

## PERHITUNGAN DAYA DUKUNG AKSIAL DAN PENURUNAN PONDASI TIANG PANCANG

**Nabod Jirel Sihombing<sup>1</sup>, Rahel Naomi Berutu<sup>2</sup>, Rasdinanta Tarigan<sup>3</sup>**

Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan<sup>1,2,3</sup>, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan  
nabodsihombing@students.polmed.ac.id<sup>1</sup>, rahelberutu@students.polmed.ac.id<sup>2</sup>,  
rasdinantatarigan@polmed.ac.id<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Pondasi tiang adalah bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan atau baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban permukaan ke tingkat permukaan yang lebih rendah dalam massa tanah. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui cara menghitung dan hasil perhitungan daya dukung aksial dan daya dukung kelompok pondasi tiang pancang berdasarkan data SPT dipakai adalah metode *Meyerhof* dan *API*; data laboratorium dipakai adalah metode *Vesic* dan metode *Coyle* dan *Castello*; data kalendering dipakai adalah metode *Hilley*, dan *ENR*. Nilai daya dukung kelompok tiang berdasarkan data SPT 14.585,881 ton (*Meyerhof*) dan 10.980,271 ton (*API*); data laboratorium 12.290,334 ton (*Vesic*) dan 11.254,486 ton (*Coyle dan Castello*); data kalendering 14.732,741 ton (*Hilley*) dan 18.078,638 ton (*ENR*); dan data pengujian PDA 11.520 ton pada ABT 01-P01. Sehingga selisih dari setiap metode dengan data pengujian PDA berdasarkan data SPT yaitu 26,614% (*Meyerhof*) dan 4,685% (*API*), data laboratorium 6,687% (*Vesic*) dan 2,305% (*Coyle dan Castello*), data kalendering 27,888% (*Hilley*) dan 56,933% (*ENR*). Selanjutnya menghitung besar penurunan tiang tunggal pondasi tiang pancang adalah 25,773 mm (*Meyerhof*), 23,910 mm (*API*), 18,353 mm (*Vesic*), 17,614 mm (*Coyle dan Castello*). Dari besar penurunan tersebut, tiang pancang dikatakan aman dikarenakan besar penurunan yang diijinkan 60 mm.

**Kata Kunci :** Pondasi Tiang, Pengujian SPT, Daya Dukung Izin Kelompok Tiang, Penurunan Pondasi

### PENDAHULUAN

Dalam pembangunan jalan tol, terdapat pekerjaan jembatan yang dimana jembatan tersebut memerlukan pondasi. Pondasi merupakan bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah, yang menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban bangunan dan gaya-gaya luar terhadap gedung seperti tekanan angin dan gempa bumi.

Pondasi tiang pancang adalah bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan mentransfer (menyalurkan) beban dari struktur atas ke tanah penunjang yang terletak pada kedalaman tertentu. Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada di bawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan beban yang bekerja padanya. Atau apabila tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan seluruh beban yang bekerja berada pada lapisan yang sangat dalam dari permukaan tanah kedalaman > 8 m.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui cara menghitung dan hasil dari perhitungan daya dukung aksial dan daya dukung kelompok pondasi tiang pancang dengan data *Standard Penetration Test (SPT)*, data laboratorium, data kalendering, dan data pengujian *Pile Driving Analyzer (PDA)* serta untuk mengetahui cara menghitung dan hasil dari perhitungan penurunan tiang tunggal pondasi tiang pancang.

### TINJAUAN PUSTAKA

#### Daya Dukung Aksial Berdasarkan Data SPT

Dalam perhitungan daya dukung aksial berdasarkan data SPT, metode yang akan digunakan antara lain dengan metode *Meyerhof* dan metode *American Petroleum Institute (API)*.

1. Metode *Meyerhof*
  - a. Daya dukung ujung (*end bearing*)

$$Q_p = A_p \cdot q_p$$

(1)

dimana:

$Q_p$  = daya dukung ujung (*end bearing*) (ton)

$q_p$  = unit *end bearing* ( $\text{ton/m}^2$ )

$A_p$  = luas penampang tiang pancang ( $\text{m}^2$ )

- 1) Tanah yang berbutir halus atau *clay soil (c-soil)*

Untuk jenis tanah berbutir halus (*c-soil*), secara umum  $q_p$  sebagai berikut:

$$q_p = N_c \cdot C_u \tag{2}$$

dimana:

$$N_c = 9$$

$C_u$  = *undrained shear strength of clay on base of end bearing pile*

- 2) Tanah berbutir kasar atau pasir ( $\phi$ -*soil*)

Untuk tanah berbutir kasar atau pasir, secara umum  $q_b$  dirumuskan sebagai berikut:

$$q_p = 40 \cdot N\text{-SPT}_{av} \tag{3}$$

dimana:

$q_p$  = unit *end bearing* ( $\text{ton/m}^2$ )

$N\text{-SPT}_{av} = (N_1 + N_2)/2$  ( $N_1$ = nilai *N-SPT* rata-rata dari dasar ke 10D ke atas dan  $N_2$  = nilai *N-SPT* rata-rata dari dasar ke 4D ke bawah)

- b. Daya dukung selimut (*skin friction*)

$$Q_s = \sum f_s \cdot p \cdot \Delta L \tag{4}$$

dimana:

$Q_s$  = daya dukung selimut tiang pancang (ton)

$f_s$  = tahanan ujung tiang pancang ( $\text{ton/m}^2$ )

$p$  = keliling penampang tiang pancang (m)

$\Delta L$  = panjang unit tiang pancang (m)

- 1) Tanah berbutir halus (*clay soil*)

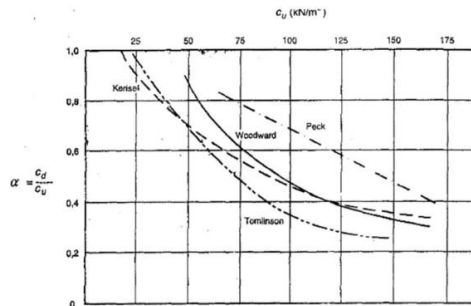
$$f_s = \alpha \cdot C_u \tag{5}$$

dimana:

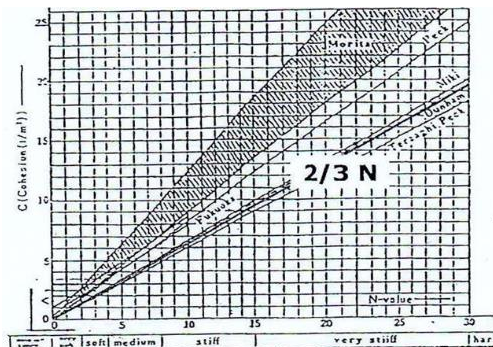
$\alpha$  = faktor adhesi (*adhesion factor*)

$C_u$  = *undrained shear strength*

$$C_u = \frac{2}{3} N\text{-SPT} \text{ (ton/m}^2\text{)} \tag{6}$$



Gambar 1. Faktor Adhesi (A) untuk Tiang Pancang dalam Lempung menurut McClelland, 1974  
Sumber: (Hardiyatmo, 2015)



Gambar 2. Hubungan antara Nilai Kohesi dan Nilai N-SPT untuk Tanah Kohesif

Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022

- 2) Tanah berbutir kasar atau pasir ( $\phi$ -soil)  
 $f_s = 0,2 \cdot N\text{-SPT}$  (7)

dimana:

$f_s$  = tahanan ujung tiang pancang ( $\text{ton/m}^2$ )

2. Metode *American Petroleum Institute (API)*

- a. Daya dukung ujung (*end bearing*)

$$Q_p = q_p \cdot A_p$$

(8)

dimana:

$Q_p$  = daya dukung ujung (*end bearing capacity*) (ton)

$q_p$  = unit *end bearing* ( $\text{ton/m}^2$ )

$A_p$  = luas penampang tiang pancang ( $\text{m}^2$ )

- 1) Tanah berbutir halus atau *clay soil (c - soil)*

$$q_p = N_c \cdot C_u$$

(9)

dimana:

$$N_c = 9$$

$C_u$  = *undrained shear strength of clay on base of end bearing pile*

- 2) Untuk tanah berbutir kasar atau pasir ( $\Phi$  - soil)

$$q_p = \sigma_v' \cdot N_q$$

(10)

dimana:

$\sigma_v'$  = tegangan *overburden* efektif di ujung tiang (*overburden pressure*) ( $\text{ton/m}^2$ )

$$\sigma_v' = \sum \gamma_{\text{wet}} \cdot \Delta L$$

(11)

$N_q$  = faktor daya dukung (*bearing capacity factor*)

**Tabel 1.** Batas Nilai *Unit End Bearing* untuk Jenis-Jenis Tanah Pasir dengan Nilai  $N_q$  (API, 1986)

Jenis Tanah	$N_q$	Batasan $q$ (Kpa)
<i>Very Loose to Medium, Sand to Slit</i>	8	1.900
<i>Loose to Dense Sand, Sand to Slit</i>	12	2.900
<i>Medium to Dense, Sand to Slit</i>	20	4.800
<i>Dense to Very Dense, Sand to Sand Slit</i>	40	9.600
<i>Dense to Very Dense, Gravel to Sand</i>	50	12.000

- b. Daya dukung selimut (*skin friction*)

$$Q_s = \sum f_s \cdot p \cdot \Delta L$$

(12)

dimana:

$Q_s$  = daya dukung selimut tiang pancang (ton)

$f_s$  = tahanan selimut tiang pancang ( $\text{ton/m}^2$ )

$p$  = keliling penampang tiang pancang (m)

$\Delta L$  = panjang unit tiang pancang (m)

- 1) Tanah berbutir halus atau *clay soil (c-soil)*

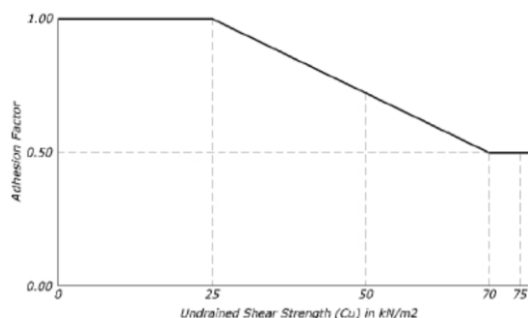
$$f_s = \alpha \cdot C_u$$

(13)

dimana:

$\alpha$  = faktor adhesi (*adhesion factor*)

$C_u$  = *undrained shear strength* ( $\text{ton/m}^2$ )



Gambar 3. Hubungan antara *Undrained Shear Strength* ( $C_u$ ) terhadap Faktor Adhesi ( $\alpha$ )  
 Sumber: (API, 1986)

2) Tanah berbutir kasar atau pasir ( $\Phi$ -soil)

$$f_s = K \cdot \sigma_v' \tan \delta \quad (14)$$

dimana:

 $\sigma_v'$  = tegangan overburden efektif di ujung tiang (*overburden pressure*)(ton/m<sup>2</sup>) $\delta$  = *friction angle between soil and pile (using 2/3  $\Phi$ )*K = tekanan lateral tanah (*lateral earth pressure*) =  $1 - \sin \Phi$ **Tabel 2.** Batas Nilai Unit *Skin Friction* Jenis-Jenis Tanah Berpasir untuk Nilai ( $\Delta$ ) Tertentu (API, 1986)

Jenis Tanah	Nq	Batasan q (Kpa)
<i>Very Loose to Medium, Sand to Slit</i>	15	47,8
<i>Loose to Dense Sand, Sand to Slit</i>	20	67
<i>Medium to Dense, Sand to Slit</i>	25	83
<i>Dense to Very Dense, Sand to Sand Slit</i>	30	95,5
<i>Dense to Very Dense, Gravel to Sand</i>	35	114,8

**Daya Dukung Aksial Berdasarkan Data Laboratorium**1. Daya dukung ujung (*end bearing*)a. Daya dukung ujung (*end bearing*) metode Vesic (1977)

## 1) Di tanah pasir

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p \cdot \sigma_o' \cdot N\sigma^* \quad (15)$$

dimana:

$$\sigma_o' = \frac{1 + 2 K^0}{3} \times q' \quad (16)$$

$$q' = \Sigma \text{wet}\% \cdot \Delta L \quad (17)$$

$$K_o = 1 - \sin \Phi \quad (18)$$

$$N\sigma^* = \frac{3Nq^*}{(1 + 2 K^0)} \quad (19)$$

$$N\sigma^* = f(I_{rr}) \quad (20)$$

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + I_r \Delta} \quad (21)$$

$$I_r = \frac{G_s}{2(1 + \mu_s)q' \tan \Phi} = \frac{G_s}{q' \tan \Phi} \quad (22)$$

$$\mu_s = 0,1 + 0,3 \left( \frac{\Phi - 25}{20} \right) \text{ (for } 25^\circ \leq \Phi \leq 45^\circ \text{)} \quad (23)$$

$$\Delta = 0,005 \left( 1 - \left( \frac{\Phi - 25}{20} \right) \frac{q'}{P_a} \right) \quad (24)$$

Rentang umum  $I_r$ , untuk berbagai jenis tanah, yaitu:

Pasir (kepadatan relatif = 50% hingga 80%) : 75 - 150

Lumpur : 50 - 75

**Tabel 3.** Persamaan untuk mendapatkan Nilai Modulus Elastisitas Tanah ( $E_s$ )

Jenis Tanah	SPT	CPT
Pasir normally consolidated	$E_s = 500 (N + 15)$ $E_s = 1500 \ln N$ to $2200 \ln N$ $+E_s = 18000 + 750 N$	$E_s = 2$ to $4 q_c$ $*E_s = (1 + Dr^2) q_c$
Pasir <i>over consolidated</i>	$E_s (\text{CBR}) = E_s (\text{NC}) \sqrt{\text{OCR}}$	$E_s = 6$ to $30 q_c$
Pasir jenuh	$E_s = 250 (N + 15)$ $E_s = 1200 (N + 6)$	
Pasir berkerikil dan kerikil	$E_s = 600 (N + 6)$ jika $N \leq 15$ $E_s = 600 (N + 6) + 2000$ jika $N > 15$	
Pasir berlempung	$E_s = 320 (N + 15)$	$E_s = 3$ to $6 q_c$
Pasir berlanau	$E_s = 300 (N + 6)$	$E_s = 1$ to $2 q_c$
Lempung lunak		$E_s = 3$ to $8 q_c$

**Tabel 4.** Faktor Daya Dukung  $N_q^*$  untuk berbagai Nilai  $I_{rr}$  dan  $\Phi$

$\phi'$	$I_{rr}$									
	10	20	40	60	80	100	200	300	400	500
25	12.12	15.95	20.98	24.64	27.61	30.16	39.70	46.61	52.24	57.06
26	13.18	17.47	23.15	27.30	30.69	33.60	44.53	52.51	59.02	64.62
27	14.33	19.12	25.52	30.21	34.06	37.37	49.88	59.05	66.56	73.04
28	15.57	20.91	28.10	33.40	37.75	41.51	55.77	66.29	74.93	82.40
29	16.90	22.85	30.90	36.87	41.79	46.05	62.27	74.30	84.21	92.80
30	18.24	24.95	33.95	40.66	46.21	51.02	69.43	83.14	94.48	104.33
31	19.88	27.22	37.27	44.79	51.03	56.46	77.31	92.90	105.84	117.11
32	21.55	29.68	40.88	49.30	56.30	62.41	85.96	103.66	118.39	131.24
33	23.34	32.34	44.80	54.20	62.05	68.92	95.46	115.51	132.24	146.87
34	25.28	35.21	49.05	59.54	68.33	76.02	105.90	128.55	147.51	164.12
35	27.36	38.32	53.67	65.36	75.17	83.78	117.33	142.89	164.33	183.16
36	29.60	41.68	58.68	71.69	82.62	92.24	129.87	158.65	182.85	204.14
37	32.02	45.31	64.13	78.57	90.75	101.48	143.61	175.95	203.23	227.26
38	34.63	49.24	70.03	86.05	99.60	111.56	158.65	194.94	225.62	252.71
39	37.44	53.50	76.45	94.20	109.24	122.54	175.11	215.78	250.23	280.71
40	40.47	58.10	83.40	103.05	119.74	134.52	193.13	238.62	277.26	311.50
41	43.74	63.07	90.96	112.68	131.18	147.59	212.84	263.67	306.94	345.34
42	47.27	68.46	99.16	123.16	143.64	161.83	234.40	291.13	339.52	382.53
43	51.08	74.30	108.08	134.56	157.21	177.36	257.99	321.22	375.28	423.39
44	55.20	80.62	117.76	146.97	172.00	194.31	283.80	354.20	414.51	468.28
45	59.66	87.48	128.28	160.48	188.12	212.79	312.03	390.35	457.57	517.58

Based on data from "Design of Pile Foundations," by A. S. Vesic. *Synthesis of Highway Practice* by American Association of State Highway and Transportation, 1977

2) Di tanah lempung

$$I_{rr} = I_r \tag{25}$$

Untuk  $\Phi = 0$

$$I_r = \frac{E_s}{3 C_u} \tag{26}$$

**Tabel 5.** Hubungan antara  $I_r$  dan  $C_u$

$C_u/Pa$	$I_r$
0,24	50
0,48	150
$\geq 0,96$	250 - 300

Sehingga:

$$I_r = 347 (C_u/Pa) - 33 \leq 330 \tag{27}$$

b. Daya dukung ujung (*end bearing*) metode Coyle dan Castello

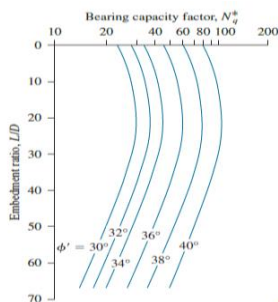
$$Q_p = q' \cdot N_q^* \cdot A_p \tag{28}$$

dimana:

$q'$  = tegangan vertikal efektif (ton/m<sup>2</sup>)

$A_p$  = luas penampang ujung tiang (m<sup>2</sup>)

$N_q^*$  = faktor daya dukung ujung



Gambar 4. Varian Nilai  $N_q^*$  dengan  $L/D$  dan  $\Phi$  (Coyle dan Castello, 1981)

dimana:

L = panjang tiang (m)

D = diameter tiang (m)

$\Phi$  = sudut geser dalam

2. Daya dukung selimut (*skin friction*)

a. Daya dukung selimut (*skin friction*) dengan metode  $\alpha$  di tanah lempung

$$f = \alpha \cdot C_u$$

(29)

dimana:

$\alpha$  = faktor adhesi

$C_u$  = nilai kuat geser tanah

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f = \sum \alpha \cdot C_u \cdot p \cdot \Delta L$$

(30)

dimana:

$Q_s$  = daya dukung selimut (ton)

p = keliling penampang tiang (m)

$\Delta L$  = panjang tiang (m)

**Tabel 6.** Hubungan Nilai  $C_u/P_a$  dengan  $\alpha$  menurut Terzaghi *et al.*, 1996)

<b>Cu/Pa</b>	<b><math>\alpha</math></b>
$\leq 0,1$	1,00
0,2	0,92
0,3	0,82
0,4	0,74
0,6	0,62
0,8	0,54
1,0	0,48
1,2	0,42
1,4	0,40
1,6	0,38
1,8	0,36
2,0	0,35
2,4	0,34
2,8	0,34

b. Daya dukung selimut (*skin friction*) dengan metode Coyle dan Castello di tanah pasir

$$Q_s = f_{av} \cdot p \cdot \Delta L$$

(31)

dimana:

$Q_s$  = daya dukung selimut pondasi tiang pancang (ton)

p = keliling penampang tiang (m)

L = panjang tiang (m)

$f_{av}$  = tahanan gesek rata-rata untuk keseluruhan tiang ( $kN/m^2$ )

$$f_{av} = K \cdot \sigma_v^{\overline{v}} \cdot \tan \delta$$

(32)

$\sigma_v^{\overline{v}}$  = tekanan overburden efektif rata-rata ( $kN/m^2$ )

$\delta$  = sudut gesek antara tiang dan tanah =  $(0,80\phi)$

$$Q_s = K \cdot \sigma_v^{\overline{v}} \cdot \tan (0,8 \Phi) \cdot p \cdot \Delta L$$

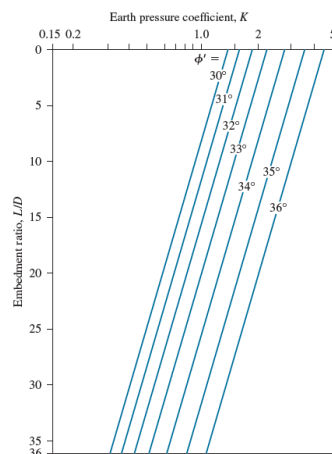
(33)

Menurut Mansur dan Hunter (1970), variasi nilai K sebagai berikut:

Tiang H : K = 1,65

Tiang pipa : K = 1,26

Tiang beton pracetak : K = 1,5

Gambar 5. Variasi Nilai K dengan L/D dan  $\Phi$ 

### Daya Dukung Aksial Berdasarkan Data Kalendering

Dalam perhitungan daya dukung aksial berdasarkan data SPT, metode yang akan digunakan antara lain dengan metode *Hilley* dan metode *Engineering News Record (ENR)*

#### 1. Metode *Hilley*

$$Q_{ult} = \frac{E \cdot W_r \cdot h}{S + C} \times \frac{W_r + n^2 \cdot W_p}{W_r + W_p} \quad (34)$$

$$C = (C_1 + C_2 + C_3)/2$$

$$C_1 \approx 1-5 \text{ mm}$$

$$C_2 \approx (0,2-1,0) \times 10^{-3} L$$

$$C_3 \approx 1-6 \text{ mm}$$

dimana :

C = kompresi elastis sementara kepala tiang

C<sub>1</sub> = kompresi elastis sementara dari bantalan tiang, kepala, dan tutup

C<sub>2</sub> = kompresi elastis sementara dari panjang tiang

C<sub>3</sub> = kompresi elastis sementara pada tanah di sekitar tiang dan yang terletak di bawah ujungnya

Q<sub>ult</sub> = kapasitas daya dukung (ton)

W<sub>r</sub> = berat *hammer* (ton)

W<sub>p</sub> = berat *pile* (ton)

S = rata-rata penetrasi 10 pukulan terakhir (cm)

H = tinggi jatuh *hammer* (cm)

E = efisiensi *hammer*

#### 2. Metode *Engineering News Record (ENR)*

$$Q_{ult} = \frac{E \cdot W_r \cdot h}{S + C} \times \frac{W_r + n^2 \cdot W_p}{W_r + W_p} \quad (35)$$

dimana:

E = efisiensi *hammer* (%)

W<sub>r</sub> = berat *hammer* (ton)

W<sub>p</sub> = berat *pile* (ton)

S = rata-rata penetrasi 10 pukulan terakhir (cm)

C = 0,254

n = koefisien restitusi (tabel 2.7)

h = tinggi jatuh *hammer* (cm)

Tabel 7. Koefisien Restitusi (Sosrodarsono, 1997)

Material Tiang	Koefisien Restitusi (n)
Hammer besi cor dan tiang beton (tanpa topi)	0,4 – 0,5
Bantalan kayu dan tiang beton (tanpa topi)	0,3 – 0,4

Tiang kayu	0,25 – 0,3
------------	------------

### Daya Dukung Aksial Berdasarkan Data PDA

$$Q_a = \frac{Q_{ult}}{F_k} \quad (36)$$

dimana:  $F_k = 2$

### Daya Dukung Kelompok Tiang (*Pile Group*) dan Efisiensi Kelompok Tiang

Daya dukung kelompok tiang dirumuskan dengan:

$$Q_g = E_g \times n \times Q_a \quad (37)$$

Efisiensi kelompok tiang dengan metode Labbare-Converse dirumuskan dengan:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(m-1)n + (n-1)m}{90 \cdot m \cdot n} \quad (38)$$

dimana:

$$\theta = \left( \arctan \frac{d}{S} \right) \quad (39)$$

### Penurunan Pondasi Tiang Tunggal Pondasi Tiang Pancang

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \quad (40)$$

dimana:

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E_p} \quad (41)$$

$$S_{e(2)} = \frac{Q_{wp} \times C_p}{d \times q_p} \quad (42)$$

$$S_{e(3)} = \frac{Q_{ws} \times C_s}{L \times q_p} \quad (43)$$

dimana:

$Q_{wp}$  = daya dukung ujung (ton)

$Q_{ws}$  = daya dukung *friction* (ton)

$A_p$  = luas penampang tiang pancang ( $m^2$ )

$L$  = panjang tiang pancang (m)

$E_p$  = modulus elastisitas dari bahan tiang ( $ton/m^2$ )

$\xi$  = koefisien dari *skin friction*

$d$  = diameter tiang (m)

$q_p$  = unit *end bearing* ( $ton/m^2$ )

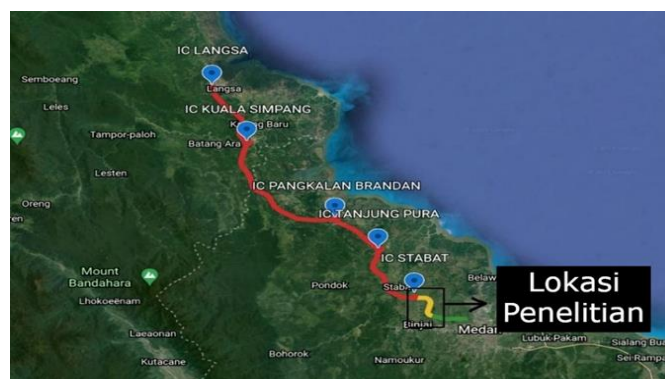
$C_p$  = koefisien empiris

$C_s$  = konstanta empiris =  $(0,93 + (0,16\sqrt{L/d}) \times C_p)$

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di proyek pembangunan jalan tol ruas Binjai-Langsa STA 6+850.



Gambar 6. Peta Lokasi Penelitian



### Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada Laporan Akhir ini berupa data primer dan data sekunder.

#### 1) Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil survey lapangan. Data-data yang diperoleh, yaitu:

##### a) Data lapangan

Data lapangan yaitu berupa data *Standard Penetration Test (SPT)*, data laboratorium, data kalendering, dan data *Pile Driving Analyzer (PDA)*.

##### b) Shopdrawing

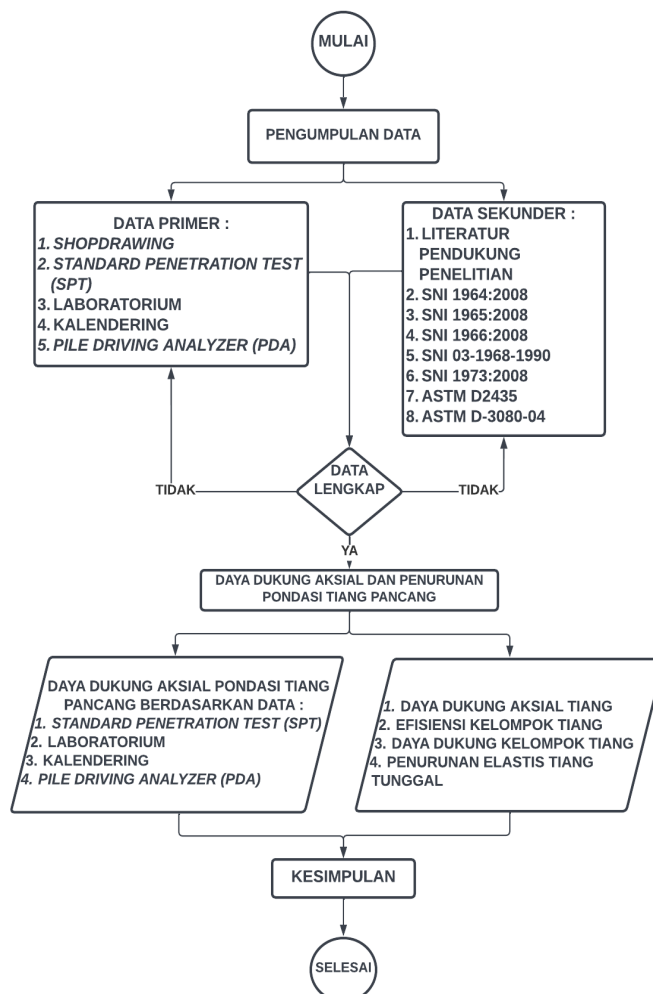
*Shopdrawing* yaitu denah dan detail pondasi tiang pancang yang digunakan di lapangan.

#### 2) Data sekunder

Data sekunder adalah data pendukung dari data primer yang diperoleh dari lapangan dan digunakan dalam penyusunan Laporan Akhir. Data sekunder diperoleh dengan cara mengumpulkan berbagai literatur dari berbagai sumber yang mendukung dalam penyusunan Laporan Akhir.

### Diagram Alir Penyusunan Laporan Akhir

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menyusun Laporan Akhir ini adalah melakukan pengumpulan data dari lapangan, kemudian mengumpulkan literatur dan menganalisis data serta mengambil kesimpulan dan saran dari data yang telah dianalisis yang dapat dilihat dalam gambar di bawah ini:



Gambar 7. Diagram Alir Penyusunan Laporan Akhir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Daya Dukung Aksial Berdasarkan Data SPT

**Tabel 8.** Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang pada *Bore Hole* 07R (BH 07R)

Metode	Qp (ton)	Qs (ton)	Qult (ton)	Qa (ton)
Meyerhof	509,645	174,068	683,713	227,904
API	402,174	112,526	514,700	171,567

### Daya Dukung Aksial Berdasarkan Data Laboratorium

**Tabel 9.** Nilai Daya Aksial Pondasi Tiang Pancang pada *Bore Hole* 07R (BH 07R)

Metode	Qp (ton)	Qs (ton)	Qult (ton)	Qa (ton)
Vesic	209,327	174,746	384,073	192,036
Coyle dan Castello	176,957	174,746	351,703	175,851

### Daya Dukung Aksial Berdasarkan Data Kalendering

**Tabel 10.** Nilai Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang pada *Bore Hole* 07R (BH 07R)

Metode	Qult (ton)	Qa (ton)
Hilley	920,796	230,199
ENR	1.694,872	282,479

### Daya Dukung Aksial Berdasarkan Data PDA

**Tabel 11.** Nilai Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang pada *Bore Hole* 07R (BH 07R)

Metode	Qp (ton)	Qs (ton)	Qult (ton)	Qa (ton)
ABT 01-P01	318,000	42,000	360,000	180,000

### Daya Dukung Kelompok

**Tabel 12.** Nilai Daya Dukung Kelompok Tiang (*Pile Group*) Pondasi Tiang Pancang pada *Bore Hole* 07R (BH 07R)

Metode	Qp (ton)	Qs (ton)	Qult (ton)	Fk	Qa (ton)	Eg	n	Qg (ton)
<b>N-SPT</b>								
Meyerhof	509,645	174,068	683,713	3	227,904	1	64	14.585,881
API	402,174	112,526	514,700	3	171,567	1	64	10.980,271
<b>Laboratorium</b>								
Vesic	209,327	174,746	384,073	2	192,036	1	64	12.290,334
Coyle dan Castello	176,957	174,746	351,703	2	175,851	1	64	11.254,486
<b>Kalendering</b>								
Hilley	-	-	920,796	4	230,199	1	64	14.732,741
ENR	-	-	1.694,872	6	282,479	1	64	18.078,638
<b>PDA</b>								
ABT 01-P01	318,000	42,000	360	2	180	1	64	11.520

### Penurunan Pondasi Tiang Tunggal Pondasi Tiang

**Tabel 13.** Penurunan Tiang Pancang Tunggal dengan Qwp dan Qws dari berbagai Metode pada *Bore Hole* 07R (BH 07R)

Metode	Qwp (ton)	Qws (ton)	qp (ton/m <sup>2</sup> )	Se <sub>1</sub> (mm)	Se <sub>2</sub> (mm)	Se <sub>3</sub> (mm)	Se total (mm)
<b>N-SPT</b>							
Meyerhof	509,645	174,068	1.802,500	16,136	9,425	0,2120	25,773
API	402,174	112,526	1.176,400	12,305	11,396	0,2100	23,910
<b>Laboratorium</b>							
Vesic	209,327	174,746	740,342	8,410	9,425	0,5182	18,353
Coyle dan	176,957	174,746	625,856	7,576	9,425	0,6130	17,614

Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022

Castello							
PDA							
ABT 01-P01	318	42,000	-	-	-	-	24,362

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan oleh penulis, maka diperoleh beberapa simpulan pada Laporan Akhir ini, yaitu: nilai daya dukung aksial pondasi tiang pancang berdasarkan data *Standard Penetration Test (SPT)* yaitu sebesar 227,904 ton (Metode *Meyerhof*) dan 171,567 ton (Metode *American Petroleum Institute (API)*); berdasarkan data laboratorium yaitu sebesar 192,036 ton (Metode *Vesic*) dan 175,851 ton (Metode *Coyle dan Castello*); berdasarkan data kalendering yaitu sebesar 230,199 ton (Metode *Hilley*) dan 282,479 ton (Metode *Engineering News Record (ENR)*); berdasarkan data pengujian *Pile Driving Analyzer (PDA)* yaitu sebesar 180 ton pada ABT 01-P01. Nilai efisiensi kelompok tiang yaitu sebesar 1 dikarenakan jenis tanah adalah pasir sehingga di dapat daya dukung kelompok tiang pondasi tiang pancang berdasarkan data *Standard Penetration Test (N-SPT)* yaitu sebesar 14.585,881 ton (Metode *Meyerhof*) dan 10.980,271 ton (Metode *American Petroleum Institute (API)*); berdasarkan data laboratorium yaitu sebesar 12.290,334 ton (Metode *Vesic*) dan 11.254,486 ton (Metode *Coyle dan Castello*); berdasarkan data kalendering yaitu sebesar 14.732,741 ton (Metode *Hilley*) dan 18.078,638 ton (Metode *Engineering News Record (ENR)*); dan berdasarkan data pengujian *Pile Driving Analyzer (PDA)* yaitu sebesar 11.520 ton pada ABT 01-P01. Dari hasil perhitungan nilai daya dukung aksial dan nilai daya dukung kelompok tiang pondasi tiang pancang tersebut, dapat disimpulkan selisih dari setiap metode dengan data pengujian *Pile Driving Analyzer (PDA)*, yaitu berdasarkan data *Standard Penetration Test (SPT)* yaitu sebesar 26,614% (Metode *Meyerhof*) dan 4,685% (Metode *American Petroleum Institute (API)*); berdasarkan data laboratorium yaitu sebesar 6,687% (Metode *Vesic*) dan 2,305% (Metode *Coyle dan Castello*); berdasarkan data kalendering yaitu sebesar 27,888% (Metode *Hilley*) dan 56,933% (Metode *Engineering News Record (ENR)*). Besar penurunan tiang tunggal pondasi tiang pancang adalah sebesar 25,773 mm (Metode *Meyerhof*); 23,910 mm (Metode *American Petroleum Institute (API)*); 18,353 mm (Metode *Vesic*); 17,614 mm (Metode *Coyle dan Castello*). Dari besar penurunan tersebut, tiang pancang dikatakan aman dikarenakan besar penurunan yang diizinkan adalah 60 mm.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih Kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. (1990). SNI 03-1968-1990. *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 1965-2008. *Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 4153:2008. *Cara Uji Penetrasi Lapangan dengan SPT*: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 1964:2008. *Cara Uji Berat Jenis Tanah*: Jakarta.
- Das, Braja M., Nagaratnam Sivakugan. (2017). *Principles of Foundation Engineering Ninth Edition*". United States of America: Cengage Learning.
- Dermawan, Herman. *Uji Berat Isi dan Kadar Air Tanah ASTM C-29 dan ASTM D-2216-98*". Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.

Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022

- Dermawan, Herman. “*Uji Konsolidasi ASTM D2435*”. Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Pendidikan Indonesia. Bandung.
- Hardiyatmo, Hary Chistady. (2015). “*Analisis dan Perancangan Fondasi II*”. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Irsyam, Masyur. (2009). “*SI-3221 Rekayasa Pondasi*”. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Lingga, Bryan Ananta, dan Relita Noviarti Siagian. (2021). “*Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Binjai-Langsa Seksi Binjai-Pangkalan Brandan STA. 12+300*”. Tugas Akhir Politeknik Negeri Medan. Medan.
- Lubis, Ahmad Fadly. (2019). “*Analysis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Secara Analitis dan Numeris Pada Proyek Jalan Tol Medan-Binjai Seksi IA Jembatan Sei Deli STA1+600*”. Tugas Akhir Universitas Sumatera Utara. Medan.