

ANALISIS KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI BORE PILE DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALITIS SPT DAN BANTUAN PROGRAM SOFTWARE PLAXIS. (STUDI KASUS JEMBATAN TIMAN MOLANG TULUNGAGUNG)

Randi Doohan¹, Warsito² dan Azizah Rokhmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : 21801051156@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : warsito@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail : azizah.rachmawati@unisma.ac.id

ABSTRACT

A bridge is a structure that allows a road to cross a river/water channel, valley or cross another road that does not have the same surface height. Bore Pile Foundation is the right choice for the construction of the Timan Molang Tulungagung Bridge. In the Timan Molang Tulungagung Bridge Construction Project, it was carried out to find the axial bearing capacity value of the bore pile foundation planning based on SPT data using the Reese & Wright Method and also with the help of Plaxis Software. The bearing capacity of the bore pile foundation group using the Converse - Labarre method, the Los Angeles Group method, and the Seiler - Keeney method, calculating the elastic settlement of the bore pile using the empirical method and also with Plaxis Software. Calculation using SPT data using the Reese & Wright method is 827.7341 tons at a depth of 33.45 m. Calculation of Q_u bore pile with Plaxis Software is 1180.601 tons at a depth of 36 m. The results of the bore pile settlement obtained using the Elastic Settlement Method = 18.34 mm and with Plaxis Software = 18.84 mm. The safety factor obtained from the Plaxis Software output is $\Sigma - Msf = 1.7273$ with the statement that control over the building is good. There are differences in bearing capacity and settlement with several methods used. This can be caused by differences in soil type, depth reviewed, testing method, safety factors and differences in parameters used in calculations.

Keywords: *Bearing Capacity, SPT, Plaxis, Elastic Settlement, Safety Factor*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya [1].

Meningkatnya mobilitas penduduk sejalan dengan pertumbuhan dan perkembangan wilayah pemukiman dan industri di Provinsi Jawa Timur menyebabkan semakin meningkatnya kebutuhan akan penyediaan sarana dan prasarana transportasi yang mencukupi [3]. Jembatan Timan Molang ini terletak di Jalur Lintas Selatan (JLS) yang menjadi penghubung antara kabupaten Blitar

dan Kabupaten Tulungagung. Dengan adanya pembangunan jembatan ini dapat dijadikan jalur alternatif. Didukung juga dengan sektor wisata dan kekayaan hasil lautnya pada wilayah khususnya Kab. Trenggalek – Kab Tulungagung yang membutuhkan sarana transportasi yang memadai untuk akses wisata maupun pendistribusian hasil laut daerah tersebut, kebijakan pembangunan Provinsi Jawa Timur diarahkan ke wilayah selatan melalui Program Pengembangan Kawasan Selatan Jawa Timur sebagai program prioritas yang diawali dengan pembangunan jalan Jalur Lintas Selatan (JLS) Jawa Timur melalui 8 (delapan) Kabupaten yaitu Kabupaten Pacitan,

Trenggalek, Tulungagung, Blitar, Malang, Lumajang, Jember, dan Banyuwangi [4].

Pondasi adalah suatu konstruksi pada bagian dasar struktur / bangunan yang berfungsi meneruskan beban dari bagian atas struktur / bangunan (*Upper Structure*) ke lapisan tanah di bawahnya [2].

Pondasi didalam Teknik Sipil digunakan untuk mendefinisikan suatu konstruksi atau bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan di atasnya dan meneruskan beban bangunan di atas ke lapisan tanah yang cukup daya dukungnya. Dalam merencanakan suatu pondasi, beban yang diterima oleh pondasi tersebut tidak boleh lebih besar dari pada kapasitas daya dukung tanahnya."

Pondasi tiang dapat dibagi menjadi 3 (tiga) kategori sebagai berikut : Tiang perpindahan besar (*large displacement pile*) yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup yang dipancang ke dalam tanah sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relatif besar. Kedua yaitu tiang perpindahan kecil (*small displacement pile*) yaitu tiang dengan kategori pertama hanya volume tanah yang dipindahkan saat pemancangan relatif kecil, contohnya : tiang beton berlubang dengan ujung terbuka, tiang baja bulat ujung terbuka, tiang ulir dan terakhir adalah Tiang Tanpa Perpindahan (*non displacement pile*) merupakan tiang yang terdiri dari tiang yang dipasang di dalam tanah dengan cara menggali atau mengebor tanah. Termasuk dalam tiang tanpa perpindahan adalah *bore pile*, yaitu tiang beton yang pengecorannya langsung di dalam lubang hasil pengeboran tanah (pipa baja diletakkan di dalam lubang dan dicor beton [5].

"Pondasi *bore pile* sebagai pilihan jenis pondasi dalam pembangunan jembatan Timan Molang Tulungagung ini menjadi pilihan yang tepat. Pondasi *bore pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya, baru kemudian diisi dengan tulangan dan dicor dengan beton. Lokasi proyek jembatan ini berada di Tulungagung. Jembatan tersebut merupakan akses jalur lintas selatan. Jembatan Timan ini direncanakan sepanjang 30 meter, dengan 2 abutment. Jembatan Timan memiliki

lebar lantai kendaraan 7 meter dimana terdiri dari 2 jalur dan lantai trotoar yang berada pada sisi kanan dan kiri jembatan.

1.2. Identifikasi Masalah

Dengan adanya latar belakang di atas, dapat ditarik beberapa identifikasi masalah diantaranya :

1. Metode yang digunakan untuk menganalisis *bore pile* menggunakan model *axi – simetri* pada program *Plaxis*.
2. Pondasi yang digunakan menggunakan *bore pile*.
3. Perhitungan yang dilakukan dengan *Plaxis* dibandingkan dengan perhitungan yang dilakukan secara empiris.
4. Menghitung faktor aman (*safety factor*) yang didapat dari hasil analisis pada program *Plaxis*.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah daya dukung pondasi *bore pile* pada jembatan Timan Molang Tulungagung, sebagai berikut :

1. Berapa besarnya daya dukung *pondasi bore pile* dengan menggunakan metode *Reese & Wright* dengan data SPT dan menggunakan model *axi – simetri* pada program *Plaxis*?
2. Berapa nilai efisiensi pada kelompok *bore pile*?
3. Berapa besar penurunan elastis yang terjadi pada pondasi *bore pile*?
4. Berapa nilai faktor aman (*safety factor*) pada program *Plaxis*?

1.4 Batasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup pembahasan dalam Tugas Akhir ini dan mempermudah penulis dalam menganalisis maka dibuat batasan – batasan sebagai berikut :

1. Tidak melakukan analisis biaya
2. Analisis dan pemodelan perkuatan tanah dengan Program *Plaxis 2D* menggunakan *Plaxis 8.6*.
3. Tidak melakukan analisis akibat gempa
4. Tidak menghitung beban kerja pada Pondasi

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menghitung dan membandingkan hasil perhitungan daya dukung *ultimate* pondasi *bore pile* berdasarkan data SPT dan model *axi – simetri* pada program *Plaxis*.
2. Menentukan besar kapasitas daya dukung pondasi *bore pile*.
3. Menentukan besar penurunan elastis yang terjadi pada pondasi *bore pile*.
4. menghitung faktor aman yang didapat dari hasil analisis pada program *Plaxis*.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini antara lain :

1. Memberikan ilmu mengenai podasi khususnya pondasi *bore pile* dalam pencarian daya dukung menggunakan metode empiris dan bantuan program *Plaxis*.
2. Sebagai bahan referensi tambahan bagi pihak lain dan ataupun mahasiswa yang akan membahas Tugas Akhir yang sama.
3. Pihak – pihak yang membutuhkan informasi dan mempelajari hal terkait yang dibahas dalam laporan Tugas Akhir.

1.7 Lingkup Pembahasan

Sesuai dengan judul skripsi di atas, maka lingkup pembahasannya meliputi :

1. Perhitungan Kapasitas Daya Dukung *Ultimate* Pondasi *Bore Pile* berdasarkan Data SPT
 - Pada tanah Non – kohesif
 - Pada tanah kohesif
2. Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Aksial Kelompok Tiang
 - Perhitungan dengan metode *Converse – Labarre*.
 - Perhitungan dengan metode *Los Angeles Group*.
 - Perhitungan dengan metode *Seiler – Keeney*.
3. Daya Dukung dan Perhitungan Bore Pile dengan program *Plaxis*.
4. Penurunan elastis yang terjadi dengan *Plaxis*

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pondasi ialah bagian dari sistem rekayasa yang menopang beban di atasnya dan meneruskan beban yang ditopang ke dalam tanah dan bantuan yang terletak di bawahnya.

Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar

apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang berangkutan [6].

Dalam menentukan perencanaan pondasi suatu bangunan ada beberapa hal yang perlu di perhatikan, yaitu :

1. Daya dukung pondasi yang direncanakan harus lebih besar daripada beban yang bekerja pada pondasi tersebut baik beban statik maupun beban dinamikanya.
2. Penurunan yang terjadi akibat pembebanan tidak boleh melebihi penurunan yang diijinkan.

Banyak faktor dalam pemilihan jenis pondasi, faktor tersebut antara lain beban yang direncanakan bekerja, jenis lapisan tanah dan faktor non – teknis seperti biaya konstruksi, waktu pengerjaan, dan lain – lain. Pemilihan jenis pondasi yang digunakan sangat berpengaruh kepada keamanan struktur yang berada di atasnya.

Jenis pondasi yang dipilih harus mampu menjamin kedudukan struktur terhadap semua gaya yang bekerja. Selain itu tanah pendukungnya harus mempunyai kapasitas dukung yang cukup untuk memikul beban yang bekerja sehingga tidak terjadi keruntuhan. Oleh karena itu peran pondasi untuk menopang bangunan di atasnya harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban – beban yang bekerja, gaya luar seperti angin, gempa bumi dan lain sebagainya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

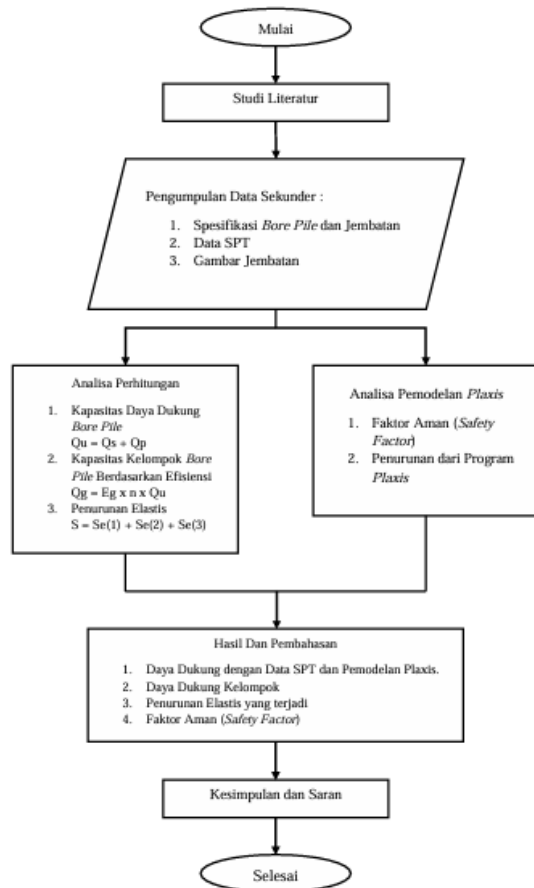
3.1 Lokasi Penelitian

Jembatan Timan Molang – Tulungagung .



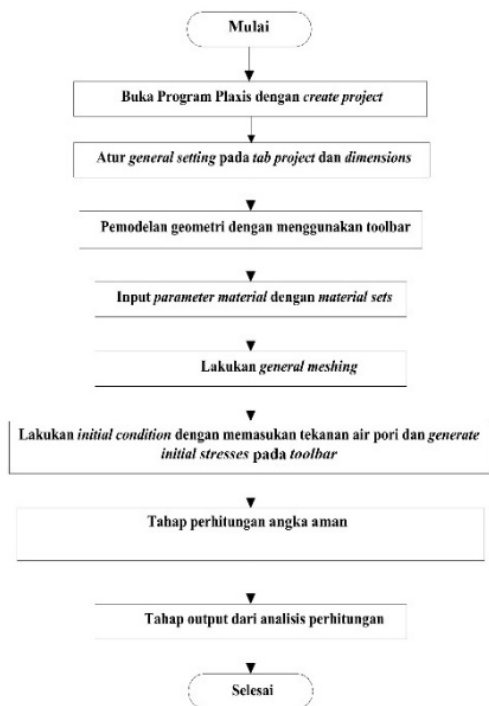
Gambar 1. Lokasi Proyek Jembatan
Sumber : Google Maps

3.2 Bagan Alir Penelitian & Software Plaxis



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

Sumber: Penulis, 2025



Gambar 3. Bagan Alir Software Plaxis

Sumber : Penulis, 2025

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Jembatan

1. Jenis Konstruksi : Beton Pracetak, Balok Girder Prategang
2. Panjang Bentang : 30 m
3. Lebar Jembatan : 11 m
4. Jumlah Girder : 5
5. Lebar Perkerasan : 7 m
6. Tebal Perkerasan : 0,1 m
7. Tebal Pelat Lantai : 0,1 m
8. Tebal Trotoar : 0,2 m
9. Lebar Trotoar : 1,4 m
10. Berat Jenis (Beton) : 25 kN/m³
11. Tebal Air Hujan : 0,05 m
12. Berat sendiri hujan : 10 kN/m³

4.2. Pembebanan

4.2.1. Beban yang bekerja :

A. Beban Mati

• Beban Struktur Atas

Girder = 6 x 25 x 30 = 4500 kN

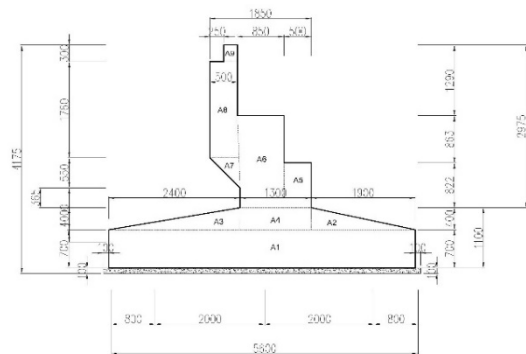
Slab = 0,25 x 4 x 25 x 30 = 750 kN

Trotoar dan dinding pagar tepi
= 0,2 x 1,4 x 25 x 30 = 210 kN

W_{DL} = 5460 kN

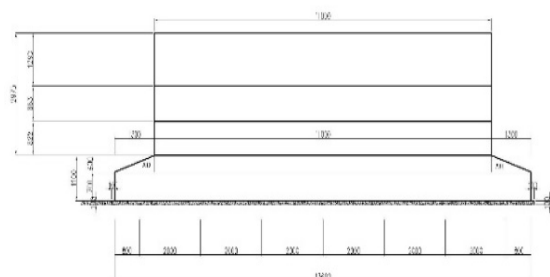
Beban pada *abutment* akibat Beban struktur atas (P_{DL1}) = 0,5 x 5430 = 2730 kN

• Beban Stuktur Bawah



Gambar 4 Abutment

Sumber : Penulis, 2025



Gambar 5 Abutment

Sumber : Penulis

Tabel 1 Beban Abutment

Area		P (m)	L/A (m)	T (m)	Volume (m³)
A1		13,6	5,6	0,7	53,312
A2	0,5	11	0,4	1,9	4,18
A3	0,5	11	0,4	2,4	5,28
A4		11	0,4	1,3	5,72
A5		11	0,5	0,822	4,521
A6		11	0,850	1,685	15,75475
A7	0,5	11	0,5	0,55	1,5125
A8		11	0,5	1,760	9,68
A9		11	0,25	0,3	0,825
A10	0,5	5,6	1,3	0,4	1,456
A11	0,5	5,6	1,3	0,4	1,456
Volume Total					103,81725

Beban sendiri abutment

$$P_{DL2} = V_{total} \times \text{Berat Jenis Beton}$$

$$= 103,81725 \times 25$$

$$= 2595,43125 \text{ kN} = 2596 \text{ kN}$$

$$P_{DL} = P_{DL1} + P_{DL2}$$

$$= 2730 + 2596$$

$$= 5326 \text{ kN}$$

B. Beban Mati Tambahan

$$\text{Aspal + Overlay} = 0,1 \times 7 \times 30 \times 1 \times 22$$

$$= 462 \text{ kN}$$

$$\text{Air Hujan} = 0,05 \times 7 \times 30 \times 1 \times 10$$

$$= 105 \text{ kN}$$

$$W_{SDL} = 567 \text{ kN}$$

Beban pada *abutment* akibat Beban Mati Tambahan

$$(P_{SDL}) = 0,5 \times 567 = 283,5 \text{ kN}$$

C. Beban Hidup

$$\text{Panjang Bentang (L)} = 30 \text{ m}$$

$$\text{Intensitas UDL (q)} = 8 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Intensitas KEL (p)} = 49 \text{ kN/m}$$

$$\text{Intensitas FBD} = 0,4$$

$$w = 2,75 \text{ m}$$

$$\text{Panjang lengan (b1)} = L/2 = 15 \text{ m}$$

$$\text{Beban UDL} = 8 \times 2,75$$

$$= 22 \text{ kN/m}$$

Faktor Beban Dinamis (FBD) untuk KEL

$$\text{FBD untuk KEL} = (1 + \text{FBD}) \times p$$

$$= (1 + 0,4) \times 49$$

$$= 68,6 \text{ kN/m}$$

$$\text{FDB untuk UDL} = (1 + \text{FBD}) \times q$$

$$= (1 + 0,4) \times 22$$

$$= 30,8 \text{ kN/m}$$

$$\text{UDL} = 30,8 \times L$$

$$= 30,8 \times 30$$

$$= 924 \text{ kN}$$

$$\text{KEL} = 68,6 \times b1$$

$$= 68,6 \times 15$$

$$= 1029 \text{ kN}$$

$$\text{Beban Lajur (W}_{TD}) = 924 + 1029 = 1953 \text{ kN}$$

Beban Lajur pada *abutment* (P_{TD})

$$= 0,5 \times W_{TD}$$

$$= 0,5 \times 1953$$

$$= 976,5 \text{ kN}$$

$$\text{Panjang lengan (b2)} = 1,4 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah (n)} = 2$$

$$\text{Luas Bidang (A)} = 30 \times 1,4 = 42 \text{ m}^2$$

$$\text{Beban merata pedestrian (q)} = 5 \text{ kN/m}^2$$

- Beban Pejalan Kaki = $0,5 \times (42 \times 5 \times 2)$
- $= 210 \text{ kN}$

- Beban pada *abutment* akibat Beban Hidup

- $(P_{LL}) = 976,5 + 210 \text{ kN} = 1186,5 \text{ kN}$

D. Total Beban

$$P_{Total} = P_{DL} + P_{SDL} + P_{LL}$$

$$= 5326 + 283,5 + 1186,5$$

$$= 6769 \text{ kN} = 676,9 \text{ ton.}$$

4.2.2. Daya Dukung Bore Pile dari data SPT

Detail perhitungan dapat dilihat pada **Tabel 2** berikut

Tabel 2 Perhitungan Daya Dukung Bore Pile

Depth (m)	Soil Description	Soil Layer	N	α	Cu	Skin Friction (ton)		End Bearing (ton)	Q ultimate (ton)	Q all (ton)
					(ton/m²)	Local	Cumm			
0	Lempung	1	0	0,55	0	0	0	0	0	0
1,95	Lempung Berpasir	2	4	0,55	2,6667	13,2634	13,2634	12,0576	25,3210	12,6605
3,45	Lempung Berpasir	2	7	0,55	4,6667	23,2109	36,4742	21,1008	57,5750	28,7875
6,45	Lempung Berpasir	3	3	0,55	2	9,9475	46,4218	9,0432	55,4650	27,7325
7,95	Lempung	3	10	0,55	6,6667	33,1584	79,5802	30,1440	109,7242	54,8621
9,45	Lempung	3	10	0,55	6,6667	33,1584	112,7386	30,1440	142,8826	71,4413
10,95	Pasir Berlempung	4	1		0,6667	2,8938	115,6324	0,3517	115,9841	57,9920
13,95	Pasir Berlempung	4	6		4	17,3629	132,9953	2,1101	135,1054	67,5527
15,45	Pasir Berlempung	4	3		2	8,6815	141,6768	1,0550	142,7318	71,3659
16,95	Pasir Berlempung	4	4		2,6667	11,5753	153,2521	1,4067	154,6588	77,3294
19,95	Pasir Berlempung	4	5		3,3333	14,4691	167,7212	1,7584	169,4796	84,7398
21,45	Pasir Berlempung	4	7		4,6667	20,2568	187,9780	2,4618	190,4397	95,2199
22,95	Pasir Kasar Berkerikil	5	17		11,3333	49,1950	237,1730	5,9786	243,1516	121,5758
25,95	Pasir Kasar Berkerikil	5	32		21,3333	92,6024	329,7754	11,2538	341,0291	170,5146
27,45	Pasir Kasar Berkerikil	5	16		10,6667	46,3012	376,0765	5,6269	381,7034	190,8517
28,95	Pasir Kasar Berkerikil	5	50		33,3333	144,6912	520,7677	17,5840	538,3517	269,1759
31,95	Pasir Kasar Berkerikil	5	50		33,3333	144,6912	665,4589	17,5840	683,0429	341,5215
33,45	Pasir Kasar Berkerikil	5	50		33,3333	144,6912	810,1501	17,5840	827,7341	413,8671

Perhitungan menggunakan metode *Reese & Wright*

1. Diameter bore pile (D) = 80cm = 0,8m
2. Keliling Bore Pile (P) = $\pi \times d$
= $3,14 \times 0,8$
= 2,512 m
3. Luas Bore Pile (Ap) = $\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
= $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,8^2$
= 0,5024 m²

4. Tebal Lapisan tanah yang bergesekan (L) = 3,6 m (10% dari panjang pondasi)

A. Tanah kohesif (kedalaman 1,95 m)

1. Cu = $\frac{2}{3} \times N.SPT \times 10$
= $\frac{2}{3} \times 4 \times 10$
= 26,667 kN/m²
= 2,6667 t/m²
2. qp = 9 x Cu
= 9 x 2,6667
= 24 t/m²
3. Qp = qp x Ap
= 24 t/m² x 0,5024 m²
= 12,0576 ton
4. α = 0,55 (Anonim, 2016)
5. fs = $\alpha \times Cu$
= 0,55 x 2,6667 t/m²
= 1,4667 t/m²
6. Qs = fs x L x P
= 1,4667 t/m² x 3,6 m x 2,512 m
= 13,2634 ton
7. Q_{ultimate} = Qs (cumm) + Qp
= 13,2634 + 12,576
= 25,8394 ton
8. Q_{all} = Q_{ultimate}/faktor aman
= 25,8394 ton / 2
= 12,9197 ton

B. Untuk non – kohesif (kedalaman 10,95 m)

1. qp = $(7/10) \times N.SPT$
= $(7/10) \times 1$
= 0,7 ton/m²
2. Qp = qp x Ap
= 0,7 x 0,5024
= 0,3517 ton
3. fs = 0,32 x N.SPT
= 0,32 x 1
= 0,32 t/m²
4. Qs (local) = fs x L x P
= 0,32 x 3,6 x 2,512
= 2,8938
5. Qs = Qs (cumm) + Qs (local)
= 112,7386 + 2,8938

$$= 115,6324 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} 6. \quad Q_{ultimate} &= Q_s (\text{cumm}) + Q_p \\ &= 115,6324 + 0,3517 \\ &= 115,9841 \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 7. \quad Q_{all} &= Q_{ultimate} / \text{faktor aman} \\ &= 115,9841 / 2 \\ &= 57,9920 \text{ ton.} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan metode *Reese & Wright* didapat :

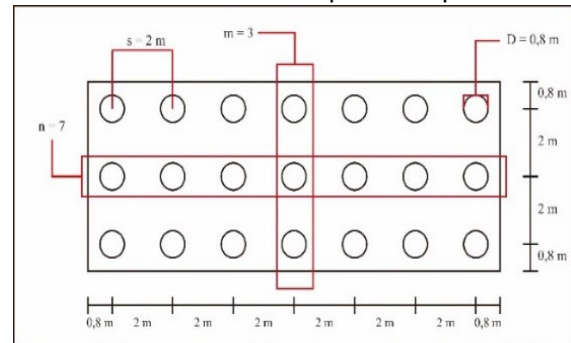
Daya Dukung = 827,7341 ton

Tahanan Friksi = 810,1501 ton

Tahanan Ujung = 17,5840 ton+

4.3. Daya Dukung Aksial Kelompok Tiang

Sketsa struktur kelompok bore pile



Gambar 6 Sketsa konfigurasi kelompok tiang

Sumber : penulis, 2025

4.3.1. Metode Yang Digunakan

1. Metode *Converse – Labarre*.

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \\ E_g &= 1 - \left(\text{arc tg } \frac{80}{200} \right) \times \frac{(7-1)3 + (3-1)7}{90 \cdot 3 \cdot 7} \\ E_g &= 0,631 = 63,1\% \end{aligned}$$

2. Metode *Los Angeles Group*.

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} [(m(n-1) + (m-1) + \sqrt{2(n-1)(m-1)})] \\ E_g &= 1 - \frac{80}{\pi \cdot 200 \cdot 3 \cdot 7} [3(7-1) + 7(3-1) + \sqrt{2(7-1)(3-1)}] \\ E_g &= 0,781 = 78,1\% \end{aligned}$$

3. Metode *Seiler – Keeney*.

$$\begin{aligned} E_g &= \left\{ 1 - \left[\frac{11s}{7(s^2-1)} \right] \left[\frac{m+n-2}{m+n-1} \right] \right\} + \frac{0,3}{m \cdot n} \\ E_g &= \left\{ 1 - \left[\frac{11 \cdot 200}{7(200^2-1)} \right] \left[\frac{3+7-2}{3+7-1} \right] \right\} + \frac{0,3}{3 \times 7} \\ E_g &= 0,965 = 96,5\% \end{aligned}$$

Maka kapasitas daya dukung *ultimate* kelompok tiang :

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \times n \times Q_a \\ Q_g &= 0,631 \times 21 \times 827,7341 \\ Q_g &= 10968,3046 \text{ ton.} \end{aligned}$$

4.4. Analisa Daya Dukung Dengan *Plaxis*.

4.4.1. Data dan Material

Detail Parameter Tanah dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut

Tabel 3 Parameter Tanah Untuk Proghram *Plaxis*.

No	Depth (m)	Jenis Tanah dan Konsistensi Tanah	Tebal Lapisan	N.SPT	γ_{Sat} (kN/m ³)	γ_{Unsat} (kN/m ³)	K _x (m/day)	K _y (m/day)	E _s (kN/m ²)	E _{s'} (kN/m ²)	ν	c	ϕ
1	0 s/d -22	Lempung (<i>Soft</i>)	22	4	16,7	11,2	$8,64 \times 10^{-4}$	$8,64 \times 10^{-4}$	10580	8464	0,20	26,7	14
		Clay											
2	-22 s/d -37	Lempung (<i>medium</i>)	14	14	17,3	11,6	$8,64 \times 10^{-4}$	$8,64 \times 10^{-4}$	5500	4400	0,20	16,7	10
		Clay											
3	-37 s/d -41	Lempung (<i>hard</i>)	4	50	20	15,9	$8,64 \times 10^{-4}$	$8,64 \times 10^{-4}$	13800	11040	0,20	66,7	25
		Clay											

Data Tiang

Diameter (D) = 0,80 m

Panjang = 36 m

Mutu Beton (f'_c) = K350 = 29,050 Mpa

- $A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
 $= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,8^2$
 $= 0,5024 \text{ m}^2$
- $E = 4700 \sqrt{f'_c}$
 $= 4700 \sqrt{29,050}$
 $= 253320844 \text{ Mpa}$
 $= 25332084,4 \text{ kN/m}^2$
- $I = \frac{1}{64} \times \pi \times d^4$
 $= \frac{1}{64} \times 3,14 \times 0,8^4$
 $= 0,0201 \text{ m}^4$
- $EA = E \times A$
 $= 25332084,4 \times 0,5024$
 $= 12726839,2 \text{ kN}$
- $EI = E \times I$
 $= 25332084,4 \times 0,0201$
 $= 5091748964 \text{ kNm}^2$

Data Parameter Tanah

- Lapisan 1
 - Modulus Elastisitas Efektif

$$E_s' = \frac{E_s(1+\nu)}{1,50}$$

$$= \frac{10580(1+0,20)}{1,50}$$

$$= 8464 \text{ kN/m}^2$$
- Lapisan 2
 - Modulus Elastisitas Efektif

$$E_s' = \frac{E_s(1+\nu)}{1,50}$$

$$= \frac{5500(1+0,20)}{1,50}$$

$$= 4400 \text{ kN/m}^2$$
- Lapisan 3
 - Modulus Elastisitas Efektif

$$E_s' = \frac{E_s(1+\nu)}{1,50}$$

$$= \frac{13800(1+0,20)}{1,50}$$

$$= 11040 \text{ kN/m}$$

4.4.2. Proses *Input Data dan Material*

- Atur parameter dasar pada tab pengaturan global.
- Buat lapisan tanah sesuai data *bore log*.
- Gambar dinding diafragma sebagai tiang menggunakan tombol pelat, lalu gunakan *interface* untuk memisahkan elemen tiang dan tanah.
- Gambarkan beban, sistem "beban – A" terpusat kemudian *input* nilai bebannya.
- Klik tombol jepit (*standard fixities*) akan terbentuk jepit penuh pada bagian dasar dan jepit rol pada sisi vertikalnya.
- Masukkan data tiang dan parameter tanah pada ikon material set.
- Klik *Mesh Generation* lalu *update*. Klik *initial condition* muka air tanah.
- Klik *phreatic level* dan atur letak muka air tanah. Klik *Generate Water Pressure* kemudian *update*.
- Klik *Generate Initial Procedure*, klik *Generate Initial Stresses* lalu *update*.

4.4.3. Analisis Perhitungan

- Phase* pemasangan pondasi.
- Phase* pembebanan pondasi.
- Phase* faktor aman (*safety factor*)

4.4.4. Output Analisis

Berdasarkan hasil analisis *Software Plaxis* didapat hasil factor aman (*Safety factor*) $\Sigma - \text{Msf}$.

Umum	Parameter	Bengali	Tampilan
Tampilan: ☒ Nilai masukan ☐ Nilai yang dicapai			
Peningkatan faktor pengali: Mdisp: 0,0000 MloadA: 0,0000 MloadB: 0,0000 Mweight: 0,0000 Maccel: 0,0000 Msf: 0,1000		Faktor pengali total: Σ -Mdisp: 1,0000 Σ -MloadA: -6796,0000 Σ -MloadB: 1,0000 Σ -Mweight: 1,0000 Σ -Maccel: 0,0000 Σ -Msf: 1,7372	

Gambar 7. Safety Factor
Sumber : Penulis, 2025

Didapat *safety factor* $\Sigma - Msf$ sebesar 1,7273.

$$\begin{aligned} Q_u &= \Sigma - Msf \times P_{Total} \\ &= 1,7372 \times 679,6 \text{ ton} \\ &= 1180,601 \text{ Ton} \end{aligned}$$

4.5. Diskusi

4.5.1. Hasil Daya Dukung Bore Pile

$$SPT = 827,7341 \text{ Ton}$$

$$Plaxis = 1180,601 \text{ Ton}$$

4.5.2. Penurunan Analitis

$$Q_{wp} = 17,5840 \text{ ton} = 175,840 \text{ kN}$$

$$Q_{ws} = 810,1501 \text{ ton} = 8101,501 \text{ kN}$$

$$A_p = 0,5024 \text{ m}^2$$

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

$$L = 36 \text{ m}$$

$$E = 25332084,4 \text{ kN/m}^2$$

$$\xi = 0,5$$

$$E_s = 11040 \text{ kN/m}^2$$

$$C_p = 0,06$$

$$C_s = (0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{L}{D}}) C_p$$

$$\begin{aligned} C_s &= (0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{36}{0,8}}) 0,06 \\ &= 0,1202 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Se(1) &= \frac{(Q_{wp} + \xi Q_{ws})L}{A_p E} \\ &= \frac{(175,840 + (0,5 \times 8101,501))36}{0,5024 \times 25332084,4} \\ &= 0,0147 \text{ m} \end{aligned}$$

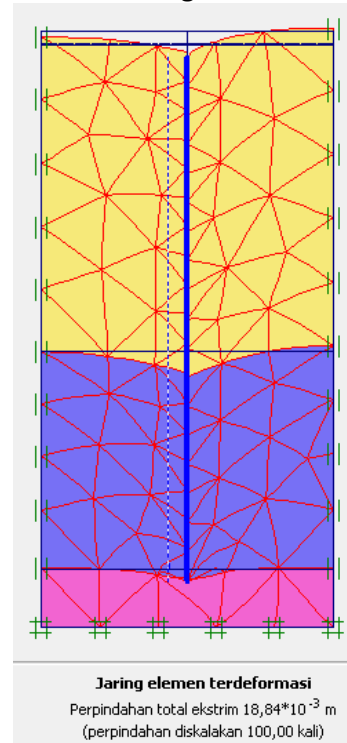
$$\begin{aligned} Se(2) &= \frac{Q_{wp} C_p}{D E_s} \\ &= \frac{175,840 \times 0,06}{0,8 \times 11040} \\ &= 0,00119 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Se(3) &= \frac{Q_{ws} C_s}{L E_s} \\ &= \frac{8101,501 \times 0,1202}{36 \times 11040} \\ &= 0,00245 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi total penurunan elastis

$$\begin{aligned} S &= Se(1) + Se(2) + Se(3) \\ &= 0,0147 + 0,00119 + 0,00245 \\ &= 0,01834 \text{ m} \\ &= 18,34 \text{ mm} \end{aligned}$$

4.5.3. Penurunan Program *Plaxis*.



Gambar 8. Penurunan Program *Plaxis*.

Sumber : Penulis, 2025

Penurunan yang terjadi dari analisis pada program *Plaxis* didapat nilai $18,84 \times 10^{-3} \text{ m}$ atau sama dengan 18,84 mm

Batas toleransi penurunan secara umum berkisar antara 40 mm – 100 mm. Hasil penurunan secara analitis empiris dan analisis program *Plaxis* dikatakan memenuhi syarat.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan pada Proyek Jembatan Timan Molang - Tulungagung dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Daya dukung ultimit pondasi *bore pile* diameter 0,8 m panjang 36 m dengan data SPT didapat $Q_u = 827,7341 \text{ ton}$, sedangkan dengan program *Plaxis* didapat $Q_u = 1180,601 \text{ ton}$.
2. Efisiensi kelompok tiang (E_g) berdasarkan Metode *Converse – Labarre* didapat sebesar 63,1%, Metode *Los Angeles Group* sebesar 78,1% dan Metode *Seiler – Keeney* sebesar 96,5%. Efisiensi kelompok tiang yang digunakan adalah sebesar 63,1% dan

didapat daya dukung kelompok tiang (Q_g) yaitu 10968,3046 ton.

3. Hasil perhitungan penurunan *bore pile* dengan metode analitis didapat penurunan sebesar 18,34 mm dan dengan program *Plaxis* didapat penurunan sebesar 18,84 mm.
4. Faktor aman yang didapat dari program *Plaxis* sebesar 1,7273, berdasarkan metode empiris nilai tersebut memiliki kontrol terhadap bangunan baik.

5.2 Saran

Masukan dan kritik dari penelitian ini sangat penting untuk perbaikan di masa yang akan datang. Berikut adalah beberapa saran untuk penelitian serupa :

1. Variasi Metode Analisis : Gunakan metode empiris yang lebih beragam untuk menganalisis daya dukung tiang. Ini akan memberikan hasil yang lebih bervariasi dan komprehensif.
2. Kelengkapan Data : Pastikan data yang digunakan lengkap. Data yang lengkap dan akurat sangat penting untuk membuat perhitungan dan analisis yang sesuai dengan standar yang berlaku.
3. Analisis Menggunakan Perangkat Lunak Yang Berbeda : Lakukan analisis menggunakan berbagai program komputer, seperti *Geo5*, *L – Pile*, *Geo Studio*, *Slope W*.

Perbandingan hasil dari berbagai program ini akan memberikan validasi yang lebih kuat terhadap temuan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adryana, V. N., Warsito, W., Suprpto, B. "Studi Perencanaan Struktur jembatan Rangka Baja Pada Jembatan Ake Toduku Halmahera Barat". J. Rekayasa Sipil E-J., Vol. 6, No. 2, Pp. 208 – 215. 2019
- [2] Pratama, A. R., Warsito, W., Rokhmawati, A. "Studi Alternatif Perencanaan Struktur Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Pada Pembangunan Gedung Kantor Wilayah BRI Malang". J. Rekayasa Sipil E-J, Vol. 12, No 1, Pp. 1 – 11. 2022
- [3] Saleh, M., Suprpto, B., & Rachmawati, A. "Studi Peningkatan Lapis Tambah Perkerasan Pada Ruas Jalan Pacitan Ponorogo (STA 0+ 000 10+ 100)". J. Rekayasa Sipil E-J, Vol. 6, No. 2, Pp. 147-154. 2019
- [4] Fauzi, M., Rokhmawati, A., & Rahmawati, A. "STUDI PERENCANAAN GEOMETRIK DAN PERKERASAN LENTUR JALAN JALUR LINTAS SELATAN LOT 6 KARANGGONGSO NGLARAP (STA 0+ 000 STA 10+ 625) KAB. TRENGGALEK KAB. TULUNGAGUNG". J. Rekayasa Sipil E-J, Vol. 12, No. 2, Pp. 66-77. 2022
- [5] Hardiyatmo, H. C. "Teknik Fondasi 1", Edisi kedua jilid 2, Yogyakarta : Beta Offset. 2002
- [6] Das, Braja M., Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) 1, Jakarta: Erlangga 1995