

## Kajian Pondasi Tiang Pancang Pada Dermaga Khusus PT. Pupuk Kaltim

**Kukuh Prihatin<sup>1)</sup>, Armiyanti<sup>2)</sup>, Priyo Suroso<sup>3)</sup>**

E-Mail : [kukuh\\_prihatin@polnes.ac.id](mailto:kukuh_prihatin@polnes.ac.id)<sup>1)</sup>; [Yantiarmi7@gmail.com](mailto:Yantiarmi7@gmail.com)<sup>2)</sup>; [priyosuroso@polnes.ac.id](mailto:priyosuroso@polnes.ac.id)<sup>3)</sup>;

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

Jl. Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Panjang, Kota Samarinda, 75131, Indonesia

Koresponden naskah : [kukuh\\_prihatin@polnes.ac.id](mailto:kukuh_prihatin@polnes.ac.id)

SUBMITTED Sept 2, 2020 | REVISED Dec 4, 2020 | ACCEPTED Feb 25, 2021 (Editor)

### ABSTRACT

*A special berth is owned by PT. Pupuk Kaltim. The pier is supported by a deep foundation, namely a foundation of steel piles with a diameter of 1,117 m and a thickness of 14 mm. Loads that work on the pier are horizontal loads due to the impact and pull of ships, besides, there are also vertical loads due to their weight and live loads that work on it. The purpose of this study is to conduct a study of the pile foundation due to the working load. The method used in the calculation of the axial support capacity of the pile is based on field data, the Standard Penetration Test (SPT) with the Meyerhof method (1976). For lateral bearing capacity checked against short/long piles, free /fixed piles according to the Broms method. The calculation of settlement is done on a single pile because the distance between piles is 2.5d. The result of the calculation of the bearing capacity of a single pile allowable ( $Q_a$ ) shows that a steel pile of 4 piles/pile cap is required at a distance of 2.75 m with a bearing capacity of a single pile in groups ( $Q_{sg}$ ) of 5042.95 kN able to carry a load of 1 pile ( $P_{1pile}$ ) 5029.8 kN. A lateral load of 27,275 kN can be carried, so there is no need for a tilted pile. The settlement of group piles occurred by 0.039 m.*

*Keywords – pile foundation, pile bearing capacity, lateral load, settlement*

### ABSTRAK

Dermaga khusus adalah dermaga yang dimiliki oleh PT. Pupuk Kaltim. Dermaga tersebut ditopang pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang baja berdiameter 1,117 m dengan tebal tiang 14 mm. Beban yang bekerja pada dermaga adalah beban horisontal akibat tumbukan dan tarikan kapal, juga beban vertikal akibat berat sendiri dan beban hidup yang bekerja di atasnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan kajian terhadap pondasi tiang pancang akibat beban yang bekerja. Metode yang digunakan dalam perhitungan kapasitas dukung aksial tiang pancang berdasarkan data lapangan yaitu Standart Penetration Test (SPT) dengan metode Meyerhof (1976). Untuk kapasitas dukung lateral dicek terhadap tiang pendek/panjang, tiang bebas/terjepit berdasarkan metode Broms. Perhitungan penurunan dilakukan pada tiang tunggal karena jarak antar tiang mendekati 2,5d. Hasil perhitungan kapasitas dukung ijin tiang tunggal ( $Q_a$ ) menunjukkan bahwa diperlukan tiang pancang baja sebanyak 4 tiang/pilecap sejarak 2,75 m dengan kapasitas dukung tiang tunggal secara kelompok ( $Q_{sg}$ ) sebesar 5042,95 kN mampu memikul beban 1 tiang ( $P_{1tiang}$ ) sebesar 5029,8 kN. Beban lateral sebesar 27,275 kN mampu dipikul, sehingga tidak diperlukan tiang miring. Penurunan tiang kelompok yang terjadi sebesar 0,039 m.

Kata kunci – pondasi tiang pancang, kapasitas dukung tiang, beban lateral, penurunan

## 1. PENDAHULUAN

PT. Pupuk Kaltim merupakan salah satu anak perusahaan dari PT. Pupuk Indonesia (Persero). Bisnis utama perusahaan ini adalah memproduksi dan menjual Amoniak, Urea, Pupuk NPK (Natrium Fosfor Kalium) untuk memenuhi kebutuhan dalam dan luar negeri. PT. Pupuk Kaltim memiliki kapasitas produksi per tahun yaitu urea 3,43 juta ton, Amoniak sebanyak 2,74 juta ton, dan NPK (Natrium Fosfor Kalium) 350 ribu ton. Produk perusahaan sebagian besar didistribusikan melalui jalur laut, oleh karena itu fungsi dermaga menjadi sangatlah penting. PT. Pupuk Kaltim memiliki 10 dermaga, seluruhnya merupakan dermaga khusus yang dimiliki oleh perusahaan.

Dermaga dan kapal sangat erat kaitannya, kapal menjadi alat distribusi barang maupun material. Kapal yang berlabuh di dermaga 10 PT. Pupuk Kaltim adalah kapal *Bulk Carriers* dengan berat mati kapal 60.000 DWT (*Dead Weight Tonnage*) berukuran panjang 220 m, lebar 33,5 m dan draft kapal 12,8 m.

Dermaga PT. Pupuk Kaltim merupakan dermaga bertipe *jetty* dengan panjang dermaga adalah 290 m dengan lebar 43 m. Kondisi area dermaga tersebut menjorok ke tengah perairan laut sehingga diperlukan suatu konstruksi yang memiliki daya dukung tinggi dan kuat terhadap pengaruh air yaitu menggunakan pondasi tiang pancang pipa baja yang dipasang berdiameter 1117 mm dengan tebal 14 mm.

Data tanah yang digunakan adalah data lapangan *Standart Penetration Test* (SPT) pada BH-01 dengan jenis tanah dari kedalaman 0 – 17,5 meter didominasi oleh tanah lempung (*clay*) kemudian pada kedalaman 17,5 – 39,65 didominasi oleh pasir (*sand*). Selain itu juga terdapat data laboratorium.

Dermaga adalah struktur bangunan yang menerima beban vertikal akibat berat struktur atas dan beban horisontal akibat tumbukan dan tarikan kapal. Beban tersebut akan diteruskan ke pondasi dalam. Beban vertikal dapat dipikul oleh pondasi tiang vertikal, sedang beban horisontal dipikul pondasi tiang miring. Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan kajian penggunaan tiang pancang vertikal apakah mampu memikul beban yang ada. Jadi, tujuan penelitian ini untuk mengkaji perhitungan kapasitas dukung aksial, lateral tiang pancang dan penurunannya.

## 2. TINJAUAN PUSAKA

### A. Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Metode Meyerhof (1976)

Perhitungan kapasitas dukung ultimit tiang ( $Q_u$ ) menurut metode Meyerhof (1976) dalam Hardiyatmo, H.C, 2011 adalah :

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \quad (1)$$

Kapasitas ujung tiang,  $Q_b$  :

$$Q_b = A_b \cdot (38 \bar{N}) \cdot L/d \leq 380 \bar{N} \cdot A_b \quad (2)$$

$$f_b = 0,4 \cdot N_{60}' \cdot (L/d) \cdot \sigma_r \leq 3 \cdot N_{60}' \cdot \sigma_r \quad (3)$$

$$f_s = \frac{1}{50} \cdot \sigma_r \cdot N_{60} \quad (4)$$

$$Q_s = f_s \cdot A_s \quad (\text{untuk tanah pasir}) \quad (5)$$

$$Q_s = A_s \cdot \alpha \cdot c_u \quad (\text{untuk tanah lempung}) \quad (6)$$

dengan :

$Q_b$  : kapasitas dukung ujung tiang (kN)

$Q_s$  : kapasitas dukung akibat gesekan sepanjang tiang (kN)

$f_s$  : tahanan gesek tiang (kN/m<sup>2</sup>)

$A_s$  : luas selimut tiang (m<sup>2</sup>)

$A_b$  : luas penampang ujung tiang (m<sup>2</sup>)

$\sigma_r$  : tegangan referensi = 100 kN/m<sup>2</sup>

$N_{60}$  : *N*-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan saja

$N_{60}'$  : *N*-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur terhadap lapangan dan tekanan *overburden*

Kapasitas dukung ujung tiang diambil dari nilai *N*-SPT pada kedalaman sepanjang 8 kali diameter tiang pancang sampai 4 kali diameter tiang pancang yang diukur dari ujung tiang pancang.

$L$  : kedalaman penetrasi tiang (m)

$d$  : diameter tiang (m)

$N_1$  : nilai *N*-SPT dikedalaman 8D diatas ujung tiang

$N_2$  : nilai *N*-SPT pada ujung tiang

$N_3$  : nilai *N*-SPT di kedalaman 4D dibawah ujung tiang

Perhitungan kapasitas dukung gesek tiang pada tanah kohesif :

Tahanan gesek dinding satuan ( $f_s$ ) maksimum 107 kN/m<sup>2</sup> (1,08 kg/cm<sup>2</sup>).

$c_u$  : kuat geser tak terdrainase (kPa)

$\alpha$  : Faktor adhesi (Tabel 1)

Nilai kohesi *undrained* pada tanah lempung diperoleh dari nilai *N*-SPT (Sanglerat, 1972) :

$$c_u = 12,5 \cdot N \quad (7)$$

**Tabel 1.** Faktor adhesi pada tanah lempung (AASHTO, 1998)

Kuat geser tak terdrainase $c_u$ (kPa)	Faktor adhesi ( $\alpha$ )
< 200	0,55
200 – 300	0,49
300 – 400	0,42
400 – 500	0,38
500 – 600	0,35
600 – 700	0,33
700 – 800	0,32
800 – 900	0,31
>900	dihitung sebagai batu

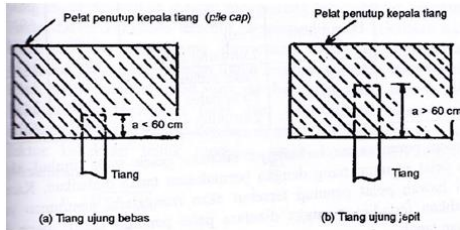
### B. Perhitungan Beban Lateral pada Tiang

Dalam memperhitungkan beban lateral yang terjadi, tiang-tiang dibedakan menurut model ikatannya dengan pelat penutup tiang. Karena model ikatan sangat mempengaruhi kelakuan tiang dalam mendukung beban lateral tersebut. Maka dari itu,

tiang-tiang dibedakan menurut 2 tipe (Gambar 1), yaitu:

1. Tiang ujung jepit (*fixed end pile*)
2. Tiang ujung bebas (*free end pile*)

McNulty (1956) mendefinisikan tiang ujung jepit sebagai tiang yang ujung atasnya terjepit (tertanam) dalam pelat penutup kepala tiang sedalam 60 cm.



**Gambar 1.** Model Ikatan Kepala Tiang

Penentuan tiang pendek atau tiang panjang ditentukan berdasarkan nilai T atau R seperti terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Kriteria Jenis Perilaku Tiang

Jenis perilaku tiang	Kriteria	
Pendek (kaku)	$L \leq 2.T$	$L \leq 2.R$
Panjang (elastis)	$L \geq 4.T$	$L \geq 3,5.R$

dengan :

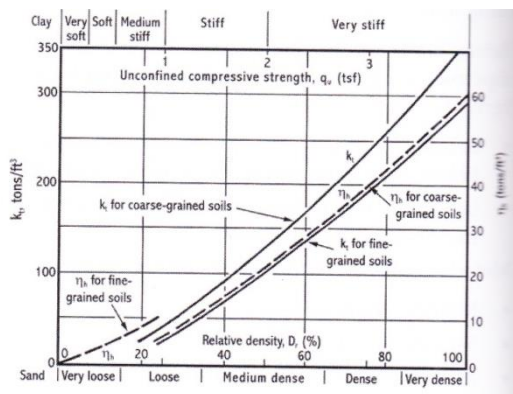
- L : panjang tiang (m)
- T : factor kekakuan
- R : factor kekakuan

Nilai T diperoleh dari rumus :

$$T = \sqrt{\frac{E_p I_p}{n_h}} \quad (8)$$

dengan :

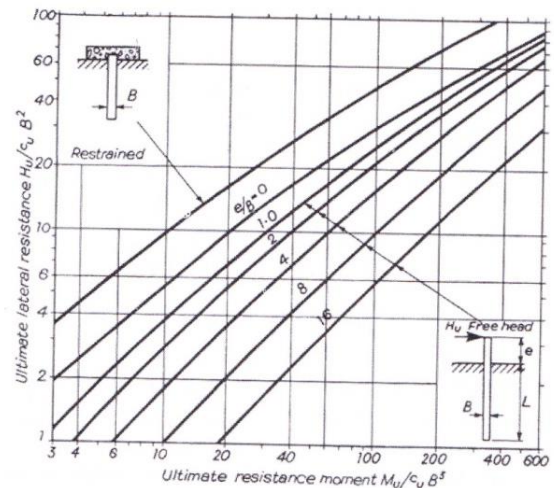
- $E_p$  : modulus elastisitas tiang pancang ( $\text{kN/m}^2$ )
- $I_p$  : momen inersia ( $\text{m}^4$ )
- $n_h$  : konstanta modulus subgrade tanah atau constant of horizontal subgrade reaction (Gambar 2.)



**Gambar 2.** Hubungan  $n_h$  dan konsistensi tanah

Menurut metode *Brooms*, tiang akan berkelakuan seperti tiang panjang jika momen maksimum yang terjadi akibat tekanan tanah lebih besar daripada momen maksimum yang dapat ditahan tiang pancang untuk menghitung  $H_u$  dalam tinjauan tiang pancang yang diplot dalam grafik hubungan  $H_u$  dan  $M_y$ .

Nilai  $H_u$  dan  $M_y$  tergantung dari jenis tanahnya. Nilai  $H_u$  pada tiang panjang pada tanah kohesif dan non kohesif dapat dilihat pada Gambar 3. berikut.



**Gambar 3.** Kapasitas Lateral ultimit untuk tiang panjang pada tanah kohesif (Brooms, 1964 dalam Rahardjo, 1997)

dimana :

- $H_u$  : kapasitas Lateral ultimit tiang (kN)
- $M_u$  : momen ultimit (kNm)
- B : diameter tiang (m)
- e : panjang tiang di atas permukaan tanah (m)
- $c_u$  : kohesi *undrained* ( $\text{kN/m}^2$ )
- $\gamma$  : berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ )
- $K_p$  : koefisien tekanan tanah pasif

### C. Penurunan

Penurunan tiang yang terjadi dapat terjadi pada tiang pancang individu maupun kelompok. Penurunan tiang pancang tunggal pada tanah berpasir :

Metode semi empiris :

$$S_e = S_s + S_p + S_{ps} \quad (9)$$

dengan :

Penurunan akibat deformasi aksial tiang tunggal ( $S_s$ )

$$S_s = \frac{(Q_b + \alpha Q_s) L}{A_b E_p} \quad (10)$$

dengan :

- $Q_b$  : beban yang dipikul ujung tiang (ton)
- $Q_s$  : beban yang dipikul selimut tiang (ton)

L : panjang tiang yang tertanam (m)  
 $A_b$  : luas penampang tiang ( $m^2$ )  
 $E_p$  : modulus elastis tiang ( $ton/m^2$ )  
 $\alpha$  : koefisien yang bergantung pada distribusi gesekan selimut sepanjang pondasi tiang  
 $\alpha = 0,5$  untuk distribusi gesekan seragam/parabolic sepanjang tiang  
 $\alpha = 0,67$  untuk distribusi gesekan berbentuk segitiga

Penurunan dari ujung tiang ( $S_p$ )

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_b}{q_b \cdot D} \quad (11)$$

dengan :

$Q_b$  : beban yang dipikul ujung tiang (ton)  
 $q_b$  : tahanan ujung tiang ( $ton/m^2$ )  
 $C_p$  : koefisien empiris (Tabel 3.)

**Tabel 3.** Nilai Koefisien  $C_p$  (Vesic, 1977 dalam Rahardjo, 1997)

Jenis Tanah	Tiang Pancang
Pasir (padat - lepas)	0,02 – 0,04
Lempung (teguh – lunak)	0,02 – 0,03
Lanau (padat – lepas)	0,03 – 0,05

Penurunan akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang ( $S_{ps}$ )

$$S_{ps} = \frac{Q_{ws}}{p \cdot L} \cdot \frac{D}{E_s} \cdot (1 - \nu^2) \cdot I_{ws} \quad (12)$$

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \cdot \sqrt{L/D} \quad (13)$$

dengan :

$\frac{Q_{ws}}{p \cdot L}$  : gesekan rata-rata sepanjang tiang ( $ton/m^2$ )  
 $p$  : keliling tiang (m)  
 $L$  : panjang tiang tertanam (m)  
 $D$  : diameter tiang (m)  
 $E_s$  : modulus elastisitas tanah ( $ton/m^2$ ) (Tabel 4.)  
 $\nu_s$  : angka poison tanah (Tabel 5.)  
 $I_{ws}$  : factor pengaruh

**Tabel 4.** Nilai Modulus Elastisitas Tanah (Bowles, 1997)

Jenis Tanah	Modulus Elastisitas Tanah ( $kg/cm^2$ )
Lempung lunak	20 – 40
Lempung sedang	45 – 90
Lempung berpasir	300 – 425

**Tabel 5.** Angka Poison Tanah (Kulhaway et.al, 1983 dalam Hardiyatmo, 2010)

Jenis Tanah	Poison Tanah, $\nu$
Lempung jenuh, kondisi <i>undrained</i>	0,5
Lempung tidak jenuh = Pasir padat kondisi terdrainase	0,3 – 0,4
Pasir longgar kondisi terdrainase	0,1 – 0,3

Penurunan tiang kelompok :

$$S_g = S \cdot \sqrt{\frac{B}{D}} \quad (14)$$

dengan :

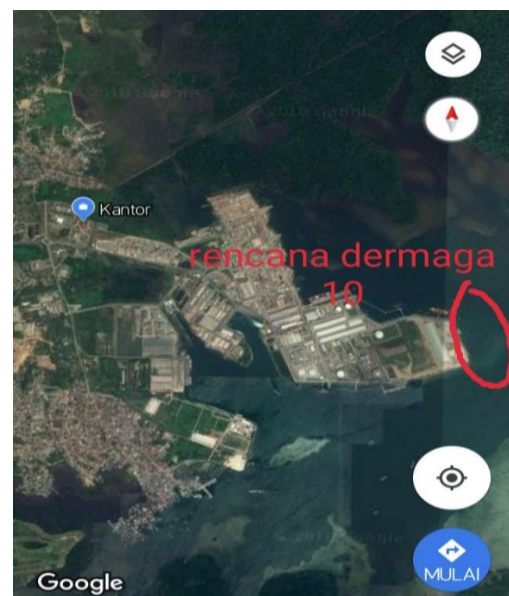
$S$  : penurunan total pada pondasi tiang tunggal (m)  
 $B$  : lebar kelompok tiang (m)  
 $D$  : diameter tiang (m)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Data Umum

Lokasi pabrik PT. Pupuk Kaltim terletak di wilayah pantai kota Bontang, kira-kira 121 km sebelah utara Samarinda, Ibukota Provinsi Kalimantan Timur yang ditunjukkan pada Gambar 4. Secara geografis terletak pada  $0^\circ 10' 46,9''$  LU dan  $117^\circ 29' 30,6''$  BT. Pabrik tersebut terletak pada areal seluas 493 Ha.

Lokasi yang menjadi tempat penelitian adalah dermaga milik PT. Pupuk Kaltim yang berada di Jalan Ir. James Simandjuntak Kota Bontang Provinsi Kalimantan Timur dengan lokasi yang terdiri dari dermaga, lapangan penumpukan dan fasilitas pendukung lainnya seperti *Conveyor Belt*, *Erection Maintenance Area* dan *Counter Weight Shelter*.



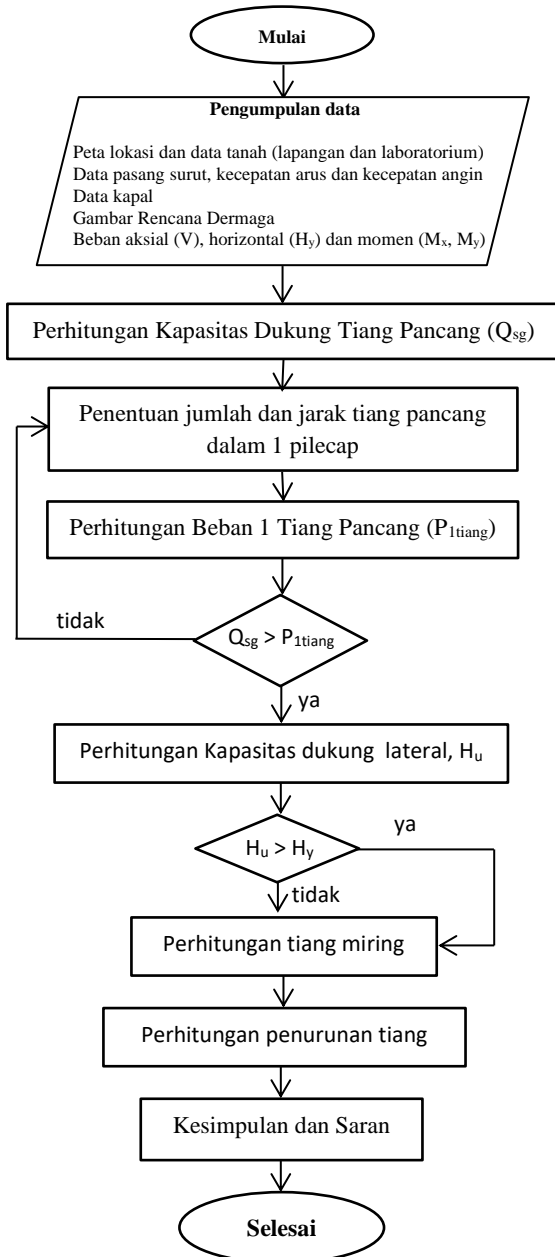
**Gambar 4.** Peta lokasi proyek dermaga PT. Pupuk Kaltim

**B. Metode Penelitian**

Pada penelitian ini, data sekunder yang diperlukan adalah :

- Data lokasi Proyek
- Data Gambar Rencana
- Data jenis kapal yang berlabuh
- Data Tanah
- Data Pasang Surut, angin dan gelombang.

Alur penyelesaian Kajian Tiang Pancang ini dapat dilihat pada Gambar 5. berikut :

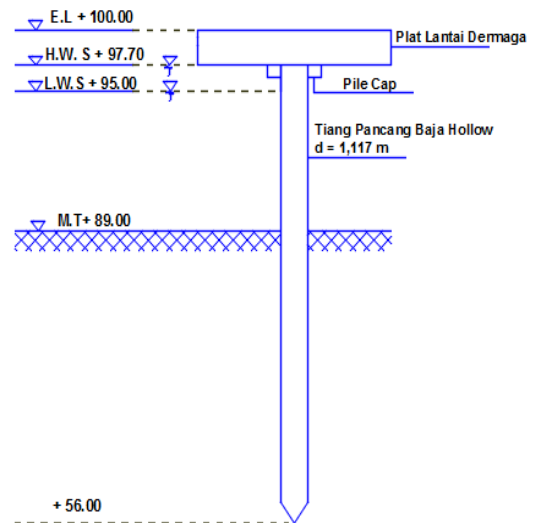


**Gambar 5.** Flow chart Kajian Tiang Pancang

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Perhitungan Kapasitas Dukung Ijin Tiang**

Perhitungan kapasitas dukung ijin tiang dengan Metode Meyerhof 1976 (berdasarkan data SPT)



**Gambar 6.** Sket tiang pancang

Diketahui (Gambar 6) :

- Tiang pancang pipa baja, dengan :
- Diameter tiang pancang,  $d = 1,117 \text{ m}$
- Tebal tiang pancang,  $t = 0,014 \text{ m}$
- Panjang tiang pancang,  $L = 44 \text{ m}$
- Diameter dalam tiang,  $d_d = 1,089 \text{ m}$

Hasil Perhitungan Kapasitas dukung tiang diperoleh:

- Kapasitas ujung tiang ( $Q_b$ ) = 9196,61 kN
- Kapasitas gesek tiang ( $Q_s$ ) dapat dilihat pada Tabel 6 berikut :

**Tabel 6.**  $Q_s$  tanah kohesif dan tanah non kohesif

Kedalaman (m)	N-SPT	$Q_s$ (kN)	
		Kohesif	Non Kohesif
1.15	5	273.83	-
3.15	4	380.98	-
5.15	4	380.98	-
7.15	3	285.73	-
9.15	2	190.49	-
11.15	4	380.98	-
13.15	2	190.49	-
15.85	7	900.06	-
17.5	5	392.88	-
19.65	5	-	111.70
21.65	4	-	83.12
23.65	9	-	187.02
25.65	29	-	602.64
27.65	27	-	561.07
29.65	31	-	644.20
31.65	30	-	623.42
33	16.5	-	231.54
	JUMLAH	3376.40	3044.70

- Berat sendiri tiang,  $W_p = 167,48 \text{ kN}$

Jadi, total kapasitas dukung ultimit sebesar 15450,23 kN. Sedangkan kapasitas dukung ijin tiang dengan angka keamanan 2,5 diperoleh 6180,09 kN.

Output dari pembebanan hasil SAP 2000.v14 diperoleh dari Armiyanti, 2019 pada joint 1844 yaitu

- Beban vertikal terpusat (V) = 1984,0003 tonf
- Momen searah sumbu x ( $M_x$ ) = -155,34638 tonf.m
- Momen searah sumbu y ( $M_y$ ) = 6,39626 tonf.m

Dari perhitungan beban per 1 tiang diperoleh sebesar 19840,003 kN >  $Q_a = 6180,09$  kN sehingga perlu penambahan tiang per pile cap. Setelah ditambahkan tiang pancang sebanyak 4 tiang/baris dengan jarak antar tiang as ke as 2,75 m diperoleh  $P_{\text{tiang}} = 5029,8$  kN <  $Q_a = 5042,95$  kN dengan efisiensi tiang 0,816 maka tiang aman dalam memikul beban dalam 1 pile cap.

### B. Perhitungan Beban Lateral pada Tiang Pancang

Diketahui, tipe penutup kepala tiang pancang adalah tipe ujung bebas dan tiang panjang karena syarat tiang panjang,  $L > 4.T$ . Nilai T diperoleh dari hasil perhitungan sebesar 4,98 m. Cek syarat tiang panjang  $L > 4.T$  ( $33 \text{ m} > 4.4,98 = 19,92$  m maka memenuhi sebagai tiang panjang). Panjang tiang pancang 44m, 33m berada di bawah permukaan tanah yang didominasi tanah lempung (kohesif) maka digunakan Gambar 3. Dari Gambar 3 diperlukan nilai momen ultimit ( $M_u$ ) untuk mendapatkan kapasitas dukung lateral dari tiang ( $H_u$ ).  $M_u$  diperoleh dari kekuatan bahan tiang sebesar 2163,7 kNm. Nilai  $H_u$  sebesar 192,67 kN > beban lateral yang bekerja pada masing-masing tiang,  $H_y$  sebesar 27,275 kN, sehingga tidak perlu tiang miring.

### C. Penurunan

Besarnya penurunan elastis dihitung dari tiang pancang tunggal dengan menggunakan rumus semi empiris :

$$S_e = S_s + S_p + S_{ps}$$

dengan :

Beban yang dipikul ujung tiang,  $Q_b = 919,661$  ton.

Beban yang dipikul selimut tiang,  $Q_s = 642,11$  ton

Panjang tiang yang tertanam,  $L = 33$  m

Luas penampang tiang,  $A_b = 0,979 \text{ m}^2$

Modulus elastis tiang,  $E_p = 2.10^7 \text{ ton/m}^2$

$\alpha = 0,67$  untuk distribusi gesekan berbentuk segitiga

Maka penurunan akibat deformasi aksial tiang tunggal ( $S_s$ )

$$S_s = \frac{(Q_b + \alpha \cdot Q_s) \cdot L}{A_b \cdot E_p} = \frac{(919,661 + 0,67 \cdot 642,11) \cdot 33}{0,979 \cdot 2 \cdot 10^7}$$

$$S_s = 2,275 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Penurunan dari ujung tiang ( $S_p$ )

$$q_b = \frac{Q_b}{A_b} = \frac{919,661}{0,979} = 9393,88 \text{ ton/m}^2$$

$C_p = 0,03$  (jenis tanah lempung lunak dan pasir medium) dari Tabel 3.

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_b}{q_b \cdot D} = \frac{0,03 \cdot 919,661}{9393,88 \cdot 1,117} = 0,026 \text{ m}$$

Penurunan akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang ( $S_{ps}$ )

$$\frac{Q_{ws}}{p \cdot L} = \frac{642,11}{\pi \cdot 1,117 \cdot 33} = 5,55 \text{ ton/m}^2$$

$$p = \pi \cdot D = 3,51 \text{ m}$$

$E_s$  tanah lempung berpasir = 400 kg/cm<sup>2</sup> = 4000 ton/m<sup>2</sup> (Tabel 4)

$\nu_s$ , angka poisson tanah lempung tak jenuh = 0,3 (Tabel 5)

$$I_{ws} : \text{factor pengaruh} = 2 + 0,35 \cdot \sqrt{L/D} = 2 + 0,35 \cdot \sqrt{33/1,117} = 3,63$$

$$S_{ps} = \frac{Q_{ws}}{p \cdot L} \cdot \frac{D}{E_s} \cdot (1 - \nu_s^2) \cdot I_{ws}$$

$$S_{ps} = 5,55 \cdot \frac{1,117}{4000} \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 3,63$$

$$S_{ps} = 5,12 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Total penurunan tiang tunggal sebesar 0,034 m.

Penurunan Pada Kelompok Tiang :

B, lebar kelompok tiang = 1,5 m

$$S_g = 0,033 \cdot \sqrt{\frac{1,5}{1,117}} = 0,039 \text{ m}$$

Jadi total penurunan tiang kelompok sebesar 0,039 m.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil kajian terhadap tiang pancang pipa baja berdiameter 1,117m, tebal 14 mm dan panjang 44 m (11 m di atas tanah dan 33 m di dalam tanah) dengan susunan 4 tiang dalam 1 pilecap dengan jarak antar tiang 2,75 m dapat disimpulkan bahwa kapasitas dukung tiang tunggal secara kelompok ( $Q_{sg}$ ) sebesar 5042,95 kN mampu memikul beban 1 tiang ( $P_{\text{tiang}}$ ) sebesar 5029,8 kN, kapasitas dukung lateral tiang ( $H_u$ ) diperoleh sebesar 192,67 kN, mampu memikul beban lateral ( $H_y$ ) sebesar 27,275 kN, sehingga tidak diperlukan tiang miring dan penurunan yang terjadi pada tiang tunggal sebesar 0,034 m serta tiang kelompok 0,039 m.

## 6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Direktur Politeknik Negeri Samarinda, Wadir I beserta Kepala P3M Polnes atas bantuan dana penelitiannya
2. PT. Pupuk Kaltim atas bantuannya telah banyak membantu dalam memberikan data-data yang dibutuhkan.

**7. DAFTAR PUSTAKA**

- Dinas Pekerjaan Umum. (2002). SNI 03-1729-2002  
*Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*, Jakarta
- Hardiyatmo, H. Christady. (2014). *Analisis dan Perencanaan Fondasi I*, Edisi Ketiga, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H, Christady. (2011). *Analisis dan Perencanaan Fondasi II*, Edisi Kedua, Yogyakarta, Gadjah Mada University Press.
- Kramadibrata, S. (1985). *Perencanaan Pelabuhan*. Jakarta: Ganeca Exact Bandung.
- Mandi, N. B. (2015). *Pelabuhan Perencanaan dan Perancangan Konstruksi Bangunan Laut dan Pantai*. Denpasar: Buku Arti.
- Rahardjo, Paulus P. (1997). *Manual Pondasi Tiang 4<sup>th</sup> ed.* Universitas Parahyangan
- Sunggono. (1984). *Teknik Sipil*. Penerbit Nova
- Triatmodjo, B. (2007). *Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.