

ANALISIS OPTIMALISASI PONDASI DALAM PADA CRUDE OIL STORAGE TANK (Studi Proyek Pondok Makmur Pertamina di Bekasi)

Wawan Kuswaya¹⁾, Ahmad Mahzun Ma'arif²⁾

Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jalan Mohammad Khafi 2, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jaksel
wawankuswaya@istn.ac.id, zunma90.civil@gmail.com

ABSTRAK

1. Pada penelitian ini apabila mendesain pondasi dengan menggunakan pondasi dangkal akan mengakibatkan penurunan yang sangat besar dan tidak merata, mengakibatkan pipa-pipa yang penyalur yang terhubung dari Crude Oil Storage Tank ke tangki lainnya akan patah dikarena batas ijin penurunan pipa sangat kecil. Karena jenis tanahnya sangat lunak dan muka air tanah yang sangat tinggi. Serta tangki yang akan dipikul pondasi memiliki beban yang sangat besar. Dengan permasalahan tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian, untuk mendapatkan struktur pondasi yang lebih optimal. Jenis pondasi yang akan distudi adalah pondasi tiang pancang dengan bore pile dengan tujuan untuk mengetahui daya dukung pondasi yang optimal agar menghasilkan efisiensi biaya pelaksanaan. Pada penelitian ini, data tanah berupa data SPT yang dikorelsikan kedalam parameter-paramter tanah yang dibutuhkan dalam menghitung geoteknik. Analisa pembebanan dihitung menggunakan program Excel 2007 secara manual. Sedangkan analisa daya dukung menggunakan metode pendekatan. Dari hasil penelitian memperlihatkan, daya dukung borepile lebih besar dibandingkan tiang pancang, hal ini tidak sesuai gambaran di lapangan, dikarenakan faktor adhesi untuk tanah lunak lebih besar. Terjadi ketidak optimalan terhadap kekuatan tiang pada perencanaan akibat material tiang jauh lebih besar dari kemampuan tanah. Hal ini dikarenakan nilai N-SPT di ujung tiang masih rendah. Disain pondasi yang paling optimal adalah tiang pancang diameter 35 cm dengan daya dukung pondasi yang lebih dominan dalam perencanaan adalah aksial tekan sebesar 135,45 kN dan jumlah tiang pancang sebanyak 122 buah dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp. Rp.1.398.730.00,-. Karena harga tersebut lebih kecil dari pada harga minimum borepile diameter 40 dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp. 1.664.640.000.

Kata Kunci : Parameter tanah, Tiang pancang, Borepile, Daya dukung, Biaya.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ilmu pengetahuan dan penerapan teknologi dalam bidang pembangunan konstruksi teknik sipil mengalami perkembangan yang pesat, membuat para

perencana struktur dituntut untuk lebih produktif, kreatif dan inovatif, terutama dalam hal perancangan struktur. Salah satu kriteria dalam merencanakan struktur pondasi adalah dengan merencanakan kinerja struktur bangunan yang baik dan efisien..

Dari hasil penyelidikan tanah pada Proyek Pondok Makmur Pertamina, menunjukkan kriteria tanah pada proyek tersebut merupakan jenis tanah sangat lunak dan juga muka air tanah yang sangat tinggi. Nilai N-SPT dari hasil penyelidikan tanah yang dilakukan menunjukkan sangat kecil, dari permukaan tanah sampai pada kedalaman di 20 m ke bawah. Dan tangki yang akan dipikul pondasi menjadi beban yang sangat besar. Dengan permasalahan tersebut, penulis tertarik untuk melakukan penelitian pada struktur pondasi pada Crude Oil storage Tank. Karena, apabila mendesain pondasi dengan menggunakan pondasi dangkal akan mengakibatkan penurunan yang sangat besar dan tidak merata, karena kontribusi daya dukung tanah yang diberikan sangat kecil dan juga beban tangki yang disalurkan ke pondasi sangat besar. Apabila terjadi penurunan yang sangat besar pada pondasi tangki akan mengakibatkan pipa-pipa penyalur (pipeline) yang terhubung dari Crude Oil Storage Tank ke tangki lainnya akan patah dikarenakan batas ijin penurunan pipa sangat kecil. Sehingga penelitian ini tidak dimungkinkan menggunakan pondasi dangkal, solusi dari penelitian ini adalah menggunakan pondasi dalam. Selain itu pada lokasi penelitian boleh dilakukan pemancangan, karena sekitar lokasi penelitian adalah area persawahan, jadi getaran akibat pemancangan tidak mempengaruhi bangunan lain.

Pada penulisan ini, penelitian mengacu berdasarkan SNI 1726:2012. Oleh karena itu, untuk mengetahui optimalisasi struktur pondasi Crude Oil Storage Tank, didalam penulisan ini mengambil 2 jenis pondasi untuk dapat dikaji, yaitu Pondasi Tiang Pancang dan Pondasi Bore pile.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan hal-hal yang telah dipaparkan dalam latar belakang, maka penelitian ini untuk mendapatkan

struktur pondasi yang lebih optimal diantara pondasi tiang pancang dengan bore pile dengan ditinjau dari daya dukung dan efisiensi biaya pelaksanaan. Sehingga pada perencanaan menghasilkan konstruksi yang efisien serta kuat.

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan penelitian ini adalah untuk menganalisa optimalisasi struktur pondasi tangki dengan menggunakan pondasi tiang pancang dan pondasi bore pile dari beberapa dimensi pondasi.

Tujuan dari penulisan penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung pondasi dalam yang optimal agar menghasilkan efisiensi biaya pelaksanaan yang digunakan pada kedua konstruksi pondasi tersebut.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka perlu adanya pembatasan masalah sebagai berikut :

1. Equipment yang ditinjau pada Proyek Pengembangan Pondok Makmur adalah Crude Oil Storage Tank.
2. Crude Oil Storage Tank, dengan ukuran :
 - a. Diameter = 10,67 m
 - b. Tinggi Plat Tangki = 8,84 m
 - c. Ketebalan Pl. Cangkang = 6,10 mm
 - d. Spesifik Gravity Cairan = 6,97 kN/m³
3. Pondasi yang digunakan pondasi tiang pancang dan pondasi bore pile, dengan dimensi tiang bervariasi.
4. Tidak menghitung konfigurasi dan dimensi baut angkur.
5. Material pondasi terbuat dari beton bertulang.
6. Tidak menghitung penurunan pondasi.

7. Program software yang digunakan adalah Excel 2010.

2. STUDI PUSTAKA

2.1 Pondasi

Pada penelitian ini, penulis akan membahas lebih detail mengenai pondasi tiang pancang beton (pracetak) dan pondasi tiang bor.

2.1.1. Pondasi Tiang Pancang

Keuntungan pemakaian tiang pancang pracetak, antara lain :

1. Bahan tiang dapat diperiksa sebelum pemancangan.
2. Prosedur pelaksanaan tidak dipengaruhi oleh air tanah.
3. Pelaksanaan tiang pancang sangat praktis.
4. Daya dukung bisa diperoleh ketika pemancangan (menggunakan data calendaring).
5. Pemancangan tiang dapat menambah kepadatan tanah granuler.
6. Area pemancangan tidak akan kotor oleh tanah dan lain-lainnya.
7. Waktu pelaksanaan tiang pancang relative cepat.

Kerugian pemakaian tiang pancang pracetak, antara lain :

1. Peggembungan permukaan tanah dan gangguan tanah akibat pemancangan dapat menimbulkan masalah.
2. Kepala tiang kadang-kadang pecah akibat pemancangan.
3. Pemancangan sulit, bila diameter tiang terlalu besar.
4. Pemancangan menimbulkan gangguan suara, getaran dan deformasi tanah yang dapat menimbulkan kerusakan bangunan di sekitarnya.
5. Adanya penyambungan tiang pncang, dikawatirkan kualitas

penyambungan tiang pancang tidak bagus, sehingga mengakibatkan pelemahan tiang.

6. Pemancangan akan berhenti pada lapisan lensa (tanah keras yang tebalnya tipis).
7. Bila pemancangan tidak dilakukan dengan baik, kepala tiang cepat hancur.

2.1.2. Pondasi Borepile

Keuntungan menggunakan tiang bor :

1. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya.
2. Kemampuan cabutnya tinggi
3. Kedalaman tiang dapat divariasikan, sehingga bisa menembus tanah keras
4. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
5. Tiang bor dapat dipasang menembus batuan, sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batu.
6. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
7. Tidak ada resiko kenaikan muka tanah.
8. Proses pengerjaan lebih fleksibel, karena diameter bore pile bisa disesuaikan.

Kerugian menggunakan tiang bor :

1. Pengecoran tiang bor dipengaruhi kondisi cuaca.
2. Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
3. Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin

keseragamannya di samping badan tiang bor mengurangi kapasitas dukung tiang bor, terutama bila tiang bor cukup dalam.

4. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
5. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang.
6. Area kerja menjadi kotor.
7. Kebutuhan beton untuk pondasi bore pile sulit diperhitungkan, karena bisa saja di tiang bore pile mengalami penggelembungan beton.

2.2. Daya Dukung Pondasi

- a. Daya dukung pondasi tiang dan borepile pada tanah kohesif

- Tahanan ujung tiang ultimit :

$$Q_p = 9 \alpha c_u \times A_p$$

Dimana,

A_p = luas penampang tiang (m^2)

c_u = kohesi undrained (kN/m^2)

- Tahanan ujung gesek ultimit :

$$Q_s = \alpha \times c_u \times p \times L_i$$

Dimana,

α = koefisien adhesi antara tiang dan tanah

c_u = kohesi undrained (kN/m^2)

p = keliling tiang (m)

L_i = panjang lapisan tanah (m)

- b. Daya dukung pondasi pada tanah granuler.

- ❖ Tiang pancang

- Tahanan ujung ultimit

$$Q_p = 400 \bar{N} - SPT \times A_p$$

Dimana,

Q_p = tahanan ujung ultimit (kN)

A_p = luas penampang tiang pancang (m^2)

L_b = kedalaman penyelidikan tanah dilapangan (m)

D = diameter tiang pancang (m)

- Tahanan gesek ultimit

$$Q_s = 2 \times N - SPT \times p \times L_i$$

Dimana,

L_i = panjang lapisan tanah (m)

p = keliling tiang (m)

- ❖ Borepile

- Tahanan ujung ultimit

$$Q_p = 70 \times N - SPT \times A_p$$

- Tahanan gesek ultimit

$$Q_s = 1 \times N - SPT \times p \times L_i$$

2.3. Tiang Menahan Gaya Tarik ke Atas

Untuk menghitung kapasitas tarik tiang pancang digunakan metode Coyle dan Castello (1981), dengan rumus dibawah ini.

$$T_u = \frac{Q_s}{5} + 0.9 W_{tiang}$$

Sedangkan untuk borepile menggunakan metode O'Neill dan Reese (1989) yaitu,

$$f_s(tarik) = 0.75 f_s(tekan)$$

2.4. Faktor Aman Pondasi

Beberapa peneliti menyarankan faktor aman yang tidak sama untuk tahanan gesek dinding dan tahanan ujung. Kapasitas ijin dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Q_a = \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{1.5}$$

2.5. Kapasitas Dukung, Efisiensi Kel. Tiang dan Jarak Tiang

Kristel (1967) mengusulkan nilai efisiensi, seperti disajikan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Faktor efisiensi untuk kelompok tiang dalam tanah lempung ($d =$ diameter tiang) (Karisel, 1967)

Kerapatan relatif (D_r)	Faktor efisiensi (E_g)
$10d$	1
$8d$	0,95
$6d$	0,90
$5d$	0,85
$4d$	0,75
$3d$	0,65
$2,5d$	0,55

2.6. Tiang Menahan Beban Lateral

a. Menentukan kriteria tiang

Kriteria tiang pendek atau panjang ditentukan berdasarkan nilai R atau T yang ditunjukkan dalam tabel dibawah ini.

Tabel.2.2. Ketentuan tiang pendek, panjang

Jenis Tiang	Modulus Tanah	
	$L \leq 2 T$	$L \leq 2 R$
Kakau (Pendek)	$L \leq 2 T$	$L \leq 2 R$
Elastis (panjang)	$L \geq 4 T$	$L \geq 0.35 R$

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{\eta h}} = (\text{dalam satuan panjang})$$

b. Menentukan beban lateral izin akibat defleksi tiang ujung jepit dengan metode Brom's

- modulus rekasi subgrade horizontal :

$$k_h = \eta_h \left(\frac{z}{d} \right)$$

- Mencari faktor tak berdimensi βL :

$$\beta = \left(\frac{k_h d}{4E_p I_p} \right)^{1/4}$$

- Untuk tiang ujung jepit, defleksi tiang di permukaan tanah :

$$y_o = \frac{H\beta}{k_h d}$$

- Gaya H maksimum didasarkan pada defleksi toleransi 6 mm ;

$$H = \frac{y_o k_h d}{\beta}$$

$$f = H_u / (9c_u d)$$

- Menentukan M_y (momen beban lateral tiang)

$$H_u = \frac{2M_y}{3d/2 + f/2}$$

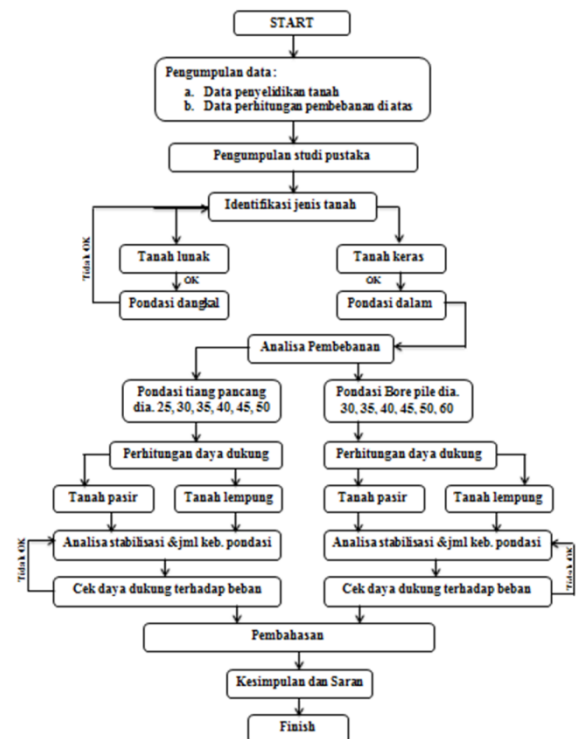
$$M_y = \frac{H_u(3d/2 + f/2)}{2}$$

- Momen maksimum yang harus ditahan oleh tiang, bila tanah didesak ke arah horisontal oleh tiang sampai tanahnya runtuh

$$M_{mak} = H_u (e + 1.5d + 0.5f)$$

Syarat : $M_{mak} > M_y$ maka aman. Jadi keruntuhan tiang dinyatakan aman.

3. METODOLOGI PENELITIAN



Gambar. 3.1. Diagram Alir Penelitian

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perhitungan

Pada perhitungan pondasi (pondasi

tiang pancang dan pondasi borepile) menggunakan data yang sama, baik itu profil dan karakteristik teknis tanahnya maupun pembebanan yang bekerja pada struktur pondasi tangki pada proyek Pondok Makmur ini.

4.1.1. Profil dan Karakteristik Tanah

Tabel 4.1. Nilai Startifikasi dan Parameter Tanah Pada BH-2

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N-SPT	cu kN/m ²	φ %	Eu kN/m ²	v
0.00 - 3.50	Fill material Clayey silt	3	15	20	2700	0.35
3.50 - 4.50	Silty Clay	4	20	25	10000	0.40
4.50 - 6.00	Sandy Silt	4	20	27	10000	0.35
6.00 - 16.00	Silty Clay	2	10	15	5000	0.40
16.00 - 17.00	Sandy Silt	3	15	26	7500	0.40
17.00 - 21.20	Silty Clay	4	20	25	10000	0.40
21.20 - 32.40	Silty Clay	15	75	98	37500	0.40
32.40 - 33.40	Sandy	35	175	40.5	12500	0.30

4.1.2. Data Pembebanan

Beban Aksial

D	Berat Pondasi	5.913,42 kN
D _E	Berat Kosong	324,87 kN
D _O	Berat Opeasional	6.383,6 kN
D _T	Berat Test	8.858,28 kN

Beban Lateral

W _x	Gaya angin arah X	36,21 kN
W _y	Gaya angin arah Y	36,21 kN
E _{ex}	Geser dasar kosong X	72,08 kN
E _{ey}	Geser dasar kosong Y	72,08 kN
E _{ox}	Geser dasar opera. X	1.105,48 kN
E _{oy}	Geser dasar opera. Y	1.105,48 kN

Momen Guling

M _{wx}	akibat angin X	235,88 kN
M _{wy}	akibat angin Y	235,88 kN
M _{Eex}	akibat EQ kosong X	346,27 kN
M _{Eey}	akibat EQ kosong Y	346,27 kN
M _{Eox}	akibat EQ operasional X	5.861,4kN
M _{Eoy}	akibat EQ operasional Y	5.861,4kN

Beban-beban yang sudah didapat, untuk beban tiang dan desain pondasi kemudian dianalisa ke dalam kombinasi beban.

Tabel 4.2 Kombinasi beban tidak terfaktor

LC	Description or Formula	Axial (kN)	Horizontal (kN)		Moment (kN.m)	
			Hx	Hy	Mx	My
Kondisi Kosong						
LC 2-1	(D + D _E)	6,238.3				
LC 2-2	(D + D _E) + W	6,238.3	36.21	36.21	235.88	235.88
LC 2-3	(D + D _E) + 0.7*E	6,238.3	41.04	41.04	197.17	197.17
Kondisi Operasional						
LC 2-4	(D + D _O)	12,297.0				
Kondisi Operasional + Angin						
LC 2-5	(D + D _O) + W	12,297.0	36.21	36.21	235.88	235.88
Kondisi Operasional + Gempa Bumi						
LC 2-6	(D + D _O) + 0.7*E	12,297.0	655.55	655.55	3,540.76	3,540.76
Kondisi Tes						
LC 2-7	(D + D _T)	14,771.7				
LC 2-8	(D + D _T) + W/3	14,771.7	10.03	10.03	65.34	65.34

4.2. Daya Dukung Tiang

4.2.1. Daya Dukung Tiang Pancang

Dalam penelitian ini direncanakan beberapa dimensi tiang pancang, yaitu 25 cm, 30 cm, 35cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm (berbentuk lingkaran).

Gesekan kulit negatif yang terjadi diambil $\frac{2}{3} \times (-) 24 \text{ m} = (-) 16 \text{ m}$.

Tabel 4.3. Tahanan ijin tiang pancang

Kedalaman (m)	Dimensi Tiang (cm)	Tahanan Ijin (kN)
32	○ 25	92.33
	○ 30	113.45
	○ 35	135.45
	○ 40	158.34
	○ 45	182.10
	○ 50	206.76

4.2.2. Daya Dukung Borepile

Dalam penelitian ini direncanakan beberapa dimensi borepile, yaitu 30 cm, 35 cm, 40 cm, 45 cm, 50 cm, 60 cm (berbentuk lingkaran).

Tabel 4.4. Tahanan ijin borepile

Kedalaman	Dimensi Tiang		Tahanan Ijin
(m)	(cm)		(kN)
32	○	30	139.63
	○	35	165.99
	○	40	193.24
	○	45	221.37
	○	50	250.38
	○	60	311.06

4.3. Daya dukung Aksial Tarik

Tabel 4.5 Tahanan tarik tiang pancang

Kedalaman	Dimensi Tiang		Tahanan Ijin
(m)	(cm)		(kN)
32	○	25	91.16
	○	30	119.56
	○	35	151.36
	○	40	186.55
	○	45	225.12
	○	50	267.09

Tabel 4.6 Tahanan tarik borepile

Kedalaman	Dimensi Tiang		Tahanan Ijin
(m)	(cm)		(kN)
32	○	30	139.19
	○	35	162.39
	○	40	185.59
	○	45	208.78
	○	50	231.98
	○	60	278.38

4.4. Daya Dukung Lateral Tiang

Tabel 4.7 Hu tiang pancang

Kedalaman	Dimensi Tiang		Hu
(m)	(cm)		(kN)
32		25	40.32
		30	48.38
		35	56.45
		40	64.51
		45	72.57
		50	80.64

Tabel 4.8. Hu Borepile

Kedalaman	Dimensi Tiang		Hu
(m)	(cm)		(kN)
32	○	30	48.38
	○	35	56.45
	○	40	64.51
	○	45	72.57
	○	50	80.64
	○	60	96.77

4.5. Efisiensi dan Daya Dukung Kel. Tiang

Dengan jarak tiang 6d dan faktor efisiensi 0,9. Maka daya dukung kelompok tiang dapat ditabelariskan seperti dibawah ini.

Tabel 4.9 Daya dukung kelompok tiang pancang dan jumlah tiang

Dia. Tiang	Eg	Daya Dukung Kelompok	Cek thdp. Beban Aksial	Pemilihan pondasi	Jml. Pondasi	Daya Dukung Kelompok	Cek thdp. Beban Aksial
25	0.9	13,294.53	FAIL	18	178	14,790.19	OK
30	0.9	13,396.64	FAIL	14	145	14,838.41	OK
35	0.9	13,294.53	FAIL	13	122	14,867.80	OK
40	0.9	13,437.04	FAIL	9	104	14,780.74	OK
45	0.9	13,458.43	FAIL	8	90	14,804.27	OK
50	0.9	13,480.61	FAIL	7	80	14,828.67	OK

Tabel 4.10 Daya dukung kelompok borepile dan jumlah tiang

Dia. Tiang	Eg	Daya Dukung Kelompok	Cek thdp. Beban Aksial	Penambahan pondasi	Jml. Pondasi	Daya Dukung Kelompok	Cek thdp. Beban Aksial
30	0.9	13,294.53	Fail	13	118	14,875.32	OK
35	0.9	13,294.53	Fail	11	100	14,922.77	OK
40	0.9	13,468.45	Fail	8	85	14,815.29	OK
45	0.9	13,493.77	Fail	7	75	14,843.14	OK
50	0.9	13,519.88	Fail	6	66	14,871.87	OK
60	0.9	13,294.53	Fail	7	54	15,183.90	OK

4.6. Cek terhadap momen yang bekerja

Pengecekan penambahan beban tekan bisa dihitung dengan menggunakan kombinasi pembebanan, terlebih dahulu mencari Z_{px} dan Z_{py} .

Tabel 4.11. Cek terhadap beban bekerja

Dia. Tiang	Daya Dukung Kelompok	Cek thdp. Beban Aksial	Dia. Tiang	Daya Dukung Kelompok	Cek thdp. Beban Aksial
25	14813.95	OK	30	14808.72	OK
30	14806.20	OK	35	14802.94	OK
35	14800.65	OK	40	14798.34	OK
40	14796.32	OK	45	14795.00	OK
45	14793.14	OK	50	14792.34	OK
50	14790.62	OK	60	14788.67	OK

4.7. Pembahasan

a. Daya Dukung Pondasi

Tabel 4.12. Daya dukung tiang pancang

Kedalaman	Dimensi Tiang	Kapasitas Daya Dukung		
		Tekan	Tarik	Lateral
(m)	(cm)	(kN)	(kN)	(kN)
32	○ 25	92.33	91.16	40.32
	○ 30	113.45	119.56	48.38
	○ 35	135.45	151.36	56.45
	○ 40	158.34	186.55	64.51
	○ 45	182.10	225.12	72.57
	○ 50	206.76	267.09	80.64

Tabel 4.13. Daya dukung bore pile

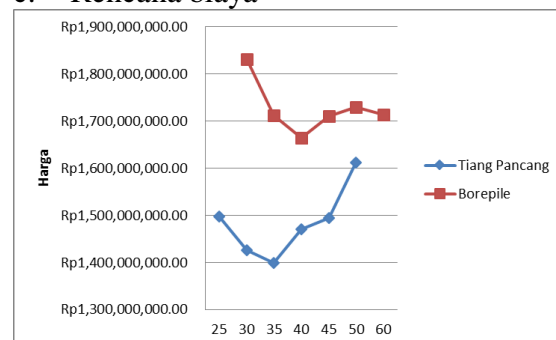
Kedalaman	Dimensi Tiang	Kapasitas Daya Dukung		
		Tekan	Tarik	Lateral
(m)	(cm)	(kN)	(kN)	(kN)
32	○ 30	139.63	139.19	48.38
	○ 35	165.99	162.39	56.45
	○ 40	193.24	185.59	64.51
	○ 45	221.37	208.78	72.57
	○ 50	250.38	231.98	80.64
	○ 60	311.06	278.38	96.77

b. Jumlah tiang pancang

Tabel 4.14. Jumlah pondasi

Dia. Tiang	Jumlah Pondasi	
	Tiang pancang	Borepile
(cm)	(bh)	(bh)
25	178	-
30	145	118
35	122	100
40	104	85
45	90	75
50	80	66
60	-	54

c. Rencana biaya



Gambar 4.1. Rencana biaya

Melihat Gambar 4.7 diatas, Harga maksimum sistim tiang pancang sebesar Rp.1.612.400.000 untuk dimensi 50, sedangkan harga minimum sistim tiang pancang sebesar Rp.1.398.730.000 untuk dimensi 35. Harga maksimum sistim borepile sebesar Rp. 1.831.360.000 untuk dimensi 30, sedangkan harga minimum

sistim borepile sebesar Rp. 1.664.640.000 untuk dimensi 40. Dengan demikian harga biaya sistim pondasi tiang pancang lebih murah dibanding dengan biaya sistim pondasi borepile. Karena harga minimum tiang pancang lebih kecil dari pada harga minimum borepile.

5. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

2. Dari hasil pembahasan, bahwa daya dukung ijin pondasi bore pile lebih besar dari pondasi tiang pancang, hal ini tidak sesuai gambaran di lapangan, dikarenakan faktor adhesinya untuk tanah lunak lebih besar.
3. Dari hasil pembahasan, terjadi adanya ketidak optimalan terhadap kekuatan tiang pada perencanaan akibat material tiang jauh lebih besar dari kemampuan tanah. Hal ini dikarenakan nilai N-SPT di ujung tiang masih rendah dan data penyelidikan tanah hanya sampai di kedalaman 33 m, sementara ujung tiang berada di kedalaman 32 m.
4. Dari hasil analisa bahwa gaya angin dan gaya gempa yang bekerja pada struktur pondasi tangki ini, tidak terlalu berpengaruh pada kapasitas dukung tiang.
5. Dari hasil pembahasan, disain pondasi yang paling optimal adalah tiang pancang diameter 35 cm dengan daya dukung pondasi yang lebih dominan dalam perencanaan adalah aksial tekan sebesar 135,45 kN dan jumlah tiang pancang sebanyak 122 buah dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp. Rp.1.398.730.00,-. Karena harga tersebut lebih kecil dari pada harga minimum borepile diameter 40 dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp. 1.664.640.000.

5.2 Saran

1. Bagi peneliti selanjutnya, bisa melakukan penelitian lebih lanjut mengenai analisis settlement (penurunan) pondasi dalam.
2. Bagi peneliti selanjutnya yang akan menganalisis daya dukung pondasi akibat pengaruh beban gempa yang lebih besar, bisa melakukan penelitian dengan menggunakan tumpuan spring (pegas).

DAFTAR PUSTAKA

- API-650 (2009), *Seismic Analysis of Steel Liquid Storage Tank*
- Bowles, J.E. (1996), *Foundation Analysis Design*, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo, Japan.
- Broms, B. B. (1964), *The Lateral Resistance of Pile in Cohesive Soil*, Journal of The Soil Mechanics Divisions, ASCE, Vol. 90, No. SM2, pp.27-63.
- Broms, B. B. (1964), *The Lateral Resistance of Pile in Cohesive Soil*, Journal of The Soil Mechanics Divisions, ASCE, Vol. 90, No. SM2, pp.123-156.
- Coduto, D.P., " *Foundation Design Principles and Practies* " , 2nd edition.
- Coyle, H. M. and Castello, R.R. (1981), *New Design Correlatons for Pile in Sand*, ASCE journal of The Geotechnical Eng. Div. Vol. 107, No. GT&, pp, 965-986.
- Coyle, H. M. and Reese, L.C., *Load Transfer of Axially loaded in Clay*, JSMFD, ASCE, Vol. 92, SM2, March, pp.1-26.
- Das, Braja M. (2007), *Principles of Foundation Engineering 7th Edition*, Stamford : Global Engineering.