

ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN PONDASI TIANG BOR DENGAN MENGGUNAKAN METODE MAYERHOFF, REESE & O'NEIL DAN PROGRAM PLAXIS 8.6

(Studi Kasus Proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta STA 8+689)

¹Eko Muharifin *, ²Ova Thoifurrohman, ³Pratikso, ⁴Rifqi Brlyant Arief

¹ Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

² Mahasiswa Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

³ Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

⁴ Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung

***Corresponding Author:**

30202000061@std.unissula.ac.id

Abstrak

Pembangunan infrastruktur transportasi menjadi fokus utama pemerintah Indonesia dalam meningkatkan konektivitas dan pertumbuhan ekonomi di tingkat regional dan global. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji daya dukung dan penurunan pondasi pada Jembatan STA. 8+689 Proyek Jalan Tol Kulon Progo menggunakan metode Mayerhof, Reese & O'Neil, serta analisis dengan program PLAXIS 8.6. Data lapangan diperoleh melalui pengumpulan langsung dan data sekunder termasuk gambar shop drawing, nilai Standart Penetration Test (SPT), dan hasil uji Pile Driving Analyzer (PDA). Analisis dilakukan dengan mengolah data lapangan secara sistematis, termasuk investigasi tanah, identifikasi jenis tanah, dan estimasi daya dukung tiang pondasi. Hasil analisis gaya pada jembatan menggunakan MIDAS CIVIL 2022 memberikan pemahaman tentang gaya-gaya yang bekerja pada struktur jembatan. Selain itu, perhitungan penurunan tiang tunggal dan kelompok dilakukan menggunakan Metode Mayerhof dan Reese & O'Neil, serta menggunakan program PLAXIS 8.6. Hasil analisis menunjukkan bahwa beban maksimum pada pondasi jembatan adalah 79264.940 kN, dengan daya dukung kelompok tiang pondasi sebesar 57538.80 kN (metode Mayerhof) dan 50518.39 kN (metode Reese & O'Neil). Penurunan pondasi tiang bor berkisar antara 0,057 m hingga 0,095 m, dengan pengurangan penurunan oleh PLAXIS 8.6 menjadi 0,086 m. Analisis keselamatan pondasi menunjukkan bahwa konstruksi jembatan aman untuk dilaksanakan.

Kata Kunci: *Infrastruktur Transportasi, Proyek Jalan Tol, Daya Dukung Pondasi, Penurunan Pondasi, Metode Analisis*

Abstract

The development of transportation infrastructure has become a primary focus of the Indonesian government in enhancing regional and global connectivity and economic growth. This study aims to examine the bearing capacity and settlement of the foundation of Bridge STA. 8+689 in the Kulon Progo Toll Road Project using the Mayerhof and Reese & O'Neil methods, along with analysis using the PLAXIS 8.6 program. Field data were obtained through direct collection, supplemented by secondary data including shop drawing diagrams, Standard Penetration Test (SPT) values, and Pile Driving Analyzer (PDA) test results. The analysis was conducted by systematically processing field data, including soil investigation, soil type identification, and estimation of the foundation pile's bearing capacity. The results of the force analysis on the bridge using MIDAS CIVIL 2022 provided insight into the forces acting on the bridge structure. Additionally, calculations of the settlement of single and group piles were performed using the Mayerhof and Reese & O'Neil methods, as well as the PLAXIS 8.6 program. The analysis revealed that the maximum load on the bridge foundation was 79264.940 kN, with the bearing capacity of the group pile foundation being 57538.80 kN (Mayerhof method) and 50518.39 kN (Reese & O'Neil method). The settlement of the bored pile foundation ranged from 0.057 m to 0.095 m, with PLAXIS 8.6 reducing the settlement to 0.086 m. Safety analysis of the foundation indicated that the bridge construction is safe to proceed.

Keywords: *Transportation Infrastructure, Toll Road Project, Foundation Bearing Capacity, Settlement, Analysis Methods*

1. PENDAHULUAN

Ketersediaan infrastruktur yang memadai tidak hanya memfasilitasi mobilitas masyarakat dan barang, tetapi juga membuka peluang investasi baru, mengurangi disparitas regional, dan meningkatkan konektivitas antarwilayah. Di Indonesia, pembangunan infrastruktur transportasi telah menjadi fokus utama pemerintah dalam rangka mempercepat pembangunan nasional serta meningkatkan daya saing di tingkat global. Salah satu proyek infrastruktur besar yang menjadi sorotan adalah proyek jalan tol Solo-Yogyakarta-NYIA di Kulon Progo. Wilayah ini merupakan pusat aktivitas ekonomi dan pariwisata di Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), serta memiliki potensi yang besar untuk pengembangan lebih lanjut. Namun, kendala utama yang dihadapi adalah konektivitas yang terbatas antara wilayah-wilayah tersebut, terutama dengan Bandara Internasional Yogyakarta (NYIA) di Kulon Progo yang merupakan akses utama untuk masuk dan keluar dari wilayah tersebut (Widodo, 2021).

Proyek infrastruktur besar yang ditujukan untuk menghubungkan tiga wilayah utama, yaitu Solo, Yogyakarta, dan Bandara NYIA di Kulon Progo, merupakan sebuah inisiatif penting dalam meningkatkan konektivitas dan mobilitas di wilayah tersebut. Dengan pembangunan Jalan Tol dan struktur pendukung lainnya seperti jembatan, underpass, dan viaduct, proyek ini bertujuan untuk memperbaiki infrastruktur transportasi dan memfasilitasi pertumbuhan ekonomi serta pariwisata di Jawa Tengah dan DIY. Bandara NYIA diharapkan menjadi pusat penting dalam pengembangan wilayah ini.

Namun, proyek infrastruktur semacam ini juga memiliki tantangan tersendiri, terutama terkait dengan kondisi geologi dan geoteknik di sekitar area konstruksi. Penurunan pondasi dan daya dukung tanah menjadi aspek krusial yang harus dipertimbangkan secara serius. Kulon Progo memiliki karakteristik geologi dan geoteknik yang unik, dengan beragam jenis tanah dan batuan seperti tanah lempung, pasir, dan batuan karst. Setiap jenis tanah memiliki dampak yang berbeda terhadap daya dukung dan penurunan pondasi, yang dapat berpengaruh pada integritas struktur dan keamanan pengguna Jalan Tol.

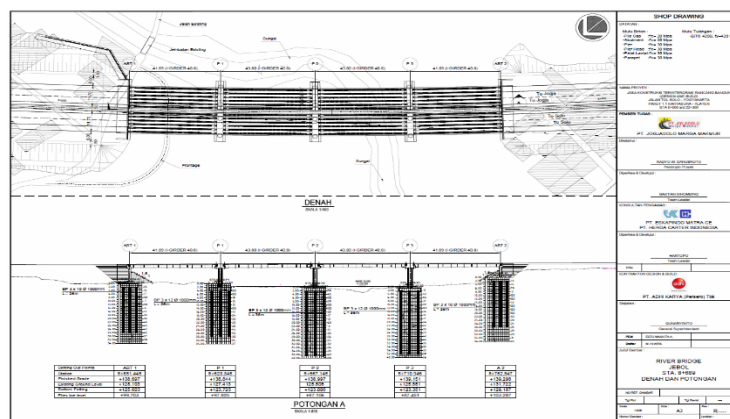
Oleh karena itu, untuk memahami kondisi tanah dan batuan di wilayah proyek secara mendalam, diperlukan studi geologi regional dan analisis geoteknik lokal. Analisis risiko terhadap penyelesaian fondasi juga menjadi penting untuk mengidentifikasi lokasi berisiko dan mengembangkan strategi pengurangan kerusakan. Dalam konteks ini, Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengkaji daya dukung tanah dan penurunan pondasi, khususnya pada Jembatan STA. 8+689 Proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo. Metode penelitian yang digunakan meliputi metode Mayerhof dan Aoiik & De Alencar, yang kemudian dibandingkan dengan hasil analisis menggunakan program PLAXIS 8.6.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai gaya yang bekerja pada pondasi tiang bor, daya dukung pondasi, dan penurunan pondasi pada pembangunan Jembatan STA. 8+689. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan hasil perhitungan penurunan secara manual dengan hasil perhitungan menggunakan Program PLAXIS serta menentukan tingkat keamanan pondasi tiang bor. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan saran kepada pihak proyek tentang desain pondasi yang tepat dan metode mitigasi risiko yang efektif.

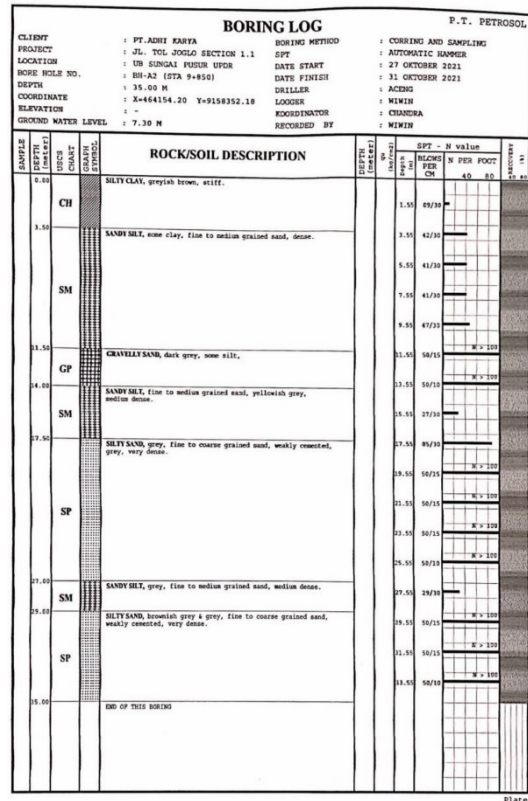
2. METODE

Pengumpulan Data

Untuk menganalisis nilai gaya yang bekerja pada jembatan, nilai daya dukung dan nilai penurunan pada pondasi tiang bor pada Jembatan STA. 8+689 Proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo. Penulis memperoleh data yang dilakukan dengan metode wawancara dan observasi dengan pihak kontraktor PT. ADHI KARYA (Persero) Tbk. dengan hasil sebagai berikut.



Gambar 1. Layout Jembatan



Gambar 2. Hasil Pengujian Boring Log

Tabel 1. Data dan Hasil Pengujian PDA

Data Tiang & Hammer		
Nomor Tiang	ABT2-27	P3-34
Tanggal Uji	6/7/2022	6/7/2022
Jenis Barang	Bor	Bor
Diameter Tiang [mm]	1000	1000
Total Panjang Tiang [mm]	29	38
Panjang Tiang dibawah Sensor [mm]	28,6	37,6
Panjang Tiang Tertanam [mm]	28,4	37,4
Jenis Hammer	Drop hammer	Drop hammer
Berat Hammer [ton]	4,3	4,3
Penurunan Tiang Yang Diijinkan [mm]	725	975
Pengukuran Data (Case Method)		
RMX - Pile Capacity [ton]	871	1056
FMX - Max. Compression Force [ton]	1403	1296
EMX - Max. Transferred Energy [ton.m]	6,17	7,37
CSX - Max. Compression Stress [Mpa]	17,9	16,5
TSX - Max. Tension Stress [Mpa]	12,1	3,3

<i>DMX - Max. Displacement [mm]</i>	5,8	12
<i>DFN - Final Displacement [mm]</i>	0,1	1,3
<i>BTA - Pile Integrity Value [%]</i>	100	100
Hasil (CAPWAP)		
Daya Dukung Tiang (Ru) [ton]	871	1056
Lengketan (Rs) [ton]	572	652
Tahanan Ujung (Rb) [ton]	299	404
Keutuhan Fondasi Tiang	Ok/Baik	Ok/Baik

Sumber: PT. Multi Geoteknik Indonesia (Jembatan STA. 8+689 Proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta)

Metode Analisis

Dalam perhitungan perencanaan pondasi tiang ini, penulis melakukan analisis perhitungan daya dukung dan penurunan pondasi tiang bor menggunakan metode-metode yang akan dijelaskan kemudian, dan menyimpulkan hasilnya. Adapun langkah perhitungan yang akan digunakan untuk analisis yaitu yang Pertama : Menghitung gaya-gaya yang bekerja pada jembatan menggunakan Program MIDAS CIVIL 2022, Kedua : Menganalisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang bor menggunakan metode Mayerhoff dan metode Reese & O'Neil, Ketiga : Menganalisis penurunan pondasi tiang bor menggunakan metode manual (vesic) dan program PLAXIS 8.6, kemudian menyimpulkan hasil dari analisis yang telah dilakukan.

Metode Mayerhoff

Perhitungan daya dukung pondasi tiang bor oleh Metode Mayerhoff juga memperhitungkan faktor kedalaman pondasi, meningkatkan daya dukung. Nilai N hasil uji SPT dapat digunakan untuk menghitung kapasitas dukung ultimit tiang.

1. Tahanan ujung tiang (*end bearing*) menggunakan data pengujian SPT dan tahanan gesek selimut tiang (*skin friction*) pada tanah kohesif.

Tahanan ujung tiang :

(1)

Tahanan gesek selimut tiang :

(2)

Dimana :

Q_p = Daya dukung ujung tiang

Q_s = Tahanan gesek selimut Tiang

C_u = Kohesi undrained

A_p = Luas penampang tiang

L_i = Tebal lapisan tanah

K = Keliling

α = Faktor Adhesi, didapat dari grafik McClelland

2. Tahanan ujung tiang (*end bearing*) menggunakan data pengujian SPT dan tahanan gesek selimut tiang (*skin friction*) pada tanah non kohesif.

Tahanan ujung tiang :

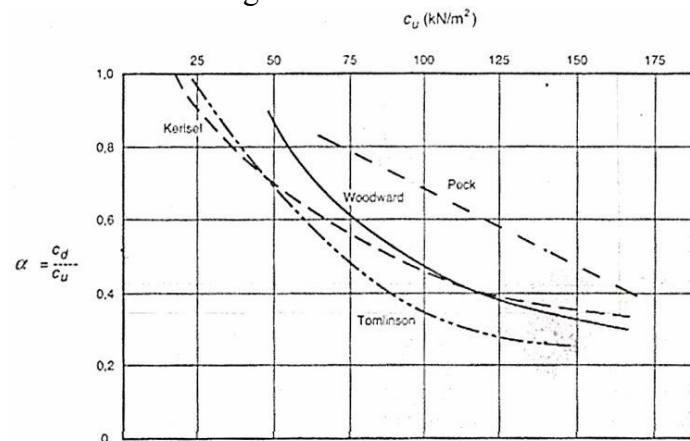
(3)

Tahanan gesek selimut tiang :

(4)

Dimana :

- N_b = Nilai SPT rata-rata pada elevasi tiang pancang,
 N_1 = Nilai SPT kedalaman 4D dari ujung tiang ke bawah
 N_2 = Nilai SPT pada kedalaman 8D dari ujung tiang ke atas
 A_p = Luas penampang tiang
 N_{spt} = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang
 A_s = Luas selimut tiang



Gambar 3. Nilai α (McClelland, 1974 dalam Hardiyatmo, 2015)

Metode Resse Dan O'neil

Reese dan O'neil (1999) memberikan persamaan ketahanan ujung tiang yang telah teruji di laboratorium untuk memperkirakan daya dukung pondasi tiang pada tanah kohesif dan non-kohesif:

1. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) dan kekuatan lekatan (*skin friction*) pada tanah kohesif (Reese and O'neil, 1999)

Kekuatan Ujung Tiang :

(5)

Tahanan geser selimut tiang :

(6)

Dimana :

- p = Keliling
 c = Kohesi tanah
 α = Faktor adhesi
 ΔL = Kedalaman
 A_p = Luas penampang
 P = Keliling Tiang

Adapun persamaan untuk mencari nilai α yaitu :

(7)

(8)

Keliling selimut tiang :

(9)

D = Diameter

Luas penampang tiang :
(10)

2. Kekuatan ujung tiang (*end bearing*) dan kekuatan lekatan (*skin friction*) pada tanah non kohesif (Resse and O'neil 1999)

(11)

Adapun persamaan untuk mencari nilai Q_p yaitu :

(12)

dengan,

f_b = Tahanan ujung netopersatuan luas (kPa)

σ_r = Tegangan Referensi = 100 (kPa)

A_b = luas penampang Tiang, $A_b = (m)^2$

D = Diameter Tiang (m)

Nilai N_{60} :

(13)

dengan,

$NSPT$ = Nilai hasil SPT

Em = Hammer Efficiency

C_b = Borehole diameter factor

C_s = Smpling metbod factor

CR = Rod lengbt factor

Tahanan Selimut tiang :

(14)

Adapun persamaan untuk mencari nilai f yaitu :

(15)

dimana,

Untuk $N_{60} < 15$ maka,

(16)

Untuk $N_{60} > 15$ maka,

(17)

Sedangkan,

(18)

dengan,

f_s = Gesekan selimut tiang (kN/m²)

A_s = Luas permukaan keliling tiang $A_s = \pi \cdot D \cdot (m^2)$

σ_v = Tegangan Efektif tanah (kN/m²)

z = Kedalaman dari permukaan tanah ketitik tengah strata(m)

γ = Berat isi tanah (kN/m³)

Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

- a. Efisiensi Kelompok Tiang

Berikut adalah metode menurut *Formula Los Angeles* yang digunakan dalam perhitungan:

(19)

Dimana :

- E_g = Efisiensi kelompok tiang
 m = Jumlah baris tiang
 n = Jumlah tiang dalam satu baris
 s = jarakpusat ke pusat tiang
 D = diameter tiang

b. Kapasitas Izin Kelompok Tiang

Persamaan berikut menentukan kapasitas kelompok tiang:

(20)

Dimana :

- Q_g = Kapasitas izin kelompok tiang
 E_g = Efisiensi kelompok tiang
 n = Jumlah tiang
 Q_{all} = Daya dukung izin

Penurunan Pada Tiang Tunggal

Berikut rumus perhitungan penurunan tiang tunggal :

(21)

(22)

(23)

(24)

(25)

Dimana :

- S = Penurunan total pondasi tiang
 S_s = Penurunan akibat deformasi axial tiang tunggal
 S_p = Penurunan akibat beban pada ujung tiang
 S_{ps} = Penurunan akibat beban pada sepanjang tiang
 Q_p = Daya dukung ujung tiang
 Q_s = Daya dukung selimut tiang
 L = Panjang Tiang
 A_p = Luas Ujung tiang bawah
 E_p = Modulus elastisitas material tiang
 α = 0,5 untuk distribusi gesekan seragam atau parabolik sepanjang tiang
 sedangkan untuk distribusi berbentuk segitiga nilai $\alpha = 0,33$.
 C_p = Koefisien empiris
 D = Diameter Tiang
 q_p = Daya dukung batas ujung tiang
 P = Keliling penampang tiang
 E_s = Modulus Elastisitas tanah
 s = Angka poisson
 I_{ws} = Faktor Pengaruh

Tabel 2. Nilai Koefesien C_p

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir	0,02 – 0,04	0,09 – 0,18
Lempung	0,02 – 0,03	0,03 – 0,06

Lanau	0,03 – 0,05	0,09 – 0,12
-------	-------------	-------------

Tabel 3. Angka Poisin ()

Jenis Tanah	m
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 (tergantung dari jenisnya)	0,1 -0,4
Loose	0,1 – 0,3

Tabel 4. Modulus elastis tanah (Es)

Jenis tanah	E _s (kN/m ²)
Lempung	
Sangat lunak	300 - 3000
Lunak	2000 - 4000
Sedang	4500 - 9000
Keras	7000 - 20000
Berpasir	30000 - 42500
Pasir	
Berlanau	5000 - 20000
Tidak padat	10000 - 25000
Padat	50000 - 100000
Pasir dan Kerikil	
Padat	80000 - 200000
Tidak padat	50000 - 140000
Lanau	2000 - 20000
Loess	15000 - 60000
Serpih	140000 - 1400000

Penurunan Pada Kelompok Tiang

(26)

Dimana :

S = penurunan total pondasi tiang tunggal (m)

B = Lebar kelompok tiang (m)

D = Diameter tiang (m)

Penurunan Yang Diizinkan

(27)

(28)

Dimana :

D = Diameter Tiang

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Menghitung Gaya Yang Bekerja

a. Menggunakan Program MIDAS CIVIL 2022

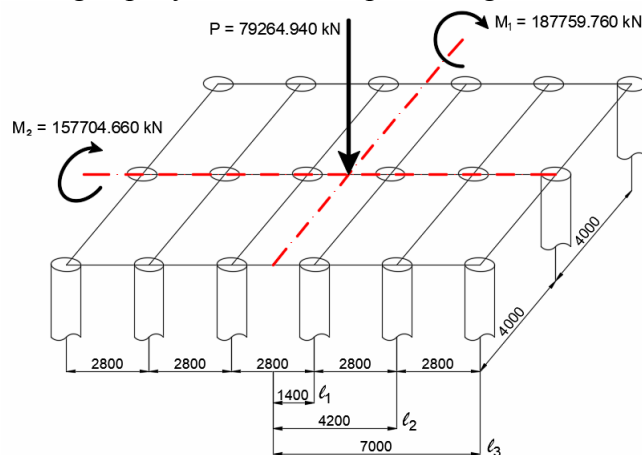
Analisa hasil perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada jembatan Proyek JalanTol Solo-Yogyakarta pada STA. 8+689 menggunakan aplikasi MIDAS CIVIL 2022, dengan tetap memperhatikan standard pembebanan, nilai pembebanan dan kombinasi pembebanan pada jembatan sesuai (SNI 1725:2016 Pembebanan Pada Jembatan) kemudian diaplikasikan pada aplikasi MIDAS CIVIL 2022 dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 5. Nilai Gaya Yang Bekerja Pada Jembatan Dengan MIDAS CIVIL 2022

No.	<i>Axial</i> (kN)	<i>Shear-y</i> (kN)	<i>Shear-z</i> (kN)	<i>Torsion</i> (kN*m)	<i>Moment-y</i> (kN*m)	<i>Moment-z</i> (kN*m)
1	79264.940	456452.190	79172.080	41632.400	187759.760	157704.660
2	79264.940	456452.190	79172.080	41632.400	187759.760	156979.440
3	79171.910	454436.680	73546.700	41488.280	187759.760	152105.370
4	79171.910	454436.680	73546.700	41488.280	187675.000	151904.450
5	52437.760	427374.900	52430.520	36851.620	186346.840	147540.050

b. Pehitungan Persebaran Beban Pada Pondasi Tiang Bor

Kelompok tiang bor menerima beban maksimal tiap tiang (P_{max}) dengan menggunakan tiang bor diameter 1 m dan berjumlah 18 tiang pada tiap kelompok tiang. Berikut perhitungan penyebaran beban pada tiang bor.



Gambar 4. Persebaran Beban Pada Pondasi Tiang Bor

- Beban Akibat (V_p) =
=
= 43292,45 kN
- Beban Akibat M1 (V_{M1}) = $\alpha \cdot I_3$
dimana,

$$187759,760 = 2,8 \{1,4(\alpha \cdot 1,4^2 + \alpha \cdot 4,2^2 + \alpha \cdot 7^2)\}$$

$$187759,760 = 2,8 \cdot 1,4 \cdot \alpha(1,4^2 + 4,2^2 + 7^2)$$

$$\alpha = 698,220$$

maka,

$$= \alpha \cdot I_3$$

$$= 698,220 \cdot 7$$

$$= 4887,54 \text{ kN}$$

- Beban Akibat M2 (V_{M2})

=
dimana,

$$157704,66 = 4\{4(\alpha \cdot 4^2)\}$$

$$157704,66 = 4(4\alpha + 64)$$

$$157704,66 = 16\alpha + 256$$

$$16\alpha =$$

$$\alpha = 31,50$$

maka,

=

$$= 31,50 \cdot 4$$

$$= 154,01 \text{ kN}$$

- Pmax

=

$$= 43292,45 + 4887,54 + 154,01$$

$$= 48334 \text{ kN}$$

Menghitung Daya Dukung Pondasi Tiang Menggunakan Data N-SPT

A. Metode Mayerhoff

Tabel 6. Perhitungan Daya Dukung Metode Mayerhof

Depth	Tebal Lapisan (m)	Jenis Tanah	N(SPT)	Cu (kN/m ²)	α	τ	Mayerhof				
							(Qs)	Komulatif (Qs) (kN)	(Qp)	Qult (kN)	Qall SF = 2,5 (kN)
							$\alpha \cdot Cu \cdot As$ or $0,2 \cdot N \cdot As$		C N atau $qNqAp$		
0 ~ 2	2	SILTY CLAY	10	60	0,85		320.28	320.28	423.90	744.18	297.67
2 ~ 4	2	SANDY SILT	42	252	0,40		633.02	953.30	1780.38	2733.68	1093.47
4 ~ 6	2		41	246	0,40		617.95	1571.26	1737.99	3309.25	1323.70
6 ~ 8	2		41	246	0,40		617.95	2189.21	1737.99	3927.20	1570.88
8 ~ 10	2		47	282	0,40		708.38	2897.59	1992.33	4889.92	1955.97
10 ~ 12	2		50	300	0,40		753.60	3651.19	2119.50	5770.69	2308.28
12 ~ 14	2	GRAVELLY SAND	60			1/2	452.16	4103.35	3297.00	7400.35	2960.14
14 ~ 16	2	SANDY SILT	27	162	0,40		406.94	4510.30	1144.53	5654.83	2261.93
16 ~ 18	2		60	360	0,40		904.32	5414.62	2543.40	7958.02	3183.21
18 ~ 20	2	SILTY SAND	60			1/2	452.16	5866.78	3297.00	9163.78	3665.51
20 ~ 22	2		60			1/2	452.16	6318.94	3297.00	9615.94	3846.37

22 ~ 24	2		60			1 2	452.16	6771.10	3297.00	10068.10	4027.24
24 ~ 26	2		60			1 2	452.16	7223.26	3297.00	10520.26	4208.10
26 ~ 28	2	SANDY SILT	29	174	0.4 0		437.09	7660.34	1229.31	8889.65	3555.86
28 ~ 30	2	SILTY SAND	60			1 2	452.16	8112.50	3297.00	11409.50	4563.80
30 ~ 32	2		60			1 2	452.16	8564.66	3297.00	11861.66	4744.67
32 ~ 34	2		60			1 2	452.16	9016.82	3297.00	12313.82	4925.53
34 ~ 36	2		60			1 2	452.16	9468.98	3297.00	12765.98	5106.39

Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang Metode Mayerhoff

1. Efisiensi Kelompok Tiang
Berdasarkan rumus efisiensi kelompok tiang (19)
2. Daya Dukung Kelompok Tiang
Berdasarkan rumus daya dukung kelompok tiang (20)

B. Metode Reese & O'Neil

Tabel 7. Perhitungan Daya Dukung Metode Mayerhof

Depth	N(SP T)	ΔL (m)	C_u (kN/m ²)	α	z_i (m)	$\sigma_{v'}$ (kN/m ²)	β	F_s kN/m ²	f_b kN/m ²	Reese & O'Neil				
										Q_s (kN)	Q_s' (kN)	Q_b (kN)	Q_{ult} (kN)	Q_{all} SF = 2.5 (kN)
0 ~ 2	10	2	60	0.85						320.28	320.28	423.90	744.18	297.67
2 ~ 4	42	2	252	0.40						633.02	953.30	1780.38	2733.68	1093.47
4 ~ 6	41	2	246	0.40						617.95	1571.26	1737.99	3309.25	1323.70
6 ~ 8	41	2	246	0.40						617.95	2189.21	1737.99	3927.20	1570.88
8 ~ 10	47	2	282	0.40						708.38	2897.59	1992.33	4889.92	1955.97
10 ~ 12	50	2	300	0.40						753.60	3651.19	2119.50	5770.69	2308.28
12 ~ 14	60	2			13	234	0.62	144.29	3600	453.08	4104.27	2826.00	6930.27	2772.11
14 ~ 16	27	2	162	0.40						406.94	4511.22	1144.53	5655.75	2262.30
16 ~ 18	60	2	360	0.40						904.32	5415.54	2543.40	7958.94	3183.58
18 ~ 20	60	2			19	342	0.43	147.77	3600	463.99	5879.53	2826.00	8705.53	3482.21
20 ~ 22	60	2			21	378	0.38	142.61	3600	447.79	6327.32	2826.00	9153.32	3661.33
22 ~ 24	60	2			23	414	0.33	134.56	3600	422.51	6749.83	2826.00	9575.83	3830.33
24 ~ 26	60	2			25	450	0.28	123.75	3600	388.58	7138.41	2826.00	9964.41	3985.76
26 ~ 28	29	2	174	0.40						437.09	7575.50	1229.31	8804.81	3521.92
28 ~ 30	60	2			29	522	0.18	94.29	3600	296.07	7871.57	2826.00	10697.57	4279.03
30 ~ 32	60	2			31	558	0.14	75.83	3600	238.11	8109.68	2826.00	10935.68	4374.27

32 ~ 34	60	2			33	594	0.09	54.99	3600	172.68	8282.36	2826.00	11108.36	4443.34
34 ~ 36	60	2			35	630	0.05	31.85	3600	100.02	8382.38	2826.00	11208.38	4483.35

Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang Metode Reese & O'Neil

1. Efisiensi Kelompok Tiang

Berdasarkan rumus efisiensi kelompok tiang (19)

2. Daya Dukung Kelompok Tiang

Berdasarkan rumus daya dukung kelompok tiang (20)

Menghitung Penurunan Pondasi

A. Metode Manual

Menghitung Penurunan Pondasi Tiang Tunggal

$$\begin{aligned}
 C_p &= 0,06 & ,(\text{Tabel 2}) \\
 &= 4700\sqrt{30} \\
 &= 25742,960 \text{ Mpa} & \alpha &= 0,5 \\
 &= 25742960 \text{ kN/m}^2 \\
 E_s &= 42500 \text{ kN/m}^2, (\text{Tabel 2.19}) & &= 0,3 \text{ m}, (\text{Tabel 3}) \\
 q_p &= 4000 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Menggunakan Hasil Dari Metode Resse & O'Neil

Berikut perhitungan penurunan tiang tunggal, berdasarkan rumus (21) s/d (25):

dimana,

$$S_s = 0,013 \text{ m}$$

sedangkan,

$$S_s = 0,042 \text{ m}$$

dan,

untuk,

$$Iw_s = 4,1$$

maka,

$$Sps = 0,002 \text{ m}$$

sehingga,

$$= 0,013 + 0,042 + 0,002$$

$$= 0,057 \text{ m}$$

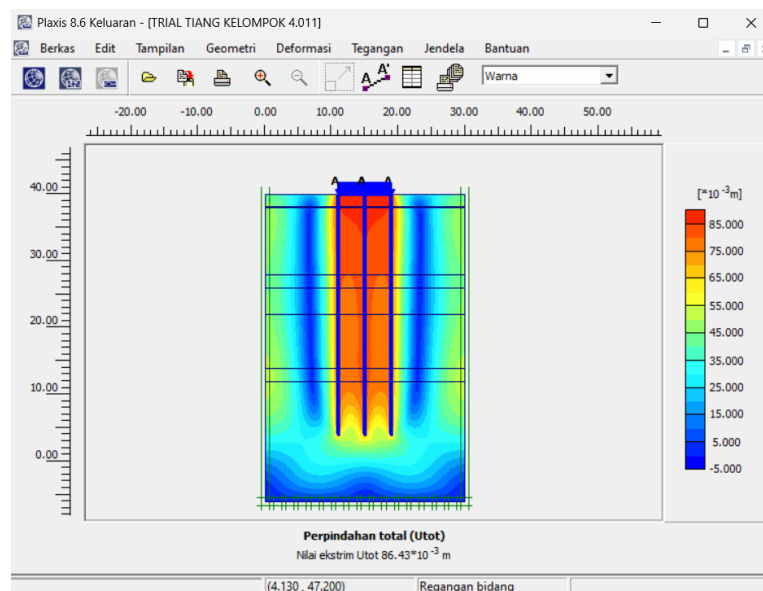
Menghitung Penurunan Pondasi Tiang Kelompok

$$S_g = 0,095 \text{ m}$$

dimana,

B. Program PLAXIS 8.6

Hasil analisis menggunakan program PLAXIS versi 8.6 didapatkan hasil penurunan pondasi tiang kelompok yaitu 0,086 m.



Gambar 5. Perhitungan Penurunan Pondasi Tiang Bor Menggunakan PLAXIS 8.6

Cek Keamanan Pondasi Tiang Bor

Tabel 8. Hasil Daya Dukung Metode Teori Terhadap Hasil CAPWAP

No	CAWAP (kN)	Nilai Qult (kN)		Selisih	Ket
1	10560	Metode Mayerhoff	12765.98	17.28%	Aman
2		Metode Reese & O'Neil	11208.38	5.78%	Aman

Tabel 9. Hasil Daya Dukung Kelompok Tiang Terhadap Nilai Pmax

No	Pmax (kN)	Nilai Qg (kN)		Selisih	Ket
1	48334	Metode Mayerhoff	57538.80	16.00%	Aman
2		Metode Reese & O'Neil	50518.39	4.32%	Aman

Tabel 10. Hasil Penurunan Kelompok Tiang Terhadap Penurunan Ijin

No	S _{ijin} (m)	Nilai S _g (m)		Selisih	Ket
1	0.1	Manual, (Metode Vesic)	0.095	0.50%	Aman
2		PLAXIS 8.6	0.086	1.40%	Aman

4. KESIMPULAN

Analisis yang dilakukan terhadap daya dukung dan penurunan pondasi tiang bor pada pembangunan jembatan STA 8+689 di proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo telah memberikan hasil yang signifikan. Melalui metode perhitungan yang beragam, seperti metode Mayerhof, Reese & O'Neil, dan penggunaan program simulasi PLAXIS 8.6, berbagai aspek terkait kestabilan dan keamanan konstruksi dapat dievaluasi dengan cermat.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa beban maksimum yang bekerja pada pondasi jembatan adalah sebesar 79264.940 kN, sedangkan daya dukung kelompok pondasi dengan metode Mayerhof adalah 57538.80 kN dan dengan metode Reese & O'Neil adalah 50518.39 kN. Penurunan pondasi tiang bor untuk tiang tunggal adalah 0,057 m dan untuk tiang kelompok adalah 0,095 m, dengan PLAXIS 8.6 mereduksi penurunan tiang kelompok menjadi 0,086 m. Semua hasil ini menunjukkan bahwa konstruksi pondasi jembatan dapat dilakukan dengan aman, dengan penurunan yang sesuai dengan standar keamanan yang ditetapkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini dapat terwujud atas pertolongan Allah Tuhan Yang Maha Penolong dan bantuan serta dukungan beberapa pihak. Untuk itu ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan moral, finansial, motivasi serta doa.
2. Bapak Abdul Rochim, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng, selaku Ketua Pogram Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

4. Bapak Prof.Ir.H.Praktikso,M.ST., Ph.D selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, kesabaran, dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Rifqi Brlyant Arief, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, kesabaran dan bimbingan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2019). "Infrastructure Development and Economic Growth: A Case Study of Indonesia." *International Journal of Business and Management Invention*, 8(1), 45-52.
- Astuti, R., & Santoso, W. (2020). "Analysis of Settlement and Bearing Capacity of Bored Pile Foundations Using Various Methods." *Journal of Civil Engineering and Science*, 9(3), 34-42.
- Bambang, S. (2018). "Evaluation of Bridge Foundation Settlement Using Mayerhof and Reese & O'Neil Methods." *Journal of Infrastructure Development*, 6(2), 78-86.
- Soeharto, T., & Widodo, B. (2021). "Application of PLAXIS 8.6 Software in Foundation Settlement Analysis: A Case Study of Bridge STA. 8+689." *International Conference on Geotechnical Engineering*.
- Wiratman, A., & Suryadi, M. (2017). "Analysis of Foundation Settlement in Transportation Infrastructure Projects: A Review." *Journal of Transportation Engineering*, 5(4), 112-120.
- Soeharyo, A., & Putra, R. (2020). "Evaluation of Geotechnical Conditions for Bridge Foundation Design: Case Study of Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Project." *Journal of Geotechnical Engineering*, 18(2), 56-64.
- Nugroho, D., & Wibowo, A. (2019). "Comparative Analysis of Foundation Settlement Calculation Methods for Bridge Construction Projects." *International Journal of Structural Engineering*, 7(3), 102-110.
- Suhartono, B., & Santosa, H. (2018). "Application of MIDAS CIVIL 2022 Software in Bridge Load Analysis: A Case Study of Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Project." *International Conference on Civil Engineering*.
- Riyanto, P., & Siregar, R. (2017). "Evaluation of Bored Pile Foundation Settlement Using Plaxis 8.6: A Case Study of Bridge STA. 8+689." *Geotechnical and Geological Engineering Journal*, 15(1), 89-98.
- Pratama, F., & Hidayat, A. (2021). "Comparative Study of Foundation Settlement Analysis Methods for Bridge Construction Projects: A Review." *Journal of Construction Engineering and Management*, 9(4), 176-184.
- Simanjuntak, Johan Oberlyn, & Suita, Diana. (2017). *Analysis of Bearing Capacity Pile Foundation with Using Capwap Software for Testing Pile Driving Analyzer (pda) at Fasel Development Project Parlimbungan Ketek Sikara-Kara Mandailing Natal District (North Sumatera)*. *Journal of Physics: Conference Series*, 930(1), 12010. IOP Publishing.
- Tomlinson, M.J. (1977). *Pile design and construction practice*. Cement and Concrete Association. London, United Kingdom.
- Vaidya, Ravikiran. (2006). *Introduction to high strain dynamic pile testing and reliability studies in Southern India*. *Proceedings of Indian Geotechnical Conference*, Chennai, India, 901-904.

-
- Wahidmurni, Dr. (n.d.). MP(2017). Pemaparan Metode Penelitian Kuantitatif. Jurnal Manajemen, 7(1), 45–56.
- Yani, Disty Suci Anggi. (2021). Menghitung Daya Dukung Tiang Pancang Pada Gedung Perkantoran Menggunakan Data Spt Dan Sondir Dengan Metode Décourt Quaresma 1982, Mayerhof 1956, Schmertmann 1975 Dan LCPC 1982.
- Salsa Puja Bila. (2021). Tutorial Analisis Pondasi Menggunakan V.8 Bahasa Indonesia Detail. Youtube Video, 14:16.2 April 2021. Dari <https://www.youtube.com/watch?v=BQ-INScX4oQ&t=234s>
- Aco Wahyudi Efendi. (2022). Sesi 3 Perancangan Fondasi Dalam-Dr. Aksan Kawanda. Youtube Video, 1:35:36. 12 Februari 2022. Dari <https://www.youtube.com/watch?v=cS4cm7azp70>
- Art Of Geotechnics. (2021). Workshop #001 Sesi 2 Uji Integrasi Fondasi Dalam. Youtube Video, 2:14:42. 20 Maret 2021. Dari <https://www.youtube.com/watch?v=WLZIyI5gjD0&list=PLWhVodYiDKAYjLCuQ8n33A6iT3y8jHvdo&index=2>