

**KAJIAN PENGGUNAAN TIANG PANCANG PANJANG DAN  
PENDEK PADA DINDING PENAHAN TANAH TANGGUL  
KALI JOMPO JEMBER**

**Givari Rheviyanda Toha, Arief Alihudien, Pujo  
Priyono**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah  
Jember  
E-mail [ghivarirheev93@gmail.com](mailto:ghivarirheev93@gmail.com)

**ABTRAKSI**

Dinding penahan tanah merupakan komponen struktur bangunan penting utama untuk jalan raya dan bangunan lingkungan lainnya yang berhubungan tanah berkонтur atau tanah yang memiliki elevasi berbeda. Secara singkat dinding penahan tanah merupakan dinding yang dibangun untuk menahan massa tanah di atas struktur atau bangunan yang dibuat. Dinding penahan tanah merupakan suatu struktur buatan manusia untuk menahan gaya dorong tanah lateral yang terjadi akibat perbedaan elevasi permukaan tanah dan juga beban luar. Analisis kestabilan dinding penahan tanah dilakukan untuk menentukan dimensi dinding yang dapat menahan gaya-gaya tekan tanah secara vertikal maupun horizontal. Penggunaan Pondasi tiang pancang dengan Ø80 cm pada dinding penahan tanah tanggul kali jompo jember, dimana  $Q_{kel}$  pada tahanan arah vertikal memiliki nilai sebesar 260,49 Ton lebih besar dari  $P_{1-21}$  yang hanya 163,96 Ton, Ø65 cm lebih mendekati nilai  $P_{1-21}$  dalam  $Q_{kel}$  sebesar 225,5 Ton. tiang pancang dengan panjang 10m Ø80cm dirubah menjadi tiang pancang dengan 26m Ø65 dalam menahan Momen Maksimum tiang ( $My$ ) dengan nilai 35,64 Ton/m dibandingkan dengan tiang Ø80cm yaitu memiliki nilai sebesar 66,45 Ton/m, dimana  $H_{ijin}$  39,3 Ton/m dan apabila dibagi faktor keamanan Ø65 cm  $My$  sebesar  $11,8 \text{ Ton/m} \leq H_{ijin} 13,09 \text{ Ton}$  (aman) dalam faktor keruntuhan tiang.

**Kata kunci :** SPT, Daya Dukung Tiang, Defleksi,

**ABSTRACT**

Retaining walls are an important structural component of the building for roads and other environmental buildings that are associated with contoured soils or land of different elevations. In short, a retaining wall is a wall that is built to hold the land mass on top of the structure or building being made. Retaining walls are man-made structures to withstand lateral ground forces that occur due to ground surface elevation errors and external loads. Analysis of the stability of the retaining wall is carried out to determine the dimensions of the walls that can withstand the vertical and horizontal pressure forces of the soil. The use of pile foundations with Ø80 cm on the retaining wall of the jember river embankment, where  $Q_{kel}$  in vertical direction has a value of 260.49 tons greater than  $P_{1-21}$  which is only 163.96 tons, Ø65 cm is more than the value of  $P_{1-21}$  in  $Q_{kel}$  of 225.5 tons. piles with a length of 10m Ø80cm are converted into piles with 26m Ø65 in holding the Maximum Moment of the pile ( $My$ ) with a value of 35.64 Ton / m compared to a pile of Ø80cm which has a value of 66.45 Ton / m, where  $H_{ijin}$  is 39.3 Ton / m and the family divided by the safety factor Ø65 cm  $My$  of  $11.8 \text{ Ton / m} \leq H_{ijin} 13.09 \text{ Ton}$  (safe) in the pile collapse factor.

**Keywords:** SPT, Pole Bearing Capacity, Deflection

## PENDAHULUAN

Teknologi terus berkembang seiring kemajuan jaman. Teknologi di bidang konstruksi bangunan juga mengalami perkembangan pesat, termasuk teknologi dalam bidang geoteknik. Bidang geoteknik merupakan bidang ilmu tersendiri dan menitik beratkan pada aplikasi teknik sipil dalam masalah-masalah yang berhubungan dengan sifat mekanis tanah dan batuan (Suryolelono, 1996).

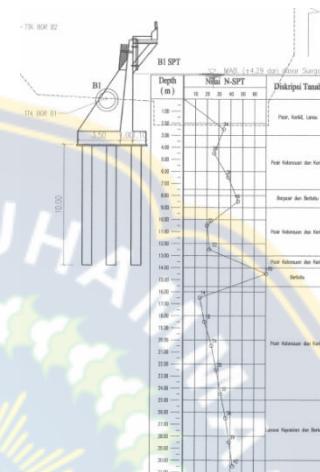
Tanah merupakan lapisan permukaan bumi yang sangat dinamis, perubahannya dipengaruhi oleh air, udara, dan pergeseran lempeng bumi. Salah satu akibat dari perubahan itu adalah adanya lereng, lereng adalah permukaan bumi yang membentuk sudut kemiringan tertentu dengan bidang horisontal.

Lereng dapat terbentuk secara alamiah karena proses geologi atau karena dibuat oleh manusia, lereng yang terbentuk secara alamiah misalnya lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng buatan manusia antara lain yaitu galian dan timbunan untuk membuat jalan raya dan jalan kereta api, bendungan, tanggul sungai dan kanal serta tambang terbuka. Suatu longsoran adalah keruntuhan dari massa tanah yang terletak pada sebuah lereng sehingga terjadi pergerakan massa tanah ke bawah dan ke luar. Longsoran dapat terjadi dengan berbagai cara, secara perlahan-lahan atau mendadak serta dengan ataupun tanpa tanda-tanda yang terlihat. Untuk menjaga kestabilan lereng – lereng tersebut maka, dibuatlah dinding penahan tanah.

Dinding penahan tanah merupakan komponen struktur bangunan penting utama untuk jalan raya dan bangunan lingkungan lainnya yang berhubungan tanah berkontur atau tanah yang memiliki elevasi berbeda. Secara singkat dinding penahan tanah merupakan dinding yang dibangun untuk menahan massa tanah di atas struktur atau bangunan yang dibuat. Bangunan dinding penahan tanah umumnya terbuat dari bahan kayu, pasangan batu, beton hingga baja.

Dinding penahan tanah merupakan suatu struktur buatan manusia untuk menahan gaya dorong tanah lateral yang

terjadi akibat perbedaan elevasi permukaan tanah dan juga beban luar. Dinding penahan tanah umumnya digunakan untuk mencegah terjadinya longsor pada lingkungan buatan manusia. Analisis kestabilan dinding penahan tanah dilakukan untuk menentukan dimensi dinding yang dapat menahan gaya-gaya tekan tanah secara vertikal maupun horizontal. Sangat penting bagi insinyur geoteknik untuk memastikan dinding penahan tanah stabil terhadap pembebanan-pembebanan yang terjadi.



**Gambar 1.1.** Gambar rencana pemasangan tiang pancang pendek

Dinding penahan tanah pada jalan Sultan Agung Jember menggunakan bor pile Ø 80 cm dengan panjang kedalaman 10 meter dari dasar aliran sungai kali jompo. Nilai N-SPT pada titik B1 kedalaman 14 meter telah bertemu jenis tanah berbatu sehingga penggunaan pondasi tipe bor pile (tiang pendek) memungkini sebagai pondasi dinding penahan tanah.

## Rumusan Masalah

Adapun tujuan yang ingin dicapai antara lain:

- Untuk mengetahui perbedaan penggunaan pondasi tiang pendek dan pondasi tiang panjang.
- Untuk mengetahui gaya geser horizontal pondasi tiang pendek dan pondasi tiang panjang

## Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai antara lain:

- a. Untuk mengetahui perbedaan penggunaan pondasi tiang pendek dan pondasi tiang panjang.
- b. Untuk mengetahui gaya geser horizontal pondasi tiang pendek dan pondasi tiang panjang.

## Batasan Masalah

Batasan masalah dalam pembahasan ini adalah:

- a. Aspek yang ditinjau adalah sistem pemondasian dinding penahan tanah
- b. Tidak membahas tentang pelebaran jembatan  
Fokus pembahasan dinding penahan tanah dan pemasangan tiang pancang pendek (bor pile) hanya sepanjang 40 meter kebarat

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Dinding Penahan Tanah

#### 2.1.1 Definisi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser.

#### 2.1.2 Fungsi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya.

### 2.2 Pondasi Tiang Pancang

Jika diameter tiang menjadi lebih besar atau tiang menjadi lebih pendek sehingga kekakuanannya menjadi bertambah besar, maka tiang tersebut merupakan tiang pendek atau *short pile* yang mempunyai ketentuan – ketentuan lain

dari pada tiang panjang atau *long pile* di dalam perhitungannya. (Sardjono 2, 1991:1)

Untuk dapat mengetahui apakah tiang itu termasuk kategori tiang pendek atau tiang panjang dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Tiang panjang : } l \sqrt[4]{\frac{k.D}{4ei}} > 3$$

$$\text{Tiang pendek : } l \sqrt[4]{\frac{k.D}{4ei}} \leq 3$$

Dimana :

$EI$  : kekakuan tiang ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$D$  : diameter tiang (cm)

$k$  : koefisien horizontal tanah ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$l$  : panjang tiang di dalam tanah (cm)

### 2.3 Daya Dukung Tiang Tunggal Berdasarkan Data Standart Penetration Test (SPT)

Daya dukung tiang pada tanah pondasi umumnya diperoleh dari jumlah daya dukung terpusat tiang dan tahanan geser pada dinding tiang. Perkiraan satuan unit daya dukung terpusat  $qd$  diperoleh dari hubungan antara  $L/D$  pada Gambar 2.2 dan  $qd/D$ .  $L$  adalah panjang ekuivalen penetrasi pada lapisan pendukung dan diperoleh dari Gambar 2.3,  $D$  adalah diameter tiang, adalah harga rata-rata  $N$  pada ujung tiang, yang didasarkan pada persamaan berikut (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2005: 100).

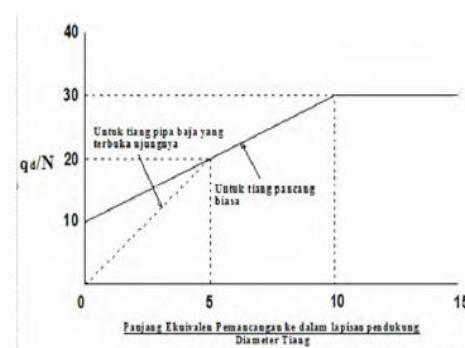
$$N = \frac{N_1 + N_2}{2}$$

Dimana:

$N$  = Harga  $N$  untuk perencanaan tanah pondasi pada ujung tiang.

$N_1$  = Harga  $N$  pada ujung tiang.

$N_2$  = Harga rata-rata  $N$  pada jarak  $4D$  dari ujung tiang.



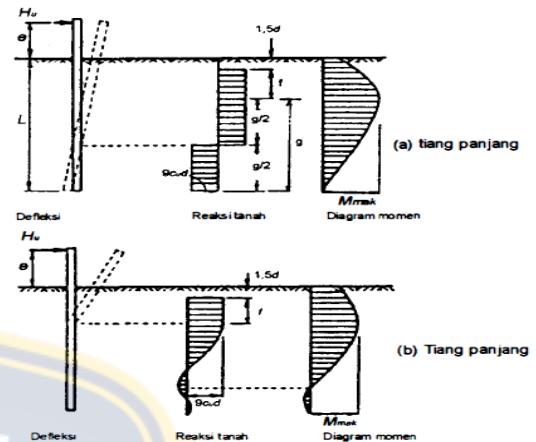
Gambar 2.1 Diagram Perhitungan dari Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah

Pondasi pada Ujung Tiang. (Sosrodarsono dan Nakazawa, 2005: 101).

$$M_{\text{mak}} = (9/4) dg^2 c_u$$

(2.93b)

Karena  $L = 3d/2 + I + g$ , maka  $H_u$  dapat dihitung dari Persamaan-persamaan (2.92) dan (2.93).



**Gambar 2.15** Mekanisme keruntuhan tiang pendek dan tiang panjang pada tiang ujung bebas dalam tanah kohesif (Broms. 1964a).

## Metode Broms

### Tiang dalam tanah kohesif

Seperti yang telah dipelajari, tahanan tanah ultimit tiang yang terletak pada tanah kohesif atau lempung ( $\varphi = 0$ ) bertambah dengan kedalamannya, yaitu dari  $2c_u$  diperlukan tanah sampai  $8 - 12c_u$  pada kedalaman kira-kira 3 kali diameter tiang. Broms (1964a) mengusulkan cara pendekatan sederhana untuk mengestimasi distribusi tekanan tanah yang menahan tiang dalam lempung. Yaitu, tahanan tanah dianggap sama dengan nol di permukaan tanah sampai kedalaman  $I,5$  kali diameter tiang ( $I,5d$ ) dan konstan sebesar  $9c$ , untuk kedalaman yang lebih besar dari  $1,5d$  tersebut.

### Tiang ujung bebas

Mekanisme keruntuhan tiang ujung bebas untuk tiang panjang (tiang tidak kaku) dan tiang pendek (tiang kaku). Dalam gambar tersebut diperlihatkan pula distribusi reaksi tanah dalam menahan gaya lateral yang bekerja pada tiang. Untuk tiang panjang, tahanan tiang terhadap gaya lateral akan ditentukan oleh momen maksimum yang dapat ditahan tiangnya sendiri ( $M_y$ ). Untuk tiang pendek, tahanan tiang terhadap gaya lateral lebih ditentukan oleh tahanan tanah di sekitar tiang. Dari keseimbangan gaya horizontal dapat diperoleh :

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

Dengan mengambil momen terhadap titik di mana momen pada tiang mencapai maksimum, dapat diperoleh

$$\begin{aligned} M_{\text{mak}} &= H_u (e + 3d/2 + f) - \frac{1}{2} f (9c_u d f) \\ &= H_u (e + 3d/2 + f) - \frac{1}{2} f H_u \\ &= H_u (e + 3d/2 + f) \end{aligned}$$

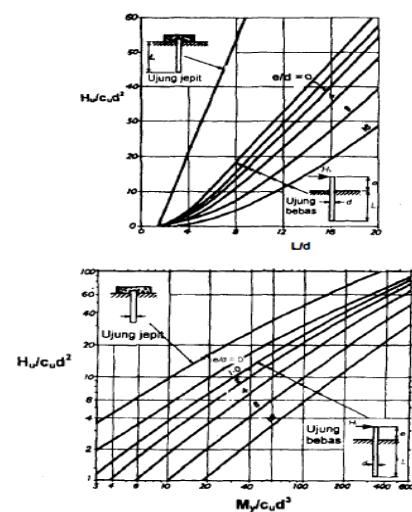
(2.93a) Momen maksimum dapat pula dinyatakan oleh persamaan:

### Tiang ujung jepit

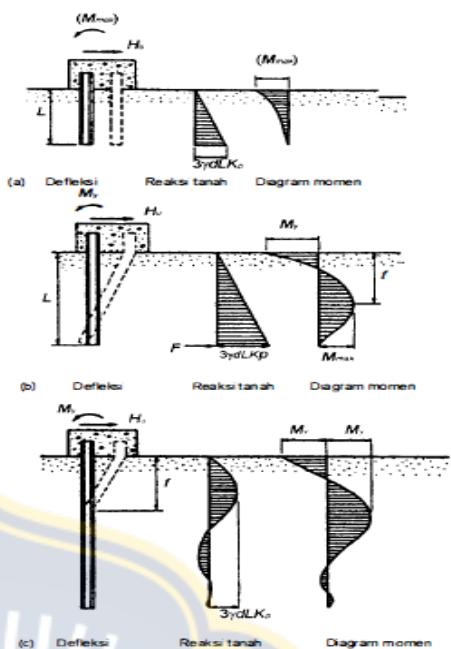
Mekanisme keruntuhan tiang ujung jepit, diagram distribusi reaksi tanah dan momen terjadi secara pendekatan. Dalam gambar tersebut terlihat bahwa perubahan model keruntuhan akan sangat ditentukan oleh tahanan momen bahan tiangnya sendiri ( $M_y$ ). Pada tiang ujung jepit, Broms menganggap bahwa momen yang terjadi pada tubuh tiang yang tertanam di dalam tanah sama dengan momen yang terjadi di ujung atas tiang yang terjepit oleh pelat penutup tiang (*pile cap*). Untuk tiang pendek, dapat dihitung tahanan tiang ultimit terhadap beban lateral :

$$H_u = 9c_{ud} (L - 3d/2)$$

$$M_{\text{mak}} = H_u (L/2 + 3d/4)$$



**Gambar 2.16** Tahanan lateral ultimittiang dalam tanah kohesif (Broms. 1964a)

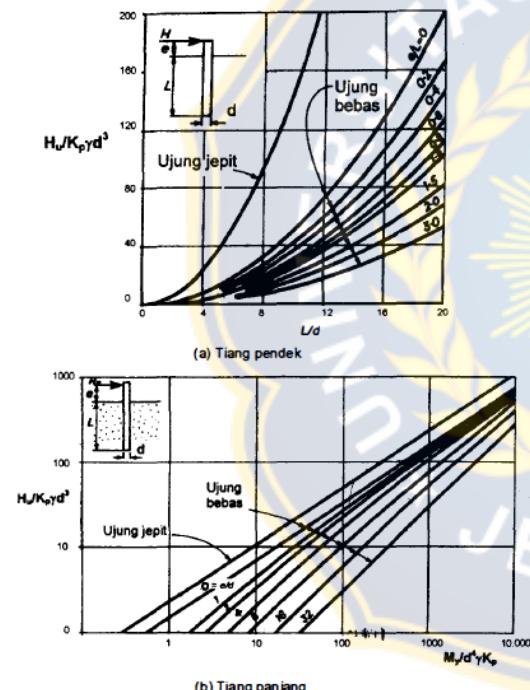


### Tiang ujung jepit

Asumsi tahanan momen pada kepala tiang paling sedikit sama dengan  $M_y$  akan dipakai lagi. Model keruntuhan untuk tiang-tiang pendek, sedang dan tiang panjang, secara pendekatan diperlihatkan dalam Gambar 2.20.

Untuk tiang ujung jepit yang kaku, keruntuhan tiang akan berupa translasi, beban lateral ultimit dinyatakan oleh:

$$H_u = (3/2) \gamma d L^2 K_p$$



**Gambar 2.19** Tahanan lateral ultimit tiang dalam tanah granuler

Gambar tersebut hanya berlaku jika momen negatif yang bekerja pada kepala tiang lebih kecil dari tahanan momen tiang ( $M_y$ ). Momen (negatif) yang terjadi pada kepala tiang, dihitung dengan persamaan:

$$M_{max} = (2/3) H_u L = \gamma d L^3 K_p$$

**Gambar 2.20** Tiang ujung jepit dalam tanah granuler

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Data Perencanaan

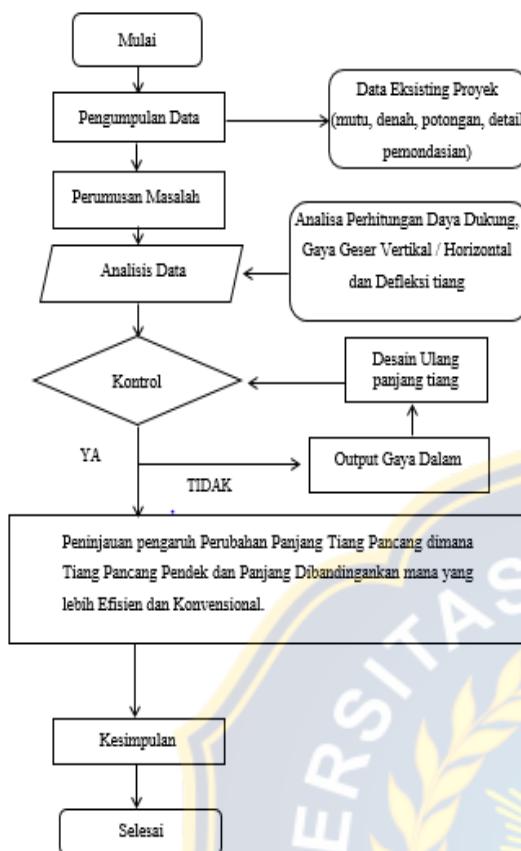
#### 3.1.1. Data umum Gedung

- Nama Proyek : DED PENANGANAN LONGSORAN KALI JOMPO
- Fungsi Proyek penahan tanah : Dinding
- Lokasi : Jl. Sultan Agung jember
- Panjang proyek : 140 meter
- Kedalam nilai N Spt : B1 : 14.5 meter : B2 : 20 meter
- Jenis Konstruksi : Dinding Penahan Tanah



**Gambar 3.1** Lokasi Proyek (Google Earth)

## Diagram Alur Penelitian



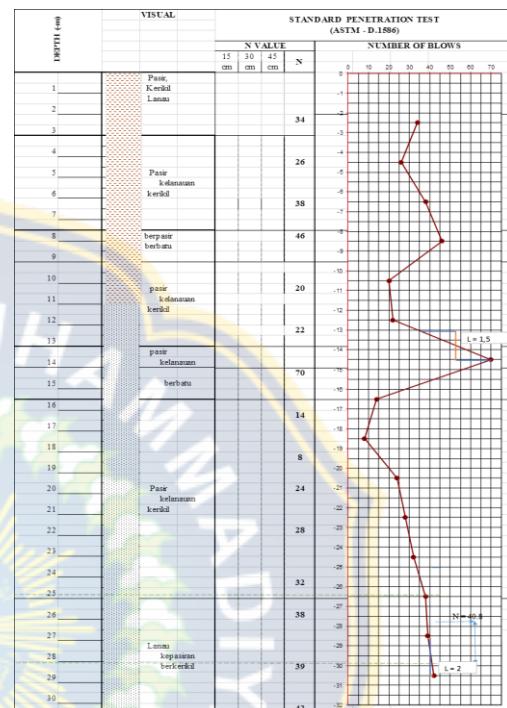
$Q_{ult}$  = Kapasitas ultimit pondasi tiang tunggal (kN)

$Q_{ijin}$  = Kapasitas ijin pondasi tiang tunggal (kN)

SF = Faktor keamanan 2,5 s/d 5

$A_{ujung}$  = Luas permukaan ujung tiang ( $m^2$ )

$O$  = Keliling tiang ( $2\pi r$ )



Gambar 4.1 Berdasarkan data N-Spt

Tabel 4.1 Nilai SPT untuk perhitungan Qfraksi

No	Lapisan Tanah	Depth (m)	Tebal $L_i$ (m)	$\bar{N}_i$	$f_i(2x\bar{N}_i)$	$L_i \cdot f_i$
1	Pasir, kerikil dan lanau	0-2	1	34	68	68
2	Pasir, kelanauan dan kerikil	2-7,5	2	32	64	128
3	Berpasir dan berbatu	7,5-9,5	1	46	92	92
4	Pasir, kelanauan dan kerikil	9,5-13,5	2	21	42	84
5	Pasir, kelanauan	13,5-14,5	0	0	0	0
6	Berbatu	14,5-15,5	1	70	140	140
7	Pasir, Kelanauan, dan kerikil	15,5-25,5	5	23,2	46,4	232
8	Lanau, kepasiran dan berkerikil	25,5-30,5	3	38,67	77,3	232
				$F_{total}$ (kN/m)		976

- a. Nilai N-SPT untuk perhitungan Qfraksi

Nilai N-SPT pada kedalaman 14,5 meter adalah 70

$$q = 40 \cdot N \cdot (L/D) < 400 \cdot N$$

$$= 40 \cdot 70 \cdot (10/0,80)$$

$$= 35000$$

$$Q_{ult} = A_{ujung} \times q + O f_{total}$$

$$= (0,40^2) \times 35000 + (2\pi r) \times$$

$$976$$

$$= 2240 \text{ kN}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Perhitungan daya dukung tanah di lokasi tempat bangunan akan dibangun. Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan untuk berkerja pada pondasi. Untuk mendapat tegangan yang dipakai dalam perencanaan pondasi, besarnya beban dibagi dengan faktor keamanan. Nilai yang diperoleh disebut dengan tegangan tanah yang diizinkan.

#### 4.1.1 Perhitungan daya dukung tanah Berdasarkan data N-SPT

Rumus kapasitas daya dukung tiang berdasarkan nilai N-SPT Mayerhof (1967) dapat digunakan pada data hasil pemboran ini.

$f_{total}$  = Total gesekan pada selimut tiang atau adhesi tanah ( $kN/m^2$ )

$L_i$  = Tebal lapisan tanah ke- $i$  (m)

$F_i$  = Gesekan pada selimut tiang

$D$  = Diameter tiang

$q$  = kapasitas dukung tanah pada ujung tiang ( $kN/m^2$ )

$$\begin{aligned}
 Q_{ijin} &= Q_{ult} / SF \\
 &= 2240 / 3 \\
 &= 746,667 \text{ kN} \\
 &= 76,138 \text{ ton} \\
 &= 76 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

- b. Nilai N-SPT pada kedalaman 30,5 meter adalah 42

$$\begin{aligned}
 q &= 40 \cdot N \cdot (L / D) < 400 \cdot N \\
 &= 40 \cdot 42 \cdot (26 / 0,65) \\
 &= 67200
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} &= A_{ujung} \times q + O f_{total} \\
 &= (0,325^2) \times 67200 + (2\pi \\
 &\quad) \times 976 \\
 &= 2306,9 \text{ kN} \\
 Q_{ijin} &= Q_{ult} / SF \\
 &= 2306,9 / 3 \\
 &= 768,95 \text{ kN} \\
 &= 78,41 \text{ ton} \\
 &= 78 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.2 Perhitungan daya dukung tanah menurut metode terzaghi (1943)

Setelah melakukan penyelidikan daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk memikul tanah untuk memikul tekanan atau beban maksimum yang diizinkan untuk bekerja pada pondasi.

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \text{Batas resistensi tanah} \\
 Q_p &= \text{Daya dukung ujung tiang} \\
 q_u &= \text{Daya dukung ultimit tanah} \\
 A_p &= \text{Rumus luas penampang tiang} \\
 &\quad \text{pancang} \\
 &= \varnothing 0,80m = \pi r^2 \quad = 0,5024 \\
 &= \varnothing 0,65m = \pi r^2 \quad = 0,3317
 \end{aligned}$$

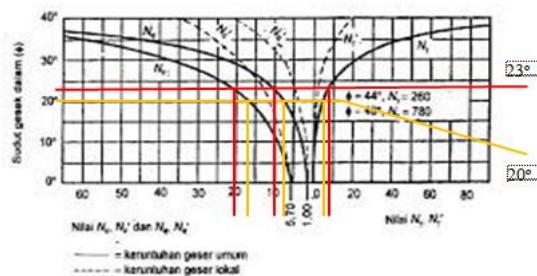
$$\begin{aligned}
 N_q &= \text{Nilai interpolasi (grafik)} \\
 \Phi &= \text{Sudut geser} \\
 q' &= \text{Tegangan tanah} \\
 p_a &= \text{Tekanan Asmoperic} \\
 &\quad (100 \text{ kN/m}^2) \\
 z &= \text{Setengah tebal lapisan} \\
 \gamma' &= 1,7 \\
 D_{fa} &= 14,5 \text{ meter} \\
 D_{fb} &= 30,5 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

#### 4.1.3 Mencari Faktor Daya Dukung dan Batas Resistensi Tanah

Perhitungan resistensi tanah untuk mendapatkan nilai untuk perhitungan Qu

(daya dukung ujung tiang) dan q'(tegangan tanah perlapisan).

#### 1. Mencari Faktor Daya Dukung Terzaghi Menggunakan Grafik



Gambar 4.2 Grafik Faktor Daya Dukung Terzaghi (1943)

$\phi / c$	$N_c$	$N_q$	$N_y$
$20^\circ$	17,7	7,4	5
$23^\circ$	20,7	10	9,8

$$\begin{aligned}
 &\rightarrow \tan 20^\circ = 0,36 \\
 &\rightarrow \tan 23^\circ = 0,42
 \end{aligned}$$

#### 2. Perhitungan batas resistensi tanah

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= 0,5 \cdot p_a \cdot N_q \cdot \tan \phi' \\
 &= 0,5 \times 100 \times 10 \times 0,42 \\
 &= 210
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_p &= A_p \cdot q' \cdot N_q < A_p \cdot q_1 \\
 &= 0,52 \times 92,225 \times 10 < \\
 &\quad 0,502 \times 210 \\
 &= 463,338 < 105,5 \\
 &= 463 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Korelasi berat jenis tanah ( $\gamma$ ) untuk tanah non kohesif dan kohesif

N	Cohesionless Soil			
	0-10	11-30	31-50	>50
	12-16	14-18	16-20	18-23
	25-32	28-36	30-40	>35
State	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Cohesive				
N	<4	4-6	6-15	16-25
Unit Weight $\gamma, \text{kN/m}^3$	14-18	16-18	16-18	>20
$q_u, \text{kPa}$	<25	20-50	30-60	40-200
Consistency	Very Soft	Soft	Medium	Stiff
				Hard

(Soil Mechanics, Whilliam T., Whitman, Robert V., 1962)

#### 4.1.4 Perhitungan $q_{ult}$ pada Pondasi Tiang

Untuk pondasi berbentuk linkaran (tiang pancang) menggunakan daya dukung batas yang disarankan oleh Terzaghi.

Tabel 4.4 Faktor Kekakuan Tiang

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} (10m) &= 1,3 \cdot c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + \\
 &\quad 0,3 \cdot 1,7 \cdot D \cdot N_g \\
 &= 1,3 \times 23 \times 20,7 + 10 \times 1,7 \times 10 \\
 &\quad + 0,3 \times 1,7 \times 0,8 \times 9,8 \\
 &= 792,93 \text{ kN} \\
 &= 80,879 \text{ Ton} \quad \Rightarrow 81 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{ult} (26m) &= 1,3 \cdot c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + \\
 &\quad 0,3 \cdot 1,7 \cdot D \cdot N_g \\
 &= 1,3 \times 20 \times 17,7 + 26 \times 1,7 \times 7,4 \\
 &\quad + 0,3 \times 1,7 \times 0,8 \times 5 \\
 &= 788,94 \text{ kN} \\
 &= 80,449 \text{ Ton} \quad \Rightarrow 80 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

#### 4.2 Hitungan tahanan beban lateral ultimit

Untuk menentukan apakah tiang berperilaku seperti tiang panjang atau tiang pendek, maka salah satunya perlu diketahui faktor kekakuan tiang

Diketahui :

- R = Modulus Tanah Konstan
- Kh = Modulus Subgrade Lateral ( kg / cm<sup>3</sup> )
- Ep = Modulus Elastisitas Tiang
- Ip = Momen Inersia Tiang
- d / b = Diameter Tiang
- K1 = Modulus Reaksi Subgrade Terzaghi (kg / cm<sup>2</sup> )
- Khd = K1 / 1,5 = Modulus Tanah

Tabel 4.3 Hubungan nilai K1 Terzhagi

Konsistensi	Kaku	Sangat Kaku	Keras
Kohesi undrained ( $C_u$ ) kN/m <sup>2</sup> kg/cm <sup>2</sup>	100 - 200 1 - 2	200 - 400 2 - 4	> 400 > 4
$k_t$ MN/m <sup>3</sup> kg/cm <sup>3</sup>	18 - 36 1.8 - 3.6	36 - 72 3.6 - 7.2	> 72 > 7.2
$k_t$ direkomendasikan MN/m <sup>3</sup> kg/cm <sup>3</sup>	27 2.7	54 5.4	> 108 > 10.8

Analisa Perhitungan Prilaku Tiang Ujung jepit

- Dimensi Tiang : 80 cm
- Panjang Tiang : 10 m
- = 1000cm
- $fc'$  : 30 Mpa
- = 300kg/cm<sup>2</sup>
- $\pi$  : 3,14

Tipe tiang	Modulus tanah (K) bertambah dengan kedalaman	Modulus tanah (K) konstan
Kaku (ujung bebas)	$L \leq 2T$	$L \leq 2R$
Tidak kaku (ujung bebas)	$L \geq 4T$	$L \geq 3,5R$

- a. Menghitung prilaku tiang dengan panjang 10 meter Ø80 cm

$$\begin{aligned}
 Ep &= 4700 \sqrt{fc'} = 4700 \sqrt{30} \\
 &= 4700 \times 5,47 \\
 &= 25742 \text{ Mpa} = 257420 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ip &= 1 / 64 \times \pi d^4 = 1,64 \times 3,14 \times 80^4 \\
 &= 2009600 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Kh &= K1 / 1,5 = 2,7 / 1,5 \\
 &= 1,8 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= 1,8 \times b = 1,8 \times 80 \\
 &= 144 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \sqrt[4]{\frac{E \cdot I}{K}} \\
 &= \sqrt[4]{\frac{(257420 \times 2009600)}{144}} \\
 &= (257420 \times 2009600 / 144)^{1/4} \\
 &= 244,8 = 245 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tiang Pendek =  $L \leq 2.R$

$$\begin{aligned}
 R &= 245 \text{ cm} = 2,45 \text{ m} \\
 &= 2.R = 4,9 \text{ m} \\
 &= 10 \leq 4,9
 \end{aligned}$$

Tidak Memenuhi Syarat

- b. Menghitung prilaku tiang dengan panjang 26 meter Ø65 cm

$$\begin{aligned}
 Ep &= 4700 \sqrt{fc'} = 4700 \sqrt{30} \\
 &= 4700 \times 5,47 = 25742 \text{ Mpa} \\
 &= 257420 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ip &= 1 / 64 \times \pi d^4 = 1,64 \times 3,14 \times 65^4 \\
 &= 875796,3 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Kh &= K1 / 1,5 = 2,7 / 1,5 \\
 &= 1,8 \text{ kg/cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= 1,8 \times b = 1,8 \times 65 \\
 &= 117 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R &= \sqrt[4]{\frac{E \cdot I}{K}} \\
 &= \sqrt[4]{\frac{(257420 \times 875796,3)}{117}} \\
 &= (257420 \times 875796,3)^{1/4} \\
 &= 209,5 = 210 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tiang Panjang =  $L \leq 3.R$

$$\begin{aligned}
 R &= 210 \text{ cm} = 2,1 \text{ m} \\
 &= 3.R = 6,3 \text{ m} \\
 &= 26 \leq 6,3
 \end{aligned}$$

Memenuhi Syarat

### **4.3 Menghitung kekuatan beban tiang dalam menahan momen ( $M_y$ )**

Mekanisme keruntuhan tiang jepit, diagram distribusi reaksi tanah dan momen terjadi secara pendekatan.

Diketahui :

f = Letak Momen Maks Dilintang Nol ( cm )  
 fb = Besarnya Kekuatan Beban Tiang ( kg / cm<sup>2</sup> )  
 D = Diameter Tiang ( cm )  
 M<sub>maks</sub> = Momen Maksimum Tiang ( kg / cm )  
 W = Tahanan Momen ( cm<sup>3</sup> )  
 F = Faktor Keamanan = 2,5 s/d 5  
 Fc' = 30 Mpa = 300 ( kg / cm<sup>2</sup> )  
 Ip = Ø80 = 2009600 cm<sup>4</sup>  
 Ip = Ø65 = 875796,3 cm<sup>4</sup>

- a. Menghitung Tahanan momen pada tiang 10m Ø80 serta koefisien tanah kohesif

$$fb = 0,4 \times Fc \\ = 0,4 \times 300 = 120 \text{ kg / cm}^2$$

$$W = \frac{Ip}{D/2} = \frac{2009600}{80/2} = 50240 \text{ cm}^3$$

## Momen Maksimum Tjiang

$$\begin{aligned}
 (\text{My}) &= fb \times W \\
 &= 120 \times 50240 \\
 &= 6028800 \text{ kg/cm} \\
 &\equiv 66,46 \text{ T/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta &= \left( \frac{Kh \cdot D}{4 \cdot Ep \cdot Ip} \right)^{1,4} \\ &= \left( \frac{1,8 \times 80}{4 \times 257420 \times 2009600} \right)^{1,4} \\ &= \left( \frac{144}{2069244928000} \right)^{1,4} \\ &\approx 0.002888\end{aligned}$$

- b. Menghitung Tahanan momen pada tiang 10m Ø80 serta koefisien tanah kohesif

$$\begin{aligned} \text{fb} &= 0,4 \times F_c' \\ &= 0,4 \times 300 = 120 \text{ kg/cm}^2 \\ W &= \frac{Ip}{D/2} = \frac{875796}{65/2} \\ &\equiv 26947,6 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Momen Maksimum Tiang  
( My ) = fb x W

$$\begin{aligned} &= 120 \times 25947,6 \\ &= 3233709,4 \text{ kg / cm} \\ &\equiv 35,64 \text{ T/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\beta &= \left( \frac{Kh \cdot D}{4 \cdot Ep \cdot Ip} \right)^{1,4} \\ &= \left( \frac{1,8 \times 65}{4 \times 257420 \times 875796,3} \right)^{1,4} \\ &= \left( \frac{117}{901789934184} \right)^{1,4} \\ &\equiv 0,003375\end{aligned}$$

#### 4.4 Menghitung besarnya gaya Lateral dan Defleksi (Broms 1964a)

Menghitung besarnya kekuatan beban tiang dalam menahan momen dan menghitung Gaya lateral pada tiang ujung jepit

Diketahui :

- H = Gaya Lateral yang diijinkan ( kg )
- H<sub>u</sub>= Gaya Lateral Ultimit ( kg )
- C<sub>u</sub>= Kohesi Undrained ( kg / cm<sup>2</sup> )
- D / b = Diameter Tiang a. = Ø80cm  
= Diameter Tiang b. = Ø65cm
- M<sub>y</sub> = Momen Maksimum  
a. = 6028800 kg / cm  
= Momen Maksimum  
b. = 2627388.9 kg / cm

- a. Pehitungan tiang Ø 80cm

$$\begin{aligned} H &= 9 \cdot cu \cdot D \\ F &= Hu / (9 \cdot cu \cdot D) \\ &= Hu / (9 \times 0,3 \times 80) \\ &\equiv 0,0332 \text{ Hu} \end{aligned}$$

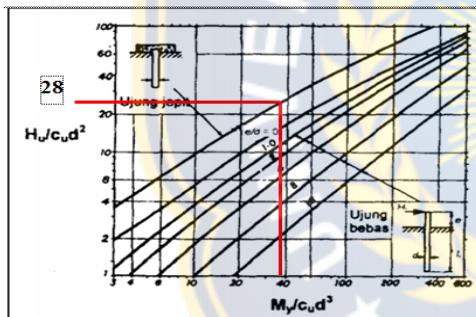
$$\Sigma M_x = M_{\text{maks}}$$

$$= 2 \cdot My + Hu \cdot \frac{1}{2} \cdot f - Hu \cdot (1,5 \cdot b + f) = 0$$

$$= 2 \cdot My - Hu \cdot (1,5 \cdot b \cdot \frac{1}{2} + f) = 0$$

$$\begin{aligned}
 \text{Hu} &= \frac{2 x M y}{(1,5 x b + \frac{1}{2} x f)} \\
 &= \frac{2 x 6028800}{(1,5 x 80 + \frac{1}{2} x 0,0332)} \\
 &= \frac{12057600}{(120 + \frac{1}{2} x 0,01662 \cdot \text{Hu})} \\
 &= \text{Hu} \cdot (120 + 0,01661 \cdot \text{Hu}) \\
 &= 12057600 \\
 &\quad 120 \cdot \text{Hu} + 0,01661 \cdot \text{Hu}^2 = \\
 &\quad 12057600
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 120 \cdot Hu + 0,01661 \cdot Hu^2 - 12057600 \\
 & = 0 \\
 & = \frac{0,01661 \cdot Hu^2 + 120 \cdot Hu - 12057600}{0,01661} = 0 \\
 & = Hu^2 + 120,016 \cdot Hu - 725924141,08 = 0 \\
 & X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\
 & Hu = \frac{-120,016 \pm \sqrt{120,016^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-725924141,08)}}{2 \cdot 1} \\
 & Hu_1 = \frac{-120,016 + \sqrt{120,016^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-725924141,08)}}{2} \\
 & Hu_1 = 53766,08 \text{ kg} \\
 & = 53766 \text{ kg} \\
 & Hu = \frac{My}{cu \cdot d^3} \\
 & = \frac{6028800}{0,3 \cdot 80^3} = \frac{6028800}{153600} \\
 & = 39,25
 \end{aligned}$$



Gambar 4.9 Grafik Nilai Hu yang Digunakan (a)

$$\begin{aligned}
 Hu &= \frac{My}{cu \cdot d^3} = 39,25 \\
 Hu &= (\text{Grafik}) \times (cu \cdot d^2) \\
 &= 28 \times (0,3 \times 80^2) \\
 &= 53760 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{ijin} &= Hu / F \\
 &= 53760 / 3 \\
 &= 17922 \text{ kg} \\
 &= 17,9 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

### b. Pehitungan tiang Ø 65cm

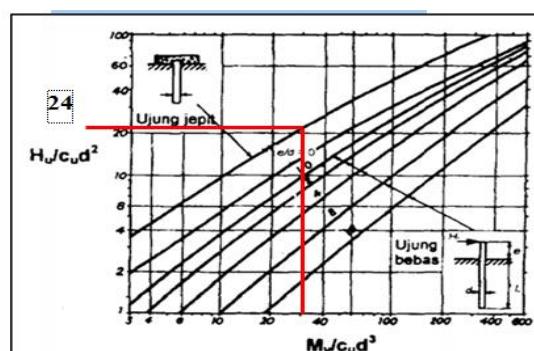
$$\begin{aligned}
 H &= 9 \cdot cu \cdot D \\
 F &= Hu / (9 \cdot cu \cdot D) \\
 &= Hu / (9 \times 0,3 \times 65) \\
 &= 0,0270 \text{ Hu}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma M_x &= M_{\max} \\
 = 2 \cdot My + Hu \cdot \frac{1}{2} \cdot f - Hu \cdot (1,5 \cdot b + f) &= 0 \\
 = 2 \cdot My - Hu \cdot (1,5 \cdot b \cdot \frac{1}{2} + f) &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Hu &= \frac{2 \cdot My}{(1,5 \cdot b + \frac{1}{2} \cdot f)} \\
 &= \frac{2 \cdot 267388,9}{(1,5 \cdot 65 + \frac{1}{2} \cdot 0,0270)} \\
 &= \frac{5254777,7}{(97,5 + \frac{1}{2} \cdot 0,0135 \cdot Hu)} \\
 &= Hu \cdot (97,5 + 0,013 \cdot Hu) = 5254777,7 \\
 97,5 \cdot Hu + 0,0135 \cdot Hu^2 &= 5254777,7 \\
 97,5 \cdot Hu + 0,0135 \cdot Hu^2 - 5254777,7 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,0135 \cdot Hu^2 + 97,5 \cdot Hu - 5254777,7}{0,0135} = 0 \\
 &= Hu^2 + 97,5135 \cdot Hu - 389242791 = 0 \\
 &X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a} \\
 &Hu = \frac{-97,5135 \pm \sqrt{97,5135^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-389242791,5)}}{2 \cdot 1} \\
 &Hu_1 = \frac{-97,5135 + \sqrt{97,5135^2 - 4 \cdot 1 \cdot (-389242791,5)}}{2} \\
 &= 39361,09 \text{ kg} \\
 &= 39361 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Hu &= \frac{My}{cu \cdot d^3} \\
 &= \frac{2627388,9}{0,3 \cdot 65^3} = \frac{2627388,9}{82387,5} \\
 &= 31,96
 \end{aligned}$$



Gambar 4.10 Grafik Nilai Hu yang Digunakan (b)

$$\begin{aligned}
 Hu &= \frac{My}{cu \cdot d^3} = 32 \\
 Hu &= (\text{Grafik}) \times (cu \cdot d^2) \\
 &= 24 \times (0,3 \times 65^2) \\
 &= 39292,5 \text{ kg} \\
 H_{ijin} &= Hu / F \\
 &= 39361 / 3 \\
 &= 13097 \quad \text{kg} \\
 &= 13,09 \quad \text{Ton}
 \end{aligned}$$

## Penutup

### Kesimpulan

1. Penggunaan Pondasi tiang pancang dengan Ø80 cm pada dinding penahan tanah tangkul kali jompo jember, Aman dalam perencanaan pemasangan pondasi itu sendiri akan tetapi kurang konservatif dari segi penentuan tahanan arah vertikal dimana  $Q_{kel}$  pada tahanan arah vertikal memiliki nilai sebesar 260,49 Ton lebih besar dari  $P_{1-21}$  yang hanya 163,96 Ton, dibandingkan dengan tiang pancang dengan Ø65 cm lebih mendekati nilai  $P_{1-21}$  dalam  $Q_{kel}$  sebesar 225,5 Ton.
2. Pengaruh ketahanan yang terjadi pada dinding penahan tanah akibat pondasi tiang pancang dengan panjang 10m Ø80cm dirubah menjadi tiang pancang dengan 26m Ø65 yaitu tiang pancang dengan Ø65cm lebih aman dan efektif dalam menerima gaya lateral pada pondasi tiang ujung jepit dalam menahan Momen Maksimum tiang ( $My$ ) dengan nilai 35,64 Ton/m dibandingkan dengan tiang Ø80cm yaitu memiliki nilai sebesar 66,45 Ton/m, dimana  $H_{ijin}$  39,3 Ton/m dan apabila dibagi faktor keamanan Ø65 cm  $My$  sebesar 11,8 Ton/m  $\leq H_{ijin}$  13,09 Ton (aman) dalam faktor keruntuhan tiang.

### Saran

Kajian penambahan panjang pondasi tiang dapat dikerjakan menggunakan beberapa metode tergantung hasil nilai Spt pada lokasi proyek, penambahan panjang tiang untuk menghindari penurunan muka tanah dimana kondisi tanah basah dan berpasir, terjadinya likuifikasi sangat rentan untuk tanah tipe kohesif maka dari itu kajian perbandingan tiang pancang penedek dan tiang pancang panjang dalam penambahan panjang tiang menurut saya sangat diperlukan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Andiyusti, 2014. Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Diverifikasi dengan Hasil uji Pile Driving Analyzer Test dan Capwap. Skripsi. Universitas Bangka Belitung
- Anwar Muda, 2016. Analisis Daya Dukung Tanah Fondasi Dangkal Berdasarkan Data Laboratorium. Skripsi. Fakultas Teknik
- Bowles, J. E. 1988. Analisa dan Desain Pondasi I Edisi Keempat Jilid I. Jakarta : Erlangga
- Bowles, J. E. 1988. Analisa dan Desain Pondasi I Edisi Keempat Jilid II. Jakarta : Erlangga
- Bantah Chairullah, 2013. Analisa Daya Dukung Pondasi Metoda SPT, CPT, dan Mayerhof pada Lokasi Rencana Konstruksi PLTU Nagan Raya Propinsi Aceh. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Syiahkuala
- Das, B.M., 1995, Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Erlangga, Jakarta
- Das, B.M., 1997, Advanced Soil Mechanics, Taylor & Francis, New York
- Das, B.M., 2004, Principles Of Foundation Engineering, USA : Thomson Brooks/Cole

- Endenmina, 2013. Studi Korelasi Empiris Antara Nilai Tahanan Standart Penetratiton Test (NSPT) Dengan Kekuatan Geser Undrained (SU) Tanah Kohesif Kota Cilegon. Skripsi. Fakultas Teknik. Uiversitas Sultan Ageng Tirtayasa
- Eko Septian, 2015. Analisis Daya Dukung Tiang Pancang dengan Menggunakan Metode Statik dan Chalendring. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Samratulangi Manado
- Eduar Asna, 2016. Korelasi Nilai NSPT Terhadap Sifat – Sifat Fisik dan Mekanis Tanah. Skripsi. Fakultas Teknik
- Fatchridia Luthfiani, 2017. Analisis Penurunan Bangunan Pondasi Tiang Pancang dan Rakit pada Proyek Pembangunan Apartemen Surabaya Central Bussiness District. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Diponogoro
- Gunawan, Rudy. 1983. Pengantar Teknik Pondasi. Yogyakarta : Penerbit Kanisius
- Hardiyatmo, Hary Cristady. 2011. Analisis dan Perancangan Pondasi II. Yogyakarta : Gajah Mada University Press
- Kawengian, Sabrina. 2018. Analisis daaya dukung Lateral pada Tiang Pancang Kelompok di Dermaga Belang, Jurnal Sipil Statik. 6 (9): 683-692
- Lilik Gani, A, 2015. Anlisis Gaya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Data Insitu Test, Parameter Laboratorium Terhadap Loading Kantledge. Skripsi. Fakultas Teknik.
- Poulos, H. G. & Davis, E.H., Pile Foundation Analysis and Design, John Wiley & Sons, New York, 1980
- Sosrodarsono, Suyono & Nakazawa, Kazuto., Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Jakarta : PT Pradnya Paramita
- Steven Prima, 2019. Studi NSPT Mengenai Daya Dukung Tiang Pancang Pada Kontruksi Pile Slap Proyek Jalan Tol Jakarta Kunciran Cengkareng. Skirpsi. Fakultas Teknik. Universitas Tarumanegara.
- Terzaghi, K. & Peck, R.B., Soil Mechanics in Engineering Practice, 2 nd Ed. Jhon Wiley and Sons, New York, 1967

