

STUDI KEKUATAN MOMEN LENTUR TIANG PANCANG GROUP TERHADAP BEBAN TUMBUKAN PADA BREASTHING DOLPHIN DENGAN KAPAL TANKER 50.000 DWT DI LAMONGAN OIL TANKER TERMINAL

Bambang Kiswono¹⁾, Helmy Darjanto²⁾
Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surabaya1
Jl Sutorejo 59 Surabaya
Email: bambangkiswono.48@gmail.com
Jurusan Teknik Sipil, Universitas Narotama
Jl Arif Rachman Hakim 51 Surabaya
Email: hdarjanto@gmail.com

Abstract

Study analysis planning and design pile group, impact force from berthing tankers 50.000DWT, breasting dolphins require so that absorb by horizontal and vertical loading, this pile resistance deflects a distance of y_1 at a depth of z_1 . Type structure design terminal jetty with impact lateral breasting dolphin and mooring dolphin. This pile cap with case-in-place concrete Materials for steel pipe pile in jetties with ASTM A252 Grade 3 out side diameter 800mm thick 16mm and out side diameter 900mm thick 12mm, length pile consist 2 joint are connected, bottom 12m, middle 12m, upper 12m soil test laboratory result from ITS using bor log BH2 appropriate location jetty. Analysis the main parameter to take from the soil is a reaction modulus by modelled P-Y curve with program Group 8 (Ensoft, 2010) Using absorb fender from trelleborg marine or sumitomo marine.. type SCN 1400, $E = 139 \text{ Tm}$, $R = 163 \text{ T}$ this loading at the fix head of pile resistance bending moment The final result $\phi = 900\text{mm}$, $t = 9\text{mm}$ and $\phi = 800\text{mm}$, $t = 12\text{mm}$ maintenance by cathodic protection to enable them resist corrosion in sea water.

Keywords: lateral impact, jetty, vessels, maintenance

Abstrak

Studi Analisis perencanaan desain Tiang pancang group akibat beban tumbukan kapal tanker 50.000 DWT, sebagai breasting dolphin mampu menyerap energi gaya luar (Horizontal dan Vertikal) Dengan Memperhitungkan kemampuan tiang Pancang terhadap besarnya defleksi y_1 pada kedalaman Z_1 . Type Struktur Dermaga Jetty, struktur Dermaga tumbukan breasting Dolphin dan mooring dolphin. Pile cap direncanakan menggunakan Cor Insitu. Data material Tiang Pancang pipa Baja ASTM A252 Grade 3 Diameter Tiang ϕ 80cm tebal 16mm dan ϕ 90 cm tebal 12mm, dengan panjang tiang pancang 36m menggunakan 2 sambungan tiang pancang bottom=12m, middle 12m, Upper 12m. Data Struktur Tanah hasil laboratorium Mektan ITS, Menggunakan data BH2 sesuai letak pondasi rencana. Analisis beban lateral menggunakan parameter modulus reaksi tanah dengan P-Y kurva bantuan program Group 8 (Ensoft, 2010). Pada perhitungan dengan tumbukan menggunakan fender Trelleborg atau sumitomo type SCN 1400 dengan $E = 139 \text{ Tm}$ dengan $R = 163 \text{ T}$, gaya lateral diterima ujung tiang pancang mampu pada batas lentur. Hasil akhir $\phi = 900\text{mm}$, $t = 9\text{mm}$ harus dilakukan pemeliharaan dengan metode katodik untuk ketahanan tiang pancang dari korosi di dalam air.

Kata kunci: Gaya tumbukan, Jetty, kapal tanker, pemeliharaan.

PENDAHULUAN.

Lamongan Oil Tank Terminal (Tersus) turut serta mengembangkan perekonomian Di Kabupaten Lamongan dengan investasi kawasan industry, infrastruktur, dan fasilitas bangunan gedung diperlukan moda transportasi laut diperlukan Dermaga jetty untuk kapal tanker 50.000 DWT. Dermaga ini dibagi menjadi 3 terminal Kapal Tanker yang dilengkapi dengan Marine loading arm tempat bongkar muat minyak mentah. Lokasi studi terletak sekitar Sedayu Lawas atau dekat dengan Pelabuhan Rakyat. Studi ini akan membahas beban vertikal akibat Marine loading arm dan beban tumbukan vessel tanker. Penggunaan Tiang pancang selain dirancang menahan beban aksial, juga harus dirancang dengan memperhitungkan beban lateral seperti beban benturan dari kapal tanker. Gaya lateral yang terjadi pada tiang bergantung pada kekakuan material atau tipe dari tiang itu sendiri, jenis tanah, penanaman ujung tiang kedalam pelat penutup kepala tiang, sifat gaya-gaya dan besarnya defleksi. Analisis kapasitas perpindahan lateral dari tiang pancang yang dikembangkan secara numerik oleh Lymon

C. Reese menggunakan dua langkah analisis yang saling berhubungan untuk memberikan informasi tentang perilaku tiang pancang yang diberi pembebanan lateral. Analisis ini adalah masalah yang penting dalam interaksi tanah struktur. Oleh karenanya langkah-langkah analisis tiang tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas perpindahan lateral sebagai fungsi dari kedalaman
2. Beban perpindahan lateral versus kedalaman (*depth*)

Untuk menganalisis suatu tiang dibutuhkan data sifat fisik dan parameter tanah, geometri, sifat tiang dan pembebanan tiang dengan menggunakan program Group 8 (Ensoft, 2010). Pada analisis pertama, program akan menghitung tahanan geser tiang dan kapasitas lateral total pada setiap perpindahan tiang yang ditentukan menggunakan metode *p-y curve*.

Metode *p-y* mendefinisikan hubungan beban lateral dan defleksi antara tanah dan tiang yang digambarkan dalam sebuah kurva. Sumbu-p adalah

tahanan lateral tanah persatuan panjang tiang dan sumbu-y adalah defleksi lateral tiang.

KAJIAN PUSTAKA DAN TEORI

Struktur Breasting Dolphin ini terbagi menjadi struktur Bangunan Atas dan Struktur Bangunan Bawah menggunakan Pondasi Dalam yaitu pondasi tiang pancang.

Pondasi tiang pancang dipergunakan pada daerah konstruksi dengan lapisan tanah keras yang dalam. Jenis pondasi ini mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan dan meneruskan beban-beban konstruksi atas ke lapisan tanah atau batuan yang memiliki daya dukung besar.

Beberapa hal mengenai pondasi tiang pancang:

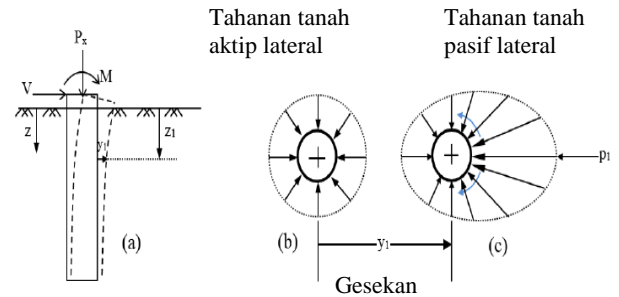
1. Pada saat menerima beban horizontal , pondasi tiang pancang dapat menahannya dengan tekukan (bending), meskipun masih menerima beban vertikal dari struktur atas.Kondisi ini banyak dijumpai dalam desain dan konstruksi pile marine struktur dan struktur penahan tanah.
2. Tiang pancang mendapat beban besar, sedangkan lapisan dipermukaan tanah terlalu lemah dalam menahan beban struktur diatasnya.Tiang pancang ini akan meneruskan beban hingga ke batuan dasar (bed rock) atau lapisan tanah keras.apabila lapisan tanah keras terletak pada kedalaman yang tidak memungkinkan , maka tiang akan tetap meneruskan ketanah secara berangsur-angsur. Daya dukung yang dihasilkan oleh tiang saat pelaksanaan diperoleh gaya gesek tiang dengan tanah (skin friction) serta gaya tahanan di ujung (end bearing)

ANALISIS KURVA P-Y PADA TANAH PASIR

- a. Kapasitas lateral dari tiang yang dihitung dengan menggunakan metode sub grade reaction dapat dikembangkan menggunakan metode kurva p-y (Matlock,1970.Reese dan Welch,1975 Bushan et al,1979)
- b. Sekumpulan kurva yang menunjukkan reaksi tanah P sebagai fungsi dari defleksi y(Reese dan Welch,1975) kurva tersebut non linier dan bergantung dengan beberapa parameter seperti kedalaman , kuat geser tanah, dan jumlah beban siklik (Reese ,1979).

Model respon dengan kurva p-y (reese dan Van Impe,2001)

Analisa beban lateral pada pile pondasi tanah/batuan, diperlihatkan pada gambar 1a, tiang pipa diberi gaya lateral, distribusi gaya merata pada dinding pipa gmb1b, ketika tiang pancang mengalami defleksi sejauh y1 pada kedalaman Z, gmb1c tahanan gaya dari P1.



Gambar 1: distribusi tekan pada lateral tiang pancang

Formula diberikan pada persamaan :

$$E_p I_p \frac{d^3 y}{dx^3} + P_x \frac{dy}{dx} = V \dots\dots\dots 1$$

$$E_p I_p \frac{d^2 y}{dx^2} = M \dots\dots\dots 2$$

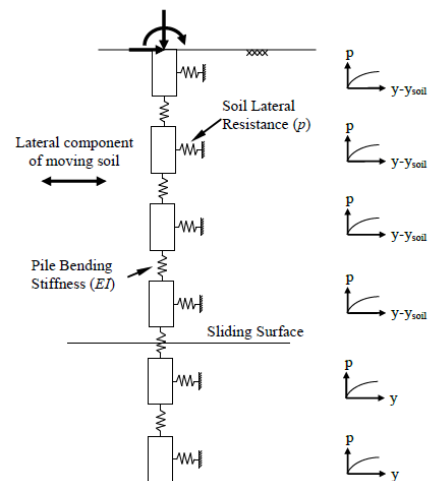
$$\frac{dy}{dx} = S \dots\dots\dots 3$$

V = gaya geser pada tiang pancang

M = Gaya momen dari tiang pancang

S = Kurva slope

Spring massa model yang disajikan pada kekakuan material, model numerik menganalisa pembebanan defleksi analisis, pergerakan tanah diperlihatkan pada gambar 2.



Gambar 2: model spring massa digunakan komputasi respon lateral pada beban tiang pancang.

Jenis Tiang berdasarkan materialnya :

1. Tiang pancang baja (steel pipe piles)
2. Tiang pancang beton (concrete piles)
3. Tiang pancang kayu (wooden/timber piles)
4. Tiang pancang komposit(composite piles)

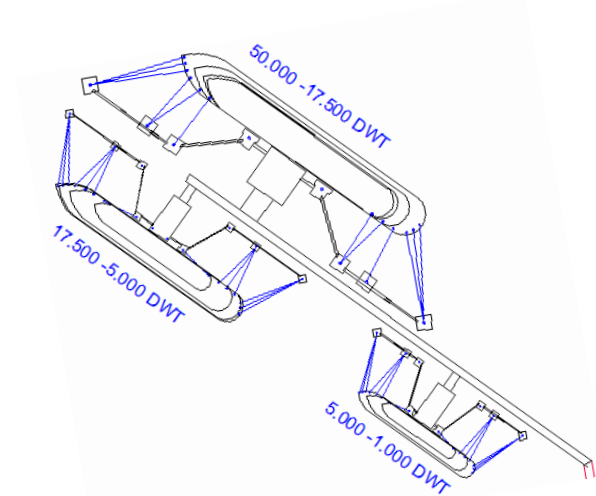
Pondasi tiang pancang baja (steel pipe pile)

Pada tiang pancang material baja , tiang pancang umumnya dipakai yakni tiang pipa (pipe piles) dan tiang baja berbentuk H (rolled steel H-section pile) pada tiang pipa, proses pemancangan dapat berlangsung dengan keadaan ujung terbuka atau tertutup (pile shoe). Kelemahan material baja pada kontruksi jetty adalah korosi pada splas zone akan mudah terjadi korosi, maka tiang pancang baja akan dicoating menggunakan HDPE.

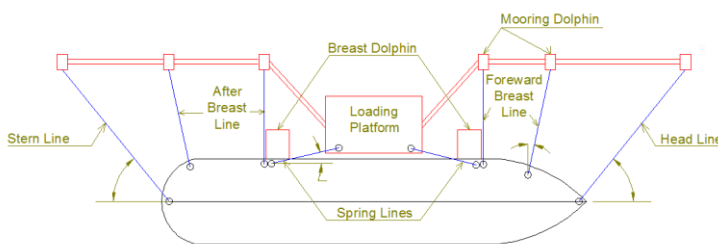
METODE PENELITIAN & DATA.

Tahapan yang dilaksanakan dalam study adalah data-data yang dipakai :

Layout studi dilihat gambar dibawah ini



Gambar3: Layout studi



Gambar4: tanker bert layout (OCIMF)

- Dimensi dan jenis kapal yang akan berlabuh;
- Pembebanan vertikal dan horizontal;
- Material yang akan digunakan;
- Umur rencana (Life Time) struktur;
- Sistem struktur yang sederhana, kuat dan ekonomis;
- Peraturan dan standar yang digunakan;

Sistem Struktur

- Dapat dipakai sepanjang tahun (dengan memperhatikan pasang surut muka air);
- Memenuhi persyaratan struktur yaitu: kuat, kaku dan stabil;

- Penggunaan barang produksi dalam negeri sebanyak-banyaknya;
- Mampu dikerjakan oleh kontraktor dalam negeri;
- Pelaksanaannya tidak memerlukan peralatan khusus yang harus didatangkan dari luar negeri;
- Biaya pemeliharaan sekecil mungkin;
- Memperhatikan aspek ekonomis;
- Umur rencana (life time) struktur;

Data Umum Dermaga

- Fungsi dermaga : Jetty .
- Lokasi dermaga : Lamongan Sedayu Lawas, Jawa Timur
- Elevasi lantai dermaga : +5.50 m dari LWS
- Kedalaman rencana : -14.00 m dari LWS
- Umur rencana bangunan : 100 tahun

Peraturan dan Standar

Peraturan dan standar yang dijadikan acuan/referensi dalam pekerjaan study perencanaan ini dapat diuraikan sebagai berikut.

Pembebanan

- SNI 1727-1989-F: “Tata Cara Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung”;
- SNI 1726-2002: “Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia”;
- SKBI-1.3.28.1987: “Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya”;
- British Standard BS 6349 Part 1 – 7;
- British Standard BS 5400-2-1978: “Specification For Load”;
- Port on Long Beach, Wharf Design Criteria Version 2.0
- Port of Long Angeles

Perencanaan

- SNI T-15-1991-3: “Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung”;
- SKBI-1.3.55.1987: “Pedoman Perencanaan Bangunan Baja Untuk Gedung”;
- Standard Design Criteria For Ports In Indonesia: “Martimne Sector Development Programme”, DGSC, January, 1984;
- Technical Standards For Port and Harbour Facilities In Japan, 1991;

- British Standard Code of Practice For Maritime Structures, BS 6349 Part 1 to Part 7;
- Oil Company Marine Forum (OCIMF), “Prediction Large Vessel”
- American Concrete Institute (ACI);
- American Institute for Steel Construction (AISC);
- American Welding Society (AWS);

Data Tanah:

Data tanah untuk area group tiang: *berthing dolphin* dan *mooring dolphin* digunakan hasil penyelidikan tanah BH2 sebagai berikut:

Tabel 1:

Parameter	Symbol	Layer 1	Layer 2
		0 – 5m	5 – 8m
Name		Soft Clay	Stiff Clay
Material model		Mohr Coulomb	Mohr Coulomb
Type of material behavior		Undrained	Undrained
N-SPT		1	11
Undrained Shear Strenght (kPa)	Cu	6.5	40
Effective unit weight (kN/m ³)	γ'	4.8	6.3
Unsaturate d unit weight (kN/m ³)	γ_{unsat}	10	10
Saturated unit weight (kN/m ³)	γ_{sat}	14.8	16.3
Strain at 50% stress	ϵ_{50}	0.02	0.005
Ultimate unit side friction (kN/m ²)	F_s	6	30
Ultimate unit tip resistance (kN/m ²)	F_t	0	
Stiffness modulus (kN/m ²)	E	2.00E+03	6.00E+03
Poisson ratio	ν	0.25	0.25
Undrained Cohesion (kN/m ²)	c	6	60
p-y modulus reaction	k		3.00E+04
Cohesion (kN/m ²)	c	4	20
Friction angel (°)	ϕ		
Friction angel (°)	ϕ	15	15

Layer 3	Layer 4	Layer 5
8 – 14m	14 – 17m	17 – 20m
Sand	Sand	Sand
Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb
Undrained	Undrained	Undrained
31	51	60
115	223	300
7.6	8.5	8.8
12	13.7	14.2
17.6	18.5	18.8
62	108	120
3.40E+04	6.70E+04	9.00E+04
0.25	0.25	0.25
3.30E+03	3.35E+04	3.35E+04
55	110	150
36	42	43
20	20	20

sumber: (Lab Mektan ITS)

Analisis Group (3D):

Analisis kapasitas perpindahan arah lateral dan gaya-gaya dalam yang terjadi pada tiang untuk pekerjaan dermaga dilakukan pada area group tiang: *berthing* dan *mooring dolphin*.
Berthing Dolpin

Pembebanan Arah gaya horizontal akibat tumbukan :

Tabel2:

Tabel Perhitungan energi kinetik akibat tubrukan kapal (E)

W (t)	D (t)	B (m)	d (m)	Loa (m)	Lpp (m)	V (m/det)	g (m/det ²)
5,000	6,500	16.8	6.4	102	97	0.15	9.81
20,000	26,000	25.8	9.6	158	151	0.15	9.81
50,000	65,000	32.3	12.6	211	200.2	0.15	9.81

Cm	Cc	Ce	Cs	E (ton-m)
1.762	1	0.7	1	9.2
				13.8
1.744	1	0.7	1	36.4
				54.6
1.780	1	0.7	1	92.9
				139.3

Table :3

Pemilihan Tipe Fender			
tipe fender	Merk	E (ton)m	R (ton)
400H	Sumitomo	13	103,5
800H	Sumitomo	51.9	207
SCN1400	Trelleborg	1305	1636

Tabel 4

Marine Loading Arm B0030
(typical example with 3-Motion-Hydraulic & Emergency Release System)

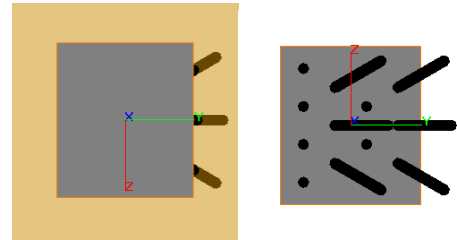
TYPICAL DIMENSIONS, WEIGHTS AND OVERTURNING MOMENTS (without emergency release system)									
Arm Size	Riser Height	X	C	D	N	S	Flow Rate	Weight	Moment
	ft	ft	ft	ft	ft	ft	gal/min	lbs	Lb-ft
4"	15	4	26	26	2	12	1,320	13,900	77,000
6"	15	4	26	26	2	12	2,640	14,200	78,500
8"	15	4	29.5	29.5	2.4	12	4,850	19,500	108,000
10"	20	6	33	33	3	17	7,500	26,700	172,000
12"	23	6	36	36	3.4	20	11,000	35,200	254,500
16"	23	6	36	36	4.3	20	17,500	50,000	375,000

(Brosur Emcowheathon, 2016).

- **Beban Horizontal (Alternatif 1):** 120 ton (1200 kN, dia. 900mm, tebal 12mm)

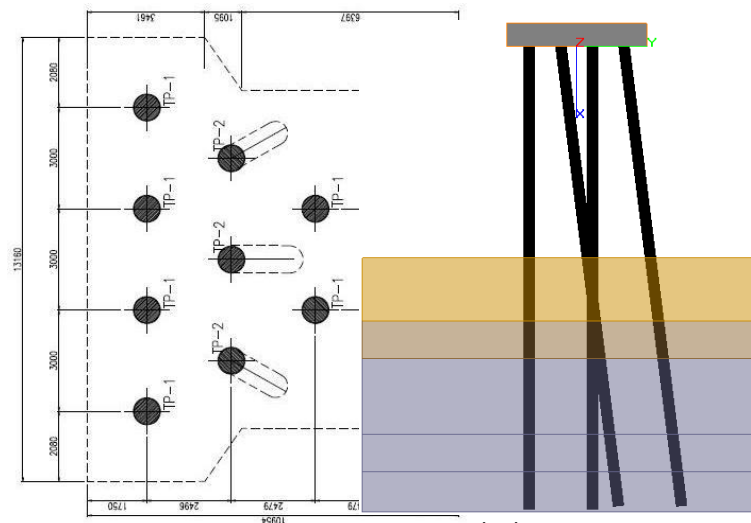
- **Beban Horizontal (Alternatif 2):** 165 ton (1650 kN, dia. 800mm, tebal 16mm)

Konfigurasi Group Tiang



Tampak Atas

Tampak Bawah

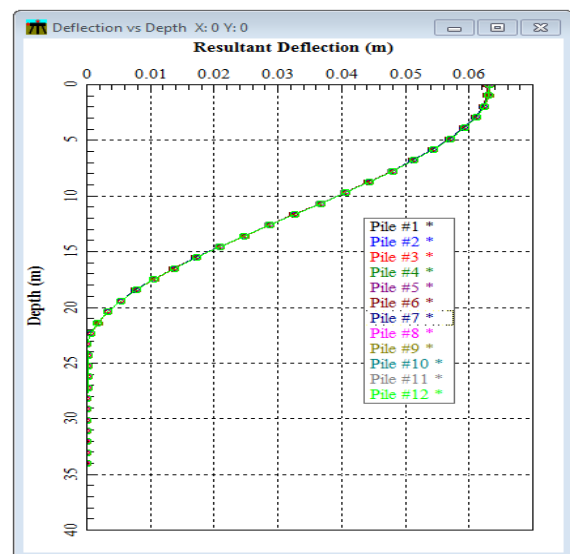


Denah Group Tiang

Tampak Plane YX

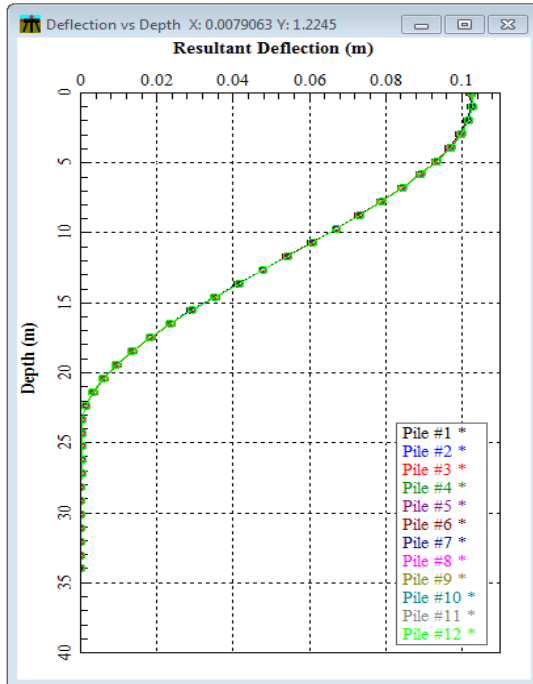
Tabel5

HASIL & PEMBAHASAN.



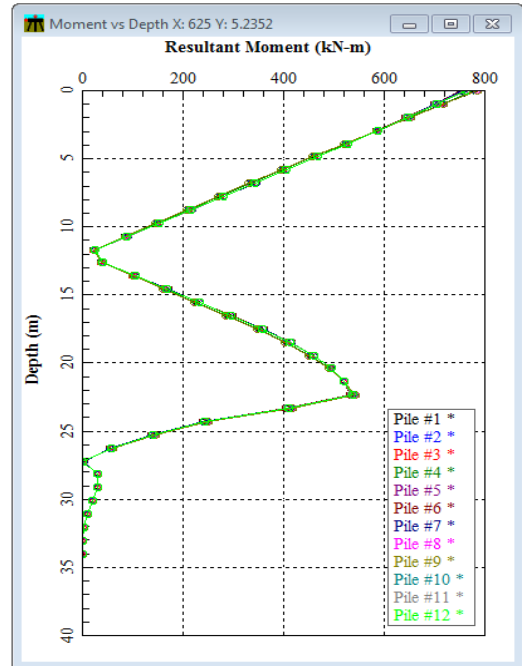
**Alternatif 1 (Fy = 1200 kN)
Deformasi Lateral: 6.3 cm**

Tabel 6



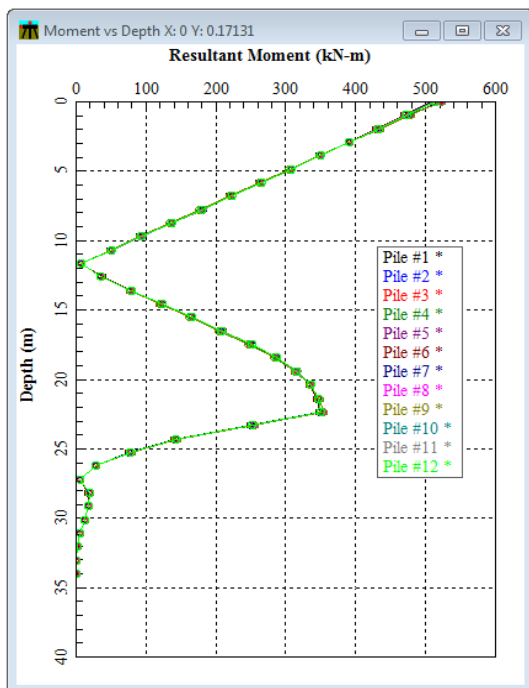
Alternatif 2 ($F_y = 1650 \text{ kN}$)
Deformasi Lateral: 10.2 cm

Tabel 8



Alternatif 2 ($F_y = 1650 \text{ kN}$)
Momen: 778 kN-m ($< 2113 \text{ kN-m}$)

Tabel 7



Alternatif 1 ($F_y = 1200 \text{ kN}$)
Momen: 520 kN-m ($< 2046 \text{ kN-m}$)

Kontrol:

Hasil perhitungan di atas dilakukan kontrol dengan menggunakan Plaxis 3D dan hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 9

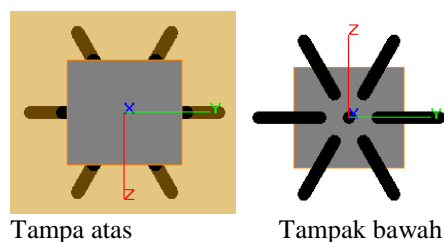
Dluar (m)	t (m m)	f_y (kPa)	Deforma si (cm)	Tari k (kN)	Teka n (kN)	Gese r (kN)	Ke t
0.90	12	310,00 0	4.3	529	1900	126	OK

Mooring Dolphin

1. Beban

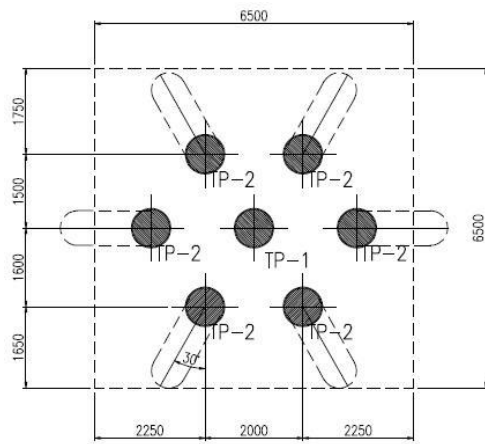
- Beban Vertikal (berat sendiri *pilecap*) : 158.4 ton (say 1500 kN)
- Beban Horizontal : -
- 150 ton (-1500 kN)
- Diameter 900 mm, tebal 12 mm (**Alternatif 1**)
- Diameter 800 mm, tebal 16 mm (**Alternatif 2**)

2. Konfigurasi Group Tiang

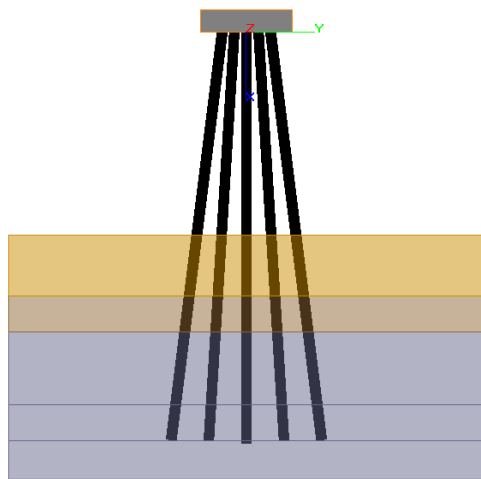


Tampa atas

Tampak bawah



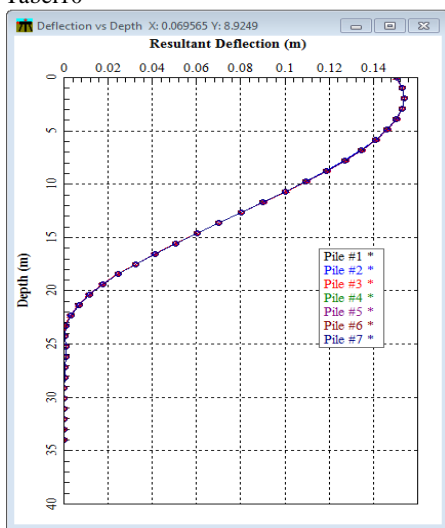
Denah Group Tiang



Tampak Plane YX.

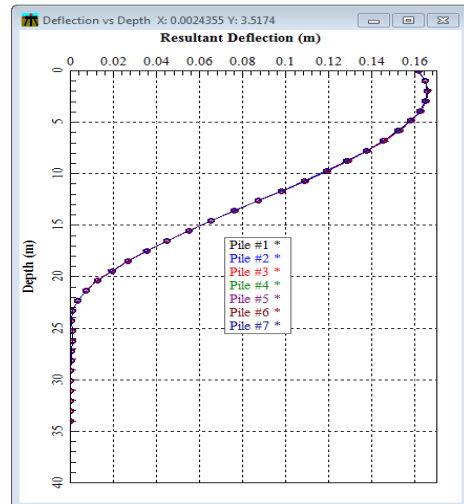
3. Hasil Perhitungan (Koordinat Global)

Tabel10



Deformasi Lateral: 15.0 cm
Alternatif 1 (Dia. 900, 12 mm)

Tabel 11



Deformasi Lateral: 16.2 cm
Alternatif 2 (Dia. 800, 16 mm)

Tahanan rencana tiang pancang baja
Data Steel pipe pile baja grade 3
 $F_y=310 \text{ Mpa}$
 $Z_x= 7334 \text{ cm}^3$

Momen Plastis = $0,9 \cdot Z_x \cdot F_y = 7.334.000 \times 310$
 $= 2.046.186.000 \text{ N-mm} = 2.046 \text{ KN-m}$

Pemeliharaan:

1. Diameter 900, 12 mm

Untuk pemeliharaan akibat menipisnya tebal (t) steel-pipe pile maka perlu dilakukan model berkurangnya ketebalan akibat korosi lingkungan. Menipisnya ketebalan (t) steel-pipe pile akan menimbulkan penurunan kemampuan Momen Plastis dari tiang tersebut seperti pada tabel 12 perhitungan sebagai berikut:

Tabel 12

D_{luar} (m)	t (m)	D_{dalam} (m)	I m^4	W m^3	f_y kPa	M kN-m
0.9	0.012	0.876	0.0033	0.00733	310,000	2,046
0.9	0.011	0.878	0.00304	0.00675	310,000	1,882
0.9	0.01	0.88	0.00277	0.00615	310,000	1,717
0.9	0.009	0.882	0.0025	0.00556	310,000	1,550

Analisis balik dari model Mooring Dolphin terhadap menipisnya ketebalan dapat dilihat pada table 13 berikut ini:

Table 13

D_{luar} (m)	T (mm)	f_y kPa	Deformasi lomen Terja (cm)	Keteranga (kN-m) n
0.9	11	310,000	16.2	1587 < 1882, OK
0.9	10	310,000	17.7	1592 < 1717, OK perlu pemeliharaan n
0.9	9	310,000	19.4	1598 > 1550, not OK

Dari tabel di atas bahwa saat tebal menipis sebesar 1 mm atau $t = 11$ mm maka *steel-pipe pile* perlu dilakukan pemeliharaan.

2. Diameter 800, 16 mm

Apabila menggunakan diameter 800 mm dan ketebalan 16 mm maka penurunan ketebalan akibat korosi akan menurunkan kemampuan Momen Plastis dari tiang tersebut seperti pada table 14 perhitungan sebagai berikut:

Tabel 14

D _{luar} (m)	T (m)	D _{dalam} (m)	I m ⁴	W m ³	f _y kPa	M kN-m
0.8	0.016	0.768	0.0030291	0.0075727	310,000	2,113
0.8	0.015	0.77	0.0028505	0.0071262	310,000	1,988
0.8	0.014	0.772	0.0026705	0.0066763	310,000	1,863
0.8	0.013	0.774	0.0024891	0.0062228	310,000	1,736
0.8	0.012	0.776	0.0023063	0.0057658	310,000	1,609
0.8	0.011	0.778	0.0021221	0.0053053	310,000	1,480

Analisis balik dari model Mooring Dolphin terhadap menipisnya ketebalan dapat dilihat pada table 15 berikut ini:

Tabel 15

D _{luar} (m)	T (mm)	f _y kPa	Deformasi (cm)	Momen Terjadi (kN-m)	Keterangan
0.8	16	310,000	16.2	1590	< 2113, OK
0.8	15	310,000	17	1593	< 1988, OK
0.8	14	310,000	18.1	1597	< 1863, OK
0.8	13	310,000	19.3	1602	< 1736, OK perlu pemeliharaan
0.8	12	310,000	20.7	1607	Deformasi yang terjadi > 20 cm, not OK

Dari tabel di atas bahwa saat tebal menipis sebesar 3 mm atau $t = 13$ mm maka *steel-pipe pile* segera dilakukan pemeliharaan (batas maksimal).

Alternatif Pemilihan:

Jika menggunakan tiang dengan Dia. 800 mm dan tebal 16 mm, maka hasil perhitungannya momen plastisnya adalah sebagai berikut lihat table 16:

Tabel 16

D _{luar} (m)	t (m)	D _{dalam} (m)	I m ⁴	W m ³	f _y kPa	M kN-m
0.8	0.016	0.768	0.0030291	0.0075727	310,000	2,113

Hasil momen plastis yang terjadi untuk Dia. 800 mm dengan ketebalan $t = 16$ mm adalah 2113 kN-m > 2046 kN-m (Dia. 900 mm, $t = 12$ mm). Sedangkan analisis balik/hasil perhitungan terhadap beban lateral pada mooring dolphin lihat table 17 adalah sebagai berikut:

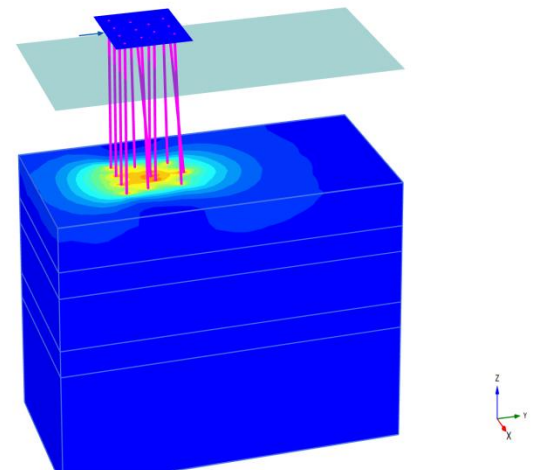
Tabel 17

D _{luar} (m)	t (mm)	f _y kPa	Deformasi (cm)	Momen Terjadi (kN-m)	Keterangan
0.80	16	310,000	16.1	1590	Hasilnya Dia. 800 mm, $t = 16$ mm identik dengan Dia. 900 mm, $t = 12$ mm
0.90	12	310,000	15.0	1582	

Pemilihan antara kedua diameter (Dia. 900,12mm dan Dia. 800,16mm) tersebut adalah tergantung dari harga dan tersedianya di pasaran atau kemampuan alat pancangnya.

Model PLAXIS 3D

Model Geometri



KESIMPULAN & SARAN.

Dari hasil studi dan pembahasan kemampuan tiang pancang berdasarkan material yang tersedia pada pabrik baja, pada pembebanan gaya horisontal dan vertikal sebagai berikut :

1. Berdasarkan Pemilihan tipe material steel Pipe Pile yang Diameter 900mm, tebal 12 mm grade3 diperoleh Momen plastis = 2.046 KN-m
2. Diameter 900mm,tebal 11mm diperoleh momen Plastis = 1.882 KN-m> Momen terjadi=1.587 KN-m dengan deformasi =16,2cm.ok
3. Diameter 900mm,tebal 10 mm diperoleh momen Plastis = 1.717 KN-m> Momen terjadi=1.592KN-m, dengan deformasi =17,7cm.ok.
4. Diameter 900mm,tebal 9 mm diperoleh momen Plastis = 1.598 KN-m< Momen terjadi=1.550KN-m, dengan deformasi =19,4cm. Not ok, Diperlukan penanganan kusus dengan penambahan perkuatan.
5. Diameter 800mm,tebal 16 mm diperoleh momen Plastis = 2.113 KN-m> Momen terjadi=1.590KN-m, dengan deformasi =16,2cm. ok
6. Diameter 800mm,tebal 12 mm diperoleh momen Plastis = 1.609 KN-m> Momen terjadi=1.607KN-m,

dengan deformasi =20,7cm. Not ok Mulai dilakukan penanganan kusus

7. Batas Diameter 900mm,dengan ketebalan 9mm, atau Diameter 800mm dengan ketebalan 12mm di proteksi katodik.
8. Pemilihan diameter tiang pancang tergantung ketersediaan alat pemukul tiang pancang, kemudahan ketersediaan diameter dipasaran, harga pembelian.

DAFTAR PUSTAKA

- Matlock. (1970). "Soft Clay below the water table".
Journal reese dan isenhower.
- Reese. (1997). "Weak Rock". Journal reese dan isenhower.
- M.J Tomlinson (1977), *Pile Design And Construction Practice* 1sted,Aviepoint publication, Burton-on-Stather.
- Wiryanto Dewobroto (2015),*Prilaku,Analisis & desain – AISC 2010*, Universitas Pelita Harapan
- Technical standards and commentaries for port and harbor facilities in Japan. Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI), 2009
- Mooring Equipment Guidelines 3rd Edition (MEG3). Oil Companies International Marine Forum (OCIMF). 2008
- PIANS 2002 'guidelines for the design of fender system'2002