

ANALISIS PONDASI BORED PILE PADA JEMBATAN AEK PEA RIHIT DI KABUPATEN TAPANULI UTARA

Hakim Armando Benny Sihombing¹, Hermansyah¹, Suranto², Denny Meisandy Hutauruk³

¹Universitas Medan Area

²Institut Modern Arsitektur dan Teknologi

³Universitas Negeri Medan

Email: hermansyah@staff.uma.ac.id (korespondensi)

Abstract

Pile foundations are used for buildings where the firm soil is located at a considerable depth. This type of foundation is often employed in the construction of tall buildings (high-rise buildings) that bear exceptionally heavy loads. Before undertaking any construction project, the first on-site task is foundation work (substructure). The foundation is a crucial element in civil engineering because it is responsible for supporting and carrying the load imposed by the upper structure, namely the structural load. The aim of this study is to calculate the bearing capacity of bored piles based on the results of soil investigation and to assess the settlement that occurs in bored piles. The calculation of the bearing capacity of bored piles is performed using the Meyerhoff method, and the settlement of bored piles is calculated using the Vesic method. According to the soil investigation data, the calculated bearing capacity of the bored pile is 426.86 tons, with an allowable bearing capacity of 138.52 tons. The planning of pile foundations also takes into account the magnitude of pile settlement. The settlement of a single pile is 0.02m, and the allowable settlement is 0.05m.

Keywords: *Bearing capacity of foundation, bored pile foundation, Meyerhoff method, Vesic method*

Abstrak

Pondasi tiang dipergunakan untuk bangunan dimana tanah kerasnya berada pada posisi yang cukup dalam. Jenis pondasi ini juga sering digunakan untuk konstruksi bangunan tinggi (high risebuilding) yang memikul beban yang sangat besar. Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama dikerjakan dilapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah). Pondasi merupakan suatu pekerjaan yang sangat penting dalam suatu pekerjaan teknik sipil, karena pondasi inilah yang memikul dan menahan suatu beban yang bekerja di atasnya yaitu beban konstruksi atas. Tujuan dari Penelitian ini untuk menghitung daya dukung bored pile dari hasil sondir dan menghitung penurunan yang terjadi pada bored pile. Pada perhitungan daya dukung bored pile dilakukan dengan menggunakan metode Meyerhoff dan untuk perhitungan penurunan bore pile dilakukan dengan menggunakan metode Vesic. Berdasarkan data sondir hasil perhitungan daya dukung bore pile sebesar 426.86 ton dengan besar daya dukung ijinnya 138.52 ton. Analisis pondasi tiang juga memperhitungkan besar penurunan tiang. Penurunan tiang tunggal sebesar 0.02m dan penurunan tiang yang diijinkan sebesar 0.05m.

Kata kunci: *Daya dukung pondasi, pondasi tiang bor, metode Meyerhoff, metode Vesic*

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan jaman, pembangunan disemua aspek kehidupan bidang masyarakat diseluruh wilayah Indonesia dapat merata. Sesuai dengan perkembangan salah satu daerah, pembangunan infrastruktur merupakan salah satu sarana dan prasarana yang sangat menentukan untuk menunjang kelancaran dan meningkatkan aktifitas perekonomian di

daerah yang mulai berkembang. Kota Tarutung adalah suatu kecamatan yang merupakan ibu kota Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara yang saat ini berusaha untuk memaksimalkan perkembangan infrastruktur guna mempermudah sarana dan prasarana masyarakat kota Tarutung. Inilah yang akan menjadi tujuan dari pembangunan Jembatan Kota Tarutung.

Hal yang terpenting pembangunan

jembatan bagian adalah pondasi. Pondasi yang kuat akan menghasilkan bangunan yang kokoh, sebab itu pemilihan jenis pondasi dalam suatu konstruksi harus dipertimbangan dengan baik sesuai dengan kondisi area pembangunan tersebut. Suatu struktur bangunan terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Struktur bangunan membutuhkan pondasi yang kuat dan kokoh sebagai pendukung konstruksi di atasnya. Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang berfungsi meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi.

Umumnya permasalahan pondasi dalam lebih rumit dari pada pondasi dangkal. Oleh karenanya dibutuhkan suatu analisis yang matang untuk menghitung kuat daya dukung pondasi. Daya dukung pondasi pada tanah perlu dianalisis agar dapat menahan beban konstruksi yang direncanakan sehingga tidak mengalami penurunan yang berlebihan. Adapun jenis pondasi yang digunakan pada proyek pembangunan jembatan Aek Pea Rihit di Tarutung, Tapanuli Utara yaitu pondasi bored pile. Penelitian ini dilakukan untuk menghitung kapasitas daya dukung bored pile dari data uji sondir dan menghitung besar penurunan pondasi tiang tunggal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peranan Pondasi

Pada prinsipnya perencanaan suatu bangunan meliputi perencanaan bangunan atas dan perencanaan bangunan bawah, perencanaan bangunan atas (upper structure) meliputi bagian struktur dari bangunan yang ada diatas permukaan tanah seperti rangka pemikul bangunan tersebut. Sedangkan untuk bangunan bawah (sub structure) adalah bagian bangunan yang ada di bawah permukaan tanah, dalam hal ini bangunan yang dimaksud adalah pondasi.

Pondasi berperan sebagai penopang bangunan dan mendistribusikan beban bangunan di atasnya ke lapisan tanah yang cukup daya dukungnya. Adapun fungsi dari pondasi antara lain (Setiawan, 2001):

- Sebagai kaki bangunan atau alas bangunan.
- Sebagai penahan bangunan dan meneruskan beban dari atas ke dasar tanah yang cukup kuat.
- Sebagai penjaga agar kedudukan bangunan stabil/tetap.

Masalah yang menjadi pertimbangan saat perencanaan pondasi (Rahardjo, 2000) yaitu:

- Beban-beban dari struktur atas.

- Gaya angkat (up-lift force) di bawah muka air.
- penurunan (settlement).
- amplitudo getaran dan frekuensi alamiah dari sistem (pada pondasi mesin).
- Nilai faktor keamanan, termasuk pada kaki jembatan yang dikhawatirkan mengalami erosi.
- Longsor (pada soldier piles)

Keamanan sebuah bangunan dalam ilmu Teknik Sipil sangat ditentukan oleh kekuatan strukturnya, baik struktur atas (upper structure) dan struktur bawah (sub structure). Banyak jenis pondasi yang dapat digunakan, akan tetapi dalam penentuan jenis pondasi yang akan digunakan tergantung dari kebutuhan, yaitu berdasarkan beban yang akan diterima dan jenis lapisan tanah yang digunakan sebagai tempat perletakan pondasi.

Berdasarkan kedalamannya, pondasi dibedakan menjadi pondasi dangkal (shallow foundation) dan pondasi dalam (deep foundation). Kriteria pondasi dalam yaitu memiliki rasio kedalaman pondasi (D) dan diameternya (B) adalah lebih besar sama dengan 10 ($D/B \geq 10$). Pondasi dangkal memiliki rasio $D/B \leq 4$.

2.2. Pondasi Tiang Bor (Bored Pile)

Pondasi tiang merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang memiliki bentuk seperti tiang. Pondasi ini terbagi lagi dalam dua jenis, yaitu pondasi tiang pancang dan pondasi tiang bor. Pondasi tiang pancang sering dipakai pada lahan yang masih luas dan kosong, dimana getaran yang ditimbulkan pada saat aktivitas pemancangan berlangsung tidak mengganggu lingkungan sekitarnya, sebaliknya apabila bangunan yang didirikan berada diantara bangunan lainnya maka diperlukan pemakaian pondasi tiang bor.

Pondasi bored pile adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu (Hardiyatmo, 2010). Pondasi tiang bor biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan dukung ujung tiang.

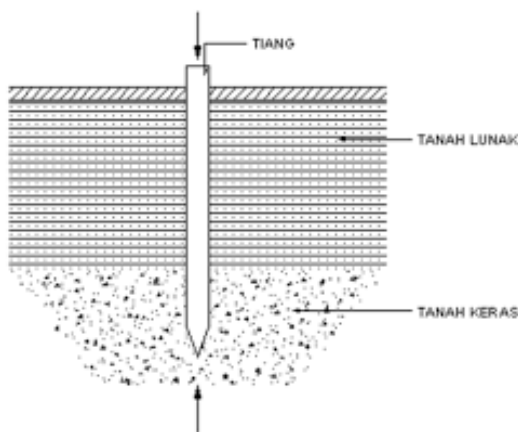
Daya dukung tanah merupakan hal yang perlu diperhitungkan dengan baik dan teliti dalam perencanaan pondasi. Daya dukung pondasi dihitung untuk mengetahui berapa jumlah tiang yang dibutuhkan sehingga pondasi mampu menahan beban yang bekerja. Nilai daya dukung aksial tiang bor didapat dari nilai terkecil dari daya

dukung aksial berdasarkan kekuatan bahan dan berdasarkan kekuatan tanah. Daya dukung ijin tiang bor berdasarkan kekuatan tanah dapat diperoleh dengan dua pengujian. Pengujian tersebut yaitu Standard Penetration Test (SPT) dan uji sondir atau Cone Penetration Test (CPT).

2.3. Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Bor

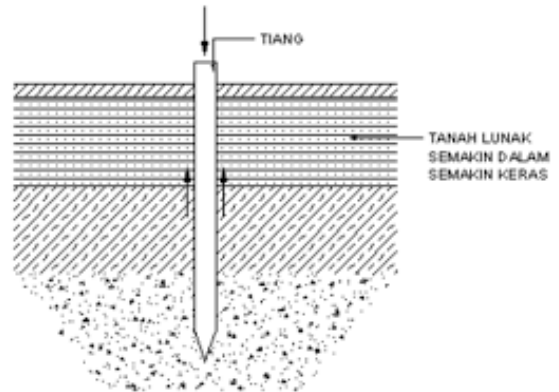
Kapasitas dukung ijin pondasi tiang untuk beban aksial Q_a atau Q_{all} diperoleh dengan membagi daya dukung ultimit Q_u atau Q_{ult} dengan suatu faktor keamanan (SF) baik secara keseluruhan maupun secara terpisah dengan menerapkan faktor keamanan pada daya dukung selimut tiang dan pada tahanan ujungnya. Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 macam (Hardiyatmo, 2002) yaitu:

- Tiang dukung ujung (end bearing pile) adalah tiang yang kapasitas dukungnya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Umumnya tiang dukung ujung berada dalam zona tanah yang lunak yang berada diatas tanah keras. Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras lain yang dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan. Kapasitas tiang sepenuhnya ditentukan dari tahanan dukung lapisan keras yang berada dibawah ujung tiang. Berikut dibawah ini gambaran tahanan ujung tiang.



Gambar 1. Daya dukung ujung tiang

- Tiang dukung gesek (friction pile) adalah tiang yang kapasitas dukungnya lebih ditentukan oleh perlawanan gesek antara dinding tiang dan lapisan tanah disekitarnya.



Gambar 2. Daya dukung gesek

Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Bor berdasarkan hasil uji CPT

Perhitungan daya dukung bored pile berdasarkan data hasil uji sondir dapat dihitung dengan menggunakan metode Meyerhoff. Daya dukung ultimit pondasi dengan rumus:

$$Q_u = (q_c \times A_p) + (JHL \times k) \quad (1)$$

Dimana:

- q_c = Perlawanan konus (kg/cm^2)
- A_p = Luas penampang tiang (cm^2)
- JHL = Jumlah hambatan lekat (kg/cm)
- K = keliling tiang

Daya dukung izin pondasi bored pile dapat dicari dengan:

$$Q_{izin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times k}{5} \quad (2)$$

Untuk mengetahui total daya dukung tiang total, kita harus menganalisis daya dukung tiang kelompok dengan rumus:

$$Q_{a_{group}} = E_g \times n \times Q_{a_{tunggal}} \quad (3)$$

Dimana:

- $Q_{a_{group}}$ = Daya dukung kelompok
- $Q_{a_{tunggal}}$ = daya dukung tunggal
- E_g = Efisiensi kelompok tiang
- N = Jumlah tiang

Efisiensi kelompok tiang dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \times m \times n} \quad (4)$$

Dimana:

- m = Jumlah tiang arah x
- n = Jumlah tiang arah y

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka kapasitas ultimit tiang dibagi dengan faktor keamanan tertentu. Fungsi faktor aman adalah :

- Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian dari nilai kuat geser dan kompresibilitas yang mewakili kondisi lapisan tanah.
- Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.
- Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
- Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi.
- Untuk mengantisipasi adanya ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.

Berdasarkan hasil pengujian-pengujian beban tiang, baik tiang pancang maupun tiang bor yang

berdiameter kecil sampai sedang (600 mm), penurunan akibat beban kerja (working load) yang terjadi lebih kecil dari 10 mm untuk faktor keamanan yang tidak kurang dari 2,5 Tomlinson, 1977 (dalam Hardiyatmo, 2011). Besarnya beban kerja (working load) atau kapasitas dukung tiang ijin (Q_a) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor aman (F) yang sesuai.

2.4. Penurunan Pondasi Tiang Bor

Perkiraan penurunan (settlement) pada pondasi tiang merupakan masalah yang kompleks karena beberapa hal berikut:

- Adanya gangguan pada kondisi tegangan tanah saat pemancangan.
- Ketidakpastian mengenai distribusi dari posisi pengalihan beban (load transfer) dari tiang ke tanah.

Peralihan (displacement) yang diperlukan untuk memobilisasi gesekan selimut adalah kecil (tidak lebih dari 5 mm), tidak tergantung pada jenis tanah, jenis tiang maupun ukuran tiang. Tetapi (Vesic, 1977) menemukan peralihan ini dapat mencapai 10 mm. Peralihan yang diperlukan untuk memobilisasi perlawanan ujung sebaliknya lebih besar dan tergantung jenis tanah, jenis tiang, serta ukuran tanah. Karena itu gesekan selimut tiang akan dimobilisasi lebih awal mendahului perlawanan ujung tiang. Pada saat pondasi tiang bored pile dibebani, tiang akan mengalami pemendekan dan tanah disekitarnya akan mengalami penurunan (Hardiyatmo, 2010).

Penurunan pondasi tiang tunggal dapat dihitung dengan metode Vesic dengan persamaan rumus dibawah ini :

$$S = \frac{d}{100} + \frac{Q \times L}{A_b \times E_b} \quad (5)$$

Dimana:

S = penurunan total di kepala tiang (m)

d = Diameter tiang (m)

Q = Beban kerja tiang (t)

L = Panjang tiang (m)

A_b = Luas tiang (m^2)

E_b = Modulus Elastisitas (T/m^2)

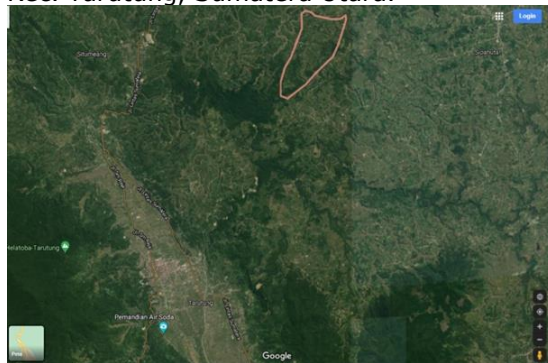
Besar penurunan tiang tunggal tidak boleh melebihi besar penurunan tiang yang di ijin.

$$S_{total} \leq S_{izin} \quad (6)$$

$$S_{izin} = 10\% \times d \quad (7)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi yang dijadikan sebagai tempat penelitian adalah Pembangunan Jembatan Aek Pea Rihit yang terletak di desa Sihujar, Kec. Tarutung, Sumatera Utara.



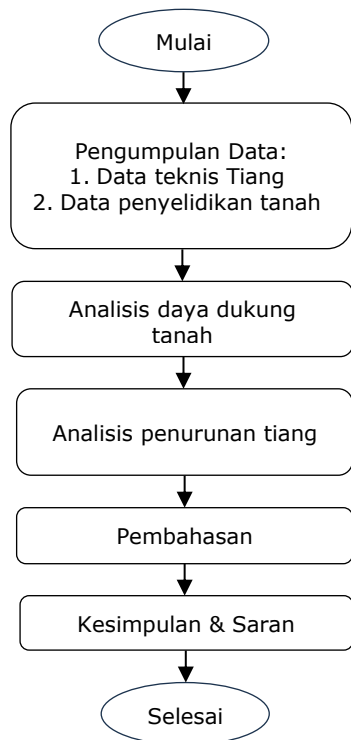
Gambar 3. Lokasi penelitian

Data yang digunakan yaitu data sekunder yang diperoleh dari instansi terkait. Data tersebut adalah:

- Gambar Pondasi Bored pile
- Data penyelidikan tanah sondir

Analisis dilakukan dengan menghitung besar kapasitas daya dukung tiang ultimate bored pile dan kapasitas daya dukung ijinnya dengan menggunakan metode Meyerhoff serta memperhitungkan besar penurunan yang mungkin terjadi dengan menggunakan metode Vesic.

Penjabaran langkah awal hingga akhir penelitian dapat dinyatakan dalam bentuk flowchart yang disusun sebagai berikut di bawah ini.



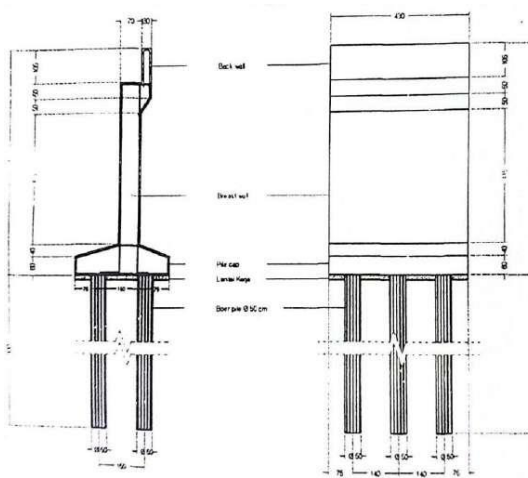
Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

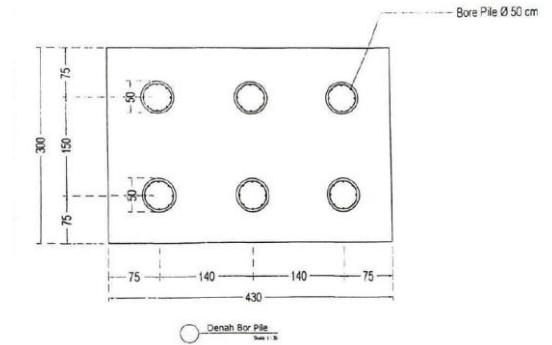
4.1. Data Pondasi Tiang Bor

Berikut ini merupakan data teknis tiang yang digunakan:

- a) Diaeter tiang, $d = 50 \text{ cm}$
- b) Panjang tiang, $L = 900 \text{ cm}$
- c) Luas penampang, $A_p = 1963.49 \text{ cm}^2$
- d) Keliling tiang, $k = 157.08 \text{ cm}$
- e) Titik Sondir = S-1 (Abutment)
- f) Kedalaman sondir = 380 cm



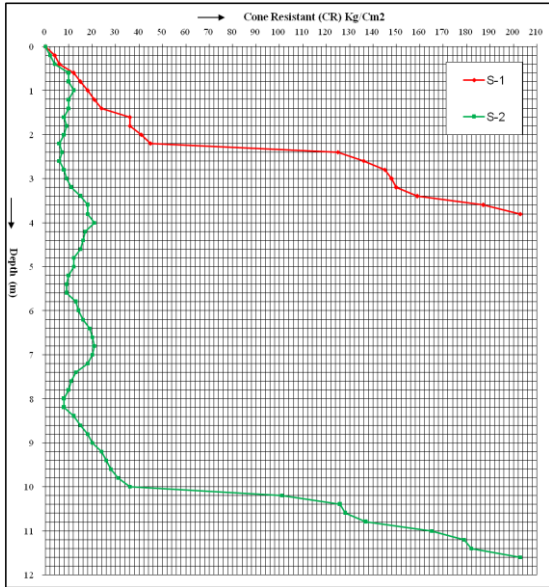
Gambar 5. Detail pondasi jembatan



Gambar 6. Denah pondasi tiang bor

Tabel 1. Grafik Hasil Pengujian Uji Tanah Sondir

Kedalaman (m)	Perlawanan Korus qc (Kg/cm ²)	Jumlah Hambatan Lekat JHL (Kg/cm)
0.00	0	0
0.20	4	4
0.40	6	10
0.60	12	16
0.80	15	22
1.00	18	28
1.20	21	36
1.40	24	44
1.60	36	52
1.80	36	60
2.00	41	70
2.20	45	82
2.40	125	94
2.60	136	106
2.80	145	118
3.00	148	130
3.20	150	142
3.40	159	154
3.60	187	166
3.80	203	180



Gambar 7. Grafik Penyelidikan Uji Tanah Sondir

4.2. Daya Dukung Pondasi Tiang Bor

Analisis kapasitas daya dukung tiang pada kedalaman 1m yaitu:

Perlawanan konus, qc = 18 kg/cm²

Jumlah hambatan lekat, JHL = 28 kg/cm

Maka, kapasitas daya dukung bored pile sebagai berikut:

$$Q_u = (18 \times 1963.49) + (28 \times 157.08)$$

$$Q_u = 39741.06 \text{ kg} = 39.74 \text{ ton}$$

Faktor keamanan yang digunakan yaitu:

$$Q_a = \frac{18 \times 1963.49}{3} + \frac{28 \times 157.08}{5}$$

$$Q_a = 12660.58 \text{ kg} = 12.66 \text{ ton}$$

Untuk daya dukung pada kedalaman selanjutnya disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi daya dukung pondasi

Kedalaman (m)	Perlawanan Konus qc (kg/cm ²)	Jumlah Hambatan Lekat JHL (kg/cm)	Luas Penampang Ap (cm ²)	Keliling Tiang K (cm)	Daya Dukung Ultimate Qu (kg)	Daya Dukung Ujin Qa (kg)	Daya Dukung Ultimate Qu (Ton)	Daya Dukung Ujin Qa (Ton)
0.00	0	0	1963.49	157.08	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	4	4	1963.49	157.08	8482.28	2743.651	8.48	2.74
0.40	6	10	1963.49	157.08	13351.74	4241.140	13.35	4.24
0.60	12	16	1963.49	157.08	26075.16	8336.616	26.08	8.36
0.80	15	22	1963.49	157.08	32908.11	10508.602	32.91	10.51
1.00	18	28	1963.49	157.08	39741.06	12660.588	39.74	12.66
1.20	21	36	1963.49	157.08	46588.17	14875.406	46.89	14.88
1.40	24	44	1963.49	157.08	54035.28	17090.224	54.04	17.09
1.60	26	52	1963.49	157.08	78853.8	25195.512	78.85	25.20
1.80	36	60	1963.49	157.08	80110.44	25446.840	80.11	25.45
2.00	41	70	1963.49	157.08	91488.68	29033.483	91.50	29.03
2.20	45	82	1963.49	157.08	101237.61	32028.462	101.24	32.03
2.40	125	94	1963.49	157.08	260201.77	84765.187	260.20	84.77
2.60	136	106	1963.49	157.08	281685.12	92341.643	283.69	92.34
2.80	145	118	1963.49	157.08	301241.49	98609.105	303.24	98.61

Kedalaman (m)	Perlawanan Konus qc (kg/cm ²)	Jumlah Hambatan Lekat JHL (kg/cm)	Luas Penampang Ap (cm ²)	Keliling Tiang K (cm)	Daya Dukung Ultimate Qu (kg)	Daya Dukung Ujin Qa (kg)	Daya Dukung Ultimate Qu (Ton)	Daya Dukung Ujin Qa (Ton)
3.00	148	130	1963.49	157.08	311016.92	100949.587	311.02	100.95
3.20	150	142	1963.49	157.08	316828.86	102635.572	316.83	102.64
3.40	159	154	1963.49	157.08	336385.23	108903.034	336.39	108.90
3.60	187	166	1963.49	157.08	393247.91	127605.933	393.25	127.61
3.80	203	180	1963.49	157.08	426862.87	138517.703	426.86	138.52

4.3. Penurunan Pondasi Tiang Bor

Jika lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (settlement). Regangan yang terjadi dalam tanah ini disebabkan karena berubahnya susunan tanah atau dikarenakan pengurangan rongga pori atau air didalam tanah. Perhitungan penurunan tiang menggunakan Metode Vesic. Diketahui data tiang sebagai berikut:

Beban kerja tiang, Q = 831.12 ton

Panjang tiang, L = 9.00 m

Mutu beton, f'c = 30 Mpa

Modulus Elastisitas, Eb = 2574296 T/m²

Diameter tiang (d) = 0.50 m

Luas tiang = 0.19 m²

Maka nilai penurunan tiang tunggal yaitu:

$$S = \frac{0.5}{100} + \frac{831.12 \times 9.00}{0.19 \times 2574296}$$

$$S = 0.02 \text{ m}$$

Jadi, penurunan yang terjadi pada kedalaman tiang 9 m berdasarkan persamaan Vesic adalah sebesar 0.02 m.

Nilai penurunan yang diizinkan yaitu:

$$S_{izin} = 0.1 \times 0.5$$

$$S_{izin} = 0.05 \text{ m}$$

Maka $S_{total} \leq S_{izin}$ terpenuhi dan dinyatakan aman berdasarkan syarat penurunan.

4.4. Daya Dukung Pondasi Tiang Kelompok

Nilai θ yaitu sebesar:

$$\theta = \text{Arctan} \frac{0.5}{1.4}$$

$$\theta = 19,65^\circ$$

Maka nilai efisiensi kelompok tiang yaitu:

$$E_g = 1 - 19,65 \frac{(2 - 1)3 + (3 - 1)2}{90 \times 3 \times 2}$$

$$E_g = 0.745$$

Selanjutnya kapasitas kelompok tiang ialah:

$$Q_{a\text{group}} = 0.74 \times 6 \times 138.52$$

$$Q_{a\text{group}} = 619.37 \text{ t}$$

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang bore pile yang telah dihitung pada Tabel 4.2 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Bore Pile tanah keras di dapat pada kedalam 3.80 m. Panjang bore pile yang ditanam sepanjang 9m. Kapasitas daya dukung ultimit tiang sebesar 426.86 ton dengan besar daya dukung ijin sebesar 138.52 ton. Analisis pondasi tiang juga memperhitungkan besar penurunan tiang. Penurunan tiang tunggal sebesar 0.02m dan penurunan tiang yang diijinkan sebesar 0.05m. Besar penurunan tiang lebih kecil dibandingkan besar penurunan tiang yang diijinkan, maka tiang tersebut aman.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kapasitas daya dukung pondasi tiang bored pile pada Abutmen 1 titik S-1 dengan letak tanah keras berada pada kedalaman 3.80m menggunakan perhitungan metode Meyerhoff adalah sebesar 426.86 ton dengan besar daya dukung ijin adalah sebesar 138.52 ton.
2. Hasil perhitungan penurunan tiang tunggal sebesar 0.02m dengan penurunan tiang yang diijinkan adalah sebesar 0.05m. Dari hasil perhitungan penurunan tersebut penurunan tiang tunggal lebih kecil dari penurunan ijin sehingga dapat disimpulkan penurunan tersebut aman dan memenuhi syarat.

5.2. Saran

Diperlukan analisis dengan metode lainnya sebagai perbandingan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Basah, K. Suryolelono, 1994, Teknik Fondasi Bagian II, Nafiri, Yogyakarta.
- [2] Bowles, J.E., 1999, Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- [3] Fauzih, Reza Afrizona, 2019, Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Pada Pembangunan Pondasi Jembatan Kali Kenteng dan Kali Serang Segmen Susukan di Ruas Jalan Tol Salatuga-Kartasura, PT. Waskita Karya (Persero), Kabupaten Semarang, Provinsi Jawa Tengah, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [4] Gunawan, Ir., 1991, Pengantar Teknik Pondasi, Kanisius, Yogyakarta.

- [5] Hardiyatmo, H.C., 1996, Teknik Pondasi Jilid I, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [6] Hardiyatmo, H.C., 2010, Analisis dan Perancangan Pondasi, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [7] Nakazawa, Kazuto., 2000, Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [8] Rodji, Achmad Pahrul, 2022, Analisis Pondasi Bored Pile Pada Proyek Metrostater Depok Jawa Barat, UNKRIS, Bekasi.
- [9] Sardjono H.S, Ir., 1988, Pondasi Tiang Pancang Jilid II, Sinar Wijaya, Surabaya.
- [10] Tomlimson, Michael., 1977. Pile Design and Construction Practice Penerbit Cernent and Concrète Association, London.
- [11] Wahyuddin, Muhammad, 2019, Analisis dan Perencanaan Pondasi Tiang Bored Pile pada Jembatan Jalur Ganda Kereta Api Bekri Kabupaten Lampung Tengah, Universitas Lampung, Bandar Lampung.