

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PONDASI TIANG PADA MARINE STRUCTURE  
(BREASTING DOLPHIN) MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT  
ANALYSIS**

Diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik Strata 1 (S-1)



**Nama : Solakhudin**

**NIM : 41112110048**

**UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**2016**



**LEMBAR PENGESAHAN SIDANG  
SARJANA  
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

**Q**

Semester : Genap

Tahun Akademik : 2017

Tugas akhir ini untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata 1 (S-1), Program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Perencanaan dan Desain, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

**Judul Tugas Akhir** : Analisis pondasi tiang pada Marine Structure (Breasting Dolphin) menggunakan finite element analysis.

Disusun oleh :

**Nama** : Solakhudin  
**NIM** : 41112110048  
**Jurusan/Program Studi** : Teknik Sipil

Telah diperiksa dan dinyatakan LULUS pada sidang sarjana tanggal 26 Februari 2017.

**Pembimbing**



**Ir. Desiana Vidayanti, MT**

**Ketua Penguji**

**Acep Hidayat, ST. MT**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil**

**Acep Hidayat, ST. MT**

	<b>LEMBAR PERNYATAAN SIDANG SARJANA PRODI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MERCU BUANA</b>	
-----------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Solakhudin  
 Nomor Induk Mahasiswa : 4112110048  
 Program Studi : Teknik Sipil  
 Fakultas : Teknik

Menyatakan bahwa Tugas Akhir ini merupakan kerja asli, bukan jiplakan (duplikat) dari karya orang lain. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi berupa pembatalan gelar kesarjanaan saya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat dipertanggung jawabkan sepenuhnya.

Jakarta, 04 Maret 2017

**Yang memberikan pernyataan**

  
 Solakhudin

## KATA PENGANTAR

“Alhamdulillahirobbil’alamiin”, Segala puji hanya milik Allah SWT ; penguasa alam semesta yang mampu menggenggam langit dan bumi, sehingga dengan ijin-Nya proses penyusunan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Perencanaan Pondasi Tiang Pada Struktur Dermaga (Jetty) menggunakan *Finite Element Analysis*”. Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan Program Strata 1 (S-1) Sarjana Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dengan meluangkan waktu, pikiran, tenaga serta materi kepada penulis, baik secara langsung ataupun tidak langsung sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan tepat waktu. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak dan ibu yang senantiasa mengiringi langkah penulis dengan doa dan dukungannya.
2. Istri tercinta Ati Nuryani, Anak-anak tersayang Faddley Adruz Ibnu Solakhudin dan Al-khawarizmi Ibnu Solakhudin yang selalu memberikan doa dan dukungannya serta waktu yang telah direlakannya bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Ir. Desiana Vidayanti, MT selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Acep Hidayat, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.

5. Bapak Ibu Dosen yang telah mendidik dan memberi bekal ilmu kepada penulis selama mengikuti studi pada Program Studi Teknik Sipil.
6. Seluruh staf Tata Usaha Program Studi Teknik Sipil, Pak Sukadi dan Mas Fakhri yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
7. Rekan-rekan Teknik Sipil angkatan 2012 yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan, kritik dan saran kepada penulis.

Banyak hal yang telah dilakukan penulis untuk menyempurnakan laporan Tugas Akhir ini, tetapi dengan segala keterbatasan ilmu dan keterampilan yang dimiliki semoga dapat dimaklumi jika suatu saat ditemukan kekurangan. Oleh karena itu segala kritik dan saran akan sangat berarti untuk memperbaiki di waktu yang akan datang. Semoga bermanfaat bagi pembacanya. Amiiin

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 04 November 2016

Solakhudin

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	
ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR NOTASI .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN .....	I-1
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Identifikasi Masalah .....	I-1
1.3 Perumusan Masalah .....	I-2
1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	I-3
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-3
1.6 Pembatasan dan Ruang Lingkup .....	I-4
1.7 Sistematika Penulisan .....	I-5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	II-1
2.1 <i>Marine Structure</i> .....	II-1
2.1.1 <i>Breasting dolphin</i> .....	II-2
2.2 <i>Soil Invetigation</i> (Penyelidikan Tanah) .....	II-1
2.2.1 <i>Test pit</i> .....	II-2
2.2.2 <i>Boring</i> .....	II-2
2.2.3 <i>In – situ test</i> .....	II-2

2.2.4	Penentuan parameter tanah .....	II-3
2.3	Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal, $Q_u$ .....	II-9
2.3.1	Daya dukung ujung, $Q_p$ .....	II-10
2.3.2	Daya dukung kulit, $Q_s$ .....	II-11
2.3.3	Daya dukung ijin, $Q_{all}$ .....	II-12
2.3.4	Gesekan kulit negatif .....	II-13
2.3.5	Tahanan tarik tiang .....	II-14
2.4	Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal .....	II-15
2.4.1	Tiang vertikal .....	II-15
2.4.2	Batter piles .....	II-17
2.4.3	Mekanisme kegagalan batter piles .....	II-18
2.4.4	Faktor kekakuan relatif batter piles.....	II-20
2.5	Daya Dukung Kelompok Tiang .....	II-21
2.5.1	Efisiensi kelompok tiang, $E_g$ .....	II-23
2.5.2	Daya dukung kelompok tiang, $\sum Q_{g(u)}$ .....	II-23
2.5.3	Daya dukung ijin kelompok tiang, $\sum Q_{g(all)}$ .....	II-24
2.6	Penurunan Tiang .....	II-24
2.6.1	Penurunan elastis tiang tunggal, $S_e$ .....	II-25
2.6.2	Penurunan elastis kelompok tiang, $S_g$ .....	II-26
2.6.3	Penurunan konsolidasi kelompok tiang, $\Delta S_{c(g)}$ .....	II-27
2.7	<i>Liquefaction</i> (Likuifaksi) .....	II-28
2.7.1	Kerentanan terhadap likuifaksi .....	II-28
2.7.2	Penyebab likuifaksi .....	II-29

2.7.3	Evaluasi terhadap likuifaksi dengan pendekatan .....	II-29
2.7.4	Pengaruh likuifaksi .....	II-32
2.8	<i>Primary load</i> dan <i>Load Combination</i> .....	II-33
2.8.1	<i>Primary load</i> (beban pokok) .....	II-33
2.8.2	<i>Load combination</i> (beban kombinasi) .....	II-42
2.9	STAAD Pro V8i .....	II-43
2.10	Plaxis 3D Foundation .....	II-43
2.11	Penelitian Sebelumnya .....	II-44
<b>BAB III</b>	<b>METODE PENELITIAN .....</b>	<b>III-1</b>
3.1	Objek Penelitian .....	III-1
3.1.1	Pendahuluan .....	III-1
3.1.2	Pemodelan struktur .....	III-2
3.2	Lokasi Proyek .....	III-2
3.3	Metode Pengumpulan Data .....	III-4
3.3.1	Data kapal .....	III-4
3.3.2	Data lingkungan .....	III-5
3.3.3	Data struktur .....	III-7
3.3.4	<i>Soil data</i> (data tanah) .....	III-9
3.3.5	Kode dan standar .....	III-11
3.4	Diagram Alir Penelitian .....	III-12
3.4.1	Diagram alir global.....	III-12
3.4.2	Diagram alir detail.....	III-14
<b>BAB IV</b>	<b>PEMBAHASAN DAN HASIL .....</b>	<b>IV-1</b>



4.1	Analisis Pembebanan .....	IV-1
4.1.1	<i>Dead load</i> (beban mati) .....	IV-1
4.1.2	<i>Superimposed dead load</i> (beban mati tambahan) .....	IV-1
4.1.3	<i>Live load</i> (beban mati) .....	IV-1
4.1.4	<i>Current load</i> (beban arus) .....	IV-1
4.1.5	<i>Wind load</i> (beban angin) .....	IV-4
4.1.6	<i>Wave load</i> (beban gelombang) .....	IV-7
4.1.7	<i>Berthing load</i> (beban sandar kapal) .....	IV-9
4.1.8	<i>Mooring load</i> (beban tambat kapal) .....	IV-13
4.1.9	<i>Seismic load</i> (beban gempa) .....	IV-17
4.1.10	<i>Summary primary load</i> .....	IV-20
4.1.11	<i>Load combination</i> (kombinasi beban) .....	IV-20
4.2	Analisis Data Tanah .....	IV-21
4.2.1	Statigrafi tanah .....	IV-21
4.2.2	Koreksi nilai $N - SPT, N_{60}$ .....	IV-22
4.2.3	Penentuan <i>undrained shear strength, <math>s_u</math></i> .....	IV-24
4.2.4	Penentuan <i>modulus of elasticity, <math>E_s</math></i> .....	IV-25
4.2.5	Penentuan <i>saturated density, <math>\gamma_{sat}</math></i> .....	IV-26
4.2.6	Penentuan <i>modulus of subgrade reaction, <math>k_s</math></i> .....	IV-27
4.2.7	Penentuan koefisien permeabilitas .....	IV-28
4.3	Pemodelan Struktur 3D STAAD Pro V8i .....	IV-30
4.3.1	Model .....	IV-30
4.3.2	Material properties .....	IV-30

4.3.3	Define support .....	IV-31
4.3.4	Define primary load .....	IV-32
4.3.5	Define load combination .....	IV-40
4.3.6	Analysis .....	IV-44
4.3.7	Postprocessing .....	IV-45
4.3.8	Hasil analisis struktur .....	IV-46
4.4	Pembebanan Aksial Tiang .....	IV-48
4.4.1	<i>Axial bearing capacity</i> (daya dukung aksial), $Q_u$ .....	IV-48
4.4.2	Daya dukung ujung, $Q_p$ .....	IV-48
4.4.3	Daya dukung kulit, $Q_s$ .....	IV-56
4.4.4	Daya dukung ijin, $Q_{all}$ .....	IV-61
4.4.5	Gesekan kulit negatif .....	IV-62
4.4.6	Tahanan tarik tiang, $T_{ug}$ .....	IV-66
4.5	Pembebanan Lateral Tiang .....	IV-69
4.5.1	Defleksi tiang vertikal .....	IV-70
4.5.2	Tahanan batas lateral tiang vertikal .....	IV-71
4.5.3	Mekanisme kegagalan batter piles .....	IV-71
4.5.4	Faktor kegagalan relatif batter piles .....	IV-74
4.6	Daya Dukung Tiang Kelompok .....	IV-75
4.6.1	Efisiensi kelompok tiang, $E_g$ .....	IV-75
4.6.2	Daya dukung kelompok tiang, $\Sigma Q_g$ .....	IV-76
4.6.3	Daya dukung ijin kelompok tiang, $\Sigma Q_{g(all)}$ .....	IV-80
4.7	Penurunan Tiang .....	IV-80

4.7.1	Penurunan elastis tiang tunggal, $S_e$ .....	IV-80
4.7.2	Penurunan elastis kelompok tiang, $S_g$ .....	IV-84
4.7.3	Penurunan konsolidasi kelompok tiang, $\Delta S_{c(g)}$ .....	IV-85
4.8	<i>Liquefaction</i> (Likuifaksi) .....	IV-90
4.8.1	Karakteristik beban gempa .....	IV-90
4.8.2	Karakteristik tahanan likuifaksi .....	IV-91
4.9	Pemodelan Plaxis 3D Foundation .....	IV-92
4.9.1	General settings .....	IV-93
4.9.2	Workplanes .....	IV-93
4.9.3	Pemodelan material tanah .....	IV-94
4.9.4	Pemodelan material tiang .....	IV-96
4.9.5	Input beban .....	IV-97
4.9.6	Line fixities .....	IV-97
4.9.7	Generating mesh .....	IV-98
4.9.8	Calculation .....	IV-99
4.9.9	Hasil analisis .....	IV-99
4.10	Summary Pembahasan dan Hasil .....	IV-108
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		V-1
5.1	Kesimpulan .....	V-1
5.2	Saran .....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Statigrafi tanah ( <i>Sumber : Preliminary Report on Geotechnical Investigation – BEP Coal Stockyard and Coastal Load-Out Facility at Lubuk Tutung, 2011</i> ).....	I-2
Gambar 2. 1 Grafik korelasi antara undrained shear strength $s_u$ terhadap nilai N-SPT ( <i>Sumber : Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 “Korelasi nilai N-SPT dengan parameter kuat geser tanah”, Desiana V., Pintor T.S., Sido Silalahi, 2013</i> ).....	II-4
Gambar 2. 2 Defleksi, reaksi tanah dan momen tekuk pada tiang pendek dengan kepala bebas ( <i>Sumber : Deep foundation 2 – Behaviour of single vertical and batter piles subjected to lateral load, V. N. S. Murthy, 1964</i> ).....	II-17
Gambar 2. 3 Batter piles ( <i>Sumber : Deep foundation 2 – Behaviour of single vertical and batter piles subjected to lateral load, V. N. S. Murthy, 1964</i> ).....	II-18
Gambar 2. 4 Analisis gaya pada batter piles ( <i>Sumber : Deep foundation 2 – Behaviour of single vertical and batter piles subjected to lateral load, V. N. S. Murthy</i> ).....	II-19
Gambar 2. 5 Pengaruh yang mungkin terjadi akibat likuifaksi tanah pada tiang pancang ( <i>Sumber : Geotechnical Earthquake Engineering, Steven L. Kramer</i> ).....	II-32
Gambar 2. 6 Bentuk patahan gelombang ( <i>Sumber : Pile design and construction, M. Tomlinson and John Woodward, 2007</i> ).....	II-36
Gambar 2. 7 Gambaran variabel penyandaran kapal ( <i>Sumber : Berthing Loads in Structural Design Validation of Partial Factors , G. Versteegt, 2013</i> ).....	II-38
Gambar 2. 8 Research Gap Penelitian.....	II-47
Gambar 3. 1 Lokasi Terminal Coal Port Lubuk Tutung ( <i>Sumber : Google Map</i> ).....	III-2
Gambar 3. 2 Lokasi Struktur Jetty ( <i>Sumber : Google Map</i> ).....	III-3
Gambar 3. 3 General Layout ( <i>Sumber : Detailed Engineering Design Sersive - Port Facilities at Lubuk Tutung, 2014</i> ).....	III-3

Gambar 3. 4Data tidal range (Sumber :Detailed Engineering Design Service - Port Facilities at Lubuk Tutung, 2014).....	III-6
Gambar 3. 5Zona Gempa Indonesia(Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012)....	III-7
Gambar 3. 6Dimensi struktur (Sumber :Detailed Engineering Design Sersive - Port Facilities at Lubuk Tutung, 2014).....	III-8
Gambar 3. 7Stratigrafi tanah (Sumber : Preliminary Report on Geotechnical Investigation – BEP Coal Stockyard and Coastal Load-Out Facility at Lubuk Tutung, 2011).....	III-10
Gambar 3. 8 Diagram alir global.....	III-13
Gambar 3. 9 Diagram alir detil.....	III-20
Gambar 4. 1Koefisien seret dek $C_D$ beban angin (Sumber : BS 5400 : Part 2Clausul 5.3 Wind load , 1978).....	IV-5
Gambar 4. 2Desain kurva perhitungan kecepatan pada patahan gelombang (Sumber : Pile design and constuction, M. Tomlinson and John Woodward, 2007).....	IV-8
Gambar 4. 3Desain kurva perhitungan percepatan partikel air pada patahan gelombang (Sumber : Pile design and constuction, M. Tomlinson and John Woodward,.....	IV-9
Gambar 4. 4Gambaran variabel penyandaran kapal (Sumber :Berthing Loads in Structural Design Validation of Partial Factors , G. Versteegt, 2013).....	IV-9
Gambar 4. 5Statigrafi tanah borlog pada titik BH-12 P01 (Sumber : “BEP Coal Stockyard and Coastal Load – out Facility at Lubuk Tutung, East kalimantan” ,..	IV-22
Gambar 4. 6Model 3D (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-30
Gambar 4. 7Material properties dan dimensi (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-31
Gambar 4. 8 Define support (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-32
Gambar 4. 9Beban mati pada (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-32
Gambar 4. 10Beban hidup (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-33

Daftar Gambar

Gambar 4. 11 Beban angin arah X (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-34
Gambar 4. 12 Beban angin arah Z (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-34
Gambar 4. 13 Beban arus arah X (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-35
Gambar 4. 14 Beban arus arah Z (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-36
Gambar 4. 15 Beban gelombang arah X (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-37
Gambar 4. 16 Beban gelombang arah Z (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-37
Gambar 4. 17 Beban tambat arah X (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-38
Gambar 4. 18 Beban tambat arah Z (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-38
Gambar 4. 19 Beban sandar arah X (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-39
Gambar 4. 20 Beban gempa arah X (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-40
Gambar 4. 21 Beban gempa arah Z (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-40
Gambar 4. 22 Load Combination 1 (LC 1) (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-41
Gambar 4. 23 Load Combination 2 (LC 2) (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-41
Gambar 4. 24 Load Combination 3(LC 3) (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-42
Gambar 4. 25 Load Combination 4 (LC 4) (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-42
Gambar 4. 26Load Combination 5 (LC 5) (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-43
Gambar 4. 27 Load Combination 6 (LC 6) (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-43
Gambar 4. 28Perform analysis (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-44
Gambar 4. 29Run analysis (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-44
Gambar 4. 30 Defleksi maksimal tiang (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-45
Gambar 4. 31 Stress contour dan plot stress (Sumber : STAAD Pro V8i).....	IV-46
Gambar 4. 32Nisbah faktor daya dukung tiang, $N^*_c$ (Sumber : <i>Fundamental of Getechnical Engineering, Braja M. Das Third Edition</i> ).....	IV-49

Gambar 4. 33 Perhitungan tegangan vertikal efektif , $\sigma'_o$ .....	IV-54
Gambar 4. 34 Nilai faktor daya dukung, $N^*_c$ (Sumber : <i>Fundamental of Geotechnical Engineering, Braja M. Das Third Edition</i> ).....	I.V-55
Gambar 4. 35 Nilai faktor daya dukung, $N^*_o$ (Sumber : <i>Fundamental of Geotechnical Engineering, Braja M. Das Third Edition</i> ).....	IV-56
Gambar 4. 36 Nilai koefisien kapasitas gesek, $\lambda$ vs kedalaman tiang, $L$ (Sumber : <i>Foundation analysis dan Design, Bowles</i> ).....	IV-57
Gambar 4. 37 Nilai faktor adhesi empiris, $\alpha$ vs kohesi tanksalur, $s_u$ (Sumber : <i>Foundation analysis dan Design, Bowles</i> ).....	IV-59
Gambar 4. 38 Nilai $N^*_c$ dengan $L_g/B_g$ dan $L/B_g$ (Sumber : <i>Fundamental of Geotechnical Engineering, Braja M. Das Third Edition</i> ).....	IV-79
Gambar 4. 39 Jenis distribusi tahanan kulit sepanjang tiang (Sumber : <i>Fundamental of Geotechnical Engineering, Braja M. Das Third Edition</i> ).....	IV-82
Gambar 4. 39 Penurunan konsolidasi tiang kelompok .....	IV-89
Gambar 4. 40 Faktor reduksi untuk menghitung variasi tegangan geser siklis (Sumber : <i>Geotechnical Earthquake Engineering, Steven L. Kramer</i> ).....	IV-91
Gambar 4. 41 Korelasi antara kekuatan siklis penyebab likuifaksi dan nilai N-SPT koreksi ( $N_i$ ) <sub>60</sub> dengan magnitudo gempa ( $M = 7.5$ ) (Sumber : <i>Geotechnical Earthquake Engineering, Steven L. Kramer</i> ).....	IV-92
Gambar 4. 42 General settings (Sumber : <i>Plaxis 3D Foundation</i> ).....	IV-93
Gambar 4. 43 Workplanes (Sumber : <i>Plaxis 3D Foundation</i> ).....	IV-93
Gambar 4. 44 Pemodelan material tanah setiap lapisan berdasarkan workplanes (Sumber <i>Plaxis 3D Foundation</i> ).....	IV-95
Gambar 4. 45 Ringkasan pemodelan material tanah (Sumber : <i>Plaxis 3D</i> .....	IV-96
Gambar 4. 46 Pemodelan material tiang (Sumber : <i>Plaxis 3D Foundation</i> ).....	IV-97

Gambar 4. 47 Input beban sesuai hasil perhitungan STAAD Pro V8i (*Sumber : Plaxis 3D Foundation*).....IV-97

Gambar 4. 49 Line fixities (*Sumber : Plaxis 3D Foundation*).....IV-98

Gambar 4. 48 Generating mesh 2D dan 3D (*Sumber : Plaxis 3D Foundation*).....IV-98

Gambar 4. 49 Calculation initial phase dan phase plastis (*Sumber : Plaxis 3D Foundation*).....IV-99

Gambar 4. 50 Hasil analisis (*Sumber : Plaxis 3D Foundation*).....IV-100





## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Korelasi antara nilai undrained shear strength $s_u$ terhadap nilai N-SPT (Sumber : <i>Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design</i> , Kulhawy. <i>F.H., and Mayne P.W. ,1990</i> ).....	II-5
Tabel 2. 2 Parameter modulus elastisitas tanah $E_s$ (Sumber : <i>Fundamental of Geotechnical Engineering Third Edition</i> , Braja M. Das).....	II-5
Tabel 2. 3 Korelasi antara berat volume tanah $\gamma_{sat}$ terhadap nilai N-SPT (Sumber : <i>Fundamental of Geotechnical Engineering Third Edition</i> , Braja M. Das).....	II-6
Tabel 2. 4 Harga perkiraan Modulus of Subgrade Reaction $k_s$ (Sumber : <i>Geotechnical Engineering – Principles and Practice of Soil Mechanics and Foundation Engineering</i> , V. N. S. Murthy).....	II-6
Tabel 2. 5 Koefisien permeabilitas beberapa tanah (Sumber : <i>Geotechnical Engineering – Principles and Practice of Soil Mechanics and Foundation Engineering</i> , V. N. S. Murthy).....	II-8
Tabel 2. 6 Parameter modulus elastisitas tanah $\mu_s$ (Sumber : <i>Fundamental of Geotechnical Engineering Third Edition</i> , Braja M. Das).....	II-9
Tabel 2. 7 Kombinasi beban servis dan terfaktor (Sumber: <i>OCIMF Publication : “Guide Line &amp; Recommendations for the safe mooring of large ship at pier &amp; sea</i> .....	II-43
Tabel 2. 8 Penelitian sebelumnya.....	II-44
Tabel 3. 1 Partikular kapal (Sumber : <i>Detailed Engineering Design Service - Port Facilities at Lubuk Tutung</i> , 2014).....	III-4
Tabel 3. 2 Material properties (Sumber : <i>Detailed Engineering Design Sersive - Port Facilitie at Lubuk Tutung</i> , 2014).....	III-9
Tabel 4. 1Koefisien seret $C_D$ beban arus (Sumber : <i>Technical Standards and Commentaris for Port and Harbour Facilities in Japan</i> , 2002).....	IV-2

Tabel 4. 2Koefisien inersia $C_1$ beban arus ( <i>Sumber : Technical Standards and Commentaris for Port and Harbour Facilities in Japan, 2002</i> ).....	IV-3
Tabel 4. 3Koefisien seret tiang $C_D$ beban angin ( <i>Sumber : BS 5400 : Part 2 Clausul 5.3 Wind load , 1978</i> ).....	IV-6
Tabel 4. 4Hasil perhitungan beban gelombang ( <i>Sumber : Pile design and constuction, M. Tomlinson and John Woodward, 2007</i> ).....	IV-8
Tabel 4. 5Klasifikasi situs ( <i>Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 03-1726-2012</i> ).....	IV-17
Tabel 4. 6Koefisien situs ( <i>Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012</i> ).....	IV-19
Tabel 4. 7Faktor keutamaan gempa ( <i>Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012</i> ).....	IV-19
Tabel 4. 8Faktor modifikasi respons ( <i>Sumber : Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI 03-1726-2012</i> )..	IV-19
Tabel 4. 9Summary primary load hasil perhitungan pembebanan.....	IV-20
Tabel 4. 10Kombinasi beban servis dan terfaktor ( <i>Sumber: OCIMF Publication : “Guide Line &amp; Recommendations for the safe mooring of large ship at pier &amp; sea island”</i> ).....	IV-21
Tabel 4. 11Nilai koreksi N-SPT lapangan ( <i>Sumber : Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 “Korelasi nilai N-SPT dengan parameter kuat geser tanah”, Desiana V., Pintor T.S., Sido Silalahi, 2013</i> ).....	IV-23
Tabel 4. 12Hasil koreksi nilai N-SPT ke dalam $N_{60}$ .....	IV-24
Tabel 4. 13Hasil korelasi nilai <i>Undrained shear strengths<sub>u</sub></i> terhadap nilai .....	IV-25
Tabel 4. 14Hasil korelasi antara <i>modulus of elasticity</i> $E_s$ terhadap nilai N-SPT.....	IV-26
Tabel 4. 15Hasil korelasi antara <i>saturated density</i> $\gamma_{sat}$ terhadap nilai N-SPT.....	IV-27
Tabel 4. 16Koefisien permeabilitas $k_h$ dan $k_v$ .....	IV-29

Tabel 4. 17 Beban dan momen maksimal ( <i>Sumber : STAAD Pro V8i</i> ).....	IV-45
Tabel 4. 18 Stress maksimal tiang ( <i>Sumber : STAAD Pro V8i</i> ).....	IV-46
Tabel 4. 19 Nilai indeks kekakuan reduksi tanah, $I_r$ ( <i>Sumber : Fundamental of Getechnical Engineering, Braja M. Das Third Edition</i> ).....	IV-55
Tabel 4. 20 Gesekan kulit negatif, $f_s$ ( <i>Prakash dan Sharma, 1990</i> ).....	IV-63
Tabel 4. 21 Nilai koefisien empiris, $C_p$ rekomendasi ( <i>Sumber : Fundamental of Getechnical Engineering, Braja M. Das Third Edition</i> ).....	IV-83
Tabel 4. 22 Tegangan geser siklis.....	IV-90
Tabel 4. 23 Perhitungan faktor keamanan likuifaksi.....	IV-92
Tabel 4. 24 Hasil analisis ( <i>Sumber : Plaxis 3D Foundation</i> ).....	IV-99



**DAFTAR NOTASI**

$\zeta$	= Faktor distribusi tahanan kulit sepanjang tiang
$\delta$	= Sudut geser dalam antara tanah dan tiang ( $^{\circ}$ )
$\beta$	= Faktor adhesi empiris
$\beta$	= Kemiringan tiang ( $^{\circ}$ )
$\alpha$	= Faktor adhesi empiris
$\lambda$	= Koefisien kapasitas gesek
$\mu$	= Nisbah poisson tanah
$\mu_o$	= Tekanan air pori (kN/m)
$\tau_{cyc}$	= Tegangan geser siklis ekuivalen karena gempa (kN)
$\sigma_o$	= Tegangan total tanah (kN/m)
$\sigma_o'$	= Tegangan vertikal efektif tanah (kN/m)
$\sigma_{ijin}$	= Kapasitas Ijin tiang dengan gesekan negatif (kN/m)
$\sigma_v$	= Tegangan vertikal total (kN/m <sup>2</sup> )
$\Delta p_i$	= Peningkatan tegangan yang timbul ditengah lapisan $i$ (kN/m <sup>2</sup> )
$\Delta s_g$	= Penurunan konsolidasi total kelompok tiang (m)
$\Delta s_i$	= Penurunan konsolidasi lapisan $i$ (m)
$\gamma_{sat}$	= Massa jenis jenuh (kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_u$	= Massa jenis udara (kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_w$	= Massa jenis air laut (kN/m <sup>3</sup> )
$a_{max}$	= Percepatan <i>peak ground surface</i> (m/s <sup>2</sup> )
$A$	= Luas permukaan (m <sup>2</sup> )
$A_{blok}$	= Luas blok tiang
$A_L$	= Proyeksi area longitudinal (m <sup>2</sup> )
$A_p$	= Luas permukaan tiang tiang (m <sup>2</sup> )
$A_T$	= Proyeksi area transversal (m <sup>2</sup> )
$C_{CT}$	= Faktor koreksi kedalaman

$b_{dek}$	= Lebar dek (m)
$B_g$	= Lebar blok tiang
$B_K$	= Lebar kapal (m)
$C_1$	= Koefisien respon seismik
$C_B$	= Koefisien blok kapal
$C_{BN}$	= Nilai koreksi lubang bor
$C_C$	= Koefisien konfigurasi struktur terbuka
$C_D$	= Koefisien seret
$C_{EB}$	= Koefisien Eksentrisitas
$C_{EN}$	= Nilai koreksi energi ratio jenis hammer
$C_I$	= Koefisien inersia
$C_{MH}$	= Koefisien massa hidrodinamis
$C_{MW}$	= Koefisien inersia tiang beban gelombang
$C_N$	= Nilai tegangan overburden untuk koreksi nilai N – SPT
$C_p$	= Koefisien empiris penurunan elastis
$C_R$	= Nilai koreksi panjang batang bor
$C_S$	= Koefisien kehalusan sandar
$C_{SN}$	= Nilai koreksi metode pengambilan sampel
$CSR_{M=7.5}$	= Kekuatan siklis penyebab gempa dengan magnitudo = 7.5
$C_{CL}$	= Faktor koreksi longitudinal
$C_{CT}$	= Faktor koreksi kedalaman
$C_{LC}$	= Gaya arus longitudinal akibat arus (kN)
$C_{LW}$	= Gaya arus longitudinal akibat angin (kN)
$CSR_L$	= Tegangan geser siklis penyebab likuifaksi (kN)
$C_{TC}$	= Gaya arus transversal akibat arus (kN)
$C_{TW}$	= Gaya arus transversal akibat angin (kN)
$d_{hdek}$	= Ketinggian dek (m)
$d_{hpile}$	= Ketinggian tiang (m)
$D$	= Diameter tiang (m)

$D_K$	= Draft kapal (m)
$D_s$	= Defleksi iji (m)
$D_r$	= Relatif density (Kerapatan relatif)
$e_c$	= Tinggi tiang di atas tanah (m)
$e_o$	= Angka pori awal pada lapisan tanah
$E'_1$	= Area di atas batas <i>slip surface</i> pada in batter piles
$E''_1$	= Area di bawah batas <i>slip surface</i> pada in batter piles
$E'_2$	= Area di atas batas <i>slip surface</i> pada out batter piles
$E''_2$	= Area di bawah batas <i>slip surface</i> pada out batter piles
$E_g$	= Efisiensi kelompok tiang
$E_s$	= <i>Modulus of elasticity</i> (modulus elastisitas tanah) ( $\text{kN/m}^2$ )
$E_B$	= <i>Berthing energy</i> (energi sandar) ( $\text{kN-m}$ )
$E_A$	= <i>Abnormal Berthing energy</i> (energi sandar tidak normal) ( $\text{kN-m}$ )
$E_p$	= Moduus elastisitas tiang ( $\text{kN/m}^2$ )
$f_s$	= Tahanan gesek satuan
$f_w$	= <i>Wave load</i> (beban gelombang) ( $\text{kN/m}^2$ )
$F_a$	= Koefisien situs
$F_D$	= <i>Wave drag force</i> (beban seret gelombang) ( $\text{kN/m}^2$ )
$F_I$	= <i>Wave Inertia force</i> (beban inersia gelombang) ( $\text{kN/m}^2$ )
$F_C$	= <i>Current load</i> (beben arus) ( $\text{kN/m}^2$ )
$F_{CD}$	= <i>Current drag force</i> (beban seret arus) ( $\text{kN/m}^2$ )
$F_{CI}$	= <i>Current Inertia force</i> (beban inersia arus) ( $\text{kN/m}^2$ )
$F_K$	= Tinggi kapal di atas air (m)
$F_{LC}$	= Beban tambat akibat arus arah longitudinal ( $\text{kN/m}^2$ )
$F_{LW}$	= Beban tambat akibat angin arah longitudinal ( $\text{kN/m}^2$ )
$F_u$	= Minimum tensile stress baja ( $\text{N/mm}^2$ )
$F_u'$	= Maksimum stress baja ( $\text{N/mm}^2$ )
$F_T$	= Beban tambat arah transversal ( $\text{kN/m}^2$ )
$F_L$	= Beban tambat arah longitudinal ( $\text{kN/m}^2$ )
$F_s$	= Faktor keamanan

$FS_L$	= Tahanan likuifaksi
$F_{TC}$	= Beban tambat akibat arus arah transversal ( $kN/m^2$ )
$F_{TW}$	= Beban tambat akibat angin arah transversal ( $kN/m^2$ )
$F_z$	= Beban lateral (kN)
$g$	= Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
$h_t$	= Tinggi palung gelombang (m)
$H'_1$	= Tahanan gesek pada in batter piles (kN)
$H'_2$	= Tahanan gesek pada out batter piles (kN)
$I$	= Faktor pengaruh penurunan elastis kelompok tiang
$I_e$	= Faktor keutamaan gempa
$I_p$	= Momen inersia tiang ( $m^4$ )
$I_r$	= Indeks kekakuan reduksi tanah
$k_s$	= <i>Modulus of subgrade reaction</i> (modulus reaksi tanah) ( $kN/m^3$ )
$K_C$	= Jari – jari girasi kapal (m)
$K_h$	= Permeabilitas arah horizontal (m)
$K_p$	= Koefisien tekanan tanah pasif
$K_v$	= Permeabilitas arah vertikal (m)
$L$	= Panjang tiang (m)
$L_{BP}$	= Panjang garis air (m)
$L_e$	= Tebal efektif lapisan tanah yang terkonsolidasi (m)
$L_g$	= Panjang blok tiang
$L_{OA}$	= Panjang kapal (m)
$m$	= Jumlah tiang arah memanjang
$M'$	= Faktor koreksi magnitudo
$M_D$	= <i>Displacement</i> kapal (ton - m)
$M_{max}$	= Momen maksimum (kN - m)
$n$	= Jumlah tiang arah memendek
$n_h$	= Faktor modulus reaksi
$N^*_\sigma$	= Faktor daya dukung tiang

$N^*_c$	= Faktor daya dukung tiang
$N_{60}$	= Koreksi nilai N –SPT
$N_{corr}$	= N-SPT koreksi rata-rata dalam daerah penurunan
$N_m$	= Nilai N – SPT yang akan dikoreksi
$p$	= Keliling tiang (m)
$p_o$	= Tegangan overburden efektif ( $kN/m^2$ )
$P_1$	= Tahan tarik tiang terhadap beban aksial pada out batter pile
$P_2$	= Tahan tarik tiang terhadap beban aksial pada in batter piles
$P_{blok}$	= Keliling blok tiang
$P_{friksi}$	= Gesekan kulit negatif (kN)
$q_v$	= <i>Wind load</i> (beban angin) ( $N/m^2$ )
$q_w$	= <i>Dynamic pressure head</i> ( $N/m^2$ )
$Q_{all}$	= Daya dukung ijin tiang (kN)
$Q_g$	= Daya dukung kelompok tiang (kN)
$Q_{g(all)}$	= Daya dukung ijin kelompok tiang (kN)
$Q_{iu}$	= Daya dukung in batter piles (kN)
$Q_{ou}$	= Daya dukung out batter piles (kN)
$Q_p$	= Daya dukung ujung tiang (kN)
$Q_s$	= Daya dukung kulit tiang (kN)
$Q_u$	= Daya dukung aksial tiang (kN)
$Q_{wp}$	= Beban pada ujung tiang dibawah kondisi beban kerja (kN)
$Q_{ws}$	= Beban pada kulit tiang dibawah kondisi beban kerja (kN)
$r_d$	= Nilai faktor reduksi tegangan
$R$	= Faktor kekakuan tiang
$P_p$	= Tekanan tanah pasif batter piles (kN)
$P_u$	= Tanah batas lateral tiang (kN)
$r_d$	= Nilai faktor reduksi tegangan
$R_b$	= Jari – jari pusat massa kapal dari titik tabrak kapal (m)
$R_s$	= Faktor modifikasi respons



$s$	= Jarak terdekat antar tiang (m)
$s_{g(e)}$	= Penurunan elastis kelompok tiang (m)
$s_u$	= <i>Undrained shear strength</i> (kohesi tak salur) ( $\text{kN/m}^3$ )
$S_{DS}$	= Parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang
$S_e$	= penurunan elastis tiang tunggal (m)
$S_{e(1)}$	= penurunan batang tiang (m)
$S_{e(2)}$	= penurunan tiang akibat beban titik (m)
$S_{e(3)}$	= penurunan tiang akibat beban tersalur sepanjang tiang (m)
$S_S$	= Parameter respons spektral percepatan gempa terpetakan
$T_{b1}$	= Faktor kekakuan relatif in batter piles
$T_{b2}$	= Faktor kekakuan relatif out batter piles
$T_0$	= Faktor kekakuan relatif tiang vertikal
$T_{ug}$	= Kapasitas angkat kotor tiang (kN)
$T_{ug(all)}$	= Kapasitas angkat ijin bersih tiang (kN)
$T_{un}$	= Kapasitas angkat bersih tiang (kN)
$V'$	= Tahanan ujung batter piles (kN)
$V$	= <i>Shear base</i> (gaya geser) (kN)
$V_A$	= Kecepatan angin (m/s)
$V_B$	= Kecepatan sandar kapal (m/s)
$V_C$	= Kecepatan arus (m/s)
$V_W$	= Kecepatan angin (m/s)
$W$	= Berat Struktur (kN)
$x_b$	= Jarak titik tabrak kapal dan struktur dengan ujung kapal (m)
$y_0$	= Defleksi tiang (m)
$z$	= Kedalaman tanah (m)