

**EVALUASI PERENCANAAN STRUKTUR BAWAH JEMBATAN IDANO SIBOLOU  
KABUPATEN NIAS BARAT PROVINSI SUMATERA UTARA**

Oleh:

Yarofe Nainggolan <sup>1)</sup>

Lucas Dwi Heryanto Sihombing <sup>2)</sup>

M.Endayanti <sup>3)</sup>

A.Gultom <sup>4)</sup>

Universitas Darma Agung, Medan <sup>1,2,3)</sup>

E-mail:

[yarofenainggolan@gmail.com](mailto:yarofenainggolan@gmail.com) <sup>1)</sup>

[lucassihombing@gmail.com](mailto:lucassihombing@gmail.com) <sup>2)</sup>

[endayanti@gmail.com](mailto:endayanti@gmail.com) <sup>3)</sup>

[gultom@gmail.com](mailto:gultom@gmail.com) <sup>4)</sup>

**History Jurnal Ilmiah Teknik Sipil:**

Received : 25 November 2021

Revised : 10 Desember 2021

Accepted : 23 Januari 2022

Published : 25 Februari 2022

**Publisher:** LPPM Universitas Darma Agung

**Licensed:** This work is licensed under

<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>



**ABSTRAK**

Adapun tujuan penelitian adalah untuk menghitung daya dukung pondasi bore pile tunggal dan kelompok tiang dari data  $N$ - SPT berdasarkan metode Meyerhoff; menghitung total beban yang dipikul oleh pondasi abutment; mengevaluasi stabilitas abutmen jembatan; dan menghitung penurunan pondasi. Adapun tahapan- tahapan penelitian adalah sebagai berikut Pengumpulan literatur berupa buku-buku ilmiah yang berhubungan dengan Penelitian, Pengumpulan data-data baik teknis maupun data tanah, Perhitungan Pembebanan Jembatan, Analisis stabilitas abutment, Evaluasi pondasi bore pile, dan Analisis daya dukung tiang tunggal dan kelompok. Hasil analisis terhadap stabilitas abutment baik guling maupun geser dengan kombinasi beban tegangan kerja diperoleh bahwa abutment aman terhadap geser dan juga guling. Daya dukung ultimit pondasi bored pile diameter 0,80 m dengan panjang 15 m pada bore hole 1 dengan data SPT didapat  $Q_u = 682,541$  Ton. Daya dukung ultimit lateral pondasi bored pile diameter 0,80 m berdasarkan Metode Broms secara analitis sebesar 63,68 ton, secara grafis sebesar 72,90 ton. Daya dukung ijin tiang tunggal pondasi bored pile ( $Q_{all}$ ) menggunakan data SPT dan metode Resse and Wright diperoleh sebesar 227,514 ton. Efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ ) berdasarkan Metode Converse – Labarre didapat sebesar 79,26% dan didapat daya dukung kelompok tiang ( $Q_g$ ) sebesar 1442,653 ton. Penurunan elastis tiang tunggal yang terjadi pada pondasi bored pile dengan menggunakan metode vesic sebesar 15,22 mm dan penurunan elastis tiang kelompok sebesar 37,27 mm.

**Kata kunci:** Stabilitas Abutment, Pondasi Bored Pile, Kapasitas Dukung

**ABSTRACT**

This study aims at calculating the bearing capacity of single bore pile foundations and pile groups from the  $N$ -SPT data based on the Meyerhoff method; calculating the total load borne by the abutment foundation; evaluating the stability of the bridge abutments; and calculating the settlement of the foundation. The stages of the research are as follows: Collection of literature in the form of scientific books related to research, Collection of both technical and soil data, Calculation of Bridge Loading, Analysis of abutment stability, Evaluation of bore pile foundations, and Analysis of single pile bearing capacity and group. The results of the analysis on the stability of the abutments both overturning and shearing with a combination of working stress loads, it is found that the abutments are safe against shearing and overturning. The ultimate bearing capacity of the bored pile foundation with a diameter of 0.80 m with a length of 15 m on bore hole 1 with SPT data obtained  $Q_u = 682.541$  Ton. The ultimate lateral bearing capacity of the bored pile foundation with

a diameter of 0.80 m based on the Broms Method analytically is 63.68 tons, graphically 72.90 tons. The carrying capacity of the single pile bored pile foundation ( $Q_{all}$ ) using SPT data and the Resse and Wright method is 227,514 tons. The efficiency of the pile group ( $E_g$ ) based on the Converse – Labarre method was obtained at 79.26% and the carrying capacity of the pile group ( $Q_g$ ) was 1442,653 tons. The elastic decrease of single piles that occur in bored pile foundations using the vesic method is 15.22 mm and the elastic decrease of group piles is 37.27 mm.

**Keywords:** *Abutment Stability, Bored Pile Foundation, Bearing Capacity*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam pembangunan konstruksi suatu Jembatan hal pertama yang dilaksanakan adalah pekerjaan pondasi. Pekerjaan pondasi merupakan tahapan pekerjaan yang sangat penting dan menentukan keamanan serta kelancaran proses pekerjaan selanjutnya. Pada perencanaan pondasi Jembatan Idano Sibolou, memiliki kondisi tanah yang lunak dan berpasir karena posisi dilapangan berada di area perbatasan laut dan sungai, mengakibatkan tanah dilokasi tersebut memiliki kadar air yang cukup tinggi sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan tiang pancang. Jembatan ini sangat penting bagi masyarakat Disanakarena menjadi penghubung dengan beberapa infrastruktur daerah seperti rumah sakit, kantor pemerintahan, sekolah, pasar, dan sebagainya.

### Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung daya dukung pondasi bore pile tunggal dan kelompok tiang dari data N- SPT berdasarkan metode Meyerhoff
2. Menghitung total beban yang dipikul oleh pondasi abutment
3. Mengevaluasi stabilitas abutmen jembatan
4. Menghitung penurunan pondasi

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Defenisi Tanah

Tanah memiliki peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Tanah adalah material yang terdiri dari

agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpatikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1994).

### 2.2 Pondasi Tiang

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dapat dibagi menjadi 3 kategori sebagai berikut:

1. Tiang tanpa perpindahan (Non displacement pile)
2. Tiang perpindahan kecil (small displacement pile)
3. Tiang perpindahan besar (large displacement pile )

Pondasi tiang dapat digolongkan berdasarkan metode instalasinya, pondasi tiang pada umumnya dapat diklasifikasikan atas:

1. Tiang Pancang
2. Tiang Bor (Bore Pile).

#### 2.2.1 Kapasitas Dukung Pondasi Bore Pile

Kapasitas daya dukung tiang pada lapisan tanah dihitung dengan menggunakan data dari nilai N-SPT. Dimana Nilai N-SPT untuk perhitungan  $q_p$  diambil 4D di bawah tiang dan 10D di atas tiang. Untuk perhitungan  $q_s$  nilai N-SPT diambil di kedalaman segmen (L) tiang yang ditinjau. Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi tiang pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data uji lapangan SPT (standard penetration test) dihitung berdasarkan beberapa metode empirik, sebagai berikut :

1. Berdasarkan Metode Meyerhoff  
Tiang Bore Pile pada tanah non-koheksi dan koheksi dengan data SPT:

- Untuk tanah non-koheksi  
Daya dukung ujung tiang:  
 $Q_p = 40 \times N \times A_p$

Dimana:

$Q_p$  = Daya dukung ujung tiang (ton)  
 $A_p$  = Luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)  
 $N$  = Nilai NSPT pada elevasi dasar tiang  
Tahanan geser selimut tiang  
 $Q_s = 0.1 \times N_r \times A_k \times L_i$

Dengan :

$N$  = Data nilai SPT 8D ke atas 4D ke bawah  
 $N_r = (N_1 + N_2) / 2$   
 $N_1$  = Harga rata-rata dari dasar sampai 8D ke atas  
 $N_2$  = Harga rata-rata dari dasar sampai 4D ke bawah  
Kekuatan ujung tiang (end bearing) untuk koheksi:

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

Untuk tahanan geser selimut tiang:

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

$$c_u = N\text{-SPT} \times 2/3 \times 10$$

Daya dukung ijin dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Q_{ijin} = Q_p/3 + Q_s/5$$

Dimana:

$\alpha$  = koefisien adhesi antara tanah dan tiang  
 $c_u$  = kohesi undrained  
 $A_k$  = keliling tiang  
 $L_i$  = panjang lapisan tanah

Dimana:

$F_s$  = tahanan satuan (skin friction), kN/m<sup>2</sup>  
 $N_{60}$  = nilai SPT N60

$A_p$  = luas penampang tiang  
 $P_{us}$  = kapasitas daya dukung gesekan (skin friction), Kn  
 $A_k$  = keliling tiang (m)  
 $Q_p$  = tahanan ujung  
 $Q_s$  = tahanan selimut

### 2.2.2 Efisiensi Grup Tiang

adapun persamaan untuk memperoleh nilai efisiensi tiang yang dipergunakan sesuai dengan yang disarankan oleh Converse-Lahore, yaitu sebagai berikut.

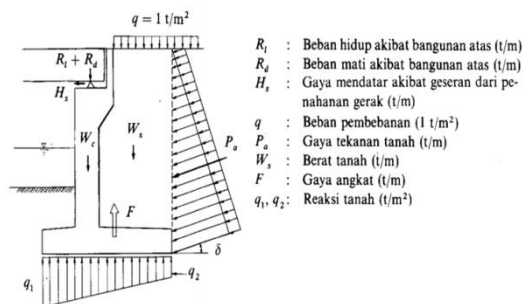
$$E_g = 1 - \theta \frac{(n'-1) \cdot m + (m+1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n'}$$

Dimana:

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang  
 $M$  = jumlah baris tiang  
 $N$  = jumlah tiang dalam 1 baris  
 $\theta$  = arc tang (D/S) dalam derajat  
 $D$  = Diameter bor pile  
 $S$  = jarak pusat ke pusat antar tiang

### 2.3 Kepala Jembatan (Abutment)

Abutment adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung pilar - pilar jembatan, yang mempunyai fungsi sebagai pemikul seluruh beban hidup (Angin, kendaraan, dll) dan mati (beban gelagar, plat, dll) pada jembatan. Ada beberapa jenis abutment atau biasa disebut kepala jembatan, tetapi pemilihan perlu mempertimbangkan tinggi, macam bangunan atas, kondisi tanah, demikian pula dengan kondisi bangunannya.



#### 2.3.1 Kontrol Stabilitas Abutment

1. Stabilitas terhadap guling:

Momen penahan guling diambil dari kombinasi pembebanan maksimum:

$$\sum M_{px} = \left(\frac{Bx}{2} \sum Pms\right) + M_{MS}$$

Maka angka aman terhadap guling (SF) :

$$SF = \frac{M_{px}}{M_x} \geq 2,0$$

Dimana:

$Bx/2$  = Letak titik guling terhadap pusat pondasi

PMS = Beban struktur atas dan struktur bawah

MMSX = Momen akibat berat sendiri Abutment

$\Sigma M_x$  = Momen yang mengakibatkan guling.

2. Stabilitas terhadap geser:

Gaya penahan geser

$$\Sigma H_p = c \cdot B_x \cdot B_y + \Sigma P \cdot \tan \phi$$

Angka aman terhadap geser,

$$SF = \frac{\Sigma H_p}{\Sigma T_x} \geq 2,0$$

Dimana:

$\gamma$  = Berat Volume tanah

$c$  = Kohesi tanah

$\phi$  = Sudut gesek dalam

$\Sigma P$  = Gaya total

SF = Safety Factor

$\Sigma T_x$  = Gaya Horizontal total

3. Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Tegangan yang terjadi pada dasar pile cap akibat gaya aksial dan momen beban kombinasi:

$$q_{maks} = \frac{P}{A} + \frac{M_x}{\frac{1}{6}B_x^2 B_y} + \frac{M_y}{\frac{1}{6}B_y^2 B_x}$$

Tegangan maksimum yang terjadi pada pile cap tidak boleh melebihi tegangan ijin tanah. Tegangan ijin tanah diperoleh dari hasil penyelidikan tanah.

#### 2.4 Daya Dukung Lateral Tiang

Menurut hardiyatmo (2015), pondasi tiang harus dirancang dengan memperhitungkan beban-beban

horizontal atau lateral, seperti beban angin, tekanan tanah lateral, beban gelombang air, benturan kapal dan lain-lain. Tiang-tiang dibedakan menurut 2 tipe, yaitu:

1) Tiang ujung jepit (fixed end pile).

2) Tiang ujung bebas (free end pile).

Dengan metode Broms untuk pondasi tiang pada tanah granuler dan tiang ujung jepit yang kaku, beban lateral ultimit dinyatakan oleh (Hardiyatmo, 2015):

$$Hu = (3/2)^2 Kp$$

Momen (negatif) yang terjadi pada kepala tiang, dihitung dengan persamaan:

$$= (2/3) HuL = \gamma dL^3 Kp$$

Tahanan momen tiang dihitung dengan persamaan:

$$= (1/2) \gamma dL^3 Kp - HuL$$

Jika  $M_{mak} > M_y$ , maka saat gaya horizontal belum mencapai  $H_u$  tiangnya sudah patah. Karena itu, gaya horizontal untimit ditentukan oleh kekuatan bahan tiang dalam menahan beban momen ( $M_y$ ) atau hitungan didasarkan pada persamaan tiang panjang:

$$Hu = \frac{2M_y}{e+2f/3}$$

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{Hu}{dKp\gamma}}$$

Dengan:

$H_u$  = beban lateral untimit (kN)

$\gamma$  = massa jenis (kN/m<sup>3</sup>)

$d$  = diameter tiang (m)

$L$  = kedalaman tiang (m)

$Kp$  =  $\text{tg}^2 (45^\circ + \phi/2)$

$M_{maks}$  = momen (negative) yang terjadi pada kepala tiang (kN.m)

$M_y$  = tahanan momen tiang (kN.m)

$f$  = letak momen maksimum.

#### 2.5 Penurunan Tiang

Penurunan segera atau penurunan elastis adalah penurunan pondasi yang

terletak pada tanah berbutir halus yang jenuh dan dapat dibagi menjadi tiga komponen. Penurunan total adalah jumlah dari ketiga komponen tersebut, yang ditunjukkan pada Persamaan di bawah ini:

$$S = Se_1 + Se_2 + Se_3$$

Dengan:

$S$  = Penurunan total (mm)

$Se_1$  = Penurunan elastis dari tiang (mm)

$Se_2$  = Penurunan tiang yang disebabkan oleh beban di ujung tiang (mm)

$Se_3$  = Penurunan tiang yang disebabkan oleh beban di sepanjang batang tiang (mm).

Penurunan tiang kelompok (Meyerhoff, 1976) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$S_g = \frac{2q\sqrt{B_g I}}{n_{60}} \quad (2.48)$$

$$q = \frac{Q_g}{L_g B_g}$$

Dengan:

$$I = \left(1 - \frac{L}{8B_g}\right) \geq 0,5$$

Dimana:

$S_g$  = Penurunan kelompok tiang (cm)

$Q$  = tekanan pada dasar pondasi ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$B_g$  = Lebar kelompok tiang (cm)

$L$  = kedalaman pondasi tiang (cm)

$L_g$  = panjang kelompok tiang (cm)

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi

Jembatan Idano Sibolou terletak di Desa Sirombu Kecamatan Afulu – Kabupaten Nias barat, Provinsi Sumatera Utara. Lokasi proyek pembangunan jembatan bisa dilihat pada Gambar dibawah.



### 3.2 Bagan Alir/ Alur Penelitian

Dalam penelitian ini, penulis melakukan tahapan-tahapan Supaya tercapai tujuan dalam evaluasi perencanaan. Adapun tahapan-tahapan Sebagai berikut:

1. Pengumpulan literatur berupa buku-buku ilmiah yang berhubungan dengan Penelitian.
2. Pengumpulan data-data baik teknis maupun data tanah
3. Perhitungan Pembebanan Jembatan
4. Analisis stabilitas abutment
5. Evaluasi pondasi bore pile
6. Analisis daya dukung tiang tunggal dan kelompok

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Stabilitas Abutment

#### 4.1.1 Stabilitas Guling

1. Arah Memanjang

Momen penahan guling untuk kombinasi 1,

$$M_{px} = 1759,92 \text{ Ton.m}$$

Momen mengakibatkan guling :

$$M_x = 612,521 \text{ Ton.m}$$

Angka aman terhadap guling,  $SF \geq 2,2$

$$SF = 2,87 \geq 2,2 \quad (\text{Aman})$$

Perhitungan kontrol stabilitas guling abutment arah memanjang jembatan disajikan pada Tabel dibawah.

No	Kombinasi beban	k	P (Ton)	Mx (Ton.m)	Mpx (Ton.m)	SF	Keterangan
1	Kombinasi- 1	0%	733,3	612,521	1759,92	2,87	AMAN
2	Kombinasi- 2	25%	733,3	612,521	2199,9	3,59	AMAN
3	Kombinasi- 3	25%	733,3	612,521	2199,9	3,59	AMAN
4	Kombinasi- 4	40%	733,3	612,521	2463,888	4,02	AMAN
5	Kombinasi- 5	50%	589,21	182,91	2121,163	11,60	AMAN

2. Arah melintang

Letak guling berada pada titik A ujung pondasi,

$$\frac{By}{2} = \frac{11,20}{2} = 5,6 \text{ m}$$

Momen penahan guling untuk kombinasi 5,

$$Mpy = \frac{By}{2} \times P \times (1 + k)$$

$$Mpy = \frac{11,20}{2} \times 589,21 \times (1 +$$

50%)

$$Mpy = 4949,3808 \text{ Ton.m}$$

Momen mengakibatkan guling :

$$My = 289,186 \text{ Ton.m}$$

Angka aman terhadap guling,

$$SF = \frac{4949,3808}{289,186} \geq 2,2$$

$$SF = 17,11 \geq 2,2 \text{ (Aman)}$$

Perhitungan kontrol stabilitas guling abutment arah melintang jembatan disajikan pada Tabel dibawah ini.

No	Kombinasi beban	k	P (Ton)	Mx (Ton.m)	Mpx (Ton.m)	SF	Keterangan
1	Kombinasi- 1	0%	733,3	612,521	1759,92	2,87	AMAN
2	Kombinasi- 2	25%	733,3	612,521	2199,9	3,59	AMAN
3	Kombinasi- 3	25%	733,3	612,521	2199,9	3,59	AMAN
4	Kombinasi- 4	40%	733,3	612,521	2463,888	4,02	AMAN
5	Kombinasi- 5	50%	589,21	182,91	2121,163	11,60	AMAN

#### 4.1.2 Stabilitas Geser

##### 1. Arah Memanjang

Parameter tanah dasar abutment :

Sudut gesek dalam,  $\varphi = 38,20^\circ$

Kohesi,  $c = 0 \text{ Ton/m}^3$

Lebar abutment,  $Bx = 4,80 \text{ m}$

Panjang abutment,  $By = 11,20 \text{ m}$

Gaya penahan geser kombinasi 1 :

$$H = c \cdot Bx \cdot By + P \cdot \tan \varphi$$

$$= 733,3 \cdot \tan (38,20)$$

$$= 401,450 \text{ Ton}$$

Gaya Horizontal yang bekerja,

$$Hx = 102,476 \text{ Ton}$$

Angka aman terhadap geser,

$$SF = \frac{H}{Hx} \geq 1,1$$

$$SF = \frac{401,450}{102,476} \geq 1,1$$

$$SF = 3,92 \geq 1,1 \text{ (Aman)}$$

Perhitungan kontrol stabilitas geser abutment arah memanjang jembatan disajikan pada Tabel dibawah.

No	Kombinasi beban	k	P (Ton)	Hx (Ton)	H (Ton)	SF	Keterangan
1	Kombinasi- 1	0%	733,3	102,476	401,450	3,92	AMAN
2	Kombinasi- 2	25%	733,3	102,476	501,812	4,90	AMAN
3	Kombinasi- 3	25%	733,3	102,476	501,812	4,90	AMAN
4	Kombinasi- 4	40%	733,3	102,476	562,030	5,48	AMAN
5	Kombinasi- 5	50%	589,21	152,593	483,852	3,17	AMAN

##### 2. Arah Melintang

Parameter tanah dasar abutment :

Sudut gesek dalam,  $\varphi = 38,20^\circ$

Kohesi,  $c = 0 \text{ Ton/m}^3$

Lebar abutment,  $Bx = 4,80 \text{ m}$

Panjang abutment,  $By = 11,20 \text{ m}$

Gaya penahan geser arah y pada kombinasi 5 :

$$H = c \cdot Bx \cdot By + P \cdot \tan \varphi$$

$$= 589,21 \cdot \tan (38,20)$$

$$= 483,852 \text{ Ton}$$

Gaya Horizontal yang bekerja,

$$Hy = 25,152 \text{ Ton}$$

Angka aman terhadap geser,

$$SF = \frac{H}{Hy} \geq 1,1$$

$$SF = \frac{483,852}{25,152} \geq 1,1$$

$$SF = 19,24 \geq 1,1 \text{ (Aman)}$$

Perhitungan kontrol stabilitas geser abutment arah memanjang jembatan disajikan pada Tabel dibawah.

No	Kombinasi beban	k	P (Ton)	Hy (Ton)	H (Ton)	SF	Keterangan
1	Kombinasi- 1	0%	733,3	0	401,450	-	
2	Kombinasi- 2	25%	733,3	0	501,812	-	
3	Kombinasi- 3	25%	733,3	13,12	501,812	38,25	AMAN
4	Kombinasi- 4	40%	733,3	13,12	562,030	42,84	AMAN
5	Kombinasi- 5	50%	589,21	75,117	483,852	6,44	AMAN

#### 4.2 Evaluasi Perencanaan Pondasi Bore pile pada abutment

Dalam melakukan analisis pondasi bored pile beban yang digunakan adalah beban aksial, beban momen dan beban horizontal.

##### 4.2.1 Kapasitas Daya Dukung Bore pile Berdasarkan data SPT

Kapasitas dukung bore pile dari data SPT menggunakan metode meyerhoff dan titik yang ditinjau adalah pada abutment dengan data BH-1.

Data bore pile :

Diameter tiang,  $D = 0,80 \text{ m}$   
 Keliling tiang,  $= \pi \cdot D$

$$= 3,14 \cdot 0,80$$

$$= 2,512 \text{ m}$$

Luas tiang,  $A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$   
 $= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,80^2$   
 $= 0,5024 \text{ m}^2$

Daya dukung ultimit pada ujung bore pile pada tanah non kohesif dinyatakan sebagai berikut:

Untuk lapisan tanah kedalaman 10,45 m :

Dengan nilai NSPT = 37, Maka untuk menghitung daya dukung ujung digunakan persamaan:

$$Q_p = 40 \cdot N \cdot A_p$$

Sehingga untuk lapisan tanah non kohesif kedalaman 10,45:

$$Q_p = 40 \cdot 37 \cdot 0,5024$$

$$= 743,552 \text{ Ton}$$

Daya dukung selimut bored pile untuk tanah non kohesif dinyatakan sebagai berikut:

Untuk lapisan tanah kedalaman 10,45 m :

Menghitung daya dukung ujung tiang digunakan persamaan:

$$Q_s = 0,2 \cdot N_r \cdot A_k \cdot L_i$$

Dengan  $N_r = 42,15$ , Sehingga Daya dukung selimut bore pile tanah non kohesif adalah :

$$Q_s = 0,2 \cdot 42,15 \cdot 2,512 \cdot 2$$

$$= 42,352 \text{ Ton}$$

Adapun untuk kedalaman pada setiap lapisan tanah selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut.

Kedalaman (m)	Li	Deskripsi		NSPT	N	Cu (Ton/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	Skin friction (Ton)		End bearing (Ton)	Qult (Ton)
		Jenis tanah	Kohesif / non kohesif					Lokal	Kumulatif		
0	0	Pasir halus	Non kohesif	0	0,00	-	-	0	0	0	0
2,45	2,45	Pasir halus	Non kohesif	33	33,00	-	-	41,444	8,289	221,056	229,345
4,45	2	Pasir halus	Non kohesif	32	32,50	-	-	36,555	15,600	214,357	229,957
6,45	2	Pasir halus	Non kohesif	42	35,67	-	-	36,002	22,800	281,344	304,114
8,45	3	Pasir halus	Non kohesif	50	39,25	-	-	40,624	30,925	334,933	365,858
10,45	3	Pasir halus	Non kohesif	37	38,80	-	-	42,352	39,395	247,851	287,246
12,45	2	Batu cadas	Non kohesif	50	40,67	-	-	47,125	48,820	334,933	383,784
15	2,55	Batu cadas	Non kohesif	50	42,00	-	-	61,814	61,183	334,933	396,117

Daya dukung ijin ( $Q_a$ ) :

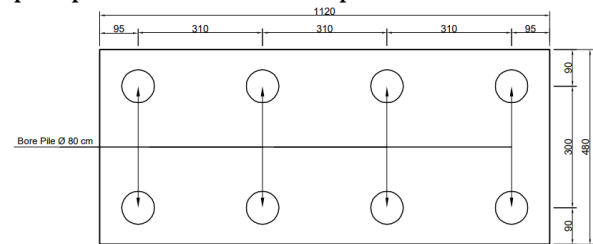
$$Q_a = 396,117 / SF$$

$$= 396,117 / 2$$

$$= 198,058 \text{ Ton}$$

#### 4.2.2 Efisiensi Kelompok Tiang ( $Q_g$ )

Berdasarkan gambar 4.12 pondasi bore pile pada abutment 1 seperti berikut :



Efisiensi kelompok tiang dihitung dengan menggunakan metode Converse Labarre:

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

$$\theta = \arctan (D / S)$$

(Satuan derajat)

$$= \arctan (0,8 / 3)$$

$$= 14,93^\circ$$

Dengan :

Jumlah baris,  $m = 2$

Jumlah tiang dalam 1 baris,  $n = 4$

Maka :

$$E_g = 1 - (14,93) \cdot \frac{(4-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 4}{90 \cdot m \cdot n}$$

$$E_g = 0,7926$$

$$E_g = 79,26\%$$

#### 4.2.3 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Kapasitas dukung kelompok ijin tiang yang dihitung berdasarkan data SPT menggunakan persamaan Converse labarre sebagai berikut:

$$Q_g = Q_a \cdot n \cdot E_g$$

Dengan :

Daya dukung ijin tunggal,  $Q_a = 198,058 \text{ Ton}$

Jumlah tiang,  $n = 8$  buah

Efisiensi kelompok tiang,  $E_g = 79,26\%$

Maka :

$$Q_g = 198,058 \cdot 8 \cdot 79,26\%$$

$$= 1255,878 \text{ Ton}$$

Evaluasi daya dukung aksial kelompok tiang :

Beban aksial,  $P = 1026,62 \text{ Ton}$

Daya dukung,  $Q_g = 1255,878 > 1026,62 \dots \text{ Ok}$

#### 4.3 Daya Dukung Lateral Tiang

Perhitungan kapasitas daya dukung lateral tiang bored pile menggunakan metode Broms. Metode ini hanya dapat digunakan pada lapisan tanah yang homogen yaitu tanah lempung saja atau pasir saja. Dari hasil pengujian SPT diketahui bahwa jenis tanah yang dominan adalah pasir, sehingga pada perhitungan daya dukung lateral ini dianggap jenis tanah yang mewakili adalah pasir.

Daya dukung lateral titik BH-1 kedalaman 15 m dengan diameter 0,80 m:

Jenis tanah = Granular

Data tiang :

$$\gamma = 1,526 \text{ Ton/m}^3$$

$$D = 0,8 \text{ m}$$

$$L = 15 \text{ m}$$

$$f'c = 30 \text{ Mpa}$$

1. Cek kekakuan tiang akibat beban lateral pada tiang :

$$\begin{aligned} Ep &= 4700 \cdot \sqrt{(f'c)} \\ &= 4700 \cdot \sqrt{30} \\ &= 25742,9602 \text{ MPa} \\ &= 25742960,2 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ip &= 1/64 \cdot \pi \cdot D^4 \\ &= 1/64 \cdot 3,14 \cdot 0,8^2 \\ &= 0,020096 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \left( \frac{Ep \cdot Ip}{n_h} \right)^{1/5} \\ &= \left( \frac{25742960,2 \cdot 0,020096}{34000} \right)^{1/5} \\ &= 1,724 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4T &= 4 \cdot 1,724 \text{ m} \\ &= 6,895 \text{ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas,  $L = 15 \text{ m} > 4T = 6,895 \text{ m}$  maka jenis tiang adalah tiang panjang elastis.

2. Cek keruntuhan tanah akibat beban lateral

Untuk mengetahui tanah runtuh atau tidak akibat adanya beban lateral yang terjadi pada tiang, maka harus menghitung besarnya momen maksimum yang harus ditahan oleh tiang jika tanah didesak ke arah

horizontal oleh tiang sampai tanah tersebut runtuh. Momen maksimum untuk diameter tiang 0,80 m adalah:

$$My = fb \cdot W$$

Tahanan Momen,

$$\begin{aligned} W &= \frac{Ip}{D/2} \\ &= \frac{0,020096}{0,8/2} = 0,05024 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tegangan ijin tekan bahan tiang,

$$\begin{aligned} fb &= 0,40 \cdot f'c \\ &= 0,40 \cdot 30 \cdot 100 \\ &= 1200 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Maka :

$$My = 0,05024 \cdot 1200 = 60,29$$

Ton.m

Nilai  $Hu$  yang terjadi :

$$Hu = 1,5 \cdot D \cdot \gamma \cdot L^2 \cdot Kp$$

Dengan :

Koefisien tekanan tanah pasif,

$$\begin{aligned} Kp &= \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \\ &= \tan^2(45 + \frac{38,20}{2}) \\ &= 4,2412 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Hu &= 1,5 \cdot 0,8 \cdot 1,526 \cdot 15^2 \cdot 4,2412 \\ &= 1747,46 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{maks} &= 2/3 \cdot Hu \cdot L \\ &= 2/3 \cdot 1747,46 \cdot 15 \end{aligned}$$

$M_{maks} = 174746,00 \text{ Ton.m} > 60,29 \text{ Tonm}$ , maka tanah tidak akan runtuh sehingga gaya horizontal ultimit ( $Hu$ ) ditentukan oleh kekuatan bahan tiang dalam menahan momen.

3. Cek nilai  $Hu$  yang terjadi

$$Hu = \frac{2 \cdot (My)}{e + 0,54 \sqrt{\frac{Hu}{\gamma \cdot D \cdot Kp}}} \quad (\text{Mmaks dianggap}$$

sama dengan  $My$ )

$$\begin{aligned} &= \frac{2 \cdot (60,29)}{0 + 0,54 \cdot \sqrt{\frac{Hu}{1,526 \cdot 0,8 \cdot 4,2412}}} \\ 0,54 Hu &= \frac{120,58}{\sqrt{\frac{Hu}{5,178}}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 120,58 &= 0,54 Hu \cdot \left( \frac{Hu}{5,178} \right)^{1/2} \end{aligned}$$

Dengan cara trial and error

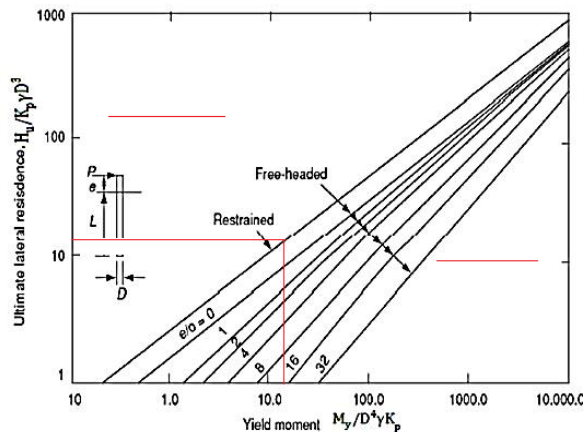
$$Hu = 63,68 \text{ Ton}$$

4. Cek terhadap grafik



$$\begin{aligned} \text{Tahanan Momen ultimit} &= \frac{My}{D^4 \cdot \gamma \cdot Kp} \\ &= \frac{60,29}{(0,8)^4 \cdot (1,526) \cdot (4,2412)} \\ &= 22,74 \end{aligned}$$

Setelah diplot ke dalam grafik tersebut didapat nilai ultimate lateral resistance sebesar 22,74. Lalu masukkan ke dalam Persamaan yang ada di grafik pada gambar 4.13 dibawah ini.



Gambar 4. Grafik Kapasitas beban lateral pada tanah granular tiang panjang

$$\begin{aligned} 22 &= \frac{Hu}{Kp \cdot \gamma \cdot D^3} \\ Hu &= 24 \cdot Kp \cdot \gamma \cdot D^3 \\ Hu &= 24 \cdot (4,2412) \cdot (1,526) \cdot (0,8)^3 \\ &= 72,90 \text{ Ton} \end{aligned}$$

#### 4.4 Penurunan Elastis

Jenis tanah pada ujung tiang pondasi *bored pile* pada proyek tugas akhir ini adalah jenis tanah berpasir, sehingga tidak memperhitungkan penurunan konsolidasi primer, maka yang ditinjau adalah penurunan elastisnya.

##### 4.4.1 Penurunan elastis Pada Tiang Tunggal Metode Vesic

Untuk mendapatkan hasil dari penurunan tiang elastis maka dibutuhkan parameter-parameter pada kedalaman 15 m (Batu cadas) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Qp &= 3349,33 \text{ kN} \\ Qws &= 618,14 \text{ kN} \\ Qwp &= Qp - Qws \\ &= 3349,33 - 618,14 \\ &= 2731,19 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} qp &= 3961,17 \text{ kN} \\ Ap &= 0,5024 \text{ m}^2 \\ Ep &= 4700 \cdot \sqrt{30} \\ &= 25742960,2 \text{ Mpa} \\ L &= 15 \text{ m} \\ \xi &= 0,67 \\ D &= 0,80 \text{ m} \\ Cp &= 0,09 \\ Cs &= (0,95 + 0,16 \cdot \sqrt{15/0,80}) \cdot 0,09 \\ &= 0,148 \end{aligned}$$

##### 1. Penurunan elastis dari tiang

$$\begin{aligned} Se(1) &= \frac{(Qwp + \xi \cdot Qws) \cdot L}{Ap \cdot Ep} \\ Se(1) &= \frac{(2731,19 + 0,67 \cdot 618,14) \cdot 15}{0,5024 \cdot 25742960,2} \\ &= 0,00365 \text{ m} \\ &= 3,65 \text{ mm} \end{aligned}$$

##### 2. Penurunan tiang yang disebabkan oleh beban ujung tiang

$$\begin{aligned} Se(2) &= \frac{(Qwp \cdot Cp)}{D \cdot qp} \\ &= \frac{(2731,19 \cdot 0,09)}{0,80 \cdot 3961,17} \\ &= 0,07757 \text{ m} \\ &= 77,57 \text{ mm} \end{aligned}$$

##### 3. Penurunan tiang yang disebabkan oleh beban disepanjang tiang

$$\begin{aligned} Se(3) &= \frac{(Qws \cdot Cs)}{L \cdot qp} \\ &= \frac{(618,14 \cdot 0,148)}{15 \cdot 3961,17} \\ &= 0,0015 \text{ m} \\ &= 1,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Sehingga didapat nilai total penurunan elastis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} S &= Se(1) + Se(2) + Se(3) \\ &= 3,65 + 77,57 + 1,54 \\ &= 82,75 \text{ mm} \end{aligned}$$

Penurunan yang diijinkan:

$$\begin{aligned} S_{ijin} &= 15\% \cdot D \\ &= 15\% \cdot 0,80 \text{ mm} \\ &= 120 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka penurunan yang terjadi masih aman.

##### 4.4.2 Penurunan Elastis Kelompok tiang Metode Vesic

Penurunan elastis yang terjadi pada kelompok tiang adalah :

$$\begin{aligned} Sg &= S \cdot \sqrt{Bg/D} \\ &= 82,75 \cdot \sqrt{4800/80} \\ &= 202,71 \text{ mm} \end{aligned}$$

## 5. SIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil analisis terhadap stabilitas abutment baik guling maupun geser dengan kombinasi beban tegangan kerja diperoleh bahwa abutment aman terhadap geser dan juga guling.
2. Daya dukung ultimit pondasi bored pile diameter 0,80 m dengan panjang 15 m pada bore hole 1 dengan data SPT didapat  $Q_u = 682,541$  Ton.
3. Daya dukung ultimit lateral pondasi bored pile diameter 0,80 m berdasarkan Metode Broms secara analitis sebesar 63,68 ton, secara grafis sebesar 72,90 ton.
4. Daya dukung ijin tiang tunggal pondasi bored pile (Qall) menggunakan data SPT dan metode Resse and Wright diperoleh sebesar 227,514 ton.
5. Efisiensi kelompok tiang (Eg) berdasarkan Metode Converse - Labarre didapat sebesar 79,26% dan didapat daya dukung kelompok tiang (Qg) sebesar 1442,653 ton.
6. Penurunan elastis tiang tunggal yang terjadi pada pondasi *bored pile* dengan menggunakan metode vesic sebesar 15,22 mm dan penurunan elastis tiang kelompok sebesar 37,27 mm.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Abdillah, Randi Ernanda, 2016, *Perencanaan Ulang Jembatan Boncong, Kabupaten Tuban KM. SBY. 144+540 Dengan Menggunakan Beton Konvensional*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil, ITS.

Suhairiani, 2012, *Analisis Perbandingan Daya Dukung Hasil Loading Test Pada Bore Pile Diameter Satu meter*

*Tunggal Dengan Metode Elemen Hingga Memakai Model Tanah Mohr Coulomb Pada Proyek Crystal Square Medan*, Tesis, Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan.

Hardiyatmo, H. C., 2002, *Teknik Fondasi 1*, Edisi kedua jilid 2, Yogyakarta BetaOffset.

Lubis, M. Fadhil, 2019, *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Dengan Program Software Plaxis Version 8.6 (Studi Kasus: Jalan Layang Kereta Api Medan- Kuala Namu KM 4+600)*, Skripsi, USU, Sumatera Utara.

Irfangi, Ahmad, 2020, *Analisa stabilitas fondasi Bore pile Dengan Metode Resse Wright Dan Metode Meyeroff*, Skripsi, Program Studi Teknik Sipil, UWDK.

Livia and Andryan Suhendra, 2018, *Studi Kapasitas Tiang Bor Berdasarkan Metode Pile Driving Analyzer (PDA) Dan Load Cell*, Dalam Jurnal Mitra Teknik Sipil Vol.1, 82-91, Jakarta: Universitas Tarumanegara.

Sinaga, s., 2009, *Analisa Daya Dukung Dan Penurunan Bore Pile Tunggal Dengan Menggunakan Model Tanah Mohr Coulomb Pada Proyek City Hall Town Square*, Tesis, Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan.

Batubara, M. Zulfadli dan Roesyanto, 2015, *Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan Metode Analitis Dan Program Plaxis v.8.6 (Studi kasus : Jalan Layang Kereta Api Medan- Bandar Khalipah KM 0+800)*, Skripsi, Universitas Sumatera utara, Medan.

Das, B. M., 2008, *Principle Of Foundation Engineering 7<sup>th</sup> Edition*, PWS Publishing, Pasific Grove.