

PERENCANAAN PONDASI TIANG BOR (*BORE PILE*) SEBAGAI ALTERNATIF PONDASI PADA PEKERJAAN PENGGANTIAN JEMBATAN SIMAMORA RUAS PAMEU – SIMPANG UNING KABUPATEN ACEH TENGAH

Muhammad Ilham Fauzhan¹, Feri Iripanta Ginting², Muhammad Mabru³
Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan^{1,2,3}, Teknik Sipil, Politeknik Negeri Medan
muhammadfauzhan@students.polmed.ac.id¹, feriginting@students.polmed.ac.id²,
muhammadmabru@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Pondasi jembatan merupakan suatu konstruksi pada bagian dasar bangunan yang berfungsi meneruskan beban dari bagian atas struktur bangunan ke lapisan tanah yang berada di bagian bawahnya tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah dan penurunan yang berlebihan. Pada Proyek Pekerjaan Penggantian Jembatan Simamora Ruas Pameu – Simpang Uning Kabupaten Aceh Tengah, dilakukan perencanaan pondasi tiang bor di titik BH-01 sebagai alternatif pondasi untuk menghindari potensi penurunan pada lapisan tanah lunak. Pondasi tiang bor dilakukan dengan perencanaan kedalaman 14 m dan diameter 0,8 m. Berdasarkan hasil analisa perhitungan yang telah dilakukan menggunakan peraturan pembebanan jembatan (RSNI-T-02-2005) diperoleh nilai kombinasi pembebanan struktur bawah yang terbesar pada kondisi Kuat I yaitu 847,50 ton. Adapun perbandingan nilai kapasitas daya dukung ijin pondasi tiang bor tunggal berdasarkan metode *Meyerhoff* dengan data NSPT bernilai 392,22 ton, metode α dan *U.S Army Corps* dengan data Laboratorium bernilai 482,50 ton. Dari hasil tersebut dilakukan perencanaan pondasi tiang kelompok menggunakan nilai daya dukung ijin pondasi tiang tunggal terkecil dengan susunan sebanyak 3 tiang (n) pada 1 deretan baris (m) sehingga daya dukung kelompok tiang diperoleh 1047,22 ton, dengan nilai penurunan pondasi tiang tunggal dan kelompok yang diperoleh adalah sama yaitu 63,45 mm.

Kata Kunci : Pondasi Jembatan, Tiang Bor, Daya Dukung

PENDAHULUAN

Pondasi mempunyai peranan yang sangat penting dalam menyalurkan gaya dari elemen struktur bagian atas ke tanah dasar. Pondasi harus dapat menahan beban dan mengalami penurunan sampai batas keamanan yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, diperlukan pondasi yang sesuai agar lapisan tanah di bawah pondasi mampu menahan seluruh beban dan pengaruh yang akan terjadi. Pekerjaan pondasi pada pembangunan konstruksi ialah pekerjaan pertama yang dilakukan dan dikerjakan di lapangan. Pondasi merupakan pekerjaan yang sangat penting dalam pekerjaan teknik sipil, karena memikul dan menahan semua beban yang di atasnya. Adapun pemilihan jenis pondasi yaitu berdasarkan besar beban yang ditimbulkan oleh struktur di atasnya, kondisi tanah pondasi, waktu dan biaya pembuatan pondasi, serta kondisi lingkungan sekitar. Pada perencanaan pondasi Jembatan Simamora dengan bentang 30 meter dan lebar jembatan 9,5 meter memiliki kondisi tanah yang lunak dan berpasir. Sementara itu karena posisi di lapangan berada di area sungai, mengakibatkan tanah di lokasi tersebut memiliki kadar air yang cukup tinggi. Pada saat dilakukan pekerjaan penyelidikan tanah, pengujian nilai SPT di titik *Bore Hole 1* ditemukan kondisi tanah lunak sampai kedalaman 8 meter, apabila dipasang pondasi sumuran akan berpotensi mengalami penurunan. Jadi penulis melakukan penelitian dengan mencari alternatif lain merencanakan pondasi *bore pile* untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Tujuan Penelitiannya sebagai berikut :

1. Mengetahui nilai pembebanan yang dipikul pada struktur bawah jembatan rangka baja.
2. Mengetahui nilai daya dukung pondasi tiang tunggal dengan menggunakan data NSPT dan data laboratorium.
3. Mengetahui nilai kapasitas daya dukung kelompok tiang.
4. Mengetahui nilai penurunan yang terjadi pada pondasi tiang bor tunggal dan kelompok.

TINJAUAN PUSTAKA

Bangunan bawah jembatan pada umumnya terletak disebelah bawah bangunan atas. Fungsinya untuk menerima beban-beban yang diberikan bangunan atas dan kemudian menyalurkan ke pondasi, beban tersebut selanjutnya disalurkan ke tanah oleh pondasi. Data struktur bawah terdiri dari ukuran atau dimensi yang terletak pada struktur bawah jembatan antara lain kepala jembatan (*abutment*) sampai kebagian pondasi jembatan. Pembebanan yang bekerja pada bangunan bawah jembatan rangka baja Jembatan Simamora Ruas Pameu – Simpang Uning Kabupaten Aceh Tengah mengacu pada peraturan Standar Pembebanan Jembatan RSNI T-02-2005. Adapun beban-beban yang terjadi antara lain :

1. Beban Sendiri (MS)
2. Beban Mati Tambahan
3. Beban Lajur “D”
4. Beban Pedestrian (Pejalan Kaki)
5. Gaya Rem
6. Beban Angin
7. Pengaruh Temperatur

Penggunaan pondasi tiang pancang sebagai pondasi bangunan apabila tanah yang berada dibawah dasar bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangun dan bebannya letaknya sangat dalam (Sardjono, 1998). Hitungan kapasitas dukung tiang dapat dilakukan dengan pendekatan statis dan dinamis. Hitungan kapasitas dukung tiang secara statis dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu dengan cara mempelajari sifat-sifat teknis tanah, sedangkan hitungan dengan cara dinamis dilakukan dengan menganalisis kapasitas *ultimate* dengan data yang diperoleh dari data pemancangan tiang.

Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Metode Meyerhoff dengan Data SPT (*Standard Penetration Test*)

Dalam melakukan analisis perhitungan daya dukung pondasi tiang tunggal, digunakan beberapa parameter persamaan yaitu :

Daya dukung ujung (Q_b)

$$Q_b = A_p [0,4p_a N_{60} (L/D)] \leq A_p (4p_a N_{60})$$

Daya dukung sisi (Q_s)

$$f_{av} = 0,02 p_a N_{60}$$

$$Q_s = pL f_{av}$$

Daya dukung ultimit (Q_u)

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

Dimana, p = keliling penampang tiang

A_p = Luas penampang tiang

D = diameter pondasi

L = panjang pondasi

f_{av} = tahanan friksi

p_a = tekanan atmosfer (=100 kN/m²)

N_{60} = nilai rata rata dari SPT (antara 10D-4D)

Skempton (1986), mengembangkan koreksi nilai SPT sebagai berikut :

$$N_{60} = \frac{E_H \cdot C_B \cdot C_S \cdot C_R \cdot N}{0,60}$$

Dimana, E_H = Efisiensi hammer borlog

C_B = Faktor Koreksi Diameter *Borehole*

C_S = Faktor Koreksi Sampel

C_R = Faktor Koreksi Panjang Tongkat

Untuk nilai E_H dapat dilihat pada tabel 1 (Clayton, 1990) dan nilai C_B , C_S , C_R dapat dilihat pada Tabel 2 (Skempton, 1986).

Tabel 1. SPT Hammer Efficiencies

Country	Hammer Type	Hammer Release Mechanism	Hammer Efficiency
Argentina	Donut	Cathead	0.45
Brazil	Pin Weight	Hand Dropped	7.2
	Automatic	Trip	0.6
China	Donut	Hand Dropped	0.55
	Donut	Cathead	0.5
Colombia	Donut	Cathead	0.5
	Donut	Tombi Trigger	0.78 - 0.85
Japan	Donut	Cathead 2 turns + Special release	0.65 - 0.67
UK	Automatic	Trip	0.73
	Safety	2 turns on cathead	0.55 - 0.60
USA	Donut	2 turns on cathead	0.45
Venezuela	Donut	Cathead	0.43

Sumber: (Clayton, 1990 dalam Donald P. Coduto, 1994)

Tabel 2. Borehole, Sampler, and Rod Correction Factors

Factor	Equipment Variables	Value
Borehole diameter factor, C_B	2,5-4,5 in (65 - 115 mm)	1
	6 in (150 mm)	1.05
	8 in (200 mm)	1.15
Sampling method factor, C_S	Standard Sample	1
	Sampler without liner (not recommended)	1.2
Rod length factor, C_R	10 - 13 ft (3 - 4 m)	0.75
	13 - 20 ft (4 - 6 m)	0.85
	20 - 30 ft (6 - 10 m)	0.95
	> 30 ft (>10 m)	1

Sumber: (Skempton, 1986 dalam Donald P. Coduto, 1994)

Analisis Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Metode α dan *U.S Army Corps* dengan Data Laboratorium

Persamaan perhitungan daya dukung pondasi dengan menggunakan Metode α dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

Daya dukung sisi (Q_s)

$$fs = \alpha c_u$$

$$Q_s = \sum f p \Delta L = \sum \alpha c_u p \Delta L$$

Dimana, Q_s = Daya dukung sisi

fs = tahanan gesek per satuan luas (kN/m^2)

p = keliling penampang tiang

c_u = kohesi tak terdrainase rata-rata di sepanjang tiang (kN/m^2)

α = faktor adhesi (lihat tabel 3)

ΔL = jarak kedalaman antar lapisan tanah (m)

Tabel 3. Variasi nilai α Terzaghi, Peck and Mesri (1996)

c_u/p_a	$\leq 0,1$	0,2	0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8
α	1,00	0,92	0,82	0,74	0,62	0,54	0,48	0,42	0,40	0,38	0,36	0,35	0,34	0,34

$p_a = \text{Tekanan atmosfer (100 kN/m}^2\text{)}$

Sumber: (B. M. Das 2016, 577)

Karena pada tanah granuler tidak mempunyai kohesi atau $c = 0$ dan diameter tiang relatif sangat kecil dibanding dengan panjangnya, maka untuk analisis daya dukung ujung (Q_b) tiang pondasi dilakukan dengan Metode *U.S Army Corps*.

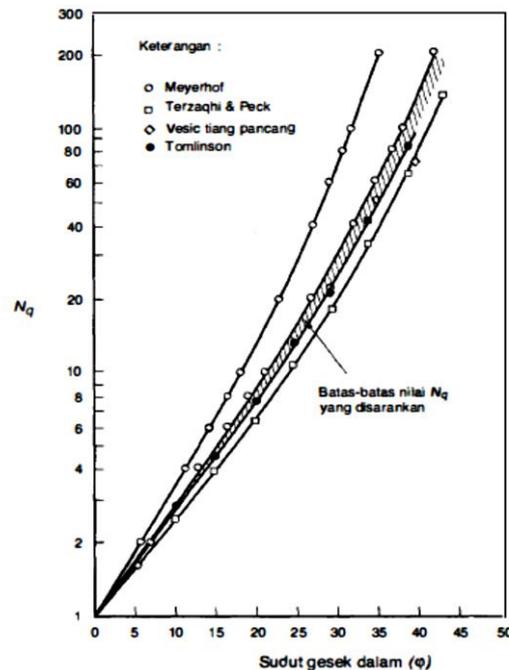
Daya dukung ujung (Q_b)

$$f_p = \rho_b \cdot N_q$$

$$Q_b = A_p f_p$$

Dimana, Q_b = Daya dukung ujung
 f_p = tahanan ujung per satuan luas (kN/m^2)
 ρ_b = tegangan overburden pada lapisan tanah di ujung tiang
 A_p = luas selimut tiang (m^2)

Untuk hitungan tahanan ujung, N_q ditentukan dari Gambar 1 (Reese et al., 2006).



Gambar 1. Hubungan ϕ dan N_q
 Sumber: (Reese et al., 2006)

Penurunan Tiang Pancang

Istilah penurunan (*settlement*) digunakan untuk menunjukkan gerakan titik tertentu pada bangunan terhadap titik referensi yang tetap. Umumnya, penurunan yang tidak seragam lebih membahayakan bangunan dari pada penurunan totalnya.

Penurunan Tiang Pancang Tunggal

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

Dimana, S = Penurunan total akibat pondasi tiang tunggal
 S_s = Penurunan akibat deformasi aksial tiang tunggal
 S_p = Penurunan akibat beban dari ujung tiang
 S_{ps} = Penurunan akibat beban disepanjang batang tiang

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha Q_s)L}{A_p E_p}$$

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_f}{p \cdot L}\right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu_s^2) I_{ws}$$

$$S_p = \frac{C_p \cdot Q_p}{D \cdot q_p}$$

Dimana, Q_p = Beban yang didukung ujung tiang
 Q_s = Beban yang didukung selimut/batang tiang
 A_p = Luas penampang tiang pancang (m^2)
 L = Panjang tiang pancang (m)
 E_p = Modulus elastisitas dari bahan tiang
 α = Koefisien yang bergantung pada distribusi selimut tiang (ambil 0,5)
 D = Diameter tiang (m)
 q_p = Daya dukung batas diujung tiang
 C_p = Koefisien empiris
 E_s = Modulus elastisitas tanah
 μ_s = *Poisson's* rasio tanah
 I_{ws} = Faktor Pengaruh ($2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}$)

Tabel 4. Nilai Koefisien C_p

Tipe Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Sand (<i>dense to loose</i>)	0,02-0,04	0,09-0,18
Clay (<i>stiff to soft</i>)	0,02-0,03	0,03-0,06
Silt (<i>dense to loose</i>)	0,03-0,05	0,09-0,12

Sumber: Das, 1985

Tabel 5. Perkiraan Modulus Elastis Tanah (E_s)

Macam tanah	E (kN/m ²)
Lempung	
Sangat lunak	300 – 3.000
Lunak	2.000 – 4.000
Sedang	4.500 – 9.000
Keras	7.000 – 20.000
Berpasir	30.000 – 42.500
Pasir	
Berlanau	5.000 – 20.000
Tidak padat	10.000 – 25.000
Padat	50.000 – 100.000
Pasir dan kerikil	
Padat	80.000 – 200.000
Tidak padat	50.000 – 140.000
Lanau	2.000 – 20.000
Loess	15.000 – 60.000
Serpih	140.000 – 1.400.000

Sumber: (Bowles, 1977)

Tabel 6. Perkiraan Rasio Poisson's (μ_s)

Macam tanah	μ
Lempung jenuh	0,4 - 0,5
Lempung tak jenuh	0,1 - 0,3
Lempung berpasir	0,2 - 0,3
Lanau	0,3 - 0,35
Pasir padat	0,2 - 0,4
Pasir kasar (angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,15
Pasir halus (angka pori, $e = 0,4 - 0,7$)	0,25
Batu (agak tergantung dari macamnya)	0,1 - 0,4
Loess	0,1 - 0,3

Sumber: (Bowles, 1968)

Penurunan Tiang Pancang Kelompok

Menurut *Vesic* (1977), penurunan tiang kelompok dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$S_g = S \sqrt{\frac{Bg}{D}}$$

Dimana, S_g = Penurunan kelompok tiang

- S = Penurunan total akibat pondasi tiang tunggal
 Bg = lebar kelompok tiang
 D = diameter tiang tunggal

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan dengan mengumpulkan beberapa jenis data primer dan sekunder, dari proyek tersebut yang terkait dengan penelitian yang sedang dikerjakan. Data-data tersebut antara lain : data SPT, data Pemeriksaan Laboratorium, data DED (Pelaksanaan Teknis), dan lainnya. Data sekunder tersebut diperoleh bukan dari pengamatan ke lapangan, tetapi melalui perantara untuk pengambilan data. Melakukan analisa antara data yang didapat dari lapangan dengan menggunakan buku dan jenis literatur lainnya. Analisis dan pengolahan data dilakukan berdasarkan data-data yang dibutuhkan. Selanjutnya dikelompokkan sesuai identifikasi tujuan permasalahan, sehingga diperoleh pemecahan masalah yang efektif dan terarah. Menghitung dan menganalisis data sesuai dengan rumusan masalah yang telah dibuat, kemudian menjelaskan pada bagian pembahasan dan terakhir membuat kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekapitulasi Kondisi Pembebanan Struktur Bawah Jembatan

Tabel 7. Rekapitulasi Kondisi Pembebanan

Rekapitulasi Beban Kerja		Arah	Vertikal
No	Aksi/Beban	Kode	P (kN)
A	Aksi Tetap		
1	Berat sendiri	MS	6162,98
2	Beban mati tambahan	MA	282,45
B	Beban Lalu-lintas		
4	Beban lajur "D"	TD	905,00
5	Beban Pedestrian	TP	130,20
6	Gaya rem	TB	
C	Aksi Lingkungan		
7	Temperatur	ET	-
8	Beban angin	EW	15,43
			7496,05 kN
			764,60 Ton

Tabel 8. Rekapitulasi Kombinasi Beban

No	Kombinasi Beban	P (kN)	P (Ton)
1	Kuat I	8308,79	847,50
2	Kuat II	7894,71	805,26
3	Kuat III	6467,03	659,64
4	Kuat IV	6445,43	657,43
5	Kuat V	6451,60	658,06
6	Ekstrem I	6755,99	689,11
7	Ekstrem II	6963,03	710,23

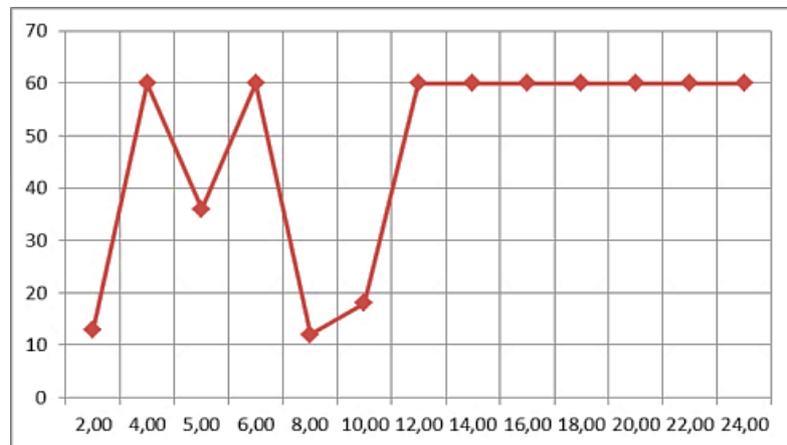
Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Metode Meyerhoff dengan Nilai Data SPT (*Standard Penetration Test*)

Berdasarkan data SPT yang diperoleh pada titik BH-01, dilakukan perencanaan pondasi tiang pancang (*bored pile*) dengan parameter data yaitu :

Diameter tiang (D) = 0,8m ; Kedalaman (L) = 14m

Tabel 9. Data NSPT Pada Titik BH-01

Data NSPT pada titik BH-01	
Kedalaman (m)	NSPT
2,00	13
4,00	60
5,00	36
6,00	60
8,00	12
10,00	18
12,00	60
14,00	60
16,00	60
18,00	60
20,00	60
22,00	60
24,00	60



Gambar 2. Grafik Data NSPT Pada Titik BH-01

Kedalaman pondasi 14 m dengan diameter tiang 0,8m, maka rata-rata N dari 10D keatas dan 4D kebawah pondasi yaitu :

$$N_{10D\uparrow} = \frac{60+12+18+60+60}{5} = 42$$

$$N_{4D\downarrow} = \frac{60+60}{2} = 60$$

$$N_{rata-rata} = \frac{N_{10D\uparrow} + N_{4D\downarrow}}{2}$$

$$= \frac{42 + 60}{2}$$

$$= 51$$

Dilihat pada Tabel 1 (Clayton, 1990) dan Tabel 2 (Skempton, 1986), maka nilai E_H , C_B , C_S , C_R yang digunakan untuk perhitungan N_{60} yaitu :

$$N_{60} = \frac{E_H \cdot C_B \cdot C_S \cdot C_R \cdot N}{0,60}$$

$$= \frac{0,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 51}{0,60}$$

$$= 42,5$$

$$\text{Daya dukung ujung, } Q_b = A_p (4p_a N_{60}) = 8545,13 \text{ kN} = 871,60 \text{ ton}$$

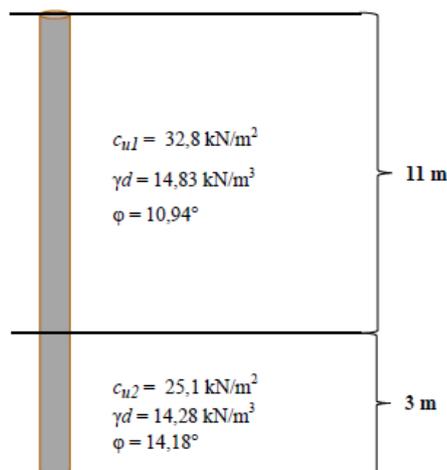
$$\text{Daya dukung sisi, } f_{av} = 0,02 p_a N_{60} = 85 \text{ Kn/m}^2$$

$$Q_s = p L f_{av} = 2990,80 \text{ kN} = 305,06 \text{ ton}$$

$$\text{Daya dukung ultimit, } Q_u = Q_b + Q_s = 1176,66 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya dukung ijin, } Q_{all} &= \frac{Q_u}{FS} \\ &= 392,22 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Metode α dengan Nilai Data Laboratorium



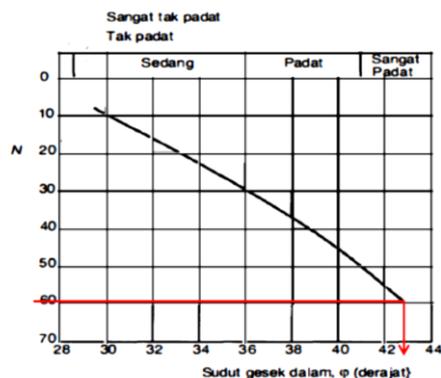
Gambar 3. Perhitungan Daya Dukung Metode α

Daya dukung sisi (Q_s)

Tabel 10. Perhitungan Daya Dukung Sisi Metode α

Kedalaman (m)	ΔL (m)	c_u (kN/m ²)	α	$\alpha \cdot c_u \cdot p \cdot \Delta L$ (kN)
0 – 11	11	32,8	0,98	888,20
11 – 14	3	25,1	1,30	245,90
				$Q_s = 1134,10 = 115,68 \text{ ton}$

Untuk perhitungan tahanan ujung (Q_b) pada pondasi dilakukan korelasi hubungan antara ϕ' dan N yang disarankan oleh Peck *et al.* (1974) dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini :



Gambar 4. Hubungan ϕ dan NSPT
Sumber : (Peck *et al.*, 1974)

$$\text{Daya dukung ujung, } fp = \rho b \cdot Nq = (14,28 \cdot 14) \cdot 130 = 25989,60 \text{ kN/m}$$

$$Qb = Ap \cdot fp = 13057,17 \text{ kN} = 1331,83 \text{ ton}$$

$$\text{Daya dukung ultimit, } Qu = Qb + Qs = 1447,51 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Daya dukung ijin, } Qall &= \frac{Qu}{FS} \\ &= 482,50 \text{ ton} \end{aligned}$$

Efisiensi Daya Dukung Kelompok Tiang

Parameter yang diperlukan dalam merencanakan kelompok tiang untuk kedalaman 14 meter yaitu :

1. Jumlah tiang pada deretan baris, $m = 1$ buah
2. Jumlah tiang pada deretan kolom, $n = 3$ buah
3. Jarak antar tiang, $s = 3,15$ m
4. Diameter atau sisi tiang, $D = 0,80$ m
5. $\theta = \arctan(D/s) = \tan^{-1} \frac{0,80}{3,15} = 14,25^\circ$

Besarnya efisiensi dapat dihitung dengan beberapa persamaan, antara lain Converse-Labarre yaitu :

$$Eg = 1 - \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \Theta = 1 - \left[\frac{(3-1)1 + (1-1)3}{90 \cdot 1 \cdot 3} \right] 14,25^\circ = 0,89$$

Daya dukung tiang kelompok, $Qg = Eg \cdot n \cdot Qall = 1047,22 \text{ ton} > (P = 847,50 \text{ ton}) \dots \text{OK!}$

Penurunan Pondasi Tiang Tunggal

$$S_s = \frac{(Qp + \alpha Qs)L}{Ap Ep} = \frac{(192 + 0,5 \cdot 101,68) 14}{0,5024 \cdot (2,5 \times 10^6)} = 2,70 \text{ mm}$$

$$I_{ws} = (2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{D}}) = (2 + 0,35 \sqrt{\frac{14}{0,8}}) = 3,46$$

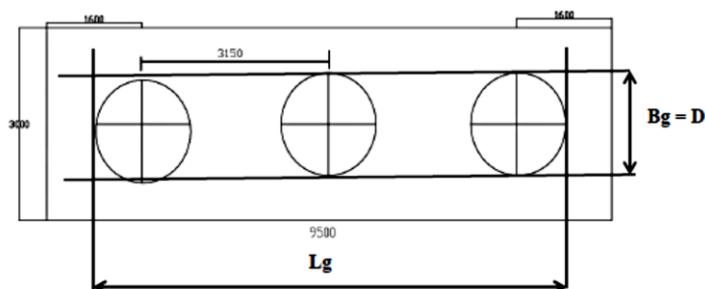
$$S_{ps} = \left(\frac{Qf}{p \cdot L} \right) \frac{D}{Es} (1 - \mu_s^2) I_{ws} = \left(\frac{90,50}{2,512 \cdot 14} \right) \frac{0,8}{50.000} (1 - 0,30^2) 3,46 = 0,13 \text{ mm}$$

$$qp = Qb/A = 258,57/0,5024 = 514,67 \text{ Ton/m}^2$$

$$S_p = \frac{c_p \cdot Qp}{D \cdot qp} = \frac{0,13 \cdot 192}{0,8 \cdot 514,67} = 60,62 \text{ mm}$$

$$S_{\text{total}} = S_s + S_p + S_{ps} = (2,70 + 60,62 + 0,13) = 63,45 \text{ mm}$$

Penurunan Pondasi Tiang Kelompok



Gambar 5. Penurunan Pondasi Tiga Kelompok

$$S_g = S \sqrt{\frac{Bg}{D}} = 63,45 \sqrt{\frac{0,8}{0,8}} = 63,45 \text{ mm}$$

Maka hasil penurunan pondasi kelompok tiang sama dengan hasil penurunan total akibat pondasi tiang tunggal adalah 6,34 cm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perhitungan perencanaan pondasi pada Proyek Pekerjaan Penggantian Jembatan Simamora Ruas Pameu – Simpang Uning Kabupaten Aceh Tengah dapat diperoleh nilai pembebanan yang bekerja secara vertikal pada struktur bawah jembatan dilakukan menggunakan peraturan dari RSNI T-02-2005 (Pembebanan untuk jembatan) dengan hasil rekapitulasi pembebanan yaitu 764,60 ton, rekapitulasi kombinasi beban pada Kuat I diperoleh hasil terbesar yaitu 847,50 ton. Perbandingan perhitungan kapasitas daya dukung perencanaan tiang bor tunggal pada titik BH-01 (L= 14 m; $\phi = 8\text{m}$) menggunakan data NSPT bernilai 392,22 ton, dan data Laboratorium bernilai 482,50 ton. Perhitungan daya dukung kelompok tiang menggunakan daya dukung pondasi tiang tunggal data NSPT bernilai 1047,22 ton, dengan merencanakan pondasi tiang bor jumlah tiang pada deretan baris (m) sebanyak 1 baris dan jumlah tiang pada deretan kolom (n) sebanyak 3 buah. Hasil perhitungan penurunan pondasi tiang tunggal dan kelompok yang diperoleh sama karena jumlah baris pondasi tiang bor yang direncanakan adalah satu baris dengan nilai penurunan 63,45 mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah, Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis*, Jilid II. PT Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 1996. *Teknik Fondasi 1*. Jilid II. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi 2*. Jilid II. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sosrodarsono, S. and Nakazawa. 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. PT. Pradny. Jakarta.
- Das, B. M. 2007. *Principles of Foundation Engineering*. United States. Cengage Learning, Inc.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. RSNI T-02-2005. *Pembebanan Untuk Jembatan*. BSN. Jakarta.
- Rani, R. C. 2020. *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang pada Bore Hole III secara Analitis dan Numeris (Proyek Pembangunan Bendung D.I Serdang)*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara.
- Tumanggor, W. G. 2020. *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diameter 0,3 Meter Panjang 34 Meter dengan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga (Proyek Pembangunan Bendung D.I Serdang)*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara.
- Sebayang, I, D. 2020. *PERANCANGAN JEMBATAN RANGKA BAJA LENGKUNG (ARCH BRIDGE) KAMPUNG MUDI-K-BUNGO TANJUNG, KEC. BARUS, KAB. TAPANULI TENGAH*. Program Studi Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, Politeknik Negeri Medan.