

PERENCANAAN JETTY TERSUS STORAGE TANK NATPAC LAMONGAN

Arifien Nursandah¹⁾, Topan Wijaya²⁾

¹⁾ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
JL. Sutorejo No. 59 Kota Surabaya, Jawa Timur, 61135

E-mail: arifien.nursandahums@gmail.com

²⁾ Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
JL. Sutorejo No. 59 Kota Surabaya, Jawa Timur, 61135

E-mail: topanwijaya1992@gmail.com

Abstract

To anticipate the tendency of the oil crisis in Indonesia, PT. NATPAC GRAHA ARTHAMAS makes a special port for petroleum. So that facilities are needed to support the plan, special port for fuiling ship. The purpose of thesis is to plan a jetty structure that able to hold a maximum load of 50,000 DWT starting from collecting secondary oceanographic data, such as land data, structural modeling and jetty structure calculations, named breasting dholphin and mooring dholpin. The structure modeling using the Sap2000v14 program assistance from the results of analysis and modeling calculations, sap2000v14 get a breasting dholpin and mooring dholphin structure that safe against the jetty's effect. The foundation of precast concrete poles are using PP products with D = 1m is capable of receiving axial loads of up to 674.56 tons and 14m deep. The breasting dholpin and dholpin mooring breasts are planned with the top evaluation of HWS 2.2 m. For fenders are using OD x ID (1200 x 700mm).

Keywords: structure, fuiling ship port, pier

Abstrak

Untuk mengantisipasi kecenderungan terjadinya krisis minyak di Indonesia, maka PT. NATPAC GRAHA ARTHAMAS membuat pelabuhan kusus untuk minyak bumi. Sehingga diperlukan fasilitas untuk mendukung rencana tersebut, yaitu dengan membangun dermaga minyak khusus. Tugas akhir ini bertujuan untuk merencanakan struktur jetty yang mampu menahan beban maksimal 50.000 DWT dimulai dari pengumpulan data skunder hidro oseanografi, data tanah spt, pemodelan struktur dan perhitungan struktur jetty yaitu breasting dholphin dan mooring dholpin. Pemodelan struktur menggunakan bantuan program sap2000v14. dari hasil perhitungan analisis dan pemodelan sap2000v14 diperoleh struktur breasting dholpin dan mooring dholphin yang aman terhadap gaya – gaya yang bekerja pada jetty. Pondasi tiang pancang beton precast menggunakan produk PP dengan D=1m yang mampu menerima beban axial hingga 674,56 ton dan dipancang sedalam 14m. *Breasting dholpin* dan *mooring dholpin* direncanakan dengan elevasi puncak HWS 2,2m. Untuk *fender* menggunakan OD x ID (1200 x 700mm).

Kata kunci: struktur, terminal kapal tanker, dermaga

PENDAHULUAN

Penyimpanan dan transportasi saat ini merupakan faktor yang sangat penting dalam pengelolaan dan manajemen minyak bumi. Dengan pengelolaan yang efektif sebuah perusahaan dapat menerima keuntungan yang sangat besar, dan sebaliknya jika pengelolaan ini amburadul maka akan memberikan kerugian yang besar terutama dalam hal biaya produksi.

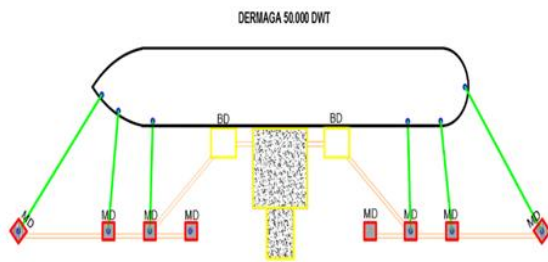
Oleh karena itu diadakannya proyek pembangunan fuel tank di daerah Sedayulawas, Lamongan. Dalam proyek ini akan dibangun fuel tank yang nantinya akan digunakan untuk menampung minyak yang diangkut oleh kapal tanker. Dikarenakan kapal tanker yang membawa minyak memiliki DWT yang sangat besar hingga mencapai 50.000 DWT maka tidak dimungkinkan untuk kapal tanker mendekat ke pantai untuk mentransferkan minyak bumi. Oleh karena itu dibangunlah sebuah struktur jetty hingga mencapai kedalaman yang sesuai untuk kapal dengan DWT

50.000 untuk dapat berlabuh. Struktur jetty ini yang nantinya akan menjadi tempat bersandar kapal tanker tersebut. Struktur jetty tersebut nantinya akan disambungkan dengan trestel dan coasway yang akan menghubungkan jetty dengan daratan.

Dalam struktur jetty terdapat bangunan struktur breasting dolphin dan mooring dolphin. Breasting dolphin berfungsi sebagai tempat bersandar kapal sedangkan mooring dolphin berfungsi untuk menambatkan kapal agar kapal tidak mengalami banyak gerakan saat kapal berhenti. struktur ini sangat dibutuhkan karena saat kapal tanker mentransferkan muatannya menuju fuel tank maka kapal tidak diperbolehkan untuk melakukan banyak gerakan. Karena kondisi laut yang tidak menentu dikarenakan perubahan angin, gelombang dan arus, maka dalam mendesain jetty ini perlu memperkirakan gelombang, arus, Kita dapat menghitung elevasi jetty yang sesuai pada tugas ahir ini juga akan dianalisa struktur jetty masih aman atau tidak.

METODELOGIPENELITIAN

Tahapan yang dilaksanakan pada perencanaan adalah data-data yang dipakai :
Layout studi dilihat gambar dibawah ini



Data Umum Dermaga

- Fungsi dermaga : Jetty
- Lokasi dermaga : Lamongan Sedayu Lawas, Jawa Timur
- Elevasi lantai dermaga : +4.70 m dari LWS
- Kedalaman rencana : -14.00m dari LWS

Data Situs Tanah:

Data situs tanah yang digunakan dari hasil penyelidikan tanah BH2 sebagai berikut:

Tabel 1.

Jenis tanah	Kedalaman (m)	Interval d (m)	Nilai N SPT	t/(N-SPT)
Lanau lempung berpasir	2	2	1	1.000
Lanau lempung berpasir	4	2	1	1.000
Lanau lempung berpasir	6	2	7,5	0,200
Lanau pasir berlempung berkrilik	8	2	20	0,100
Lanau	10	2	22,5	0,088

pasir berlempung berkrilik	12	2	25	0,08
Pasir berlanau berkrilik kompak	14	2	48	0,041
Pasir berlanau berkrilik kompak	16	2	55	0,036
Pasir berlanau berkrilik kompak	18	2	60	0,033
Pasir berlanau berkrilik kompak	20	2	60	0,033
Jumlah				2000,6
N rata rata				11
				2,0006
				11

Sumber : Analisis Data

Tabel.2 **Spring pile cap (modulus of subgrade reaction)**

Jenis tanah	Kisaran harga Ksv (KN/m ³)
Sand	
Pasir lepas	4500 - 15000
Pasir kepadatan sedang	9000 - 75000
Pasir padat	60000 - 120000
Pasir campur lempung	30000 - 75000
Pasir campur lanau	22500 - 45000
Clay	
qu < 4kPa	11250 - 22500
4kPa < qu < 8kPa	22500 - 45000
8kPa < qu	>45000

Sumber : Analisis Data (2018)

Tabel 3.
Respon spektrum

T(detik)	SA (g)
0	0,243
T ₀	0,607
T _s	0,607
T _s +0	0,541
T _s +0.1	0,488
T _s +0.2	0,445
T _s +0.3	0,408
T _s +0.4	0,377
T _s +0.5	0,351
T _s +0.6	0,328
T _s +0.7	0,308
T _s +0.8	0,29
T _s +0.9	274
T _s +1	259
T _s +1.1	0,247
T _s +1.2	0,235
T _s +1.3	0,224
T _s +1.4	215
T _s +1.5	0,206
T _s +1.6	0,198
T _s +1.7	0,19
T _s +1.8	0,183
T _s +1.9	0,177
T _s +2	0,171
T _s +2.1	0,165
T _s +2.2	0,16
T _s +2.3	0,155
T _s +2.4	0,15
T _s +2.5	0,146
T _s +2.6	0,142
T _s +2.7	0,138
T _s +2.8	0,134
T _s +2.9	0,13
T _s +3	0,127
4	0,125

Variabel	Nilai
PGA (g)	0,335
S _s (g)	0,694
S ₁ (g)	0,249
C _{RS}	0,995
C _{R1}	0,947
F _{PGA}	1
F _A	1
F _V	3
PSA (g)	0,367
S _{MS} (g)	0,91
S _{M1} (g)	0,748
S _{DS} (g)	0,607
S _{D1} (g)	0,499
T ₀ (detik)	0,164
T _s (detik)	0,821

Tabel 4.
Kriteria Kapal Tanker

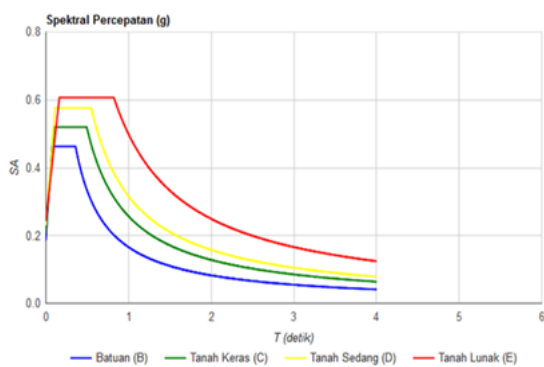
Dead-weight Tonnage	Loaded Displacement (Tonnes)	Leght (m)	Beam (m)	Loaded Draft (m)
1,000	1,400	60	9	4,0
2,000	2,800	75	11	5,0
5,000	7,000	100	14	6,0
10,000	13,000	140	17	7,0
20,000	25,000	180	22	9,5
40,000	50,000	215	29	11,0
60,000	75,000	245	32	13,1
80,000	100,000	260	37	13,7
100,000	125,000	285	41	14,6
120,000	150,000	295	42	16,5
150,000	180,000	300	44	17,1
200,000	240,000	310	47	18,9
250,000	300,000	325	50	20,4
300,000	356,000	340	53	22,0

Tabel 5.

type fender	E (ton)m	R(ton)
OD x ID = 125 x 65	0,13	5,20

Tabel 6.
kriteria Bollard

Dispace-ment kapal (ton)	gaya bollard P (KN)	jarak antar bollard (m)	gaya bollard tegak lurus tambatan (KN/m)	gaya bollard sepanjang tambatan (KN/m)
2.000	100	5	15	10
5.000	200	10	15	10
10.000	300	15	20	15
20.000	500	20	25	20
30.000	600	20	30	20
50.000	800	20-25	35	20
100.000	1.000	25	40	25
200.000	1.500	30	50	30
Diameter (cm)	1 20 25 30 35 40 45 50 55			
Gaya tarik ijin (ton)	5 10 20 35 50 70 100 120 150			



ANALISIS DAN HASIL PEMBAHASAN

Kualitas material

1. Mutu Beton

Untuk elemen struktur pile cap, balok, dan pelat dermaga menggunakan mutu beton K-550

2. Baja untuk tulangan

Untuk tulangan beton yang digunakan yaitu mutu U-24 (polos) $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ dan mutu U-39 (ulir) $f_y = 3900 \text{ kg/cm}^2$

Elevasi dermaga

Untuk HWS yang direncanakan dengan tinggi 2,20 m dari LWS 0,00. Diambil dari pengamatan dilapang didapat 2,02m.

Gaya vertikal

Gaya Vertikal terdiri dari berat sendiri struktur dermaga dengan $\gamma_{\text{beton}} = 2,4 \text{ ton/m}^3$ $\gamma_{\text{baja}} = 7,85 \text{ ton/m}^3$ untuk badan mati untuk beban hidup merata terdiri dari beban manusia dan air hujan 250 kg

Gaya Horizontal

1. Fender

Perencanaan fender

Type kapal 50.000 DWT (kapal tanker)

Gross tonage 40.000 = 50000 ton

Full displacement (W) = 40000 ton

Length/ Panjang (Loa) = 215 m

Width/Lebar (B) = 29 m

Full draft (d) = 11m

Sudut merapat = 10%

Energi benturan kapal ke dermaga dihitung dengan rumus

$$E = \frac{WV^2}{2G} C_m C_e \text{ Menghitung } C_m$$

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} B d \gamma_0}$$

$$C_b = \frac{40000}{239,08 \times 29 \times 11 \times 1,025} = 0,51077$$

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

$$C_m = 1 + \frac{3,14}{2 \times 0,511} \times \frac{11}{29}$$

$$= 2,165920453$$

Menghitung C_e

Dengan menggunakan nilai $C_b = 0,51$ (diambil 0,5) didapat

$$\frac{r}{Loa} = 0,205$$

Untuk kapal yang bersandar di dermaga

$$l = 1/4 loa$$

$$l = 1/4 \times 215 = 53,75\text{m}$$

Sehingga didapat

$$r = 0,205 \times 53,75 = 11,01 \text{ m}$$

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

$$C_e = \frac{1}{1 + (53,75/11,02)^2}$$

Energi benturan :

$$E = \frac{4000 \times 0,0007 \times 2,16 \times 0,04}{2 \times 9,81} = 0,12$$

Energi yang membentur dermaga adalah setengah dari energi benturan yang diakibatkan oleh kapal ($1/2 E$). Akibat benturan tersebut, dermaga memberikan gaya reaksi $F 1/2 d$. Dengan menyakan nilai tersebut.

$$E = 0,120387049 \text{ Ton/m}$$

$$F 1/2 d = 1/2 E$$

$$F d = E$$

$$E = 0,060193525 \text{ Ton/m}$$

Jarak maksimum antar fender (L) dihitung dengan rumus

$$L = 2\sqrt{r^2 - (r - h)^2}$$

Untuk kapal tanker 50000 DWT

$$\log r = -0,113 + 0,440 \log (\text{DWT})$$

$$\log r = -0,133 + 0,44 \log 50000$$

$$= 1,9345$$

$$r = 11,02 \text{ m}$$

$$h = \text{tinggi fender} = 200 \text{ cm} =$$

2

$$L = 2\sqrt{11,02^2 - (11,02-2)^2} = 12,66175343 \text{ m}$$

Tabel dari OCDI (1991) untuk kedalaman air 8-10m memberikan jarak maksimum antara fender 10-15m dan tipe vender yang digunakan Fender tipe silender OD x ID = 125 x 65 yang mempunyai nilai energi diserap $E=0,13 \text{ ton-m}$ ($>0,12 \text{ ton-m}$). gaya diteruskan ke struktur adalah $F = 5,20 \text{ ton}$

2. Bollard

Perencanaan bollard diambil berdasarkan gaya terbesar diantara gaya tarik boulder sendiri, gaya angin dan gaya arus.

Akibat beban angin

$$\begin{aligned} R_w &= 1,1 \times Q_a \times A_w \\ &= 0,062 \times v^2 \\ &= 0,061 \times 12,96^2 \\ &= 10,41 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Tinggi kapal yang terkena angin = light draft

$$\text{light draft} = \frac{W - (\text{berat kapal (DWT)} \times \text{full draft})}{\text{berat kapal (DWT)}}$$

$$= \frac{40000 - 50000 \times 11}{50000}$$

$$= -2,2 \text{ m}$$

Maka tinggi kapal yang terkena angin adalah

$$\begin{aligned} \text{luas kapal yang terkena angin (A}_w\text{)} &= \text{Loa} \times \text{tinggi yang terkena angin} \\ &= 215 \times 2,2 \\ &= 473 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_w &= 1,1 \times Q_a \times A_w \\ &= 1,1 \times 10,4136192 \times 473 \\ &= 5418,20607 \text{ kg} = 5,41820607 \text{ ton} \end{aligned}$$

Akibat beban arus (F)

$$\begin{aligned} \text{luas kapal yang terkena arus (A}_c\text{)} &= d \times \text{Loa} \\ &= 11 \times 215 \\ &= 2365 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_A &= C_c \times \gamma_w \times A_c \times \left(\frac{V_c^2}{2g} \right) \\ &= 1 \times 1025 \times 2365 \times \left(\frac{0,11^2}{2 \times 9,81} \right) \\ &= 1495,000637 \text{ kg} = 1,495000637 \text{ ton} \end{aligned}$$

Bollard yang digunakan adalah 150 ton

3. Plat

Hasil perhitungan plat pada SAP2000v14

tebal (m)	deck (mm)	qu (kg/m ²)	ly (m)	lx (mm)	lx (m)	lx (mm)	lx (m)	lx (mm)	lx (m)	lx (mm)	lx (m)	lx (mm)	lx (m)	lx (mm)	lx (m)	lx (mm)	lx (m)	lx (mm)	lx (m)	lx (mm)	Mu (kg-m)	Tpasang
15	50	23748	00	1100	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	176	Ø13-150
15	50	23748	00	1100	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	176	Ø13-150
15	50	23748	00	1100	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	176	Ø13-150
15	50	23748	00	1100	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	176	Ø13-150

4. Balok

Hasil perhitungan momen balok pada SAP2000v14

Posisi	Momen Ultimate terjadi (kgm)	b (m)	h (m)	Diameter tulangan (mm)	Rho Pakai	Tul Tarik Pasang (As) (bh)	As Pasang (mm ²)	Tul Tekan Pasang (As') (bh)	As' pasang (mm ²)
tumpuan	2003	400	800	19	0,0035	20	5667,7	10	2833,9
lapangan	16	400	800	19	0,0035	10	2833,9	20	5667,7
tumpuan	1855	400	700	19	0,0035	20	5667,7	10	2833,9
lapangan	67	400	700	19	0,0035	10	2833,9	20	5667,7
tumpuan	1803	400	600	19	0,0035	10	2833,85	5	1416,9
lapangan	85	400	600	19	0,0035	5	1416,92	10	2833,8

Hasil perhitungan Geser pada SAP2000v14

No	Type balok	Posisi	Vu (N)	Dimensi (mm)			S pasang (mm)
				b	h	Ø sengkang	
1	B1 40/80	tumpuan	88969,95	400	800	13	80
		lapangan		400	800	13	80
2	B2 40/70	tumpuan	28867	400	800	13	100
		lapangan		400	800	13	100
3	B3 40/60	tumpuan	61962	400	600	13	100
		lapangan		400	600	13	100

5. Perencanaan pondasi tiang

Daya dukung satu tiang berdasarkan data SPT

$$Q_u = Q_p + Q_{si} / 3$$

Tabel 4.8 data titik bor BH 2

Kedalaman (m)	Jenis tanah	N
2	Lanau lempung berpasir	1
4	Lanau lempung berpasir	1
6	Lanau lempung berpasir	7,5
8	Lanau lempung berpasir	20
10	Lanau pasir berlempung krikil	22,5
12	Lanau pasir berlempung krikil	25
14	Lanau lempung	48

berpasir		
16	Lanau lempung berpasir	55
berpasir		
18	Lanau lempung berpasir	60
berpasir		
20	Lanau lempung berpasir	60

$$Q_u = (40 \times N_b \times A_p) \rightarrow N_b = (N_1 + N_2)/2$$

Untuk mencari Nb diperlukan 8D dan 3D pile .

$$8D = (8 \times 1) = 8 - 8 = 6$$

$$3D = (3 \times 1) = 3 + 3 = 17$$

$$N_b = (N_1 + N_2) / 2$$

$$N_{b1} = (7,5 + 20) / 2 = 13,75$$

$$N_{b2} = (48 + 55) / 2 = 51,5$$

$$N_b = (13,75 + 51,5) / 2 = 32,625$$

$$Q_u = (40 \times N_b \times A_p) \rightarrow A_p = 3,14 \times 0,52 = 0,785$$

$$= 40 \times 32,625 \times 0,785$$

$$= 1024,425$$

Pada lapisan tanah pada kedalaman 1- 8 m adalah jenis tanah lanau lempung berpasir, Pada lapisan tanah pada kedalaman 8 -12 m adalah jenis tanah lanau pasir berlempung krikil, dan Pada lapisan tanah pada kedalaman 12-20 m adalah jenis tanah lanau lempung berpasir

$$Q_{si} = q_s \times A_{si}$$

q_s = untuk pasir 0,2 N

q_s = untuk lempung 0,5 N

$$Q_{si} = q_s \times A_{si} \rightarrow A_{si1} = (2 \times 3,14 \times 0,5) * 8 = 25,12$$

$$A_{si1} = (2 \times 3,14 \times 0,5) * 4 = 12,56$$

$$A_{si1} = (2 \times 3,14 \times 0,5) * 2 = 6,28$$

Nilai (Q_{si}) didapat

$$Q_{si1} = 0,5 \times 32,625 \times 25,12$$

$$= 409,77$$

$$Q_{si2} = 0,2 \times 32,625 \times 12,56$$

$$= 40,977$$

$$Q_{si3} = 0,5 \times 32,625 \times 6,28$$

$$= 102,4425$$

$$Q_{si} = 409,77 + 40,99 + 102,44 = 553,2$$

Daya dukung satu tiang pancang berdasarkan spt

$$P_u = (Q_u + Q_{si}) / 3 = (1024,425 + 553,2) / 3$$

$$= 525,875$$

Digunakan pile produk PP dengan D100mm yang mampu menerima axial 674,56 ton

Maka jumlah tiang

$$n = \frac{N_u}{P_u} = \frac{487}{52,5}$$

= 9 ~ 9 Tiang
Check kapasitas group pile

$$P_{max} = \frac{P_u}{n_p} + \frac{M_y \times X_{max}}{n \times X^2_{Total}} + \frac{M_x \times Y_{max}}{n \times Y^2_{Total}}$$

Jarak pile ke titi pusat arah x

$$x_1 = 3 \text{ m} \quad x_{12} = 9 \text{ m}^2$$

$$x_2 = 4 \text{ m} \quad x_{22} = 16 \text{ m}^2$$

$$x_3 = 3 \text{ m} \quad x_{32} = 9 \text{ m}^2$$

$$x_4 = 0 \text{ m} \quad x_{42} = 0 \text{ m}^2$$

$$X^2_{Total} = 34,00 \text{ m}^2$$

arah y

$$y_1 = 3 \text{ m} \quad y_{12} = 9 \text{ m}^2$$

$$y_2 = 4 \text{ m} \quad y_{22} = 16 \text{ m}^2$$

$$y_3 = 3 \text{ m} \quad y_{32} = 9 \text{ m}^2$$

$$y_4 = 0 \text{ m} \quad y_{42} = 0 \text{ m}^2$$

$$Y^2_{Total} = 34,00 \text{ m}^2$$

$$P_{max} = \frac{47850}{9} + \frac{24 \times 3}{9 \times 34} + \frac{32 \times 3}{9 \times 34}$$

$$= 5316,6 + 23,5 + 31,37$$

$$= 5371,5 \text{ Kg}$$

$$P_{max} < P_a$$

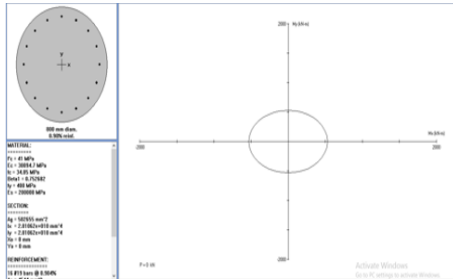
$$5371,5 < 25434 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Hasil perhitungan axial sap2000v14

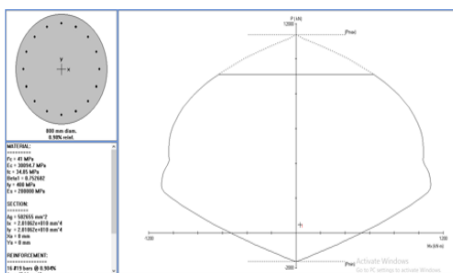
No.	Tipe Pile	P	M _x	M _y	Dimensi	Tulangan Lentur			Tulangan Geser
						Jumlah	Diameter	Jarak	
	PI				b				
	LE				buah	mm	mm	mm	Mm
	C		K	K	mm				
	AP		N/m	N/m					
1	PI	487	32	24	1000	16	19	13	100

PCACOL

Output perhitungan kapasitas pile cap 100cm dengan PCACOL (un-axial x)



Output perhitungan kapasitas pile cap 100cm dengan PCACOL (biaxial)



KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan tentang perencanaan dolphin dermaga PT. NATPAC GRAHA ARTHAMAS dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Elevasi puncak yang dipakai untuk perencanaan struktur Breasting dolphin dan mooring dolphin adalah HWS +2,20m dari LWS 0,00.
2. Dari hasil perhitungan energi benturan kapal, dipilih fender ukuran OD x ID 1200 x 700 mm, dari benturan kapal yang bekerja pada dermaga sebesar 887 kg/m.
3. Akibat energi kinetik pada struktur dermaga terjadi gaya axial maksimal pada tiang pancang Pult 530ton dan momen maksimal Mult 24ton.m yang diperoleh dari hasil output pemodelan sap2000. tiang pancang direncanakan menggunakan tiang pancang beton precast produk PP dengan D1m yang mempunyai Pijin 674,56 ton dan Mijin 261,20 ton.m .karena Pult 530 ton < 674,56 ton dan Mult 24ton.m < Mijin 261,20 ton.m maka tiang pancang bisa dipakai pada perencanaan.

Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan di atas, saran untuk perencanaan dolphin dermaga PT. NATPAC GRAHA ARTHAMAS adalah sebagai berikut.

1. Perencanaan selanjutnya perlu menghitung RAB.

DARTAR PUSTAKA

Standar Nasional Indonesia.2012.SNI-03-1726-2012-Standar

Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung.

Bambang Triatmodjo. 2010. *Perencanaan Pelabuhan.*

Yogyakarta:Beta Offset

Bambang Triatmodjo.2010. *Teknik Pantai.*

Yogyakarta:Beta Offset

M.J.Thomlinson 1977. *Pile Design and Construction practice*

Desain Spektra indonesia

http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_sp_ektra_indonesia_2011/

dibuka pada 20 agustus 2018