berat pembangunan diletakkan pada sektor industri agraris. Pemerintah tetap memberikan perhatian kepada pengembangan prasarana fisik baik itu gedung bertingkat, jembatan maupun perumahan.

Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul, atau bendungan atau kadang-kadang sebagai sumber penyebab gaya luar suatu bangunan, seperti tembok atau dinding penahan tanah. Jadi tanah itu selalu berperan dalam setiap pekerjaan teknik sipil.

Mengingat hampir semua bangunan itu dibangun di atas atau di bawah permukaan tanah, maka harus dibuatkan pondasi yang dapat memikul beban bangunan tersebut. Dalam pemilihan jenis maupun bentuk pondasi harus dipertimbangkan :

- a. keadaan tanah di bawah pondasi,
- b. batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (superstruktur),
- c. batasan-batasan dari sekelilingnya,
- d. waktu dan biaya pekerjaan.

Pemakaian tiang pancang digunakan pada bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (“bearing capacity”) yang cukup untuk memikul berat bangunan, atau apabila tanah keras yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam.

Gaya-gaya yang diterima oleh tiang pancang adalah gaya horisontal dan vertikal. Gaya vertikal yang diterima pondasi adalah beban dari bangunan di atasnya sedangkan beban horisontal berasal dari beban horisontal tetap dan beban horisontal sementara. Beban horisontal tetap dapat berasal dari bangunan atau tekanan tanah aktif, sedangkan beban horisontal sementara berasal dari beban angin, tumbukan kapal dan beban gempa.

Perencanaan pondasi dalam yang cocok dan efektif sangat dibutuhkan. Karena apabila digunakan pondasi yang terlalu dangkal, maka akan terjadi kegagalan pondasi yang akan mengakibatkan kegagalan total. Dan apabila digunakan pondasi yang terlalu dalam maka dari segi ekonomis hal ini terlalu boros. Untuk itu diperlukan perencanaan pondasi yang cocok dan efektif agar kegagalan daya dukung (“bearing failure”) dan penurunan yang berlebihan (“excessive settlement”) dapat dihindari dari bangunan tersebut.

Apabila pondasi tidak mampu menahan gaya-gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbunya (lateral), maka tidaklah ekonomis menggunakan tiang vertikal. Untuk itu perlu digunakan tiang-tiang miring, dengan kemiringan yang optimum, dan

pemilihan formasi letak dengan tiang pancang yang dimiringkan pada pondasi tiang pancang kelompok.

Permasalahan sampai saat ini perbandingan antara penggunaan tiang pancang miring dan vertikal pada tanah kohesif, formasi dan kemiringan pondasi tiang pancang kelompok belum pernah dibahas dalam teori-teori yang ada ataupun melalui penelitian. Sehingga topik ini dipilih untuk dibahas dalam Tugas Akhir ini.

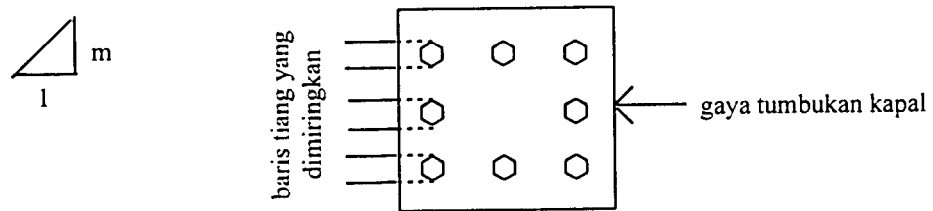
1.2 Tujuan

Tujuan dari studi literatur ini adalah untuk membandingkan antara tiang pancang vertikal dengan tiang pancang miring pada konstruksi dolphin yang menahan beban lateral berupa beban karakteristik kapal yang sama untuk mencari kemiringan dan formasi yang optimal.

1.3 Batasan Masalah dan Istilah

Sebagai batasan ruang lingkup dalam menganalisa dalam tugas akhir ini adalah :

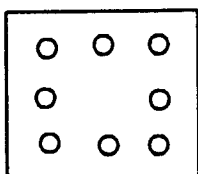
- a. Pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang kelompok pra cetak ("pre cast") "bearing pile" dengan mutu beton K_{350} berbentuk lingkaran atau bulat dan mutu baja tulangan U32.
- b. Perhitungan pondasi tiang pancang beton didasarkan pada metode statis.
- c. Tiang yang dianalisa adalah tiang vertikal dan tiang miring dengan kemiringan (m:1): 2:1; 3:1; 4:1; 5:1, 6:1, dan baris tiang yang dimiringkan adalah baris tiang yang letaknya berseberangan dengan tumbukan kapal



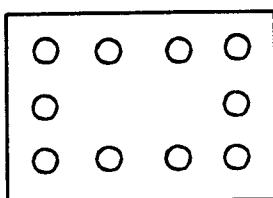
- d. Perhitungan pondasi sebagai konstruksi penahan kapal pada dermaga dengan beban horisontal yang diterima adalah beban akibat tarikan kapal, beban akibat angin, dan beban akibat tumbukan kapal.
- e. Anggapan tanah adalah tanah kohesif murni dengan $\phi = 0^\circ$, $c = 5 \text{ t/m}^2$, 10 t/m^2 , 15 t/m^2 dan pada perhitungan tanah dalam kondisi "consolidated" sehingga nilai kohesi yang dipakai adalah $c' = 2/3 \cdot c$
- f. Type kapal untuk setiap susunan tiang adalah : 10.000 DWT, 15.000 DWT, 20.000 DWT.
- g. Faktor keamanan ("safety factor") untuk tanah lempung 5 - 10, dan pada perhitungan diambil 7.

Formasi letak dengan tiang pancang yang dimiringkan pada pondasi tiang pancang kelompok yang akan dianalisa pada Tugas Akhir ini adalah seperti terlihat pada halaman 5 berikut :

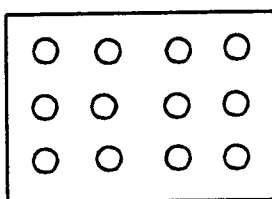
8 tiang



10 tiang



12 tiang



BAB II

TINJAUAN TEORI

2.1 Klasifikasi Tanah

Tanah adalah suatu agregat butir-butir mineral dengan bagian-bagian organik atau tidak yang dapat dipisahkan dengan cara mekanis biasa, misalnya dengan diaduk di dalam air (Subarkah, Ir., 1986).

Tanah mempunyai peranan yang penting pada suatu pekerjaan konstruksi terutama sebagai pondasi pendukung bangunan, untuk itu perlu diketahui sifat-sifat dan lapisan-lapisan tanah dalam suatu konstruksi. Penyelidikan kondisi lapisan tanah setempat merupakan prasyarat bagi perancangan elemen bangunan bawah (“substructure”), selain itu informasi yang memadai diperlukan untuk pengkajian kemungkinan (“feasibility”) dan ekonomi dari proyek yang diusulkan (Bowles, J. E., 1991).

Suatu deposit tanah harus diidentifikasi apakah berbutir kasar, halus atau campuran dan perlu diketahui teksturnya (pasir, lanau dan lempung) serta kandungan kerikil atau bebatuan lainnya. Selanjutnya dapat diteliti dan ditentukan sifat-sifat indeks dan parameter-parameter yang diperlukan untuk suatu konstruksi.

Berbagai macam metode digunakan untuk melakukan penyelidikan tanah, metode yang paling tepat adalah pemboran lubang (“boring”) ke dalam tanah untuk mengumpulkan contoh bahan pada pengujian visual maupun pengujian laboratorium.

Untuk memperoleh hasil klasifikasi yang obyektif, biasanya tanah secara sepintas dibagi dalam tanah yang berbutir kasar dan tanah berbutir halus diadakan berdasarkan percobaan konsistensi (Suyono S, Nakazawa Kazuto, 1980).

Dari beberapa sistem klasifikasi yang ada, terdapat dua sistem klasifikasi, yaitu sistem AASHTO dan sistem USC yang didasarkan pada tekstur dan plastisitas tanah. Kedua sistem tersebut membagi tanah dalam dua kategori pokok yaitu berbutir kasar dan berbutir halus (Braja M. Das, 1991).

2.1.1 Sistem klasifikasi tanah unified (“Unified Soil Classification / USC”).

Berdasarkan sistem USC tanah dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu, berbutir kasar (“coarse grained”), berbutir halus (“fine grained”) dan tanah organik. Suatu tanah dianggap sebagai tanah berbutir halus apabila lebih dari 50% lolos ayakan No. 200. Untuk memisahkan antara kerikil dan pasir digunakan ayakan No. 4. Suatu tanah dikatakan berbutir kasar bila kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Sistem ini yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik pondasi seperti bendungan, bangunan gedung dan konstruksi yang hampir sama.

2.1.2 American Association of State Highway and Transportation (AASHTO)

Menurut sistem AASHTO, suatu tanah dianggap sebagai tanah berbutir halus apabila lebih dari 35% lolos ayakan No. 200. Untuk memisahkan antara kerikil dan pasir digunakan ayakan No. 10. Dipakai oleh beberapa Departemen Transportasi dari negara bagian di Amerika untuk spesifikasi pekerjaan tanah pada lintasan transportasi.

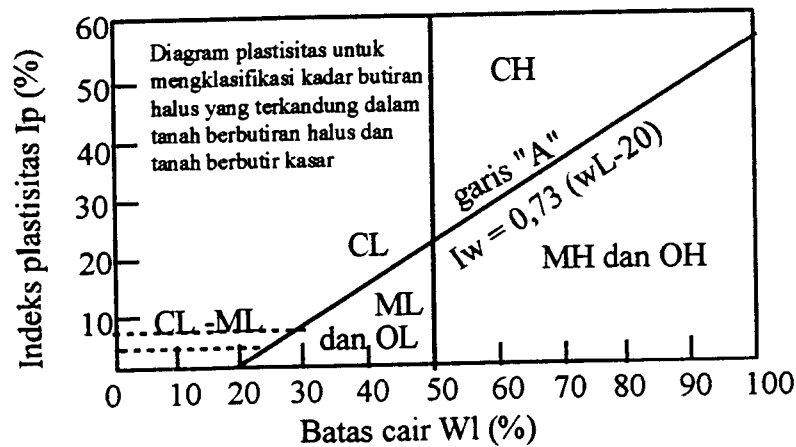
Sistem klasifikasi tanah disini menggunakan percobaan batas cair dan plastis, serta analisis ukuran butiran, dimaksudkan untuk menentukan dan mengidentifikasi tanah di lokasi pekerjaan secara sistematis dengan pemakaian konstruksi bawah. Dari kedua sistem klasifikasi USC dan AASHTO di atas, sistem klasifikasi USC cenderung dipakai karena berkaitan dengan perencanaan pondasi.

Sistem klasifikasi USC mendefinisikan tanah sebagai berbutir halus apabila lebih dari 50% dapat melalui saringan No 200 (0,074 mm), selanjutnya tanah berbutir halus dibagi menjadi tiga kelompok : lanau (M), Lempung (C), dan organik (O). Kelompok-kelompok tanah utama pada pada sistem ini disajikan dalam tabel 2.1. Seperti yang diperlihatkan dalam tabel di bawah ini tanah ditentukan lewat simbol kelompok terdiri dari sebuah prefiks dan sufiks. Prefiks menunjukkan jenis tanah utama dan sufiks menunjukkan subdivisi di dalam kelompok tanah.

Tabel 2.1 "Simbol kelompok sistem USC" (Bowles, J. E., 1986).

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi Baik	W
		Gradasi Buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M	wL < 50%	L
Lempung	C		
Organis	O	wL > 50%	H
Gambut	PT		

Perbedaan antara lempung organik C dan lanau an organik M dan tanah organik O dibuat berdasarkan grafik plastisitas yang dimodifikasi yang bisa dilihat pada grafik 2.1 halaman 9 berikut :



Gambar 2.1 Diagram plastisitas (Suyono S, Ir, 1984)

Tanah CH dan CL disajikan oleh titik-titik di atas garis A, sedangkan tanah-tanah OH, OL, dan MH berkaitan dengan posisi di bawahnya. Tanah ML, kecuali untuk sebagian kecil pasir halus lempungan juga dinyatakan oleh titik-titik dibawah garis A. Tanah organik O dibedakan dari tanah organik M dan C oleh karakteristik warna yang lebih gelap dan bau akibat kegiatan perombakan oleh mikrobia. Di lapangan tanah berbutir halus dapat dibedakan oleh kekuatan kering, reaksi terhadap uji guncangan atau kekerasannya disekitar batas plastis. Karakteristik-karakteristik yang berkaitan dengan hal di atas ditunjukkan dalam tabel 2.2 pada halaman 10 berikut. Simbol jenis tanah batas dinyatakan dengan simbol ganda, seperti CL- ML.

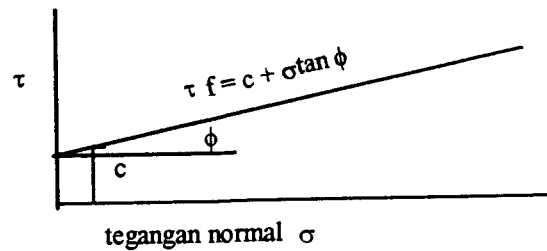
Tabel 2.2 Klasifikasi tanah berbutir halus berdasar sistem USC (Terzaghi, Ralph B. Peck, 1987).

Keterangan	Kekuatan Kering	Reaksi terhadap uji goncangan	Kekerasan pada batas cair
ML	Tidak ada sampai sangat rendah	Cepat sampai lambat	Tidak ada
CL	Sedang sampai tinggi	Tidak ada sampai sangat lambat	Sedang
OL	Sangat rendah sampai sedang	Lambat	Sedikit
MH	Sangat rendah sampai sedang	Lambat sampai tidak ada	Sedikit sampai sedang
CH	Tinggi sampai Sangat tinggi	Tidak ada	Tidak
OH	Sedang sampai tinggi	Tidak ada sampai rendah	Sedikit sampai sedang

2.2 Daya Dukung Tanah

Daya dukung batas (“ultimate”) suatu tanah di bawah beban pondasi terutama tergantung pada kuat geser tanah. Nilai kerja atau nilai yang diijinkan untuk perencanaan akan ikut mempertimbangkan karakteristik kekuatan dan deformasi (Bowles, J. E., 1986).

Tanah mempunyai sifat untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan gesernya apabila mendapat tekanan. Apabila beban yang bekerja pada tanah pondasi telah melampaui daya dukung batasnya, tegangan geser yang ditimbulkan di dalam tanah pondasi melampaui ketahanan geser tanah pondasi maka akan berakibat keruntuhan geser dari tanah pondasi, yang bisa dilihat dalam gambar grafik 2.2 pada halaman 11 berikut :



Gambar 2.2 Tegangan Karakteristik Tanah

Dalam keadaan batas dimana keruntuhan geser akan terjadi, maka akan terbentuk daerah keseimbangan plastis di sekitar tanah pondasi yang bersentuhan dengan pondasi. Suatu daerah keseimbangan plastis tertentu diperkirakan terbentuk dengan pola yang sama, tidak hanya bila pondasi ditempatkan pada permukaan tetapi juga pada pondasi yang dibuat pada galian dalam atau pada bagian ujung tiang-tiang pancang yang dipancang ke dalam tanah (Suyono S., Nakazawa Kazuto, 1984).

Tetapi kelakuan pondasi pada tiang pancang berbeda dengan kelakuan pondasi yang dibangun di sekitar permukaan tanah. Pada daerah plastis di atas bagian bawah pondasi berubah akibat penetrasi. Untuk tiang pancang gesekan sekeliling permukaan tiang pancang mengambil bagian dalam menahan beban yang bekerja pada puncak tiang pancang (Bowles, J. E, 1986).

Kuat geser tanah kohesif tergantung kepada jenis dan keadaan tanah, dan prosedur percobaan yang dilakukan. Jenis dan keadaan tergantung kepada apakah contoh tidak terganggu, atau dibentuk kembali ("remolded"), seperti pada tanah-tanah timbunan. Apabila tanah tidak terganggu maka akan tergantung kepada apakah

berkonsolidasi normal atau overkonsolidasi, yaitu tergantung kepada sejarah tegangannya. Keadaan juga menyangkut derajat kejenuhan.

2.3 Sistem Pondasi Suatu Konstruksi

Semua konstruksi yang direkayasa untuk bertumpu pada tanah harus didukung oleh suatu struktur bawah atau pondasi. Pondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban bangunan ke dalam tanah dan batuan yang terletak di bawahnya.

Didasarkan atas beban yang ditopang oleh tanah, pondasi dibagi menjadi dua :
(Bowles, J. E., 1991)

1. Pondasi dangkal

Suatu pondasi dikatakan sebagai pondasi dangkal apabila rasio kedalaman (D) dengan lebar alas (B) adalah $D/B \leq 1$. Pondasi dangkal digunakan sebagai alas, telapak, telapak tersebar atau pondasi rakit.

2. Pondasi dalam

Pondasi dalam mempunyai rasio kedalaman (D) dengan lebar alas pondasi (B) adalah $D/B \geq 4$. Digunakan sebagai tiang pancang, tembok atau tiang bor yang dibor atau kaisan yang dibor.

Perbedaan yang utama diantara kedua jenis pondasi tersebut adalah: pondasi dangkal lebih banyak menyebarkan beban secara horisontal, sedangkan pondasi dalam lebih banyak menyebarkan bebannya secara vertikal.

Kondisi tanah setempat sangat menentukan dalam pemilihan jenis pondasi pada suatu struktur. Bila daya dukung tanah yang ada tidak dapat mendukung beban daripada pondasi tersebut, maka besar kemungkinan akan terjadi penurunan (“settlement”) sehingga akan mengakibatkan kerusakan pada pondasi (pecah).

Untuk menentukan jenis pondasi yang sesuai perlu dilihat persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi, antara lain : (Bowles, J. E., 1987)

1. Kedalaman harus memadai untuk menghindarkan pergerakan tanah lateral dari bawah pondasi, khususnya untuk pondasi telapak dan pondasi rakit.
2. Kedalaman harus berada di bawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan dan pertumbuhan tanaman.
3. Sistem harus aman dari penggulingan, rotasi, penggelinciran atau pergeseran tanah (kegagalan kekuatan geser).
4. Sistem harus aman terhadap korosi atau kerusakan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat dalam tanah.
5. Metode pemasangan pondasi harus seekonomis mungkin.
6. Pergerakan tanah keseluruhan (umumnya penurunan) dan pergerakan diferensial harus dapat ditolerir oleh pondasi dan elemen bangunan atas.
7. Pondasi dan konstruksinya harus memenuhi syarat standar untuk perlindungan lingkungan. Pertimbangan-pertimbangan lain untuk menentukan pondasi mana yang sesuai dengan persyaratan-persyaratan yang ada dan kondisi tanah sekitar, dapat dilihat pada tabel 2.3 halaman 14.

Tabel 2.3 Jenis-jenis pondasi dan kegunaannya (Bowles, J. E., 1986)

Jenis Pondasi	Kegunaan	Kondisi Tanah Yang Sesuai
Pondasi telapak lebar dan dinding	Kolom individu, dinding pilar jembatan	Sembarang kondisi asalkan daya dukung mampu memikul beban yang bekerja. Dapat diletakkan pada stratum tunggal; lapisan keras di atas lapisan lunak, atau lapisan lunak di atas lapisan keras. Periksa penurunan segera, diferensial dan konsolidasi.
Pondasi rakit	Sama dengan pondasi telapak lebar dan dinding. Beban kolom yang berat. Biasanya memperkecil penurunan diferensial dan keseluruhan	Umumnya daya dukung tanah lebih kecil daripada untuk pondasi telapak; lebih setengah luas gedung tertutup oleh pondasi telapak yang individu. Periksa penurunan.
Pondasi tiang pancang terapan ("floating")	Dibuat dalam kelompok (paling sedikit 2) untuk memikul beban kolom yang berat, beban dinding memerlukan kepala tiang atau poer ("pile cap")	Tanah permukaan dan tanah dekat permukaan jelek. Tanah dengan daya dukung yang tinggi berada 20-50 m di bawah ruang bawah tanah atau permukaan tanah, tetapi dengan menyebarkan beban sepanjang keliling tiang maka kekuatan tanah memadai. Tanah korosif mungkin memerlukan tiang pancang beton atau kayu.
Tahanan Ujung (bearing)	Dibuat dalam kelompok (paling sedikit 2) untuk memikul beban kolom yang berat, beban dinding memerlukan kepala tiang.	Tanah permukaan dan tanah dekat permukaan tanah jelek, tanah dengan daya dukung yang tinggi (tahanan ujung) berada pada 8-50 m di bawah permukaan tanah.
Kaisan (lubang berdiameter 75 cm atau lebih) umumnya tahanan ujung atau kombinasi tahanan ujung dan gesekan keli-ling	Beban kolom yang lebih besar daripada untuk tiang pancang, menghilangkan keperluan kepala tiang dengan menggunakan kaisan sebagai perluasan kolom	Tanah permukaan dan tanah dekat permukaan tanah jelek, tanah dengan daya dukung yang tinggi (tahanan ujung) berada pada 8-50 m di bawah permukaan tanah.
Dinding penahan, kepala jembatan	Konstruksi penahan permanen	Setiap jenis tanah tetapi daerah tertentu, dibelakang dinding biasanya memerlukan bahan urugan yang khusus
Konstruksi dinding papan turap	Konstruksi penahan sementara seperti galian, konstruksi yang dekat air, bendungan elak	Setiap tanah, konstruksi dekat air mungkin memerlukan campuran logam khusus atau perlindungan terhadap korosi. Bendungan elak memerlukan bahan urugan yang khusus.

Menurut Dr. Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa (1990) :

- a. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman tanah atau 2-3 meter di bawah permukaan tanah, pondasinya adalah pondasi telapak (“spread foundation”).
- b. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 10 meter di bawah permukaan tanah, dipakai pondasi tiang atau pondasi tiang apung (“floating pile foundation”).
- c. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 20 meter di bawah permukaan tanah, akan ditentukan oleh penurunan (“settlement”) yang diijinkan. Bila tidak boleh terjadi penurunan, biasanya digunakan pondasi tiang pancang (“pile driven foundation”), tetapi bila terdapat batu besar (“cobble stones”) pada lapisan antara, maka pemakaian kaison lebih menguntungkan.
- d. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 30 meter di bawah permukaan tanah, biasanya digunakan kaison terbuka, tiang baja atau tiang yang dicor ditempat.
- e. Bila tanah pendukung pondasi terletak 40 meter di bawah permukaan tanah, yang paling baik adalah tiang baja dan tiang beton yang dicor ditempat.

Menurut L.D. Wesley, keadaan tanah dimana lapisan keras sangat dalam sehingga pembuatan dan perencanaan tiang sampai ke lapisan tersebut sukar dilaksanakan, dalam hal ini dapat digunakan “adhesive pile”, yaitu tiang yang tertahan

oleh pelekatan antara tiang dengan tanah, yang disebut juga tiang terapung (“floating pile”). Dalam hal ini yang disebut perlawanan ujung akan jauh lebih kecil daripada perlawanan akibat pelekatan antara tiang dengan tanah, karena itu dalam menghitung daya dukung tiang ini harus dapat menentukan besarnya gaya pelekatan antara tiang dengan tanah.

Untuk lapisan lempung, pembuatan bangunan di atasnya akan selalu menimbulkan tegangan pori, yang tidak akan segera menyusut. Biasanya waktu yang diperlukan untuk penyusutan tegangan air pori jauh lebih lama daripada waktu yang diperlukan untuk mendirikan bangunan di atasnya. Hal ini berarti bahwa kekuatan geser lempung tidak akan banyak mengalami perubahan selama masa pembangunan, karena itu daya dukung lempung biasanya dihitung dengan memakai nilai kekuatan geser sebelum bangunan didirikan, yaitu kekuatan geser “undrained”. Dengan cara ini ϕ dianggap nol dan kekuatan geser (s) sama dengan kohesi (c) (L. D. Wesley, 1970).

2.4 Metode Statis

Perhitungan dengan metode statis ini adalah perhitungan dengan menggunakan “Bearing Capacity Formula” dengan parameter kekuatan yang diperoleh dari hasil uji lapangan maupun uji laboratorium atau dengan menggunakan rumus-rumus empiris langsung berdasarkan hasil uji lapangan (CPT, SPT) atau data hasil uji laboratorium. Parameter tanah yang diperlukan untuk analisa kapasitas tiang pancang statik terdiri dari sudut dalam ϕ , dan kohesi c . Parameter yang ditentukan dari percobaan Triaksial di laboratorium pada contoh tanah yang “tak terganggu” (Bowles, J. E.).

Adapun menurut Terzaghi hasil-hasil CPT dan SPT pada pondasi dalam memberikan gambaran yang lebih baik tentang perilaku bangunan daripada gambaran yang dapat diberikan oleh hasil-hasil laboratorium atas contoh tanah tak terganggu (“Undisturbed Soil”).

Pemilihan penggunaan harga tekanan konus dari Cone Penetration Test (CPT) dan harga N dari Standard Penetration Test (SPT) dalam perhitungan daya dukung tanah dan perkiraan terjadinya penurunan (“settlement”) tiang, karena kedua harga tersebut memberikan gambaran secara langsung mengenai sifat-sifat tanah pendukung secara “in-situ” dari setiap lapisan tanah. Hasil uji CPT dan SPT memberikan data secara langsung dan tepat mengenai :

1. kekuatan geser (“strength parameter”)
2. jenis tanah (lanau, lempung, pasir, dan lain-lain)
3. kekuatan daya dukung ultimit masing-masing lapisan
4. kedalaman dan tebal masing-masing lapisan tanah
5. sifat “compressibility” dan “deformation properties”

2.5 Cara Studi

Analisa terhadap beban lateral dilakukan pada pondasi yang digunakan sebagai dolphin. Dolphin adalah konstruksi yang digunakan untuk menambat kapal tanker berukuran besar yang biasanya digunakan bersama-sama dengan “pier” dan “wharf” untuk memperpendek panjang bangunan tersebut. Dolphin ini banyak digunakan pada pelayanan bongkar muat barang curah. Alat penambat ini direncanakan untuk bisa

menahan gaya horisontal yang ditimbulkan oleh benturan kapal, tiupan angin dan dorongan arus yang mengenai badan kapal pada waktu ditambatkan.

Dolphin dapat dibedakan menjadi dua yaitu dolphin penahan (“breasting dolphin”) dan dolphin penambat (“mooring dolphin”). Dolphin penahan mempunyai ukuran lebih besar, karena direncanakan untuk menahan benturan kapal ketika berlabuh dan menahan tarikan kapal karena pengaruh tiupan angin, arus dan gelombang. Alat penambat ini dilengkapi dengan fender untuk menahan benturan kapal, dan bolder untuk menempatkan tali kapal, guna menggerakkan kapal disepanjang dermaga dan menahan tarikan kapal. Sedangkan dolphin penambat tidak digunakan untuk menahan benturan, tetapi hanya sebagai penambat (Bambang Triatmodjo, 1996).

2.6 Pemilihan Pondasi

Dalam menentukan jenis dan type pondasi sebagai struktur bawah (“sub structure”) suatu bangunan, harus dipenuhi kriteria tentang keadaan lapisan tanah yang menopang pondasi tersebut, diantaranya jenis tanah dan parameternya, besar daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras, dan sifat mudah dikerjakan dari pekerjaan.

Adapun macam/jenis pondasi dalam (tiang pancang) adalah sebagai berikut :

2.6.1 Pondasi tiang berdasarkan jenis material/bahannya.

1. Pondasi tiang kayu

Tiang kayu akan tahan lama dan tidak mudah busuk apabila tiang kayu tersebut selalu terendam penuh di bawah muka air tanah. Tiang pancang kayu akan cepat rusak apabila dalam keadaan kering dan basah yang selalu berganti-ganti. Pengawetan kayu dengan obat-obatan tertentu hanya akan menunda kerusakan kayu, akan tetapi tidak akan mampu melindungi untuk selamanya.

2. Pondasi tiang baja

Kebanyakan tiang pancang baja berpenampang H. Karena terbuat dari baja maka kekuatan tarik tiang itu sendiri sangat besar sehingga dalam transport dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah. Pemakaian tiang pancang baja sangat berfaedah apabila diperlukan tiang yang panjang dengan tahanan ujung yang besar. Kelemahan penggunaan tiang baja adalah tidak tahan terhadap korosi.

3. Pondasi tiang beton

Berdasarkan cara pemancangannya pondasi tiang beton dibagi menjadi dua yaitu pondasi tiang pracetak ("precast") dan pondasi tiang cetak ditempat ("cast in place"). Secara umum penggunaan tiang pancang beton mempunyai keunggulan tahan lama, tahan terhadap korosi, dan mempunyai kuat tekan yang besar. Namun kerugiannya, konstruksinya berat sehingga apabila dipakai tiang pracetak akan sulit dalam transportasi.

4. Pondasi tiang komposit

Yang dimaksud dengan tiang komposit adalah tiang pancang yang terdiri dari dua bahan yang berbeda yang bekerja bersama-sama sehingga merupakan satu tiang. Tiang komposit bisa terdiri dari beton dan kayu atau beton dan baja.

2.6.2 Pondasi tiang berdasarkan cara pemindahan beban

1. Tiang pancang mengambang (“floating pile”)

Tiang pancang mengambang ada dua yaitu “adhesive pile” dan “friction pile”. “Adhesive pile” kuat dukung didasarkan pada kelekatan antara tiang dengan tanah sekelilingnya, sedang “friction pile” berdasar gesekan tanah dan pondasi.

2. Tiang pancang dukung ujung (“end bearing pile”)

Tanah permukaan atau dekat dengan permukaan tidak dapat diandalkan untuk tahanan kulit, kemampuan tiang menahan beban didasarkan pada ujung tiang di lapisan tanah keras yang memenuhi syarat teknis.

2.6.3 Pondasi tiang berdasarkan cara pemancangan

1. Tiang pancang beton pracetak (“precast”)

Tiang pancang beton pracetak dibagi menjadi dua yaitu tiang beton bertulang pracetak dan tiang beton prategang pracetak.

2. Tiang yang dicor ditempat (“cast in place”)

Type ini dicor di tempat dengan jalan dibuatkan lubang terlebih dahulu dalam tanah dengan cara mengebor tanah seperti pada pengeboran tanah pada waktu penyelidikan tanah. Salah satu contoh tiang pancang yang dicor ditempat adalah tiang Franki.

2.7 Analisa Pondasi Dalam “Adhesive Pile” Dengan Metode Statis

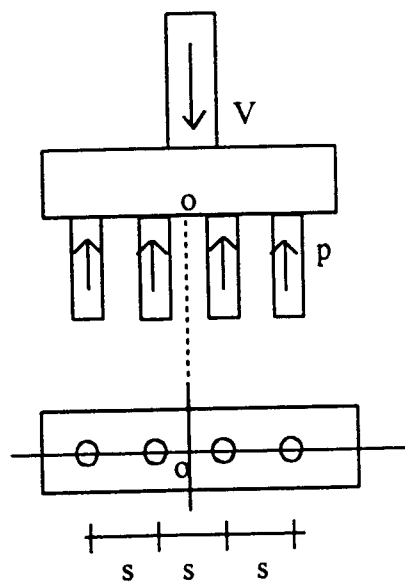
Analisis konstruksi pondasi “adhesive pile” perlu diperhatikan hal-hal berikut ini.

2.7.1 Penerusan beban ke tiang vertikal

1. Beban terbagi rata vertikal sentris

Beban ini merupakan beban (q) per satuan panjang yang bekerja melalui pusat berat kelompok tiang (o), beban diteruskan ke tanah dasar pondasi melalui tiang-tiang secara terbagi rata. Bila jumlah pendukung pondasi tersebut (n), maka setiap tiang akan menerima beban sebesar (K. Basah Suryolelono, 1994) :

$$p = \frac{q}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$



- o = pusat berat kelompok tiang
- s = jarak antar tiang
- V = beban vertikal
- p = beban yang diterima oleh tiang

Gambar 2.3 Analisis gaya pada tiang akibat beban vertikal sentris

2. Beban terpusat vertikal sentris terhadap titik pusat berat kelompok tiang

Beban ini merupakan analog dari persamaan 2.1, beban terpusat vertikal (W_p) merupakan resultante beban poer, setengah dari gaya tarikan kapal dan berat pondasi. Bila jumlah tiang n , maka :

$$p = \frac{W_p}{n} \dots\dots\dots (2.2)$$

3. Beban terpusat vertikal eksentris terhadap titik berat kelompok tiang

Beban terpusat vertikal eksentris terhadap pusat berat kelompok tiang sama dengan kombinasi beban terpusat vertikal sentris terhadap pusat kelompok tiang ditambah adanya momen, keadaan ini dijumpai pada kelompok tiang dengan jarak tiang asimetris.

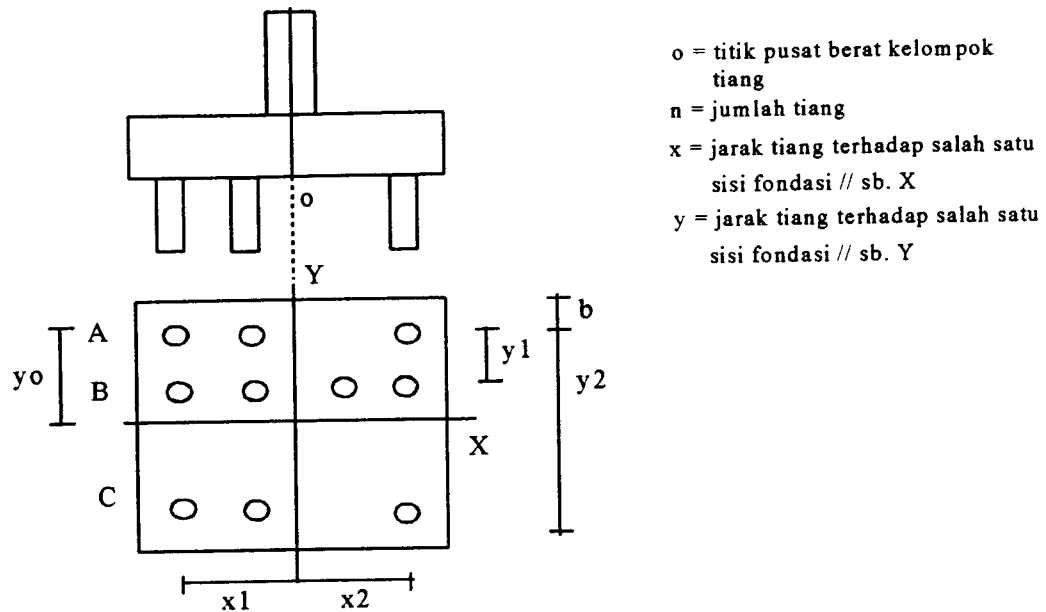
Letak titik berat kelompok tiang :

$$nx_o = n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 + \dots + n_n \cdot x_n$$

$$ny_o = n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2 + \dots + n_n \cdot y_n$$

$$x_c = \frac{n_1 \cdot x_1 + n_2 \cdot x_2 + \dots + n_n \cdot x_n}{n} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$y_c = \frac{n_1 \cdot y_1 + n_2 \cdot y_2 + \dots + n_n \cdot y_n}{n} \dots\dots\dots (2.4)$$



Gambar 2.4 Susunan tiang asimetris

Dengan (x_c, y_c) pada titik berat kelompok tiang, maka koordinat tiap tiang dapat diketahui. Beban pada tiang ke-1 dengan koordinat pusat tiang (x_i, y_i) diperoleh (K. Basah Suryolelono, 1994) :

$$p_i = \frac{W_p}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{n y \cdot \sum x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{n x \cdot \sum y^2} \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana :

p_i = beban pada tiang ke-I

W_p = resultante beban vertikal

n = jumlah tiang

M_x = komponen momen pada arah sumbu-x

M_y = komponen momen pada arah sumbu-y

x_i = absis pusat tiang ke-I

y_i = ordinat pusat tiang ke-I

n_y = jumlah tiang dalam satu baris arah sumbu-y

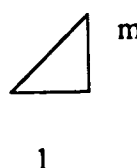
n_x = jumlah tiang dalam satu baris arah sumbu-x

$$\sum x^2 = n_x \cdot x_1^2 + n_x \cdot x_2^2 + \dots + n_x \cdot x_n^2$$

$$\sum y^2 = n_y \cdot y_1^2 + n_y \cdot y_2^2 + \dots + n_y \cdot y_n^2$$

2.7.2 Beban terpusat vertikal sentris terhadap tiang miring

Beban terpusat vertikal sentris terhadap titik berat kelompok tiang analog dari persamaan 2.1. Gaya vertikal yang bekerja pada tiang miring akan menjadi gaya aksial. Apabila kemiringan tiang pancang m , memikul gaya aksial p , maka gaya vertikal dan horisontal yang dipikul oleh satu tiang (Sardjono, HS, Ir., 1991) :



$$V = \frac{m}{\sqrt{m^2 + 1}} P \text{ (ton)} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$h = \frac{1}{\sqrt{m^2 + 1}} P \text{ (ton)} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

h = beban horisontal yang direduksi oleh satu tiang

P = gaya aksial pada satu tiang

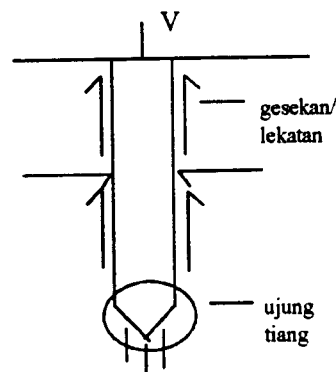
Apabial momen yang terjadi akibat benturan kapal pada badan poer yang diserap fender, beban angin pada badan kapal dan gaya tarikan kapal pada badan bollard yang diperhitungkan pada ujung tiang.

$$P_i = \frac{Wp}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{n_y \cdot \Sigma x^2} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{n_x \cdot \Sigma y^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

2.7.3 Kapasitas daya dukung tiang “adhesive pile”

1. Kapasitas daya dukung keseimbangan satu “adhesive pile”.

Kapasitas daya dukung kesetimbangan satu tiang didasarkan pada besarnya nilai perlawanan ujung (q_c) dan jumlah hambatan lekat ($L \cdot c$) dari permukaan tanah sampai kedalaman yang direncanakan. Besarnya parameter ini ditunjukkan dari hasil tes sondir di lapangan pada titik yang telah ditentukan.



Gambar 2.5 Deskripsi kapasitas daya dukung satu tiang

Daya dukung keseimbangan (P) diperoleh dengan persamaan (L. D. Wesley) :

$$P = \frac{p \cdot A}{SF_1} + \frac{O \cdot L \cdot c}{SF_2} \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana:

p = nilai konis pada kedalaman rencana

A = luas tiang

O = keliling tiang

$L.c$ = jumlah hambatan lekat sampai kedalaman rencana

SF = safety factor (angka keamanan), untuk daerah lempung SF antara 5 sampai 10

Untuk lapisan tanah lempung lunak, lekatan antara tanah dengan tiang pondasi akan lebih dominan bekerja dibanding perlawanan ujung tiang pondasi, karena q_c yang dihasilkan kecil sekali. Dengan keadaan ini, persamaan (2.9) dapat mengabaikan perlawanan ujung (nilai konis, p), sehingga persamaan menjadi (L.D. Wesley) :

$$P = \frac{O.L.c}{SF} \dots\dots\dots(2.10)$$

2. Kapasitas dukung tiang kelompok

a. Pertimbangan tiang pancang kelompok “adhesive pile”

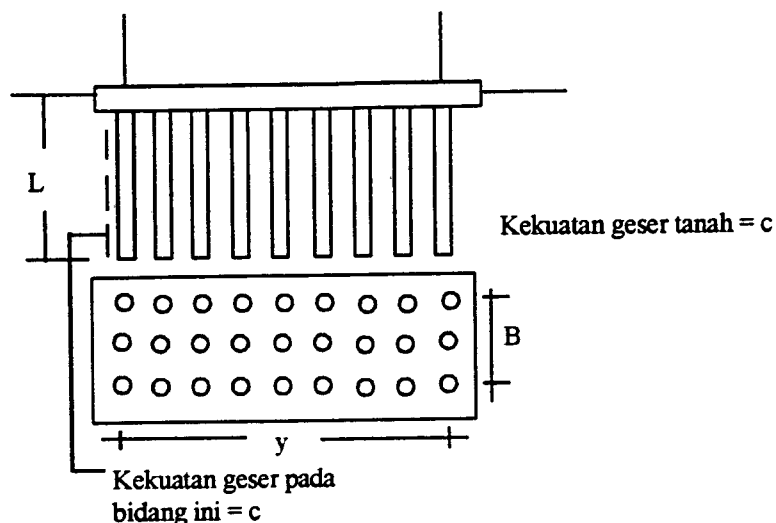
Tiang pancang kelompok dipakai bila beban yang diterima pondasi terlalu besar dan tidak mampu digunakan satu tiang, didalam konstruksi tiang pancang jarang digunakan tiang tunggal. Permasalahan terpenting dalam tiang pancang kelompok adalah jarak antara tiang, karena diperkirakan adanya tekanan-tekanan tanah (baik gesekan samping maupun dukungan titik) yang dikembangkan dalam tanah sebagai hambatan akan saling tumpang tindih (“overlap”), serta ketergantungan intensitas tekanan pada jarak dan beban.

Bila beban terlalu besar akan mengakibatkan runtuh karena gesekan atau terjadi penurunan yang berlebihan. Intensitas tegangan dari daerah yang mengalami tegangan tumpang tindih tampak jelas menurun dengan meningkatnya jarak antar tiang pancang (s). (Bowles, J. E., 1991). Jarak tiang (s) yang makin rapat berdampak pada ukuran ρ makin kecil, tetapi bila pondasi memikul beban momen, jarak tiang perlu diperbesar, untuk memperbesar atau menambah tahanan momen. Jarak yang optimal antar tiang berkisar antara $2,5 D \leq s \leq 3,5 D$, dengan $D =$ diameter tiang. Untuk kelompok tiang pancang yang memikul beban-beban lateral dan atau beban dinamis, jarak antara tiang pancang yang lebih besar biasanya lebih efisien. (Bowles, J. E., 1991)

b. Kapasitas daya dukung tiang kelompok.

Perhitungan daya dukung kelompok tiang untuk “adhesive pile” tidak sama dengan “point bearing pile”. Pada “point bearing pile” daya dukung kelompok tiang sama dengan daya dukung satu tiang dikalikan dengan jumlah tiang. Tetapi pada “friction pile” bila daya dukung dihitung berdasarkan “point bearing pile”, maka kemungkinan akan terjadi keruntuhan secara keseluruhan. Pada lapisan tanah lempung perlawanan ujung akan jauh lebih kecil (bahkan diabaikan) daripada perlawanan akibat pelekatan antara tiang dengan tanah, sehingga besarnya daya dukung akan tergantung pada besarnya gaya pelekatan antara tiang dengan tanah. Besarnya daya dukung

kelompok tiang “adhesive pile” adalah tekanan tanah maksimum yang dapat ditahan pada dasar kelompok ditambah dengan perlawanan geser (“shear resistance”) pada permukaan luar keliling kelompok.



Gambar 2.6 Daya dukung kelompok tiang pada tanah lempung

Daya dukung kelompok tiang adalah :

$$Q_t = c \cdot N_c \cdot A + 2 \cdot (B+y) \cdot L \cdot c \cdot k \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana :

c = kohesi tanah

L = kedalaman tiang pancang

k = perbandingan gaya lekatan dengan kekuatan geser tanah

$2(B+y)$ = keliling kelompok tiang

N_c = faktor daya dukung, berdasar grafik 2.20 pada lampiran 1

Atau dengan persamaan (Terzaghi, RB. Peck, 1987)

$$N_c = \cot \phi \left[E^{\text{tg} \phi} \cdot \text{tg}^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana, E = 2,7182 (bilangan epsilon)

Dengan daya dukung ijin kelompok tiang :

$$Q = \frac{Q_t}{SF} \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana, SF = 5-10 untuk tanah lempung (K. Basah S, 1994)

2.7.4 Efisiensi tiang kelompok

Persamaan umum efisiensi tiang kelompok ditentukan sebagai berikut :

$$E_g = \frac{\text{Kapasitas kelompok tiang pancang}}{\text{jumlah tiang pancang x kapasitas tiang pancang individu}}$$

Untuk tiang kelompok “adhesive pile”, AASHTO menyarankan menggunakan persamaan Converse Labarre (Bowles, J. E., 1991).

Efisiensi satu tiang dalam kelompok adalah :

$$E_g = 1 - \frac{\theta}{90^\circ} \frac{(n-1).m + (m-1).n}{m.n} \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana :

m = jumlah kolom

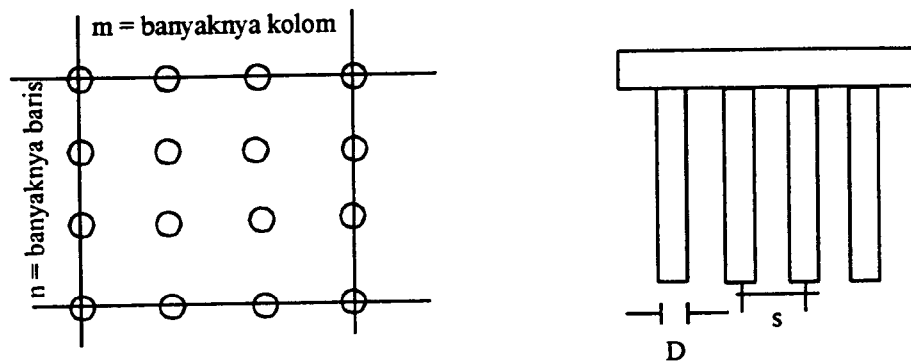
n = jumlah baris

ϕ = arc tg D/s (dalam derajat)

D = diameter tiang

s = Jarak antara tiang

Persamaan ini terbatas penggunaannya untuk kelompok tiang berbentuk segiempat dengan nilai $m \times n$ yang dapat diketahui. Untuk perhitungan tiang pancang kelompok dengan tiang pancang yang mempunyai kemiringan m , maka perhitungan didasarkan pada rumus-rumus di atas.



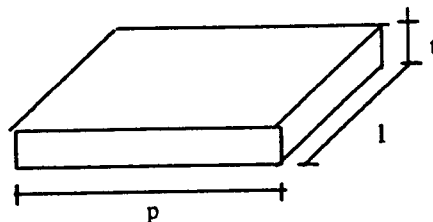
Gambar 2.7 Efisiensi tiang kelompok

2.8 Analisis Pondasi Dalam “Adhesive Pile” Terhadap Beban Lateral

2.8.1 Beban-beban yang bekerja

1. Gaya akibat berat poer

Gaya akibat berat sendiri poer adalah beban merata sentris terhadap titik berat poer, yang menjadi beban vertikal.



Gambar 2.8 Dimensi Poer

Gaya yang bekerja akibat berat poer :

$$W_p = p.l.t.\gamma_{beton} \dots\dots\dots (2.15)$$

2. Gaya akibat angin

Angin yang berhembus ke badan kapal yang ditambatkan akan menyebabkan gerakan kapal yang bisa menimbulkan gaya pada dolphin. Apabila arah angin menuju ke dolphin, maka gaya tersebut berupa gaya benturan ke dolphin, sedang apabila arahnya meninggalkan dolphin maka akan menyebabkan gaya tarikan kapal pada alat penambat. Besar gaya angin tergantung dari arah hembus angin, dan dapat dihitung dengan rumus berikut ini (Bambang Triatmodjo, 1996) :

a. Gaya longitudinal bila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)

$$R_w = 0,42.Q_a.A_w \dots\dots\dots (2.16)$$

b. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah buritan ($\alpha = 180^\circ$)

$$R_w = 0,5.Q_a.A_w \dots\dots\dots (2.17)$$

c. Gaya lateral apabila angin datang dari arah lebar ($\alpha = 90^\circ$)

$$R_w = 1,1.Q_a.A_w \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

$$Q_a = 0,063.v^3$$

R_w = gaya akibat angin (kg)

Q_a = tekanan angin (kg/m^2)

v = kecepatan angin (m/d)

A_w = proyeksi bidang yang tertiuip angin (m^2)

3. Gaya benturan kapal

Pada waktu merapat, kapal masih mempunyai kecepatan sehingga akan terjadi benturan antara kapal dan dolphin. Dalam perencanaan dianggap bahwa benturan maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dolphin pada sudut 10° terhadap sisi depan dolphin.

Gaya benturan kapal yang harus ditahan dolphin tergantung pada energi benturan yang diserap oleh sistem fender yang dipasang pada dolphin. Gaya benturan bekerja secara horisontal dan dapat dihitung berdasarkan benturan. Hubungan gaya dan energi benturan tergantung pada type fender yang digunakan. Besarnya energi benturan adalah (Bambang Triatmodjo, 1996) :

$$E = \frac{W.V^2}{2.g} \cdot C_m \cdot C_e \cdot C_s \cdot C_c \dots\dots\dots(2.19)$$

dimana :

E = energi benturan (ton meter)

V = kecepatan merapat kapal pada dolphin (m/d)

W = berat kapal

g = percepatan gravitasi

C_m = koefisien massa

C_e = koefisien eksentrisitas

C_s = koefisien kekerasan (diambil 1)

C_c = koefisien bentuk dari tambatan (diambil 1)

$$C_m = 1 + \frac{\pi \cdot d}{2 \cdot C_b \cdot B}$$

dimana :

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} \cdot B \cdot d \cdot \gamma_o}$$

C_b = koefisien blok kapal

d = draft kapal (m)

B = lebar kapal (m)

L_{pp} = panjang garis air (m)

Kapal barang : $L_{pp} = 0,846 \cdot L_{oa}^{1,0193}$

Kapal tangker : $L_{pp} = 0,852 \cdot L_{oa}^{1,0201}$

γ_o = berat jenis air laut (t/m^3)

$$C_e = \frac{1}{1 + (l/r)^2}$$

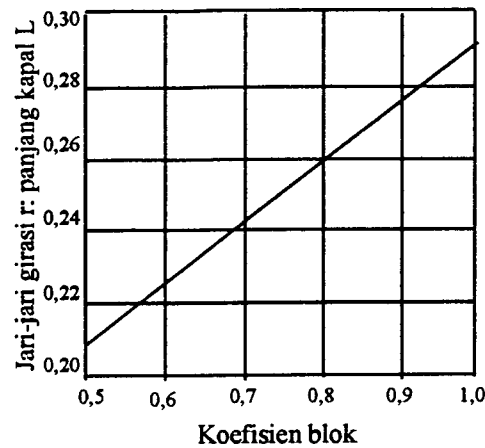
dimana :

l = jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal

Dermaga : $l = \frac{1}{4} \cdot L_{oa}$

Dolphin : $l = \frac{1}{6} \cdot L_{oa}$

r = jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air



Gambar 2.9 Koefisien blok (Bambang Triatmodjo, 1996)

Tabel 2.4 Kecepatan merapat kapal pada dolphin (Bambang Triatmodjo, 1996)

Ukuran Kapal (DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/d)	Laut terbuka (m/d)
Sampai 500	0,25	0,30
500 - 10.000	0,15	0,20
10.000 - 30.000	0,15	0,15
di atas 30.000	0,12	0,15

4. Gaya tarikan kapal

Gaya tarikan pada bollard untuk berbagai ukuran kapal dalam GRT diberikan pada tabel 2.5 di bawah ini. Selain gaya tersebut yang bekerja secara horisontal, bekerja juga gaya vertikal sebesar setengah dari nilai yang tercantum dalam tabel. GRT (“Gross Register Tons”) adalah volume keseluruhan ruangan kapal (1 GRT = 2,83 m³

= 100 ft³). Gaya tarikan kapal pada bollard dan pada bitt berdasarkan bobot kapal dalam GRT bisa dilihat dalam tabel 2.5 pada berikut :

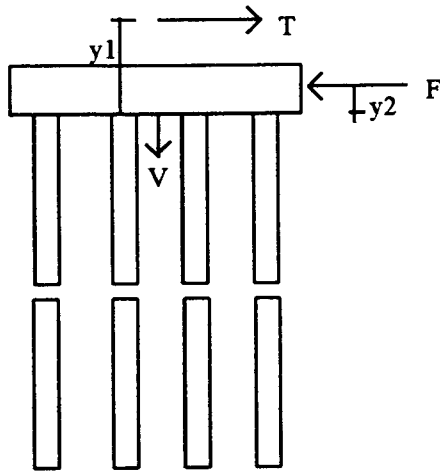
Tabel 2.5 Gaya tarikan kapal (Bambang Triatmodjo, 1996)

Bobot Kapal (GRT)	Gaya tarik pada bollard (ton)	Gaya tarik pada bitt (ton)
200 - 500	15	15
501 - 1.000	25	25
1.001 - 2.000	35	25
2.001 - 3.000	35	35
3.001 - 5.000	50	35
5.001 - 10.000	70	50 (25)
10.001 - 15.000	100	70 (25)
15.001 - 20.000	100	70 (35)
20.001 - 50.000	150	100 (35)
50.001 - 100.000	200	100 (50)

2.8.2 Daya dukung tiang terhadap beban lateral

Gaya tahanan maksimum dari beban lateral yang bekerja pada tiang tunggal adalah suatu persoalan yang kompleks, karena merupakan permasalahan interaksi antara elemen bangunan agak kaku dengan tanah, yang dapat diperlakukan berdeformasi sebagai elastis maupun plastis.

Gaya-gaya lateral yang bekerja pada tiang apabila digambarkan adalah seperti pada gambar 2.10 halaman 36 berikut :



- T = Gaya tarikan kapal pada bollard
 F = Gaya tumbukan kapal pada poer
 V = Gaya vertikal pada poer
 $= W_p + 0,5 \cdot T$
 y_1 = Jarak antaragaya tarikan kapal ke ujung tiang
 y_2 = Jarak gaya tumbukan kapal ke ujung tiang

Gambar 2.10 Gaya horisontal yang bekerja

Momen yang terjadi akibat gaya tarikan kapal pada bollard :

$$M_T = T \cdot y_1 \quad (\curvearrowright)$$

Momen akibat gaya tumbukan kapal pada poer :

$$M_F = F \cdot y_2 \quad (\curvearrowleft)$$

BAB III

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan Adhesive Pile

3.1.1 Kapasitas daya dukung kelompok tiang

Dalam perhitungan kapasitas daya dukung kelompok tiang, parameter yang digunakan untuk semua type adalah sebagai berikut :

1. mutu beton yang digunakan K350 dengan baja tulangan mutu U32

$$\text{kuat tekan beton ijin } (\sigma) = 115,5 \text{ kg/cm}^2$$

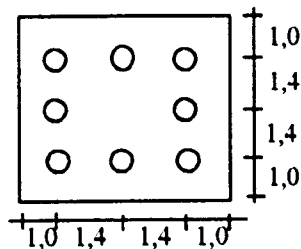
$$\text{kuat tarik ijin } (\sigma) = 1850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{kuat geser ijin } (\tau) = 25,256 \text{ kg/cm}^2$$

2. kecepatan angin (v) = 70 knot = 36 m/dt
3. digunakan fender karet silinder dengan dimensi 12 x 6" dengan defleksi maksimum disesuaikan dengan panjang dolphin yang digunakan

1. Menghitung gaya-gaya yang bekerja

- a. Kelompok tiang type A (8 tiang)

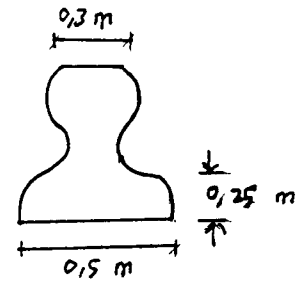


berat karakteristik kapal : 10.000 DWT

panjang = 140 m

lebar = 18,7 m

draft = 8,1 m



Bollard

kecepatan merapat kapal = 0,15 m/dt

gaya tarik kapal terhadap kapal = 70 t

momen akibat gaya tarikan kapal (MT) = 70 . (0,75 + 0,25) = 70 t

luas terkena angin (A_w) = 0,7 . 140 . 8,1 = 793,8 m²

gaya berat kapal (W_p) = berat poer + $\frac{1}{2}$. gaya tarikan kapal

$$= 0,75 . 4,8 . 4,8 . 2,3 + \frac{1}{2} . 70 = 74,744 \text{ t}$$

gaya tiupan angin (Q_a) = 0,063 . v^2

$$= 0,063 . 36^2 = 81,65 \text{ kg/m}^2$$

gaya akibat tiupan angin (R_w) = 1,1 . Q_a . A_w

$$= 1,1 . 81,65 . 793,8 = 71295,147 \text{ kg} = 71,295 \text{ t}$$

energi benturan kapal (E) = $\frac{W.V^2}{2.g}$

$$= \frac{10000.(0,15)^2}{2.9,81} = 11,468 \text{ tm}$$

setengah dari energi tersebut ditahan oleh sistem fender

$E_f = \frac{1}{2} . E$

$$= \frac{1}{2} . 11,468 = 5,734 \text{ tm}$$

untuk menyerap energi tersebut digunakan fender ukuran 12 x 6" dengan defleksi maksimum 7".

dari Grafik 7.5.b pada lampiran untuk fender silinder dengan ukuran 12x6" dan defleksi 7", diperoleh energi yang bisa diserap fender = 2.750 lb ft/ft'

apabila dikonversi ke dalam satuan MKS = $2750 \times 0,4537 = 1247,675 \text{ kg m/m}'$

dari Grafik 7.5.a pada lampiran untuk fender silinder dengan ukuran 12x6" dan defleksi 7", diperoleh gaya yang dapat diserap = 25.000 lb/ft'

dikonversi dalam satuan MKS = $37.213,75 \text{ kg/m}'$ dibulatkan $38.000 \text{ kg/m}'$

$$\text{panjang dolphin (} L_{\text{dolphin}} \text{)} = \frac{5734}{1247,675} = 4,596m \text{ mendekati } 4,8 \text{ m}$$

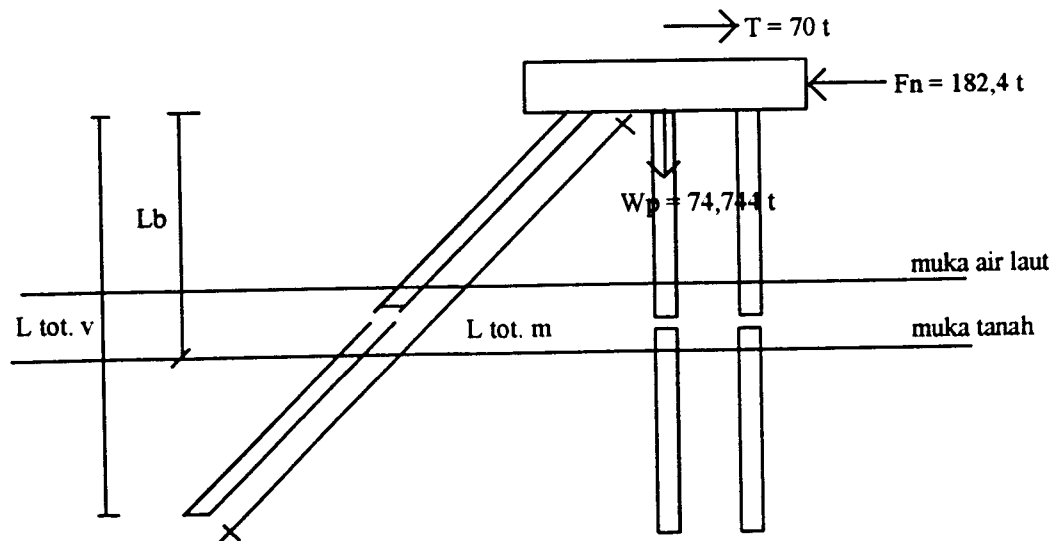
gaya yang bisa diserap dolphin dengan panjang 4,8 m

$$F_n = 38.000 \cdot 4,8 = 182.400 \text{ kg} = 182,4 \text{ t}$$

$$\text{momen akibat gaya tumbukan kapal (MF)} = 182,4 \cdot 0,375 = 68,4 \text{ tm}$$

momen yang dipakai (M) = 70 tm (momen yang terbesar yang terjadi)

Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin adalah seperti pada gambar 3.1 berikut :



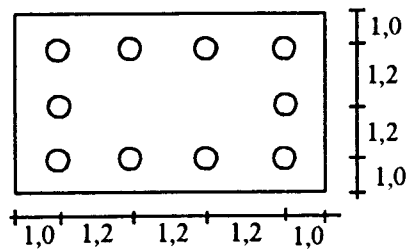
Gambar 3.1 Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin type A

Analog untuk beban karakteristik kapal 15.000 DWT dan 20.000 DWT dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin

Berat kapal karakteristik (DWT)	10.000	15.000	20.000
panjang (m)	140	157	170
lebar (m)	18,7	21,5	23,7
draft (m)	8,1	9,0	9,8
A_w (m ²)	793,8	989,1	1166,2
R_w (t)	71,295	88,836	104,742
W_p (t)	74,744	89,744	89,744
E (tm)	11,468	17,202	22,936
E_f (tm)	5,734	8,601	11,468
defleksi maks. (inch)	7,0"	7,4"	7,7"
F (kg/m)	38000	67000	90000
$L_{dolphin}$ (m)	4,80	4,80	4,80
F_n (t)	182,4	321,6	432
MT (tm)	70	100	100
MF (tm)	68,4	120,6	162
M (tm)	70	120,6	162

b. Kelompok tiang type B (10 tiang)

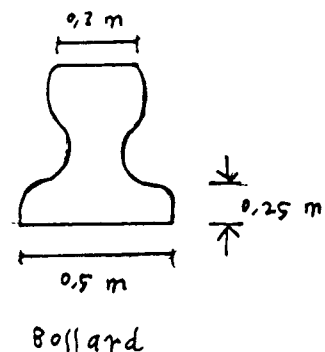


berat karakteristik kapal 10.000 DWT

panjang = 140 m

lebar = 18,7 m

draft = 8,1 m



kecepatan merapat kapal = 0,15 m/dt

gaya tarik kapal terhadap kapal = 70 t

momen akibat gaya tarikan kapal (MT) = 70 . (0,75 + 0,25) = 70 t

luas terkena angin (Aw) = 0,7 . 140 . 8,1 = 793,8 m²

gaya berat kapal (Wp) = berat poer + ½ . gaya tarikan kapal

$$= 0,75 . 5,6 . 4,4 . 2,3 + \frac{1}{2} . 70 = 77,504 \text{ t}$$

gaya tiupan angin (Qa) = 0,063 . v²

$$= 0,063 . 36^2 = 81,65 \text{ kg/m}^2$$

gaya akibat tiupan angin (Rw) = 1,1 . Qa . Aw

$$= 1,1 . 81,65 . 793,8 = 71295,147 \text{ kg} = 71,295 \text{ t}$$

energi benturan kapal (E) = $\frac{W.V^2}{2.g}$

$$= \frac{10000.(0,15)^2}{2.9,81} = 11,468 \text{ tm}$$

setengah dari energi tersebut ditahan oleh sistem fender

Ef = ½ . E

$$= \frac{1}{2} . 11,468 = 5,734 \text{ tm}$$

untuk menyerap energi tersebut digunakan fender ukuran 12 x 6" dengan

defleksi maksimum 6,8"

dari grafik 7.5.b pada lampiran untuk fender silinder dengan ukuran 12x6" dan

defleksi 6,8", diperoleh energi yang dapat diserap = 2250 lb ft/ft'

apabila dikonversi dalam satuan MKS = $2250 \times 0,4537 = 1020,825 \text{ kg m/m}'$

dari grafik 7.5.a pada lampiran untuk fender silinder ukuran 12x6'' dan defleksi 6,8'', diperoleh gaya yang dapat diserap = $20.000 \text{ lb/ft}'$

apabila dikonversi dalam satuan MKS = $29.771 \text{ kg/m}'$ dibulatkan $30.000 \text{ kg/m}'$

$$\text{panjang dolphin (} L_{\text{dolphin}} \text{)} = \frac{5734}{1020,825} = 5,61 \text{ m dibulatkan } 5,6 \text{ m}$$

gaya yang bisa diserap dolphin dengan panjang 5,6 m

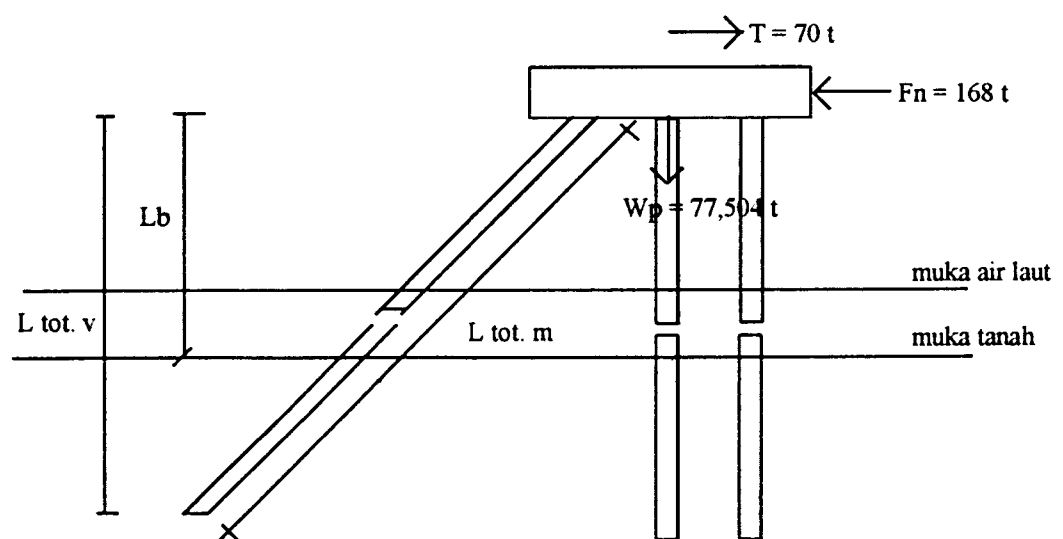
$$F_n = 30.000 \cdot 5,6$$

$$= 168.000 \text{ kg} = 168 \text{ t}$$

momen akibat gaya tumbukan kapal (MF) = $168 \cdot 0,375 = 63 \text{ tm}$

momen yang dipakai (M) = 70 tm (momen yang terbesar yang terjadi)

Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin type B bisa dilihat pada gambar 3.2.



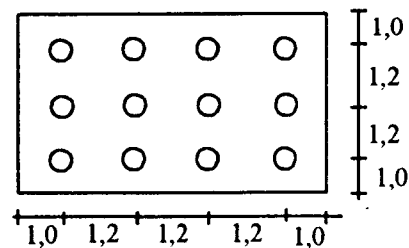
Gambar 3.2 Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin type B

Analog untuk beban karakteristik kapal 15.000 DWT dan 20.000 DWT dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin

Berat kapal karakteristik (DWT)	10.000	15.000	20.000
panjang (m)	140	157	170
lebar (m)	18,7	21,5	23,7
draft (m)	8,1	9,0	9,8
A_w (m ²)	793,8	989,1	1166,2
R_w (t)	71,295	88,836	104,742
W_p (t)	77,504	92,504	92,504
E (tm)	11,468	17,202	22,936
E_f (tm)	5,734	8,601	11,468
defleksi maks. (inc)	6,8"	7"	7,5"
F (kg/m)	15000	38000	73000
$L_{dolphin}$ (m)	5,60	5,60	5,60
F_n (t)	168	210	383,6
MT (tm)	70	100	100
MF (tm)	63	78,75	143,85
M (tm)	70	100	143,85

c. Kelompok tiang type C (12 tiang)

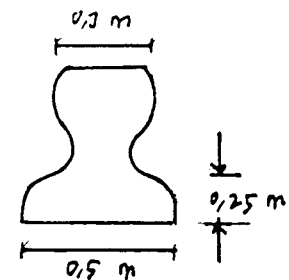


berat karakteristik kapal : 10.000 DWT

panjang = 140 m

lebar = 18,7 m

draft = 8,1 m



Bollard

kecepatan merapat kapal = 0,15 m/dt

gaya tarik kapal terhadap kapal = 70 t

momen akibat gaya tarikan kapal (Mt) = 70 . (0,75 + 0,25) = 70 t

luas terkena angin (Aw) = 0,7 . 140 . 8,1 = 793,8 m²

gaya berat kapal (Wp) = berat poer + ½ . gaya tarikan kapal
 = 0,75 . 6,2 . 4,8 . 2,3 + ½ . 70 = 77,504 t

gaya tiupan angin (Qa) = 0,063 . v²
 = 0,063 . 36² = 81,65 kg/m²

gaya akibat tiupan angin (Rw) = 1,1 . Qa . Aw
 = 1,1 . 81,65 . 793,8 = 71295,147 kg

energi benturan kapal (E) = $\frac{W.V^2}{2.g}$
 = $\frac{10000.(0,15)^2}{2.9,81} = 11,468 \text{ tm}$

setengah dari energi tersebut ditahan oleh sistem fender

Ef = ½ . E
 = ½ . 11,468 = 5,734 tm

untuk menyerap energi tersebut digunakan fender ukuran 12 x 6” dengan defleksi maksimum 6,8”

dari grafik 7.5.b pada lampiran untuk fender silinder dengan ukuran 12x6” dan defleksi 6,8, diperoleh energi yang dapat diserap = 2250 lb ft/ft’

apabila dikonversi dalam satuan MKS = $2250 \times 0,4537 = 1020,825 \text{ kg m/m}'$

dari grafik 7.5.a pada lampiran untuk fender ukuran 12x6" dan defleksi 6,8",

diperoleh gaya yang dapat diserap = 20.000 lb/ft

bila dikonversi dalam satuan MKS = 29.771 lb/ft' dibulatkan 30.000 kg/m'

$$\text{panjang dolphin (} L_{\text{dolphin}} \text{)} = \frac{5730}{1020,825} = 5,6 \text{ m}$$

gaya yang bisa diserap dolphin dengan panjang 5,6 m

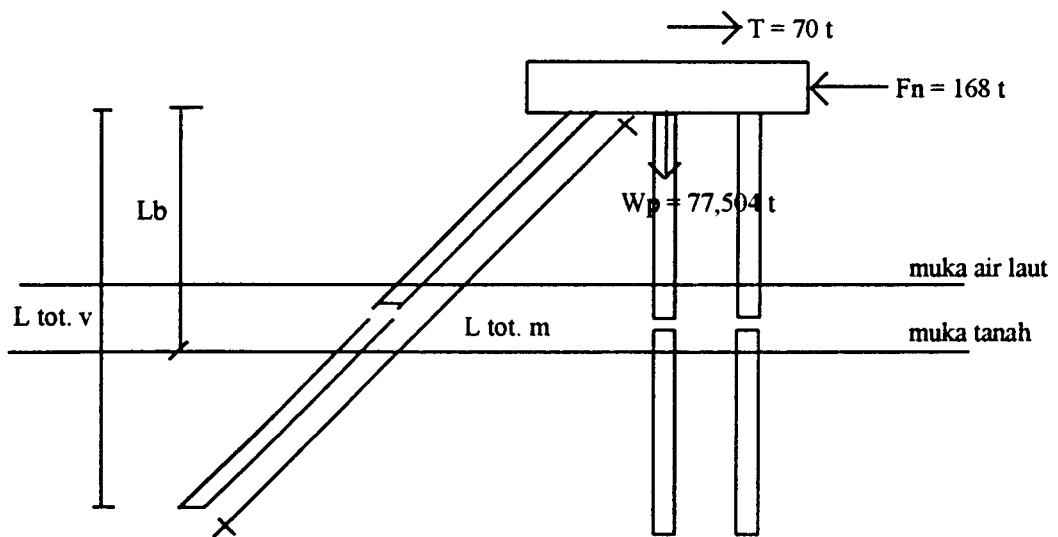
$$F_n = 30.000 \times 5,6$$

$$= 168.000 \text{ kg} = 168 \text{ t}$$

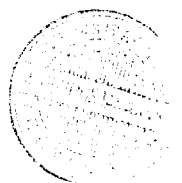
momen akibat tumbukan kapat (MF) = $168 \cdot 0,375 = 63 \text{ tm}$

momen yang dipakai (M) = 70 tm (momen terbesar yang terjadi)

Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin type C bisa dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin type C



Analog untuk beban karakteristik kapal 15.000 DWT dan 20.000 DWT dapat dilihat pada tabel 3.3 berikut :

Tabel 3.3 Gaya-gaya yang bekerja pada dolphin

Berat kapal karakteristik (DWT)	10.000	15.000	20.000
panjang (m)	140	157	170
lebar (m)	18,7	21,5	23,7
draft (m)	8,1	9,0	9,8
Aw (m ²)	793,8	989,1	1166,2
Rw (t)	71,295	88,836	104,742
Wp (t)	77,504	77,504	77,504
E (tm)	11,468	17,201	22,935
Ef (tm)	5,734	8,601	11,468
defleksi maks. (inc)	6,8	7	7,5
F (kg/m)	30.000	37500	68500
$L_{dolphin}$ (m)	5,6	5,6	5,6
Fn (t)	168	210	383,6
MT (tm)	70	100	100
MF (tm)	63	78,75	143,85
M (tm)	70	100	143,85

2. Menghitung diameter, panjang dan volume beton tiang pada tiang miring dan tiang vertikal

a. Kelompok tiang type A

$$\Sigma y^2 = 6 \cdot (1,4)^2 = 11,76 \text{ m}^2$$

$$\Sigma x^2 = 6 \cdot (1,4)^2 = 11,76 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{Wp}{n} \pm \frac{My \cdot x}{\Sigma x^2}$$

$$= \frac{74,744}{8} + \frac{70,1,4}{11,76} = 17,676t$$

untuk beban karakteristik kapal 10.000 DWT

Perhitungan tiang miring :

Trial I

untuk mereduksi gaya horisontal yang terjadi, pada baris I dimiringkan 3 tiang dengan kemiringan 5:1



$$h = \frac{1}{\sqrt{5^2 + 1^2}} \cdot 17,676 = 3,467 \text{ t}$$

gaya horisontal setelah direduksi oleh tiang miring adalah :

$$H = F_n - n \cdot h = 182,4 - 3 \cdot 3,467 = 171,999 \text{ t}$$

gaya horisontal yang diterima satu tiang :

$$t = \frac{H}{n} = \frac{171,999}{8} = 21,499 \text{ t}$$

diameter tiang yang diperlukan agar memenuhi terhadap geser ijin :

$$\tau = \frac{8}{7} \cdot \frac{t}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{8}{7} \cdot \frac{21499}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25,256}} = 35,19 \text{ cm}$$

check jarak antar tiang (x) $\geq 2,5d$, maka :

$$140 = x \cdot 35,19$$

$$x = 3,978 > 2,5 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

panjang tiang yang masuk dalam tanah :

$$P = \frac{O.L.c'}{SF}$$

untuk $c = 10 \text{ t/m}^2$

$$L = \frac{17,676.7}{\pi \cdot 0,3519 \cdot 6,67} = 16,78 \text{ m}$$

Volume beton total :

a. volume poer = $0,75 \cdot 4,8 \cdot 4,8 = 17,28 \text{ m}^3$

b. tinggi draft + pasang surut air laut + kebebasan brutto (15% .draft) (Lb)

$$Lb = 8,1 + 2 + 15\% \cdot 8,1 = 11,315 \text{ m}$$

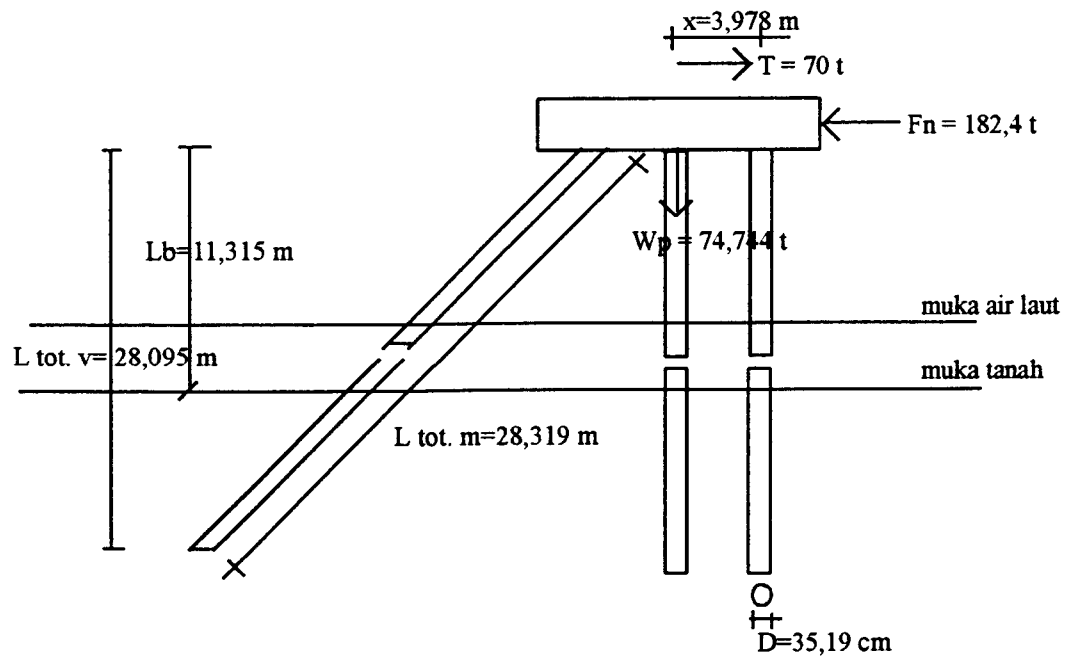
c. pada kemiringan 5:1, maka panjang tiang = $\frac{\sqrt{26}}{5} \cdot 11,315 = 11,539 \text{ m}$

d. panjang total tiang yang dimiringkan = $16,78 + 11,539 = 28,319 \text{ m}$

e. panjang total tiang yang vertikal = $16,78 + 11,315 = 28,095 \text{ m}$

f. volume beton dipakai = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,3519)^2 \cdot (3 \cdot 28,319 + 5 \cdot 28,095) + 17,28$

$$= 39,205 \text{ m}^3$$



Gambar 3.4 Panjang tiang vertikal dan tiang miring kelompok tiang type A

Perhitungan tiang vertikal :

gaya yang bekerja pada satu tiang, jika beban yang diterima ditahan oleh tiang vertikal semua ,

$$t = \frac{Fn}{n} = \frac{182,4}{8} = 22,8 \text{ t}$$

diameter tiang yang digunakan agar memenuhi geser ijin :

$$\tau = \frac{8}{7} \cdot \frac{t}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{8}{7} \cdot \frac{22800}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25,256}} = 36,24 \text{ cm}$$

check jarak antar tiang (x) $\geq 2,5d$, maka :

$$140 = x \cdot 36,24$$

$$x = 3,863 > 2,5 \dots\dots\dots\text{OK!}$$

panjang tiang yang masuk dalam tanah :

$$P = \frac{O.L.c'}{SF}$$

untuk $c = 10 \text{ t/m}^2$

$$L = \frac{17,676.7}{\pi \cdot 0,3624 \cdot 6,67} = 16,29 \text{ m}$$

Volume beton total :

a. volume poer = $0,75 \cdot 4,8 \cdot 4,8 = 17,28 \text{ m}^3$

b. tinggi draft + pasang surut air laut + kebebasan brutto (15% .draft) (Lb)

$$Lb = 8,1 + 2 + 15\% \cdot 8,1 = 11,315 \text{ m}$$

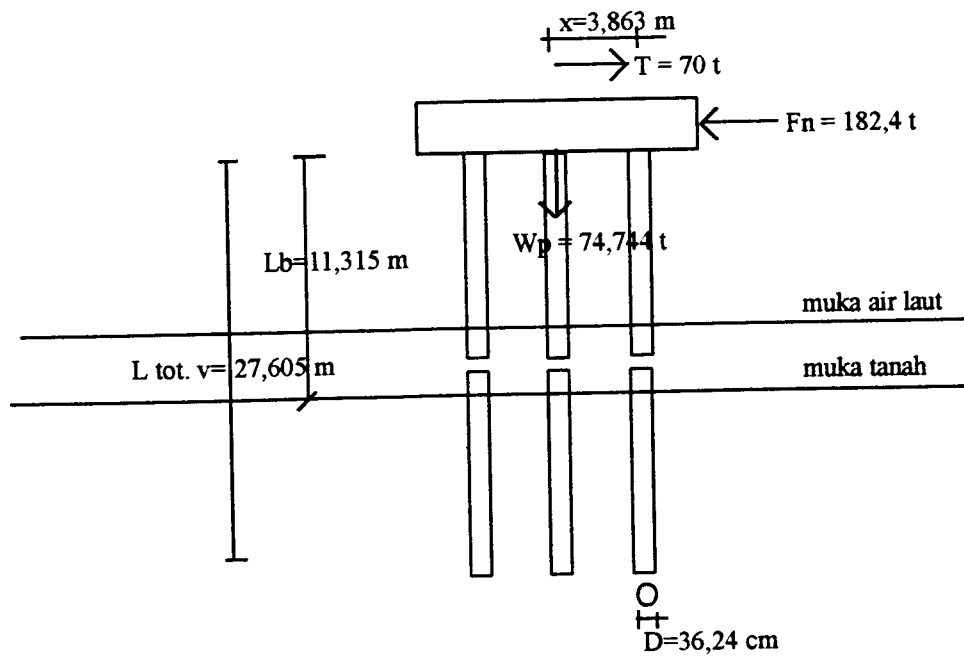
c. panjang total tiang yang vertikal = $16,29 + 11,315 = 27,605 \text{ m}$

d. volume beton dipakai = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,3624)^2 \cdot 27,605 + 17,28$

$$= 40,059 \text{ m}^3$$

Selisih volume beton antara tiang yang dimiringkan dan tiang yang vertikal

semua adalah $40,059 - 39,205 = 0,854 \text{ m}^3$



Gambar 3.5 Panjang tiang vertikal kelompok tiang type A

Analog untuk kemiringan 6:1, 4:1, 3:1, 2:1 beban karakteristik kapal 10.000 DWT, 15.000 DWT, 20.000 DWT dan $c = 5 \text{ t/m}^2$, 15 t/m^2 yang bisa dilihat pada tabel 3.4, tabel 3.5 halaman 63 dan tabel 3.6 halaman 64.

b. Kelompok tiang type B

untuk beban karakteristik kapal 10.000 DWT

$$\Sigma y^2 = 6 \cdot (0,6)^2 + 6 \cdot (1,2)^2 = 21,6 \text{ m}^2$$

$$\Sigma x^2 = 8 \cdot (1,2)^2 = 11,52 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{W_p}{n} \pm \frac{M_y \cdot x}{\Sigma x^2}$$

$$= \frac{77,504}{10} + \frac{70 \cdot 1,2}{11,52} = 15,042 \text{ t}$$

untuk kemiringan 5:1



$$h = \frac{1}{\sqrt{5^2 + 1^2}} \cdot 15,042 = 2,473 \text{ t}$$

gaya horisontal setelah direduksi oleh tiang miring =

$$H = 168 - 4 \cdot 2,473 = 158,108 \text{ t}$$

gaya horisontal yang diterima satu tiang

$$t = \frac{H}{n} = \frac{158,108}{10} = 15,8108 \text{ t}$$

diameter tiang yang diperlukan agar memenuhi terhadap geser ijin

$$\tau = \frac{8}{7} \cdot \frac{t}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{15810,88}{7 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25,256}} = 30,181 \text{ cm}$$

cek jarak spasi

$$x \geq 2,5d$$

$$\frac{1,2}{0,30181} = 3,976 > 2,5 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

panjang tiang yang masuk dalam tanah

$$P = \frac{O \cdot L \cdot c'}{SF}$$

$$L = \frac{15,042 \cdot 7}{\pi \cdot 0,30181 \cdot 6,67} = 16,649 \text{ m, untuk } c = 10 \text{ t/m}^2$$

Volume beton total :

a. volume poer = $0,75 \cdot 5,6 \cdot 4,4 = 18,48 \text{ m}^3$

b. tinggi draft + pasang surut air laut + kebebasan brutto (15% .draft) (Lb)

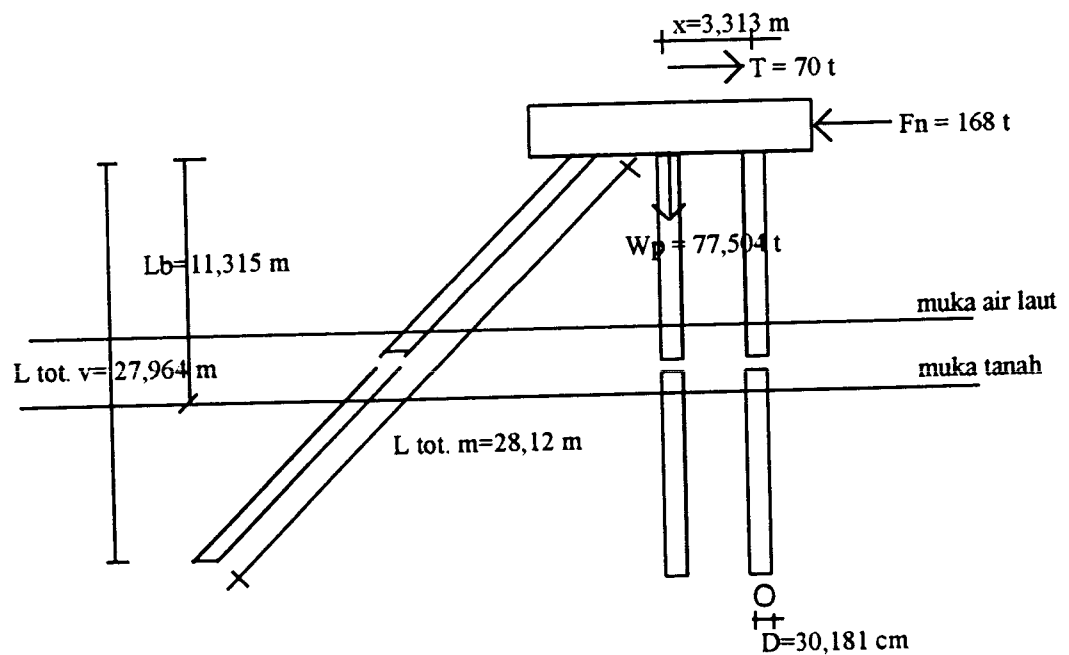
$$L_b = 8,1 + 2 + 15\% \cdot 8,1 = 11,315 \text{ m}$$

c. panjang tiang vertikal total = $11,315 + 16,649 = 27,964 \text{ m}$

d. tiang miring = $\frac{\sqrt{26}}{5} \cdot 11,315 = 11,539 \text{ m}$

e. panjang tiang miring total = $16,649 + 11,539 = 28,12 \text{ m}$

f. volume beton dipakai = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,30181)^2 \cdot (4 \cdot 28,12 + 6 \cdot 27,964) + 18,48$
 $= 38,530 \text{ m}^3$



Gambar 3.6 Panjang tiang miring dan tiang vertikal kelompok tiang type B

Perhitungan tiang vertikal :

gaya yang bekerja pada satu tiang, jika beban yang diterima ditahan oleh tiang vertikal semua ,

$$t = \frac{Fn}{n} = \frac{168}{10} = 16,8 \text{ t}$$

diameter tiang yang digunakan agar memenuhi geser ijin :

$$\tau = \frac{8}{7} \cdot \frac{t}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{8}{7} \cdot \frac{16800}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25,256}} = 31,112 \text{ cm}$$

check jarak antar tiang (x) $\geq 2,5d$, maka :

$$120 = x \cdot 31,112$$

$$x = 3,85 > 2,5 \dots\dots\dots\text{OK!}$$

panjang tiang yang masuk dalam tanah :

$$P = \frac{O.L.c'}{SF}$$

untuk $c = 10 \text{ t/m}^2$

$$L = \frac{15,042.7}{\pi \cdot 0,31112 \cdot 6,67} = 16,151 \text{ m}$$

Volume beton total :

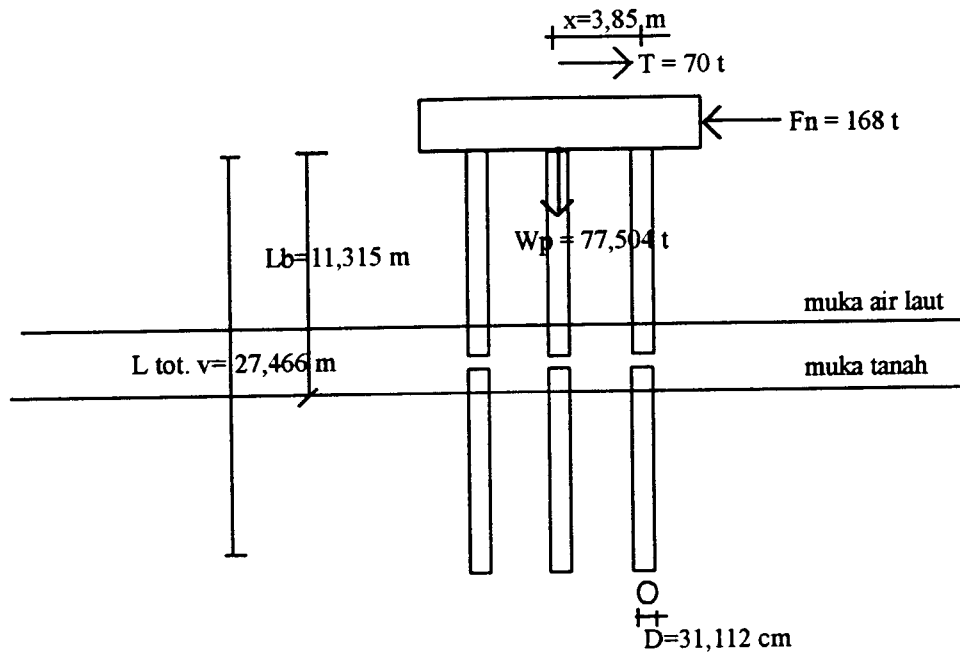
a. volume poer = $0,75 \cdot 5,6 \cdot 4,4 = 18,48 \text{ m}^3$

b. tinggi draft + pasang surut air laut + kebebasan brutto (15% .draft) (Lb)

$$L_b = 8,1 + 2 + 15\% \cdot 8,1 = 11,315 \text{ m}$$

c. panjang total tiang yang vertikal = $16,151 + 11,315 = 27,466 \text{ m}$

d. volume beton dipakai = $10 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,31112)^2 \cdot 27,466 + 18,48$
 $= 39,360 \text{ m}^3$



Gambar 3.7 Panjang tiang vertikal kelompok tiang type B

Selisih volume beton antara tiang yang dimiringkan dan tiang yang vertikal semua adalah $39,360 - 38,530 = 0,831 \text{ m}^3$

Analog untuk kemiringan 6:1, 4:1, 3:1, 2:1 dengan beban karakteristik kapal 10.000 DWT, 15.000 DWT, 20.000 DWT dan $c = 5 \text{ t/m}^2$, 15 t/m^2 yang bisa dilihat pada tabel 3.7 halaman 64, tabel 3.8 dan tabel 3.9 pada halaman 65.

c. Kelompok tiang type C

untuk beban karakteristik kapal 10.000 DWT

$$\Sigma y^2 = 6 \cdot (0,6)^2 + 6 \cdot (1,2)^2 = 21,6 \text{ m}^2$$

$$\Sigma x^2 = 8 \cdot (1,2)^2 = 11,52 \text{ m}^2$$

$$P = \frac{Wp}{n} \pm \frac{My \cdot x}{\Sigma x^2}$$

$$= \frac{77,504}{12} + \frac{70,1,2}{11,52} = 13,7503 \text{ t}$$

untuk kemiringan 5:1



$$h = \frac{1}{\sqrt{5^2 + 1^2}} \cdot 13,7503 = 2,697 \text{ t}$$

gaya horisontal setelah direduksi oleh tiang miring =

$$H = 168 - 4 \cdot 2,697 = 157,213 \text{ t}$$

gaya horisontal yang diterima satu tiang

$$t = \frac{H}{n} = \frac{157,213}{12} = 13,101 \text{ t}$$

diameter tiang yang diperlukan agar memenuhi terhadap geser ijin

$$\tau = \frac{8}{7} \cdot \frac{t}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{8 \cdot 13101}{7 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 25,256}} = 27,474 \text{ cm}$$

cek jarak spasi

$$x \geq 2,5d$$

$$\frac{1,2}{0,27474} = 4,37 > 2,5 \dots\dots\dots \text{OK!}$$

panjang tiang yang masuk dalam tanah

$$P = \frac{O.L.c'}{SF}$$

untuk $c = 10 \text{ t/m}^2$

$$L = \frac{13,7503.7}{\pi \cdot 0,27474 \cdot 6,67} = 16,719 \text{ m}$$

Volume beton total :

a. volume poer = $0,75 \cdot 5,6 \cdot 4,4 = 18,48 \text{ m}^3$

b. tinggi draft + pasang surut air laut + kebebasan brutto (15% .draft) (Lb)

$$Lb = 8,1 + 2 + 15\% \cdot 8,1 = 11,315 \text{ m}$$

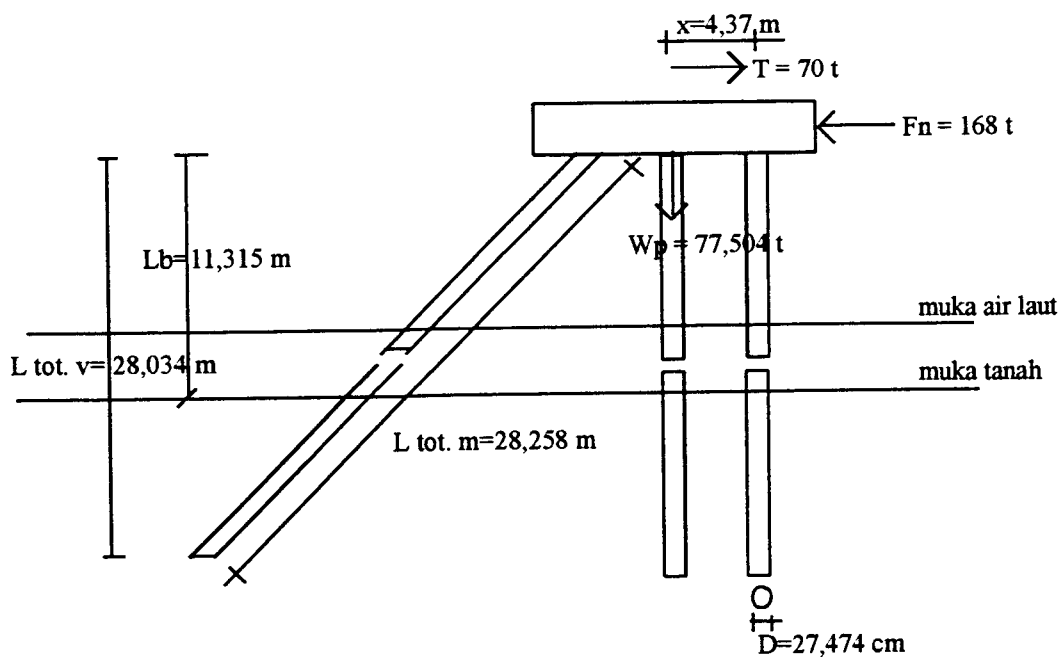
c. panjang tiang vertikal total = $11,315 + 16,719 = 28,034 \text{ m}$

d. tiang miring = $\frac{\sqrt{26}}{5} \cdot 11,315 = 11,539 \text{ m}$

e. panjang tiang miring total = $16,719 + 11,539 = 28,258 \text{ m}$

f. volume beton dipakai = $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,27388)^2 \cdot (4 \cdot 28,258 + 8 \cdot 28,034) + 18,48$

$$= 38,476 \text{ m}^3$$



Gambar 3.8 Panjang tiang miring dan vertikal pada kelompok tiang type C

Perhitungan tiang vertikal :

gaya yang bekerja pada satu tiang, jika beban yang diterima ditahan oleh tiang vertikal semua ,

$$t = \frac{Fn}{n} = \frac{168}{12} = 14 \text{ t}$$

diameter tiang yang digunakan agar memenuhi geser ijin :

$$\tau = \frac{8}{7} \cdot \frac{t}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2}$$

$$d = \sqrt{\frac{8}{7} \cdot \frac{14000}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 28,256}} = 28,401 \text{ cm}$$

check jarak antar tiang (x) $\geq 2,5d$, maka :

$$120 = x \cdot 28,401$$

$$x = 4,2 > 2,5 \dots\dots\dots\text{OK!}$$

panjang tiang yang masuk dalam tanah :

$$P = \frac{O.L.c'}{SF}$$

untuk $c = 10 \text{ t/m}^2$

$$L = \frac{13,7503.7}{\pi \cdot 0,28401 \cdot 6,67} = 16,173 \text{ m}$$

Volume beton total :

a. volume poer = $0,75 \cdot 5,6 \cdot 4,4 = 18,48 \text{ m}^3$

b. tinggi draft + pasang surut air laut + kebebasan brutto (15% .draft) (Lb)

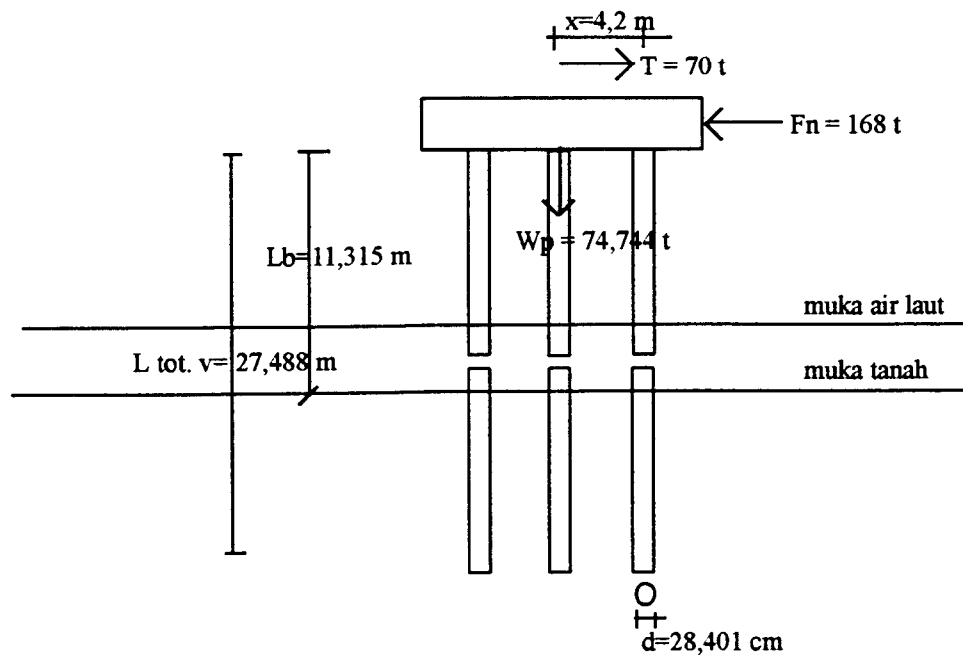
$$Lb = 8,1 + 2 + 15\% \cdot 8,1 = 11,315 \text{ m}$$

c. panjang total tiang yang vertikal = $16,173 + 11,315 = 27,488 \text{ m}$

d. volume beton dipakai = $12 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (0,28401)^2 \cdot 27,488 + 18,48$
 $= 39,377 \text{ m}^3$

Selisih volume beton antara tiang yang dimiringkan dan tiang yang vertikal semua adalah $39,377 - 38,476 = 0,900 \text{ m}^3$

Analog untuk kemiringan 6:1, 4:1, 3:1, 2:1 beban karakteristik kapal 10.000 DWT, 15.000 DWT, 20.000 DWT dan $c = 5 \text{ t/m}^2$, 15 t/m^2 yang bisa dilihat pada tabel 3.10 dan tabel 3.11 halaman 66 dan tabel 3.12 halaman 67.



Gambar 3.9 Panjang tiang vertikal kelompok tiang type C

3.1.2 Efisiensi tiang pancang

Efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang dihitung dengan persamaan Converse

-Labarre berikut (J. E. Bowles, 1991) :

$$Eq = 1 - \frac{\phi}{90^\circ} \cdot \frac{(n-1).m + (m-1).n}{m.n}$$

Efisiensi tiang apabila diperhitungkan sendiri-sendiri menurut kemiringan tiang (vertikal atau miring) untuk type A dengan baris I dimiringkan 6:1, dengan beban karakteristik kapal 10.000 DWT :

jumlah baris dan kolom untuk tiang miring :

n (jumlah baris) = 1

m (jumlah kolom) = 3

$$\text{besar nilai } \phi = \text{Arc.tg. } D/S = \text{arc.tg. } 0,3537/1,4 = 14,178^\circ$$

$$E_{gm} = 1 - \frac{14,178^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{(3-1) \cdot 1 + (1-1) \cdot 3}{3 \cdot 1} = 0,894$$

jumlah baris dan kolom untuk tiang vertikal :

$$n \text{ (jumlah baris)} = 2$$

$$m \text{ (jumlah kolom)} = 3$$

$$E_{gv} = 1 - \frac{14,178^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{(3-2) \cdot 2 + (2-1) \cdot 3}{3 \cdot 2} = 0,816$$

Analog untuk kelompok tiang type A dengan beban karakteristik kapal 15.000 DWT dan 20.000 DWT dan untuk kelompok tiang type B dan C dengan beban karakteristik kapal 10.000 DWT, 15.000 DWT, dan 20.000 DWT dengan kemiringan 6:1, 5:1, 4:1, 3:1 dan 2:1 untuk setiap type kelompok tiang bisa dilihat pada tabel 3.13, tabel 3.14, tabel 3.15 halaman 68, tabel 3.16, tabel 3.17, tabel 3.18 halaman 69, tabel 3.19, tabel 3.20 dan tabel 3.21 halaman 70.

Efisiensi tiang apabila diperhitungkan secara keseluruhan dengan tidak memperhitungkan kemiringan tiang untuk type A dengan beban karakteristik kapal 10000 DWT :

jumlah baris dan kolom :

$$n \text{ (jumlah baris)} : 3$$

$$m \text{ (jumlah kolom)} : 3$$

diameter dan jarak antar tiang sama, sehingga $\phi = 14,178^\circ$

$$Eg = 1 - \frac{14,178^\circ}{90^\circ} \cdot \frac{(3-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 3}{3 \cdot 3} = 0,785$$

Analog untuk kelompok tiang type A dengan beban karakteristik kapal 15.000 DWT dan 20.000 DWT dan untuk kelompok tiang type B dan C dengan beban karakteristik kapal 10.000 DWT, 15.000 DWT, dan 20.000 DWT dengan kemiringan 6:1, 5:1, 4:1, 3:1, dan 2:1 untuk setiap type kelompok tiang bisa dilihat pada tabel 3.22, tabel 3.23, tabel 3.24 halaman 71, tabel 3.25, tabel 3.26, tabel 3.27 halaman 72, tabel 3.28, tabel 3.29 dan tabel 3.30 halaman 73.

3.2 Hasil Perhitungan dan Pembahasan

3.2.1 Hasil perhitungan

Tabel 3.8 Hasil perhitungan untuk kelompok tiang type B dengan beban karakteristik kapal 15.000 DWT

m:1	vertikal														
	6:1			5:1			4:1			3:1			2:1		
F (t)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
h (t)	0	3,233	3,857	4,770	6,219	8,795	174,818	17,482	31,737	3,781	5	10	15	5	10
H (t)	210	197,067	194,572	190,920	185,123	174,818	17,482	31,737	3,781	5	10	15	5	10	15
t (t)	21	19,707	19,4572	19,092	18,5123	17,482	31,737	3,781	3,674	3,618	3,58	3,56	3,56	3,58	3,618
d (cm)	34,784	33,696	33,485	33,166	32,659	31,737	3,781	3,674	3,618	3,58	3,56	3,56	3,56	3,58	3,618
x	3,45	3,56	3,58	3,618	3,674	3,781	3,781	3,781	3,781	3,781	3,781	3,781	3,781	3,781	3,781
c (t/m ²)	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
c' (t/m ²)	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10
L (m)	37,83	18,89	12,60	39,05	19,49	13,0	39,30	19,63	13,09	39,68	19,81	13,21	40,29	20,11	13,42
L tot v	50,18	31,24	24,95	51,40	31,85	25,35	51,65	31,98	25,44	52,03	32,16	25,56	52,64	32,47	25,77
L tot m	0	0	0	51,57	32,02	25,52	51,9	32,2	25,68	52,41	32,54	25,94	53,31	33,13	26,44
Vol. btn	66,17	48,16	42,19	64,38	46,94	41,15	64,05	46,73	40,96	63,56	46,39	40,7	62,8	45,9	40,29
ΣV (m ³)	0	0	0	1,788	1,224	1,036	2,122	1,44	1,224	2,607	1,771	1,491	3,363	2,263	1,897

Tabel 3.9 Hasil perhitungan untuk kelompok tiang type B dengan beban karakteristik kapal 20.000 DWT

m:1	vertikal														
	6:1			5:1			4:1			3:1			2:1		
F (t)	383,6	383,6	383,6	383,6	383,6	383,6	383,6	383,6	383,6	383,6	383,6	383,6	383,6	383,6	383,6
h (t)	0	3,984	4,753	6,219	8,795	10,838	17,482	31,737	3,781	5	10	15	5	10	15
H (t)	383,6	367,664	364,588	360,092	352,944	340,248	31,737	3,781	3,674	3,618	3,58	3,56	3,56	3,58	3,618
t (t)	38,36	36,766	36,458	36,009	35,2944	34,024	31,737	3,781	3,674	3,618	3,58	3,56	3,56	3,58	3,618
d (cm)	47,01	46,03	45,83	45,55	45,09	44,28	31,737	3,781	3,674	3,618	3,58	3,56	3,56	3,58	3,618
x	2,553	2,607	2,618	2,634	2,661	2,710	3,781	3,781	3,781	3,781	3,781	3,781	3,781	3,781	3,781
c (t/m ²)	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
c' (t/m ²)	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10
L (m)	34,49	17,22	11,49	35,23	17,59	11,73	35,38	17,67	11,78	35,60	17,77	11,86	35,96	17,96	11,98
L tot v	47,76	30,49	24,76	48,49	30,86	25,00	48,65	30,93	25,05	48,87	31,04	25,13	49,23	31,23	25,25
L tot m	0	0	0	48,68	31,04	25,18	48,91	31,19	25,31	49,28	31,45	25,54	49,94	31,94	25,96
Vol. btn	101,3	71,40	61,46	99,29	69,95	60,2	98,91	69,67	59,98	98,38	69,33	59,69	97,54	68,80	59,25
ΣV (m ³)	0	0	0	2,09	1,45	1,26	2,47	1,73	1,48	3,00	2,07	1,77	3,84	2,60	2,21

Tabel 3.10 Hasil perhitungan untuk kelompok tiang type C dengan beban karakteristik kapal 10.000 DWT

m.1	vertikal															
	6:1				5:1				4:1				3:1		2:1	
F (t)	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
h (t)	0	2,605	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697	2,697
H (t)	168	158,958	157,213	157,213	157,213	157,213	157,213	157,213	157,213	157,213	157,213	157,213	157,213	157,213	157,213	157,213
t (t)	14	13,246	13,101	13,101	13,101	13,101	13,101	13,101	13,101	13,101	13,101	13,101	13,101	13,101	13,101	13,101
d (cm)	28,401	27,626	27,474	27,474	27,474	27,474	27,474	27,474	27,474	27,474	27,474	27,474	27,474	27,474	27,474	27,474
x	4,225	4,34	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37	4,37
c (t/m ²)	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5
c' (t/m ²)	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33
L (m)	32,39	16,17	16,78	33,30	16,62	11,09	33,48	16,71	11,15	33,76	16,85	11,24	34,21	17,08	11,39	35,06
L tot v	43,71	27,48	22,10	44,61	27,94	28,40	44,80	28,03	22,46	45,07	28,17	22,55	45,53	28,39	22,70	46,37
L tot m	0	0	0	44,77	28,09	22,56	45,02	28,25	22,69	45,42	28,51	22,90	46,14	29,00	23,32	47,71
Vol. btn	51,70	39,37	35,28	50,61	38,61	34,63	50,40	38,47	34,51	50,11	38,27	34,34	49,64	37,97	34,09	48,86
ΣV (m ³)	0	0	0	1,097	0,761	0,65	1,303	0,9	0,767	1,599	1,160	0,935	2,06	1,405	1,188	2,844

Tabel 3.11 Hasil perhitungan untuk kelompok tiang type C dengan beban karakteristik kapal 15.000 DWT

m.1	vertikal															
	6:1				5:1				4:1				3:1		2:1	
F (t)	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210	210
h (t)	0	2,979	3,554	3,554	3,554	3,554	3,554	3,554	3,554	3,554	3,554	3,554	3,554	3,554	3,554	3,554
H (t)	210	198,018	195,784	195,784	195,784	195,784	195,784	195,784	195,784	195,784	195,784	195,784	195,784	195,784	195,784	195,784
t (t)	17,5	16,507	16,315	16,315	16,315	16,315	16,315	16,315	16,315	16,315	16,315	16,315	16,315	16,315	16,315	16,315
d (cm)	31,75	30,839	30,66	30,66	30,66	30,66	30,66	30,66	30,66	30,66	30,66	30,66	30,66	30,66	30,66	30,66
x	3,78	3,89	3,91	3,91	3,91	3,91	3,91	3,91	3,91	3,91	3,91	3,91	3,91	3,91	3,91	3,91
c (t/m ²)	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5
c' (t/m ²)	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33
L (m)	38,19	19,04	12,72	39,32	19,63	13,09	39,55	19,74	13,17	39,90	19,92	13,28	40,46	20,20	13,47	41,53
L tot v	50,41	31,25	25,07	51,67	31,98	25,44	51,77	31,93	25,38	52,25	32,27	25,63	52,81	32,55	25,82	53,88
L tot m	0	0	0	51,84	32,15	25,61	52,15	32,34	25,76	52,63	32,65	26,01	53,48	33,22	26,49	55,34
Vol. btn	66,37	48,17	42,29	64,85	47,19	41,33	64,41	46,89	41,04	64,08	46,68	40,91	63,37	46,22	40,53	62,16
ΣV (m ³)	0	0	0	1,526	0,976	0,959	1,281	1,957	1,255	2,293	1,488	1,387	2,997	1,95	1,768	4,206

Tabel 3.12 Hasil perhitungan untuk kelompok tiang type C dengan beban karakteristik kapal 20.000 DWT

m.1	vertikal																	
	6:1			5:1			4:1			3:1			2:1					
F (t)	383,6			383,6			383,6			383,6			383,6			383,6		
h (t)	0			3,594			4,287			5,302			6,913			9,776		
H (t)	383,6			369,225			366,452			362,393			355,949			344,496		
t (t)	31,967			30,769			30,538			30,199			29,662			28,708		
d (cm)	42,916			42,104			41,946			41,713			41,340			40,67		
x	2,79			2,85			2,86			2,88			2,9			2,95		
c (t/m ²)	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15	5	10	15
c' (t/m ²)	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10	3,33	6,67	10
L (m)	34,08	17,01	11,34	34,73	17,34	11,56	34,87	17,40	11,61	35,06	17,50	11,67	35,38	17,66	11,78	35,96	17,95	11,97
L tot v	47,35	30,28	24,61	48,00	30,61	24,83	48,14	30,67	24,88	48,33	30,77	24,94	48,65	30,93	25,05	49,23	31,22	25,24
L tot m	0	0	0	48,19	30,79	25,02	48,40	30,94	25,14	48,74	31,18	25,35	49,37	31,65	25,77	50,80	32,79	26,81
Vol btn	100,6	71,05	61,21	98,79	69,73	60,08	98,45	69,49	59,88	97,96	69,17	59,61	97,22	68,69	59,16	96,05	67,97	58,64
ΣV (m ³)	0	0	0	1,881	1,319	1,135	2,219	1,551	1,329	2,708	1,878	1,602	3,447	2,36	1,999	4,63	3,08	2,566

Tabel 3.13 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT

s = 140 cm

m = 3

n = 3

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	36,24	35,37	35,19	34,94	34,54	33,81
ϕ°	14,513	14,179	14,109	14,013	13,859	13,577
Eg	0,785	0,790	0,791	0,792	0,795	0,799

Tabel 3.14 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 15.000 DWT

s = 140 cm

m = 3

n = 3

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	48,13	47,17	46,99	46,71	46,28	45,49
ϕ°	18,972	18,620	18,554	18,451	18,292	18,000
Eg	0,719	0,724	0,725	0,727	0,729	0,733

Tabel 3.15 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 20.000 DWT

s = 140 cm

m = 3

n = 3

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	55,78	54,79	54,61	54,33	53,88	53,07
ϕ°	21,724	21,373	21,309	21,210	21,050	20,760
Eg	0,678	0,683	0,684	0,686	0,688	0,692

Tabel 3.16 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT

s = 120 cm

m = 4

n = 3

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	31,112	30,181	29,999	29,729	29,297	28,511
ϕ°	14,535	14,118	14,036	13,914	13,719	13,365
Eg	0,771	0,777	0,779	0,781	0,784	0,789

Tabel 3.17 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 15.000 DWT

s = 120 cm

m = 4

n = 3

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	34,784	33,696	33,482	33,166	32,659	31,737
ϕ°	16,165	15,685	15,589	15,449	15,225	14,814
Eg	0,746	0,753	0,755	0,757	0,760	0,767

Tabel 3.18 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 20.000 DWT

s = 120 cm

m = 4

n = 3

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	47,01	46,03	45,83	45,55	45,09	44,28
ϕ°	21,393	20,986	20,903	20,786	20,594	20,254
Eg	0,663	0,669	0,671	0,673	0,676	0,681

Tabel 3.19 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type C secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT

s = 120 cm

m = 4

n = 3

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	28,401	27,626	27,474	27,250	26,891	26,239
ϕ°	13,315	12,964	12,896	12,794	12,631	12,334
Eg	0,790	0,796	0,797	0,799	0,801	0,806

Tabel 3.20 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type C secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 15.000 DWT

s = 120 cm

m = 4

n = 3

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	31,75	30,839	30,66	30,394	29,970	29,199
ϕ°	14,820	14,413	14,332	14,213	14,023	13,676
Eg	0,767	0,773	0,774	0,776	0,779	0,785

Tabel 3.21 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type C secara keseluruhan dengan berat karakteristik kapal 20.000 DWT

s = 120 cm

m = 4

n = 3

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	42,916	42,104	42,113	41,921	41,613	41,062
ϕ°	19,679	19,334	19,338	19,253	19,125	18,890
Eg	0,690	0,696	0,696	0,697	0,699	0,703

Tabel 3.22 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT

s = 140 cm

m miring = 3

m vertikal = 3

n miring = 1

n vertikal = 2

m:l	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	36,24	35,37	35,19	34,94	34,54	33,81
ϕ°	14,513	14,179	14,109	14,013	13,859	13,577
Egm	0,892	0,894	0,895	0,896	0,897	0,899
Egv	0,811	0,816	0,817	0,818	0,820	0,824

Tabel 3.23 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A dengan berat karakteristik kapal 15.000 DWT

s = 140 cm

m miring = 3

m vertikal = 3

n miring = 1

n vertikal = 2

m:l	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	48,13	47,17	46,99	46,71	46,28	45,49
ϕ°	18,972	18,620	18,554	18,451	18,292	18,000
Egm	0,859	0,862	0,862	0,863	0,864	0,866
Egv	0,754	0,758	0,759	0,760	0,762	0,766

Tabel 3.24 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type A dengan berat karakteristik kapal 20.000 DWT

s = 140 cm

m miring = 3

m vertikal = 3

n miring = 1

n vertikal = 2

m:l	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	55,78	54,79	54,61	54,33	53,88	53,07
ϕ°	21,724	21,373	21,309	21,210	21,050	20,760
Egm	0,839	0,841	0,842	0,842	0,844	0,846
Egv	0,718	0,722	0,723	0,725	0,727	0,730

Tabel 3.25 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT

s = 120 cm

m miring = 4

m vertikal = 4

n miring = 1

n vertikal = 2

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	31,112	30,181	29,999	29,729	29,297	28,511
ϕ°	14,535	14,118	14,036	13,914	13,719	13,365
Egm	0,878	0,882	0,883	0,884	0,885	0,888
Egv	0,798	0,803	0,805	0,806	0,809	0,814

Tabel 3.26 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B dengan berat karakteristik kapal 15.000 DWT

s = 120 cm

m miring = 4

m vertikal = 4

n miring = 1

n vertikal = 2

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	34,784	33,696	33,482	33,166	32,659	31,737
ϕ°	16,165	15,685	15,589	15,449	15,225	14,814
Egm	0,865	0,869	0,870	0,871	0,873	0,876
Egv	0,775	0,784	0,783	0,785	0,788	0,794

Tabel 3.27 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type B dengan berat karakteristik kapal 20.000 DWT

s = 120 cm

m miring = 4

m vertikal = 4

n miring = 1

n vertikal = 2

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	47,01	46,03	45,83	45,55	45,09	44,28
ϕ°	21,393	20,986	20,903	20,786	20,594	20,254
Egm	0,821	0,825	0,825	0,826	0,828	0,831
Egv	0,702	0,708	0,709	0,711	0,713	0,718

Tabel 3.28 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type C dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT

s = 120 cm

m miring = 4

m vertikal = 4

n miring = 1

n vertikal = 2

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	28,401	27,626	27,474	27,250	26,891	26,239
ϕ°	13,315	12,964	12,896	12,794	12,631	12,334
Egm	0,890	0,891	0,892	0,893	0,894	0,897
Egv	0,817	0,819	0,820	0,822	0,824	0,828

Tabel 3.29 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type C dengan berat karakteristik kapal 15.000 DWT

s = 120 cm

m miring = 4

m vertikal = 4

n miring = 1

n vertikal = 2

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	31,75	30,839	30,66	30,394	29,970	29,199
ϕ°	14,820	14,413	14,332	14,213	14,023	13,676
Egm	0,876	0,879	0,880	0,881	0,883	0,886
Egv	0,794	0,799	0,800	0,802	0,805	0,810

Tabel 3.30 Efisiensi satu tiang pada kelompok tiang type C dengan berat karakteristik kapal 20.000 DWT

s = 120 cm

m miring = 4

m vertikal = 4

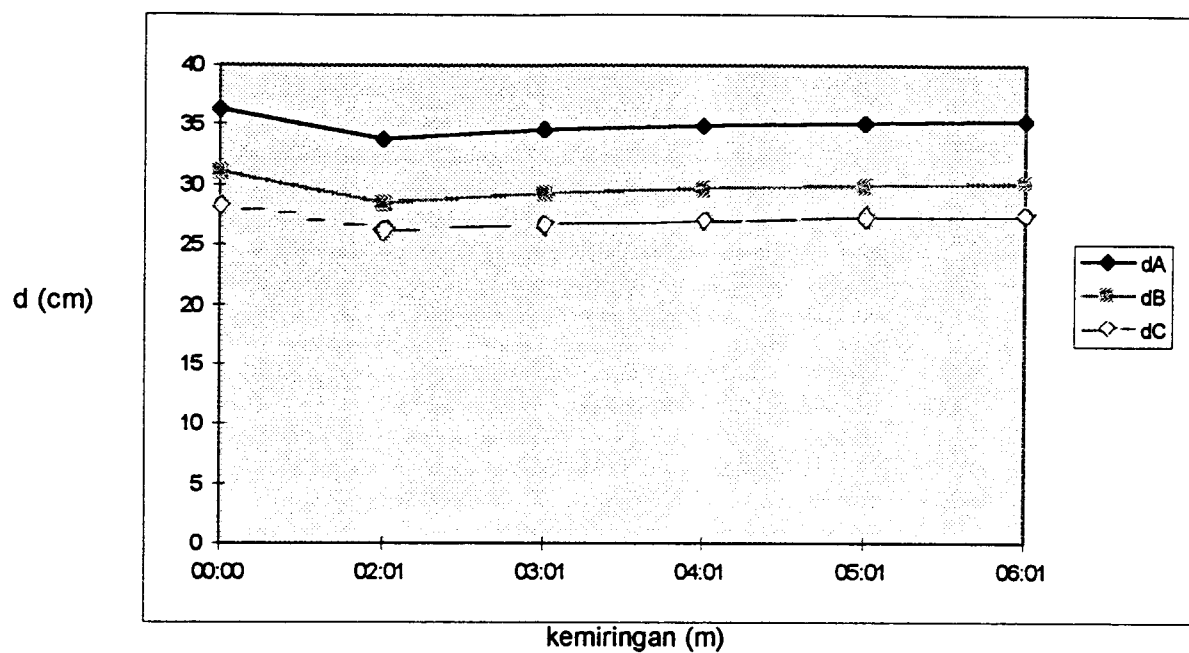
n miring = 1

n vertikal = 2

m:1	vertikal	6:1	5:1	4:1	3:1	2:1
d (cm)	42,916	42,104	42,113	41,921	41,613	41,062
ϕ°	19,679	19,334	19,338	19,253	19,125	18,890
Egm	0,836	0,838	0,838	0,839	0,840	0,842
Egv	0,726	0,731	0,731	0,732	0,734	0,737

Grafik hubungan antara kemiringan dan diameter tiang untuk beban karakteristik kapal
10.000 DWT

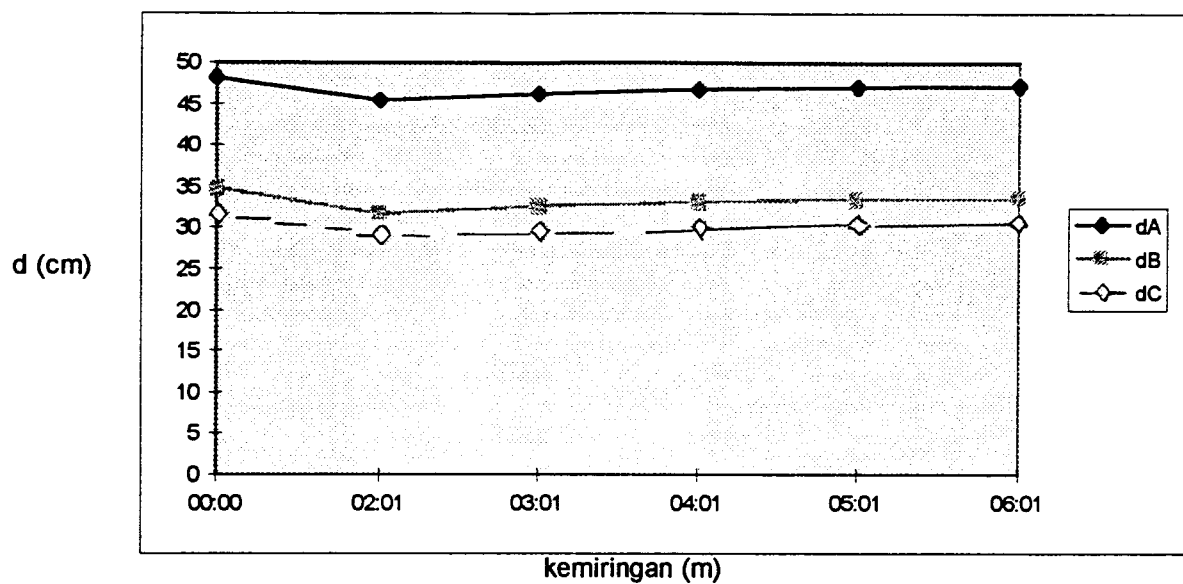
m:1	dA	dB	dC
00:00	36,24	31,112	28,401
02:01	33,81	28,511	26,239
03:01	34,54	29,297	26,891
04:01	34,94	29,729	27,25
05:01	35,19	29,999	27,474
06:01	35,37	30,181	27,626



Gambar 3.10 Grafik hubungan antara kemiringan dan diameter tiang
dengan beban karakteristik kapal 10.000 DWT

Grafik hubungan antara kemiringan dan diameter tiang dengan beban karakteistik kapal
15.000 DWT

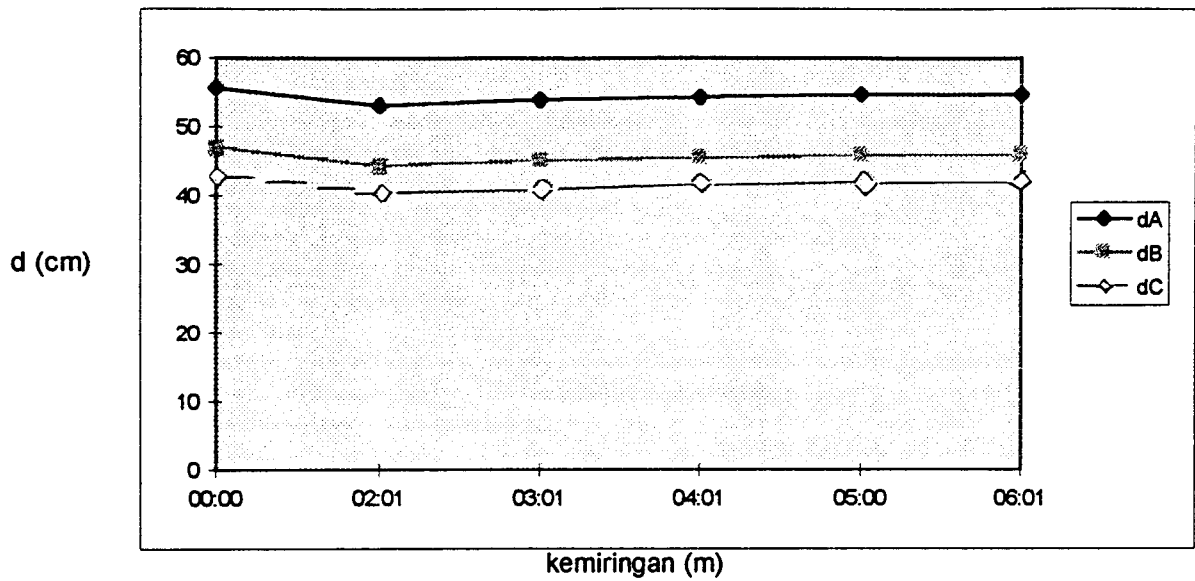
m:1	dA	dB	dC
00:00	48,13	34,784	31,75
02:01	45,49	31,737	29,199
03:01	46,28	32,659	29,97
04:01	46,71	33,166	30,394
05:01	46,99	33,485	30,66
06:01	47,17	33,696	30,839



Gambar 3.11 Grafik hubungan antara kemiringan dan diameter tiang
dengan beban karakteristik kapal 15.000 DWT

Grafik hubungan antara kemiringan dan diameter tiang dengan beban karakteristik kapal
20.000 DWT

m:1	dA	dB	dC
00:00	55,78	47,01	42,916
02:01	53,07	44,28	40,67
03:01	53,88	45,09	41,34
04:01	54,33	45,55	41,713
05:00	54,61	45,83	41,946
06:01	54,79	46,03	42,164



Gambar 3.12 Grafik hubungan antara kemiringan dan diameter tiang
dengan beban karakteristik kapal 20.000 DWT

3.2.2 Pembahasan

Tiang pancang kelompok untuk menahan gaya lateral direncanakan dengan menggunakan tiang pancang yang dimiringkan. Gaya lateral yang besar dalam perhitungan digunakan gaya tumbukan kapal untuk beberapa berat karakteristik kapal seperti yang telah ditentukan sebagai parameter. Besarnya gaya lateral tersebut dapat direduksi dengan tiang miring, dengan kemiringan yang sesuai dan ekonomis dalam perencanaan.

Dari hasil perhitungan yang telah diuraikan, gaya lateral yang bekerja ditahan oleh tiang pancang miring dan tiang pancang vertikal pada tiang pancang kelompok dapat dibandingkan :

- a. besarnya gaya lateral yang bisa direduksi oleh kelompok tiang, diameter tiang pancang, jarak antar tiang pancang, panjang tiang dan volume beton yang digunakan.
- b. Efisiensi pondasi.

Dalam perhitungan terdapat variabel pembanding yang sama yaitu gaya lateral yang bekerja pada pondasi kelompok tiang, nilai koefisien, kemiringan yang digunakan, disamping batasan masalah maupun batasan parameter yang diambil.

1. Besarnya gaya lateral yang bisa direduksi oleh kelompok tiang

Kemampuan tiang untuk mereduksi gaya lateral yang terjadi merupakan parameter besarnya beban horisontal yang dipikul oleh satu tiang. Analisa besarnya beban lateral yang dapat dipikul pondasi dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui data-data beban horisontal yang bekerja, kemiringan tiang, besarnya beban lateral yang bisa direduksi oleh

satu tiang, besarnya gaya lateral yang bisa direduksi oleh kelompok tiang, diameter tiang yang diperhitungkan berdasarkan kekuatan geser tiang, kedalaman pondasi serta data pendukung seperti mutu beton dan baja yang digunakan.

Hasil perhitungan yang telah diuraikan sebelumnya dapat diambil contoh misalnya, kelompok tiang type A dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT dengan nilai $c = 10 \text{ t/m}^2$, gaya lateral yang terjadi adalah 182,4 t. Apabila digunakan tiang pancang yang dimiringkan dengan kemiringan 6 : 1, gaya lateral yang dapat direduksi sebesar 2,906 t untuk setiap tiang pancang yang dimiringkan.

Berkurangnya gaya lateral yang terjadi mengakibatkan diameter yang digunakan lebih kecil yaitu sebesar 35,37 cm dengan panjang tiang 28,17 m, sehingga volume beton pada kelompok tiang type A dengan kemiringan 6 : 1 adalah $39,34 \text{ m}^3$. Sedangkan untuk kemiringan tiang pancang 2 : 1, gaya lateral yang dapat direduksi oleh tiap tiang pancang miring adalah 7,905 t, sehingga diameter tiang pancang yang digunakan 33,81 cm dengan panjangnya 30,12 m dan volume betonnya adalah $38,31 \text{ m}^3$. Selisih volume beton dengan kemiringan tiang pancang 6 : 1 dan kemiringan 2 : 1 adalah $39,34 - 38,31 = 1,03 \text{ m}^3$, dalam prosentase selisih volume beton tersebut adalah $\frac{1,03}{39,34} \cdot 100\% = 2,6182\%$

Kelompok tiang type A apabila menggunakan tiang pancang vertikal semua dalam menahan gaya lateral yang terjadi maka diameter tiang pancang yang digunakan adalah 36,24 cm dengan panjang tiang 27,61 m dan volume betonnya adalah $40,06 \text{ m}^3$. Apabila dibandingkan dengan digunakannya tiang pancang miring dengan kemiringan 6 : 1 maka, tiang pancang vertikal semua mempunyai diameter yang lebih besar namun panjang lebih

pendek. Volume beton yang digunakan untuk tiang pancang vertikal semua lebih besar dibandingkan dengan digunakannya tiang pancang miring pada kelompok tiang tersebut. Selisih volume betonnya adalah $40,06 - 39,34 = 0,72 \text{ m}^3$ atau dalam prosentase sebesar $\frac{0,72}{40,06} \cdot 100\% = 1,7973\%$. Untuk tiang pancang dengan kemiringan 2 : 1, akan memiliki

selisih volume beton yang lebih besar.

Hasil perhitungan dengan tabel-tabel yang telah disajikan menunjukkan semakin miring tiang dipancang, beban lateral yang dapat direduksi semakin besar, sehingga diameter tiang yang digunakan semakin kecil, tetapi tiang semakin panjang.

2. Efisiensi satu tiang dalam kelompok

Besarnya efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang menunjukkan tingkat penggunaan atau kapasitas dari tiang dalam menahan beban. Tiang pancang yang digabung pada bagian pelat (poer) menjadi satu kelompok, jika kapasitas tersebut merupakan jumlah dari beberapa tiang pancang individu, maka efisiensi kelompok = 1.

Pada perbandingan antara diameter yang berbeda dan jarak antar tiang yang sama, efisiensi ditentukan oleh jumlah baris dan kolom kelompok tiang. Efisiensi satu tiang dalam kelompok akan kecil jika jumlah baris atau kolom semakin besar.

BAB IV

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil studi literatur yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan volume beton yang digunakan untuk tiang pancang kelompok, dengan gaya lateral yang sama penggunaan tiang pancang miring mempunyai volume beton yang lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan tiang pancang vertikal secara keseluruhan pada konstruksi dolphin.
2. Untuk type B dan type C dengan berat karakteristik kapal 10.000 DWT dan 15.000 DWT, dipilih type B dengan kemiringan 5:1, bila dibandingkan dengan type C, volume beton yang digunakan lebih sedikit untuk menahan gaya lateral yang bekerja dengan jarak tiang pancang sama. Bila dibandingkan dengan kemiringan yang lain, ruang yang diperlukan tidak terlalu panjang.
3. Untuk berat karakteristik kapal 10.000 DWT, type tiang dipergunakan type tiang B dengan kemiringan 1:5, bila dibandingkan dengan type A volume beton yang digunakan lebih sedikit, diameter tiang lebih kecil, panjang tiang lebih pendek. Dan bila dibandingkan dengan kemiringan yang lain, ruang yang diperlukan tidak terlalu luas.
4. Semakin banyak jumlah baris dan kolom yang digunakan, semakin kecil efisiensi satu tiang dalam kelompok., tetapi semakin besar daya dukung kelompok tiang.

4.2 Saran

Melihat dari studi literatur ini terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan :

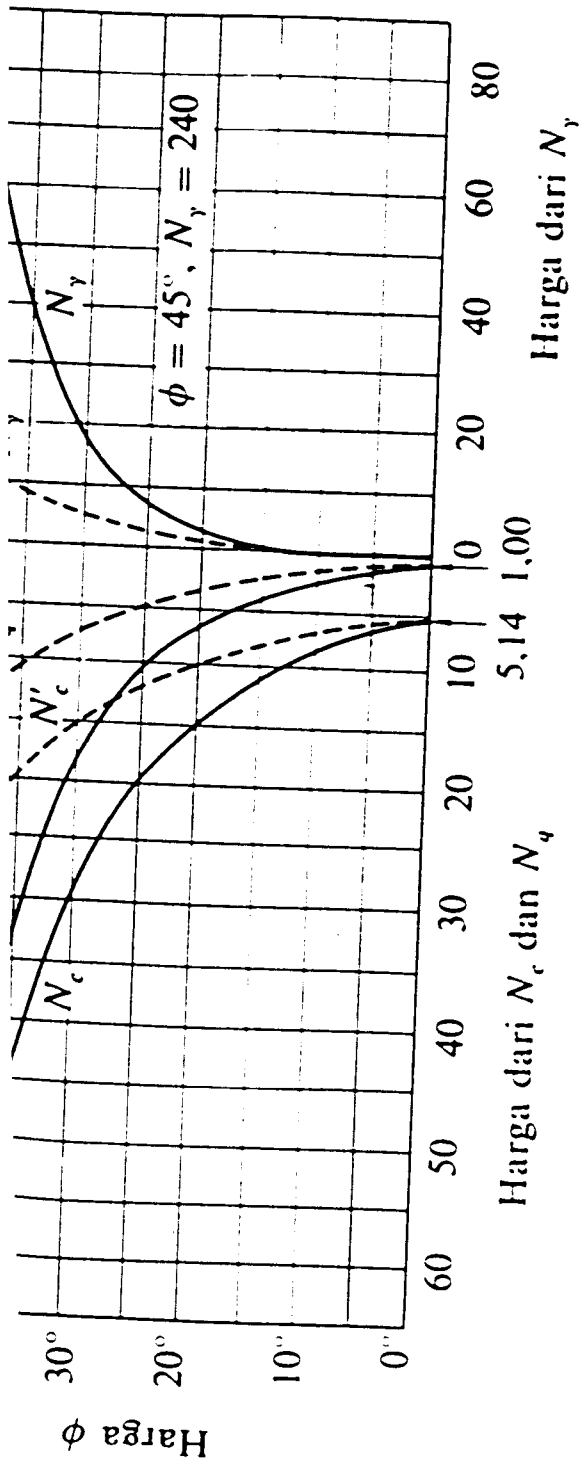
1. Perlu diadakan perhitungan yang lebih teliti untuk daerah tertentu dengan data tanah yang diambil dari test laboratorium, misalnya sudut gesek tanah, kohesi, dan karakteristik yang lain yang akan membantu dalam perhitungan.
2. Perlu diadakan perhitungan yang lebih teliti untuk jenis tanah yang lain, yang dapat digunakan sebagai pembandingan atas perhitungan yang sudah dilakukan.
3. Perlu diadakan perhitungan untuk jenis beban, formasi tiang dan jenis kapal yang lebih bervariasi lagi, untuk dijadikan sebagai pelengkap atas perhitungan yang sudah ada.
4. Perlu adanya program komputer untuk mempercepat proses perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alonzo DeF. Quinn, 1972, DESIGN and CONSTRUCTION of MARINE STRUCTURE, Edisi Kedua, MC Graw Hill Book Company, New York.
- Bambang Triatmodjo, DR, Ir., CES., DEA, 1996, PELABUHAN, Cetakan pertama, Beta Offset.
- Bowles, J.E., 1986, SIFAT-SIFAT FISIS DAN GEOTEKNIS TANAH, Edisi kedua, Airlangga Jakarta.
- Bowles, J. E., 1986, ANALISA DAN DESAIN PONDASI JILID II, Cetakan ketiga, Airlangga, Jakarta.
- Braja M. Das, 1991, MEKANIKA TANAH (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) JILID I, Cetakan kedua, Airlangga, Jakarta.
- K. Basah Suryolelono, 1994, TEKNIK FONDASI BAGIAN II, Cetakan pertama, Nafiri Yogyakarta
- M.J. Tomlinson, CEng, FICE, Fistrucfe, 1977, PILE DESIGN and CONSTRUCTURE PRACTICE, Edisi pertama , A Viewpoint Publication.

- S. Sosrodarsono, DR. Ir. , dan Kazuto Nakazawa, 1984, MEKANIKA TANAH DAN TEKNIK PONDASI, Edisi ketiga, PT Pradnya Paramita, Jakarta
- Sardjono HS, Ir. , 1984, PONDASI TIANG PANCANG JILID I, Cetakan pertama, Sinar Wijaya, Surabaya.
- Sardjono HS, Ir. , 1991 , PONDASI TIANG PANCANG JILID II, Cetakan kedua, Sinar Wijaya, Surabaya.
- Soedjono Kramadibrata, 1985, PERENCANAAN PELABUHAN , Ganeca Exact, Bandung.
- Soehardjito Pradoto, DR, Ir, 1988, TEKNIK PONDASI, PAU ITB Bandung

LAMPIRAN



Gbr. 2.20 Koefisien kapasitas daya dukung.

Tabel 2.1 Koefisien daya dukung dari Terzaghi.

σ	N_c	N_q	N_y	N'_c	N'_q	N'_y
0°	5,71	1,00	0	3,81	1,00	0
5°	7,32	1,64	0	4,48	1,39	0
10°	9,64	2,70	1,2	5,34	1,94	0
15°	12,8	4,44	2,4	6,46	2,73	1,2
20°	17,7	7,43	4,6	7,90	3,88	2,0
25°	25,1	12,7	9,2	9,86	5,60	3,3
30°	37,2	22,5	20,0	12,7	8,32	5,4
35°	57,8	41,4	44,0	16,8	12,8	9,6
40°	95,6	81,2	114,0	23,2	20,5	19,1
45°	172	173	320	34,1	35,1	27,0

Lampiran II Dimensi kapal pada pelabuhan (Bambang Triatmodjo, 1996)

Tabel 1.2. Dimensi kapal pada pelabuhan

Tipe Pelabuhan	Dimensi Kapal			Panj. Dermg. (m)
	Bobot (DWT)	Draft (m)	Panjang (m)	
1. Gate way port				
a. Kapal kontainer	15.000-25.000	9,0-12,0	175-285	300
b. Kapal barang umum	8.000-20.000	8,0-10,0	135-185	200
c. Kapal brng dr colector port	5.000-7.000	7,5	100-130	150
d. Kapal penumpang	3.000-5.000	5,0-6,0	100-135	165
2. Collector Port				
Kapal barang				
a. Dari Pelabuhan Pengumpul	5.000-7.000	7,5	100-130	150
b. Dari Pelabuhan Cabang	500-3.000	4,0-6,0	50-90	110
3. Trunk port				
a. Kapal barang				
- Dari Pelabuhan Pengumpul	500-3.000	4,0-6,0	50-90	110
- Dari Pelabuhan Feeder	500-1.000	6,0		75
b. Kapal Perintis	700-1.000	6,0		75
4. Feeder port				
a. Kapal barang	< 1000	6,0		
b. Kapal perintis	500-1.000	6,0		75

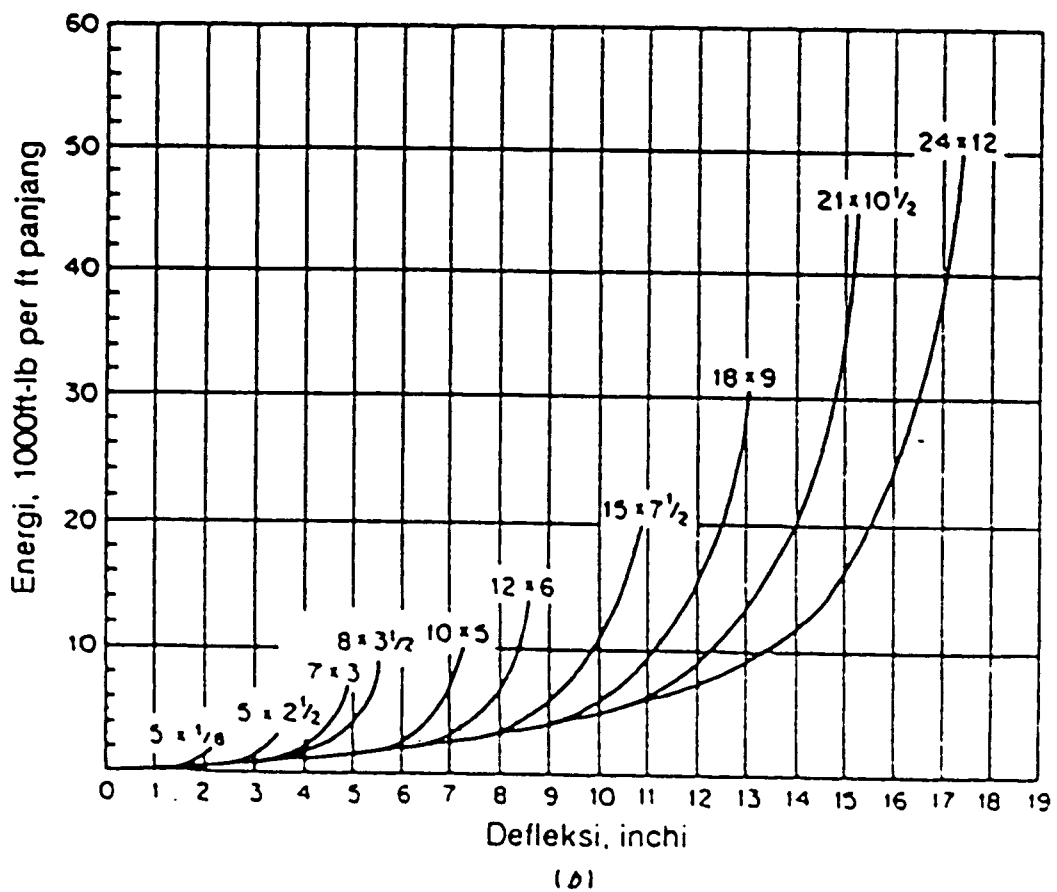
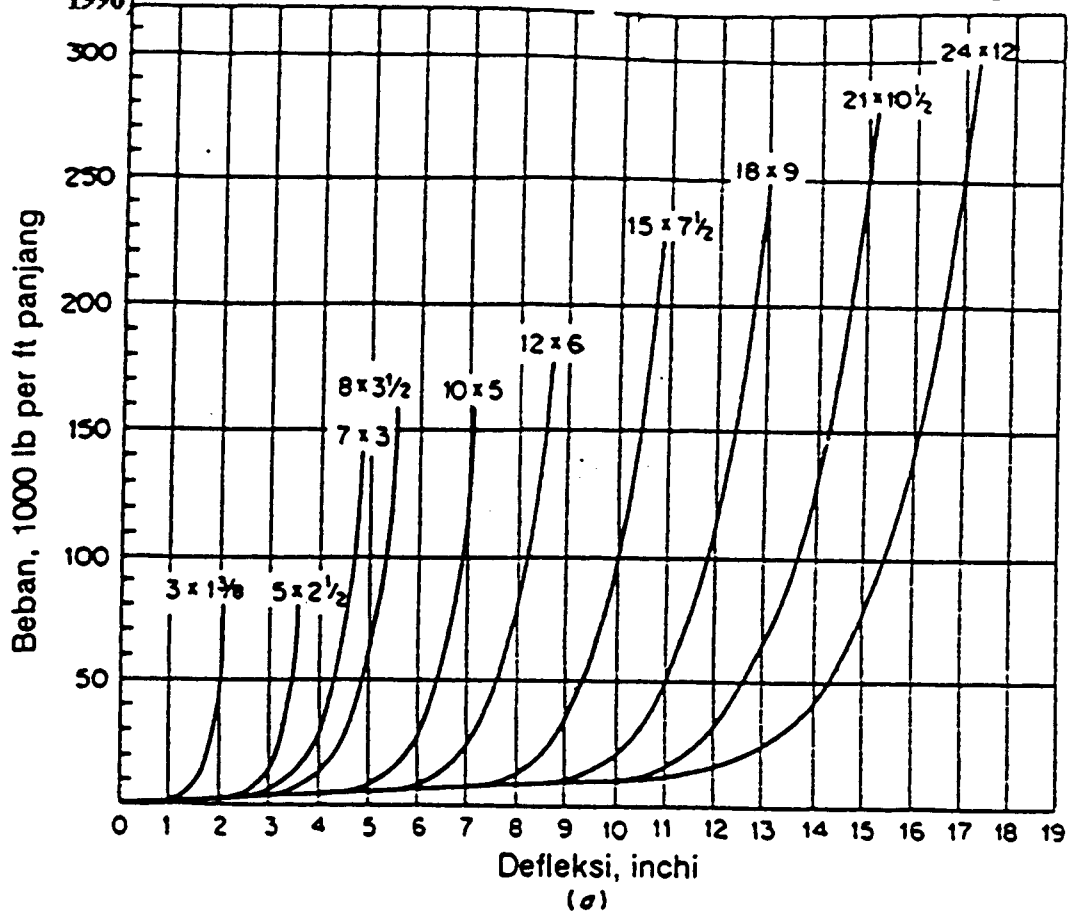
Lampiran III Karakteristik kapal (Bambang Triatmodjo, 1996)

Tabel 1.1. Karakteristik kapal

Bobot	Panjang Loa (m)	Lebar (m)	Draft (m)	Bobot	Panjang Loa (m)	Lebar (m)	Draft (m)
Kapal Penumpang (GRT)				Kapal Minyak (lanjutan)			
500	51	10,2	2,9	20.000	152	24,9	9,8
1.000	68	11,9	3,6	30.000	185	28,3	10,9
2.000	88	13,2	4,0	40.000	204	30,9	11,8
3.000	99	14,7	4,5	50.000	219	33,1	12,7
5.000	120	16,9	5,2	60.000	232	35,0	13,6
8.000	142	19,2	5,8	70.000	244	36,7	14,3
10.000	154	20,9	6,2	80.000	255	38,3	14,9
15.000	179	22,8	6,8	Kapal Barang Curah (DWT)			
20.000	198	24,7	7,5	10.000	140	15,7	8,1
30.000	230	27,5	8,5	15.000	157	21,5	9,0
Kapal Barang (DWT)				20.000	170	23,7	9,8
700	58	9,7	3,7	30.000	192	27,3	10,6
1.000	64	10,4	4,2	40.000	208	30,2	11,4
2.000	81	12,7	4,9	50.000	222	32,6	11,9
3.000	92	14,2	5,7	70.000	244	37,8	13,3
5.000	109	16,4	6,8	90.000	250	38,5	14,5
8.000	126	18,7	8,0	100.000	275	42,0	16,1
10.000	137	19,9	8,5	150.000	313	44,5	18,0
15.000	153	22,3	9,3	Kapal Ferry (GRT)			
20.000	177	23,4	10,0	1.000	73	14,3	3,7
30.000	186	27,1	10,9	2.000	90	16,2	4,3
40.000	201	29,4	11,7	3.000	113	15,9	4,9
50.000	216	31,5	12,4	4.000	127	20,2	5,3
Kapal Minyak (DWT)				6.000	138	22,4	5,9
700	50	8,5	3,7	8.000	155	21,5	6,1
1.000	61	9,8	4,9	10.000	170	25,4	6,5
2.000	77	12,2	5,0	13.000	188	27,1	6,7
3.000	88	13,8	5,6	Kapal peti kemas (DWT)			
5.000	104	16,2	6,5	20.000	201	27,1	10,6
10.000	130	20,1	8,0	30.000	237	30,7	11,6
15.000	148	22,8	9,0	40.000	263	33,5	12,4
				50.000	280	35,5	13,0

Catatan : (DWT), (GRT) : bobot kapal dalam DWT atau GRT

Lampiran VI Grafik gaya defleksi fender karet silinder (Bambang Triatmodjo, 1996)



Gambar 7.5. Grafik gaya-defleksi fender karet silinder