ISSN 2962-2697
Vol. 3, No. 2, Februari 2024

Analisis perbandingan daya dukung dan penurunan pondasi tiang bor menggunakan metode analitis dan metode elemen hingga

Salman Mu'tasim Billah[1], Muhammad Rifqi Abdurrozak[1],*
[1]Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info
Available online

***Keywords*:**
Bored Pile
Foundation Bearing Capacity
PLAXIS 2D V.20

Corresponding Author:
Muhammad Rifqi Abdurrozak
135111101@staf.uii.ac.id

Abstract
The construction project of the Tasikmalaya North Ring Road Bridge (Ciloseh Bridge) is planned to use a bored pile foundation with a diameter of 1.5 m with a total of 18 poles in one group and a depth of 24 m. The purpose of this study is that researchers want to know the bearing capacity of the foundation and the decrease that occurs if using alternative diameters. Thus, the benefit of this study is that it can find out how to analyze the carrying capacity and lowering of the Bored Pile pile foundation.
The planning for the construction of the bored pile foundation will use an alternative diameter, which is 1.2 m with a pile depth of 24 m. The design of the bored pile foundation is carried out by static methods, namely the Meyerhoff and Reese & Wright methods based on the results of the SPT test. After the calculations have been completed, researchers validated using the PLAXIS 2D V.20 program.
The results of the analysis of the carrying capacity of the Meyerhoff method drill pile group with a diameter of 1.2 m were obtained at 197412.64 kN. While Reese & Wright obtained 200587.57 kN The result of lowering the pole group using theoretical methods on alternative diameters for the Meyerhoff method amounted to 0.043 m. For Reese & Wright it was 0.071 m. The results of re-checking using the PLAXIS 2D V.20 program obtained the result of the bearing capacity of the bored pile foundation and a greater decrease than the theoretical method. From the calculation of carrying capacity and reduction, it can be concluded that it is safe because it meets the existing requirements.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Tasikmalaya merupakan salah satu kota di Jawa Barat yang akan dilewati oleh jalan Tol Getaci yang merupakan bagian dari Tol Trans Jawa. Maka dari itu, akan dibangun sebuah jembatan dengan tipe balok/gelagar. Hal tersebut untuk akses *exit tol* agar tidak terjadi penumpukan kendaraan.

Pada proyek Jembatan Ciloseh, Penyelidikan tanah dilakukan 6 titik bor, yaitu titik BH01-BH02-BH03-BH04-BH05-BH06. Jenis pondasi tiang yang digunakan pada proyek ini adalah pondasi *Bored pile,* karena jembatan ini berada di lingkungan padat penduduk, sehingga tidak akan mengganggu aktivitas warga sekitar. Diameter pondasi *Bored pile* yang digunakan yaitu 1,5 m dengan mutu beton yang digunakan adalah f'c 30 Mpa dengan kedalaman tiang bor yang bervariasi.

Penelitian ini dilakukan karena penulis ingin menganalisis kapasitas dukung pondasi dan penurunan pondasi *bored pile* pada P4/BH-05 dengan cara memperhitungkan dengan menggunakan diamater tiang yang lebih kecil yaitu 1,2 m dengan kedalaman 24 m dan membandingkan hasil menggunakan metode analitis dan metode elemen hingga. Ada 2 (dua)

ISSN 2962-2697
Vol. 3, No. 2, Februari 2024

metode analitis yang akan digunakan untuk menganalisis kapasitas dukung pondasi, yaitu dengan metode *Mayerhoff* dan *Reese & Wright.* Dan setelah menganalisis menggunakan kedua metode tersebut akan dianalisis kembali menggunakan *softwere PLAXIS 2D V.20* sebagai pembanding hasil yang telah diperoleh.



Gambar 1 Lokasi Jembatan Ciloseh
(Sumber : *Google Earth*)

Metode Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan melewati beberapa tahapan yaitu sebagai berikut ini.

Tahap pertama yaitu mengumpulkan data dan studi literatur yang diperlukan dalam analisis yang akan dilakukan seperti data tanah, data gambar, penelitian-penelitian sebelumnya dan lainnya.

Yang kedua yaitu menganalisis dan mengolah data yang telah terkumpul. Analisis yang dilakukan menggunakan perhitungan manual yaitu dengan metode *Meyerhoff* dan *Reese & Wright,* sedangkan *PLAXIS 2D V.20* sebagai pembanding dari hasil perhitungan manual.

Tahap ketiga yaitu pembahasan dan penarikan kesimpulan. Pada tahap pembahasan dilakukan penjabaran dari analisis yang dilakukan. Sedangkan kesimpulan merupakan solusi yang telah terbukti efektif dalam menyelesaikan masalah yang muncul. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan beberapa kesimpulan dan memberikan saran untuk mencapai hasil yang optimal.

Landasan Teori

Kapasitas Daya Dukung

Ditinjau dari cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi 2 (dua) macam (Hardiyatmo, 2003) sebagai berikut.

1. Tiang dukungi ujung, juga dikenal sebagai end bearing pile, merujuk pada tiang yang kapasitas dukungnya bergantung pada tahanan yang dihasilkan di ujung tiang. Secara umum, tiang ini ditempatkan di wilayah tanah lunak yang terletak di atas lapisan tanah keras. Proses pemasangan tiang melibatkan penancapan atau pemboran hingga mencapai dasar batuan atau lapisan keras lain yang mampu menopang beban yang diantisipasi tanpa menyebabkan penurunan yang berlebihan. Kapasitas penuh dari tiang ini sepenuhnya ditentukan oleh kemampuan tahanan dukung yang berasal dari lapisan keras di bawah ujung tiang tersebut.
2. Tahanan geser, tiang pancang adalah tiang pancang/bor yang daya dukungnya ditentukan oleh tahanan geser antara dinding tiang dengan tanah disekitarnya.

Daya dukung tiang bor merupakan penjumlahan dari tahanan akhir dan tahanan penutup tiang (gesekan permukaan tiang dengan tanah). Rumus umum daya dukung pondasi tiang pancang adalah menurut Persamaan 1 dan Persamaan 2 dibawah ini.

$$Qu = Qp + Qs \quad (1)$$

$$Qa = \frac{Qu}{SF} \quad (2)$$

dengan,

Qu = kapasitas daya dukung ultimit tiang (kN),
Qp = tahanan ujung tiang (kN),
Qs = tahanan gesek tiang (kN),
Qa = kapasitas dukung ijin tiang (kN), dan
SF = koefisien *safety factor (3)*.

Kapasitas Daya Dukung Metode Meyerhoff

ISSN 2962-2697
Vol. 3, No. 2, Februari 2024

Rumus tahanan ujung untuk metode *Meyerhoff* menggunakana Persamaan 3 dibawah ini.

$$Qp = \frac{1}{3} \times 40 \times N' \times Ab \quad (3)$$

dengan,

Qp = tahanan ujung tiang (kN),
Nb' = nilai rata-rata N-SPT terkoreksi ujung tiang, dan
Ab = luas penampang tiang bor (m^2).

Rumuus tahanan gesek untuk metode *Meyerhoff* menggunakan Persamaan 4 dibawah ini.

$$Qs = 0{,}2 \times N' \times t \times k \quad (4)$$

dengan,

Qs = tahanan gesek tiang (kN),
N' = nilai rata-rata N-SPT sepanjang tiang,
t = tebal lapisan tanah (m), dan
k = keliling tiang bor (m).

Kapasitas Dukung Metode Reese & Wright

Kapasitas dukung ujung untuk tanah kohesif menurut metode *Reese & Wright* dapat menggunakan Persamaan 5 dibawah ini.

$$Qp = A \times qp \quad (5)$$

dengan,

Qp = tahanan ujung tiang (kN),
A = luas penampang tiang bor (m^2),
qp = tahanan ujung persatuan luas (kN/m^2).

Di tanah kohesif, nilai tahanan ujung per satuan luas dapat diestimasi sebagai 9 kali kuat geser tanah (9 x Cu).

Untuk rumus tahanan geser tiang menggunakan metode *Reese & Wright* dapat dilihat pada Persamaan 6 dibawah ini.

$$Qs = f \times L \times p \quad (6)$$

dengan,

Qs = tahanan gesek tiang (kN),
f = gesekan selimut tiang per satuan luas (kN/m^2),
L = panjang tiang bor (m), dan
p = keliling penampang tiang (m).

pada tanah kohesif nilai gesekan selimut per satuan luas dapat ditentukan dengan Persamaan 7 dibawah ini.

$$f = \alpha \; x \; Cu \quad (7)$$

dengan,

α = faktor adhesi (diambil 0,55), dan
Cu = kohesi tanah (kN/m^2).

Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

Sebelum memasuki perhitungan kapasitas dukung kelompok tiang, maka harus ditemtukan dulu jumlah tiangnya. Jumlah tiang dapat ditentukan dengan Persamaan 8 dibawah ini.

$$n = \frac{P}{Qa} \quad (8)$$

dengan,
n = jumlah tiang,
P = total beban (kN), dan
Qa = kapasitas dukung ijin tiang (kN).

Persamaan pendekatan untuk mengestimasi efisiensi tiang yang disarankan oleh "*Converse-Labarre Formula*" sebagai berikut (Listiawan, 2017).

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m+(m-1)n}{90 \times m \times n} \quad (9)$$

dengan,

Eg = efisensi kelompok tiang,
m = jumlah baris tiang,
n = jumlah tiang dalam satu baris,
Ɵ = tan-1 (d/s),
s = jarak ke pusat tiang (m), dan
d = diameter tiang (m).

Kapasita daya dukung ultimit dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 10 dibawah ini.

$$Qg = Eg \times n \times Qu \quad (10)$$

dengan,

Qg = kapasitas dukung kelompok tiang (kN),
Eg = efisiensi kelompok tiang,
n = jumlah tiang, dan
Qu = kapasitas dukung ultimit tiang (kN).

ISSN 2962-2697
Vol. 3, No. 2, Februari 2024

Penurunan Tiang

Penurunan total merupakan penjumlahan antara penurunan langsung dengan penurunan konsolidasi yang disajikan pada Persamaan 11 sebagai berikut.

$$S = Si + Sc \quad (11)$$

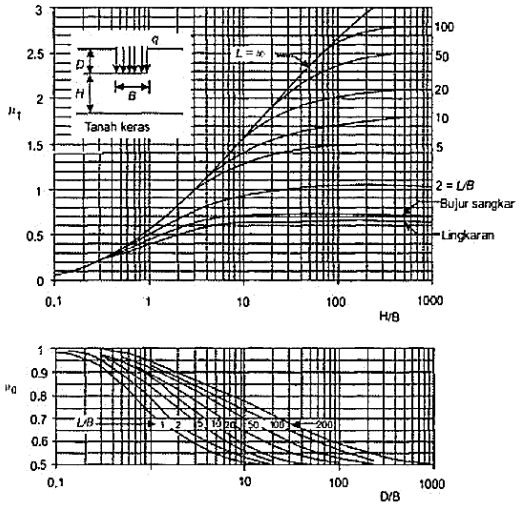
dengan,

S = penurunan total (m),
Si = penurunan segera (m), dan
Sc = penurunan konsolidasi (m).

Persamaan penurunan segera atau (Si) dapat ditentukan menggunakan Persamaan 12 dibawah ini.

$$Si = \frac{\mu i \times \mu o \times qn \times B}{E} \quad (12)$$

dengan,
μi = faktor koreksi lapisan tanah dengan tebal terbatas (Gambar 2),
μo = faktor koreksi untuk kedalaman pondasi Df (Gambar 9),
qn = tekanan netto pondasi (P/A),
B = lebar luasan kelompok tiang (m), dan
E = modulus elastisitas tanah (kN/m^2)



Gambar 2 Grafik Faktor Terkoreksi

Rumus penurunan konsolidasi dapat ditentukan dengan Persamaan 13 dibawah ini.

$$Sc = \Sigma \left[\frac{Cc \cdot \Delta H}{1+eo} \times \log\left(\frac{Po' + \Delta P}{Po'}\right)\right] \quad (13)$$

dengan,

Cc = *compression index* (0,01)
eo = angka pori awal (0,65),
ΔH = tinggi lapis (m), dan
ΔP = tegangan yang ditimbulkan ditengah lapis (kN/m^2).

Hasil dan Pembahasan

Beban total yang harus ditahan oleh pondasi *bored pile* berasal dari perhitungan yang mengacu pada SNI 1725-2016 didapatkan beban sebesar 81547,01 kN.

Data tanah pada *pier* 4 diperoleh dari pengujian *standard penetration test* (SPT) yang disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Data Tanah

Lapis	N	Cu (kN/m^2)	α
2	19	0	0,55
4	22	80	0,55
6	23	135	0,55
8	26	110	0,55
10	29	140	0,55
12	31	140	0,55
14	31	130	0,55
16	24	125	0,55
18	45	135	0,55
20	50	-	-
22	50	-	-
24	50	-	-
26	50	-	-
28	50	-	-
30	50	-	-
32	50	-	-
34	50	-	-
36	50	-	-
38	50	-	-
40	50	-	-
42	50	250	0,45
44	50	250	0,45
46	50	250	0,45
48	50	-	-
50	50	-	-

(Sumber : P.T Duta Mas Indah, 2022)

Kapasitas Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan Metode Reese & Wright

ISSN 2962-2697
Vol. 3, No. 2, Februari 2024

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan menggunakan persamaan-persamaan yang ada dengan metode *Reese & Wright,* maka didapatkan hasil rekapitulasi seperti pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2 Rekapitulasi Kapasitas Dukung Metode *Reese & Wright*

No	Parameter	Simbol	Pers.	Nilai	Satuan
1	Diameter	D		1,2	m
2	Luas penampang	A		1,130	m^2
3	Keliling tiang	k		3,76	m
4	Tahanan ujung per satuan luas	qp		1260	kN/m^2
5	Tahanan gesek persatuan luas	f	(7)	77	kN/m^2
6	Daya dukung ujung	Qp	(5)	1424,3	kN
7	Daya dukung selimut	Qs	(6)	6963,26	kN
8	Daya dukung ultimit	Qu	(1)	8387,57	kN
9	Daya dukung ijin	Qa	(2)	2795,86	kN
10	Jumlah tiang	n	(8)	36	
11	Efisiensi kelompok tiang	Eg	(9)	0,664	
12	Daya dukung kelompok tiang	Qg	(10)	200587,57	kN

Kapasitas Dukung Pondasi Bored Pile Menggunakan Metode Meyerhoff

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan menggunakan persamaan-persamaan yang ada Metode *Meyerhoff,* maka didapatkan hasil rekapitulasi seperti pada Tabel 3 dibawah ini

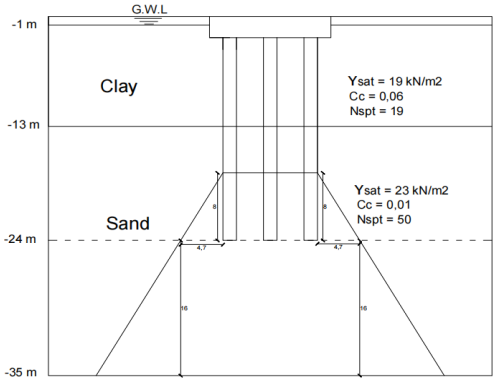
.

Tabel 3 Rekapitulasi Analisis Kapasitas Dukung Dengan Metode *Meyerhoff*

No	Parameter	Simbol	Pers.	Nilai	Satuan
1	Diameter	D		1,2	m
2	Luas penampang	A		1,130	m^2
3	Keliling tiang	k		3,76	m
4	Daya dukung ujung	Qp	(3)	6926,26	kN
5	Daya dukung selimut	Qs	(4)	7536	kN
6	Daya dukung ultimit	Qu	(1)	14462,27	kN
7	Daya dukung ijin	Qa	(2)	4820,75	kN
8	Jumlah tiang	n	(8)	21	
9	Efisiensi kelompok tiang	Eg	(9)	0,683	
10	Daya dukung kelompok tiang	Qg	(10)	197412,63	kN

Analisis Penurunan

Analisis Penurunan Kelompok Tiang



Gambar 3 Distribusi Beban Kelompok Tiang.

Penurunan total merupakan penjumlahan antara penurunan langsung dengan penurunan konsolidasi sebagaimana yang sudah dijelaskan pada landasan teori. Untuk hasil penurunan kelompok tiang dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 yang berisi penurunan yang terjadi pada masing-masing metode yaitu *Meyerhoff* dan *Reese Wright.*

ISSN 2962-2697
Vol. 3, No. 2, Februari 2024

Tabel 4 Rekapitulasi Analisis Kapasitas Dukung Dengan Metode *Meyerhoff*

No	Parameter	Simbol	Pers.	Nilai	Satuan
1	Beban	P		81547,01	kN
2	Panjang *pilecap*	Lg		18	m
3	Lebar *pilecap*	Bg		14,4	m
4	Luas *pilecap*	A		433,57	m^2
5	Tegangan tanah	Po’		500	kN/m^2
6	Berat netto	q		314,61	kN/m^2
7	Modulus elastis	Es		196132	kN/m^2
8	Faktor koreksi lapisan tanah	μi		0,45	
9	Faktor koreksi kedalaman pondasi	μo		0,85	
10	Penurunan segera	Ss	(12)	0,027	m
11	Penurunan konsolidasi	Sc	(13)	0,015	m
12	Penurunan total	S	(11)	0,043	m

Tabel 5 Rekapitulasi Analisis Kapasitas Dukung Dengan Metode *Reese & Wright*

No	Parameter	Simbol	Pers.	Nilai	Satuan
1	Beban	P		81547,01	kN
2	Panjang *pilecap*	Lg		14,4	m
3	Lebar *pilecap*	Bg		32,4	m
4	Luas *pilecap*	A		708,61	m^2
5	Tegangan tanah	Po’		500	kN/m^2
6	Berat netto	q		174,78	kN/m^2
7	Modulus elastis	Es		196132	kN/m^2
8	Faktor koreksi lapisan tanah	μi		0,45	
9	Faktor koreksi kedalaman pondasi	μo		0,85	
10	Penurunan segera	Ss	(12)	0,060	m
11	Penurunan konsolidasi	Sc	(13)	0,010	m
12	Penurunan total	S	(11)	0,071	m

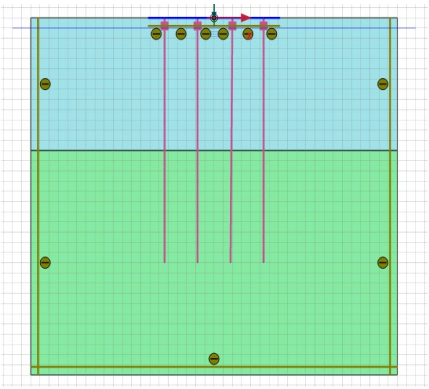
Analisis Menggunakan Program PLAXIS 2D V.20

PLAXIS 2D V.20 digunakan untuk mensimulasikan respons pondasi terhadap beban, memberikan verifikasi terhadap analisis sebelumnya, dan mencerminkan kondisi lapangan secara lebih mendetail.

Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk menganalisis tiang bor dengan program *PLAXIS 2D V.2O.*

1. Pemodelan geometri struktur
   Pemodelan struktur pada pondasi ini merupakan berupa konfigurasi tiang dan jarak antar tiang. Untuk data geometri yang digunakan untuk pemodelan pada program *PLAXIS 2D V.20* sama dengan perhitungan dengan metode manual. Untuk pemodelan struktur pondasi atau pondasi *Bored Pile* digunakan model material *embedded beam* sedangkan model *Pile Cap* digunakan model material *plate*, kemudian digambarkan pada node-node yang sudah ditentukan. Dan pada pertemuan antara elemen struktur dengan tanah menggunakan *interface, interface* ini berfungsi sebagai mengurangi friksi antara bidang kotak tanah dengan elemen struktur. Untuk pembebenan menggunakan beban terpusat dan diletakkan ditengah bidang *Pile Cap.* Berikut ini merupakan contoh model struktur dengan muka air tanah dibawah lapisan tanah pada diameter 1,2 m yang disajikan pada Gambar 4 dibawah ini.

ISSN 2962-2697
Vol. 3, No. 2, Februari 2024



Gambar 4 Geometri Struktur dan Lapisan Tanah Pada *Pier* 4

2. Input data
   a. Input material
      Data parameter tanah yang digunakan untuk memasukkan data tanah dan material struktur ke dalam *PLAXIS 2D V.20* ditunjukkan pada Tabel 6. Pemasukan data material tanah dan material struktur dapat dilakukan dengan cara *drag* ke profil atau cluster yang dibuat.

Tabel 6 Data Input

Lapisan 1		
No	***Properties tanah***	**Nilai**
1	γ_{sat} (berat jenis tanah *saturated)*	19 kN/m^3
2	γ_{unsat} (berat jenis tanah *unsaturated)*	18 kN/m^3
3	E (modulus elastisitas)	20000 kN/m^2
4	v (*poisson ratio*)	0,3
5	c (kohesi tanah)	200 kN/m^2
6	ϕ (sudut geser)	42°
7	Ψ (sudut dilatansi)	0
Lapisan 2		
No	***Properties tanah***	**Nilai**
1	γ_{sat} (berat jenis tanah *saturated)*	23 kN/m^3
2	γ_{unsat} (berat jenis tanah *unsaturated)*	22 kN/m^3
3	E (modulus elastisitas)	50000 kN/m^2
4	v (*poisson ratio*)	0,3
5	c (kohesi tanah)	300 kN/m^2
6	ϕ (sudut geser)	42°
7	Ψ (sudut dilatansi)	0
Data Material		
No	Data input material struktur	Nilai
1	γ_{unsat} (berat jenis beton bertulang*)*	24 kN/m^3
2	E (modulus elastisitas)	23500000 kN/m^2
3	v (*poisson ratio*)	0,3

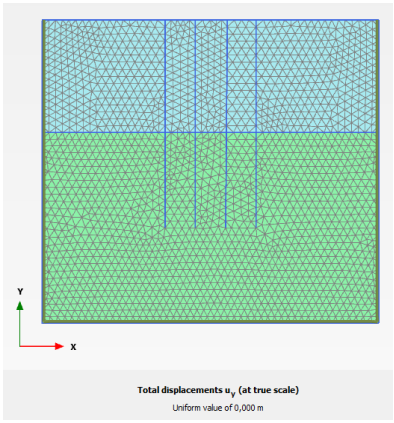
   b. Meyusun jaring elemen
      Setelah model geometri dibuat sepenuhnya, geometri harus dipecah menjadi elemen-elemen untuk perhitungan elemen hingga. Persiapan elemen dapat dilakukan dengan mengklik tombol *Generate Mesh* pada *grid bar*, dan *PLAXIS* akan secara otomatis menghasilkan elemen dan antarmuka.
3. Kalkulasi
   Kalkulasi yang dilakukan ada 5 tahap, yaitu tahap *Initial Phase*, *pemasangan Pile Cap*, pemasangan pondasi *Bored Pile*, pembebanan, dan angka aman (SF). Berikut akan didefinisikan parameter tahapan-tahapan perhitungan.
   a. *Initial Phase*
      Tahap pertama adalah *Initial Phase*, pada *tab general*, *loading type* yang digunakan pada *phase* ini adalah *staged construction* dengan *calculation type* yaitu *K0 procedure.* Lalu, dalam *tab* parameter dilakukan pengaktifan *interface* pada sekeliling tanah dengan cara mengklik objek yang akan diaktifasi lalu klik kanan dan "*activate"*. Lalu objek akan berubah warna.
   b. Pemasangan pondasi *bored pile*
      Tahapan kedua yaitu pemasangan pondasi *Bored Pile*, pada *tab general*, *loading type* yang digunakan pada *phase* ini adalah *staged construction* dengan *calculation type* yaitu *plastic.* Dan lakukan aktifasi pada struktur pondasi *Bored Pile* dengan cara yang sama pada tahapan sebelumnya.
   c. Pemasangan *pile cap*
      Tahapan ketiga yaitu pemasangan *Pile Cap*, pada *tab general*, *loading type* yang digunakan pada *phase* ini adalah *staged construction* dengan *calculation type* yaitu *plastic.* Dan lakukan aktifasi pada struktur *Pile Cap* dengan cara yang sama pada tahapan sebelumnya.
   d. Pembebanan

ISSN 2962-2697
Vol. 3, No. 2, Februari 2024

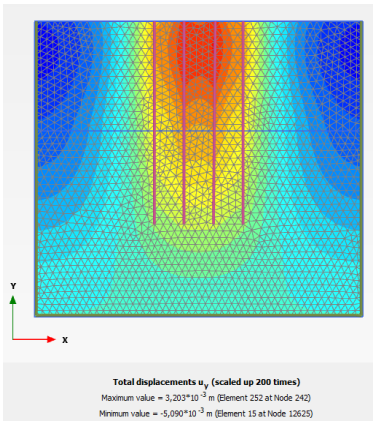
Tahapan keempat yaitu pembebanan, pada *tab general*, *loading type* yang digunakan pada *phase* ini adalah *staged construction* dengan *calculation type* yaitu *plastic.* Dan lakukan aktifasi pada beban yang telah dibuat dengan cara yang sama pada tahapan sebelumnya.

e. Angka aman (SF)
Tahapan kelima adalah angka aman (*Safety Factor*), tahapan ini dimulai dari pemasangan pondasi, pemasangan *Pile Cap,* dan pembebanan. Pada *tab general*, *loading type* yang digunakan pada *phase* ini adalah *incremental multipliers* dengan *calculation type* yaitu *safety.*

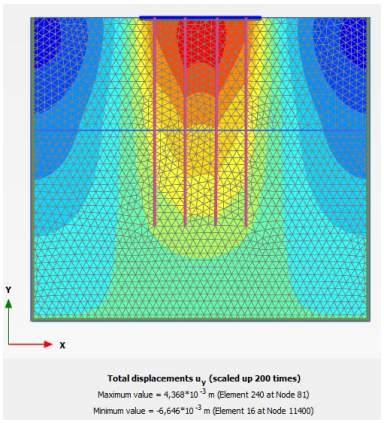
4. *Output*
Setelah perhitungan telah selesai, hasil akan keluar pada program *PLAXIS 2D V.2O OUTPUT.* Pada program tersebut akan menampilkan hasil perhitungan jaring elemen yang telah terdeformasi pada kondisi *Initial Phase,* pemasangan *Bored Pile,* pemasangan *Pile Cap,* pembebanan, dan angka aman (*Safety Factor*). Berikut merupakan gambar-gambar hasil yang telah dilakukan pada setiap *phase* pada tiang pondasi *eksisting.*



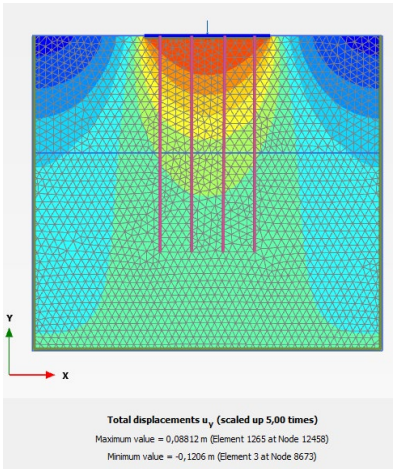
Gambar 5 Deformasi Pada *Initial Phase*



Gambar 6 Deformasi Pada Tahap Pemasangan Pondasi *Bored Pile*



Gambar 7 Deformasi Pada Tahap Pemasangan *Pile Cap*



Gambar 8 Deformasi Pada Tahapan Pembebanan

ISSN 2962-2697
Vol. 3, No. 2, Februari 2024

Reached values	
Reached total time	0,000 day
CSP - Relative stiffness	0,05860
ForceX - Reached total forc	0,000 kN
ForceY - Reached total forc	0,000 kN
Pmax - Reached max pp	443,1 kN/m²
ΣM_{stage} - Reached phase p	0,000
ΣM_{weight} - Reached weight	1,000
ΣM_{sf} - Reached safety fact	4,202

Gambar 9 Hasil Perhitungan Angka Aman

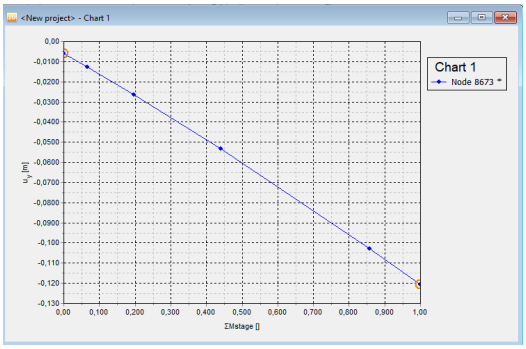
Dari hasil angka aman yang dapat dilihat pada Gambar 8 yang didapatkan maka dapat diperhitungan nilai daya dukung kelompok. Berikut merupakan perhitungan daya dukung.

$$P = \frac{Qu}{\Sigma\text{-Msf}}$$

$$Qu = P \times \Sigma\text{-Msf}$$

$$= 81547{,}01 \times 4{,}202$$

$$= 342497{,}42 \text{ kN}$$



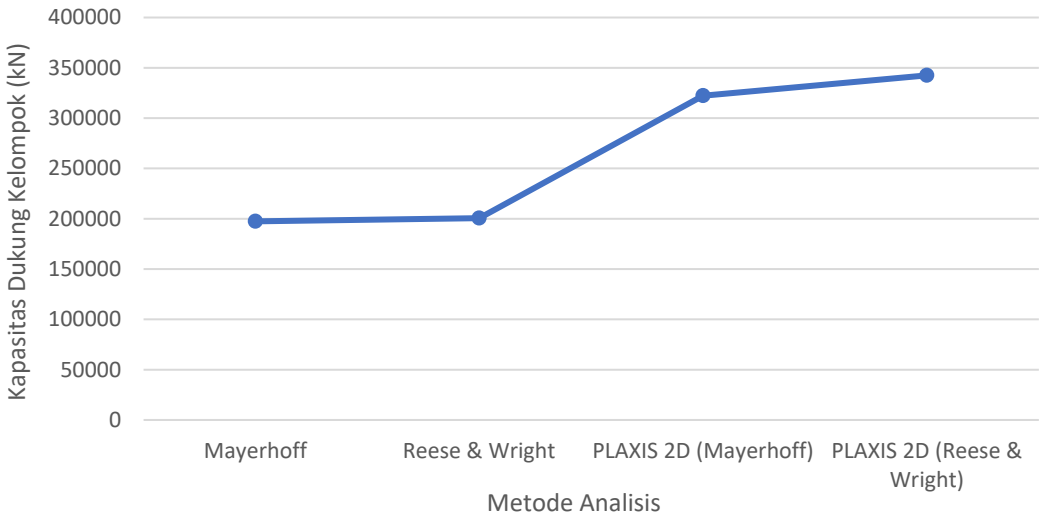
Gambar 10 Penurunan Pondasi Tiang Kelompok

Dan untuk penurunan yang terjadi menggunakan *PLAXIS 2D V.20* didapatkan penurunan kelompok tiang sebesar 0,120 m.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

Dari hasil analisis perhitungan kapasitas dukung dan dengan metode perhitungan manual dengan analisis perhitungan dengan program *PLAXIS 2D V.20,* maka dapat dibandingkan dari hasil analisis tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 11 dibawah ini.

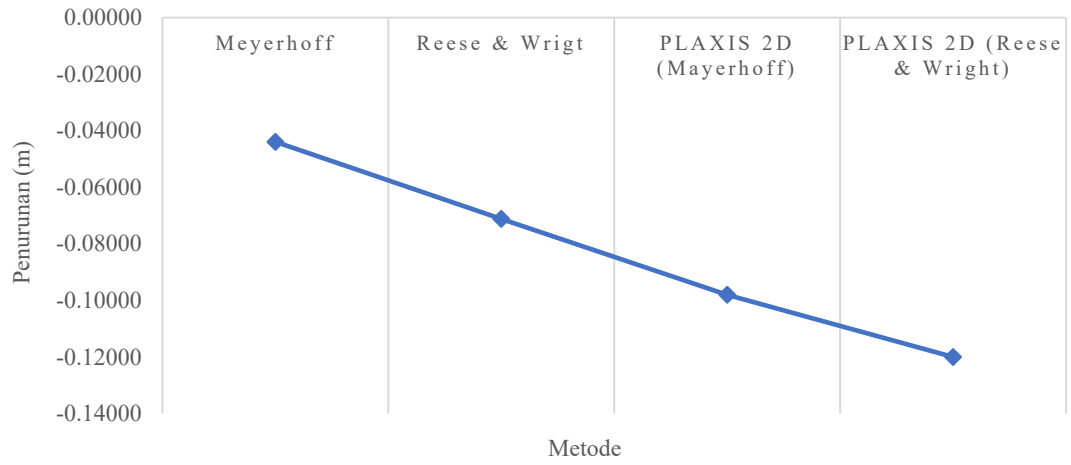


Gambar 11 Perbandingan Hasil Analisis Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

ISSN 2962-2697
Vol. 3, No. 2, Februari 2024

Dari rekapitulasi hasil analisis kepasitas dukung kelompok tiang didapatkan nilai untuk metode *Meyerhoff* sebesar 197412,64 kN dan untuk metode *Reese & Wright* sebesar 200587,57 kN. Sedangkan untuk hasil dengan menggunakan elemen hingga didapatkan kapasitas dukung kelompok tiang dengan metode *Meyerhoff* dan *Reese & Wright* masing-masing sebesar 322355,31 kN dan 342497,42 kN. Dari hasil semua perhitungan aman, karena kapasitas daya dukung kelompok yang dihasilkan lebih besar dari beban yang diterima yaitu 81547,01 kN.

Perbandingan penurunan yang terjadi dengan menggunakan perhitungan metode perhitungan manual dan elemen hingga dapat dilihat pada Gambar 12 dibawah ini.



Gambar 12 Rekapitulasi Hasil Analisis Penurunan Kelompok Tiang

Dari Gambar 12 diatas, penurunan yang terjadi untuk metode *Meyerhoff* dan *Reese & Wright* didapatkan masing-masing sebesar 0,044 m dan 0,071 m. sedangkan hasil perhitungan menggunakan elemen hingga dengan metode *Meyerhoff* dan *Reese & Wright* didapatkan masing-masing sebesar 0,098 m dan 0,120 m. Dari hasil analisis penurunan menggunakan perhitungan analitis aman, dikarenakan penurunan yang terjadi lebih kecil daripada penurunan ijin yaitu sebesar 0,096 m. sedangkan penurunan dengan menggunakan perhitungan elemen hingga lebih besar dari pada penurunan ijin, tetapi menurut Bowles (1999) menyatakan bahwa untuk struktur bangunan memiliki penurunan toleransi sebesar 2 inchi (5,08 cm). Dengan demikian penurunan masih aman dari penurunan yang diijinkan.

Dari analisis kapasitas dukung dan penurunan yang telah dilakukan, metode elemen hingga menghasilkan nilai yang lebih besar dari pada perhitungan manual, hal tersebut dapat disebabkan karena metode elemen hingga menangani geometri dan kondisi yang kompleks dan memodelkan secara realistis layaknya dilapangan, hal tersebut tentu akan berbeda dengan hasil perhitungan manual yang mungkin menggunakan pendekatan sederhana.

Penulis menyarankan untuk alternatif diamater 1,2 m dengan menggunakan metode *Meyerhoff* dapat digunakan, karena dengan jumlah tiang yaitu 21 dengan daya dukung dan penurunan yang memenuhi syarat.

Daftar Pustaka

Bowles. (1997). *Foundation Analysis and Design, Fifth Edition.* Washington D.C: The McGraw-Hill Companies, Inc.

Bowles. (1999). *Analisis dan desain pondasi.* Jakarta: Erlangga.

DAS. (2011). *Principle of Foundation Engineering Edisi 7.* Stamford USA: Cengage Learning.

DAS. (1998). *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis).* Jakarta: Penerbit Erlangga.

Duta Mas Indah. (2022). *DED Proyek Pembangunan Jembatan Jalan Lingkar Utara Tasikalaya (Jembatan Ciloseh).* Tasikmalaya.

Fauzhan , M. I. (2021). Perencanaan Pondasi Tiang Bor (*Bored pile*) Sebagai Alternatif Pondasi Pada Pekerjaan Penggantian Jembatan Simamora Ruas Pameu - Simpang Uning Kabupaten Aceh Tengah. 222.

Hanifah, K. M. (2018). *Analisis Faktor Efisiensi Dan Perilaku Kelompok Tiang Akibat Beban Lateral Menggunakan Metode Finite Difference Dan Metode Elemen Higga.* Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Haq, D. (2018). *Pengaruh Variasi Dimensi Terhadap Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Bor Kelompok Dengan Menggunakan Metode Elemen Higga.* Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Hardiyatmo. (2003). *Mekanika Tanah II.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo. (2010). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo, (2002). *Mekanika Tanah 1.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Hardiyatmo, (2002). *Mekanika Tanah II.* Gadjah Mada University Press.

Janbu, D. (1956). *Mekanika Tanah 2.* Yogyakaeta: Gadjah Mada University Press.

Lianto, F. (2023). Studi Kapasitas Fondasi Tiang Bor (*Bored pile*) Pada *Abutment* 2 Jembatan Boulevard II.

Look, B. (n.d.). *Handbook of Geotechnical Investigation And Design Tables* . Taylor & Francis .

Mcnulty, J., & Matlock. (1956). *Thrust Loading on Pile Proc.* DIV LXXI. ASCE.

Nurachim, L. (2017). Analisis Daya Dukung Kelompok Tiang Bor Pada Jembatan Moh Toha (Proyek Penambahan Lajur Tol Kopo - Buah Batu. *Reka Racana*, 104-114.

Poulos, H., & Davis, E. (1980). *Pile Foundation Analysis and Design* . New York, USA: John Wiley & Sons.

Rahardjo, P. (2005). *Manual Fondasi Tiang.* Bandung : Geotecnical Engineering Center. Universitas Katolik Parahyangan.

Roschedy, G., Manoppo, F. J., & Mandagi, A. T. (2019). Analisis Daya Dukung Pondasi Jembatan GORR I. *Jurnal Sipil Statik*, 397-408.

Sardjono, H. (1988). *Pondasi Tiang Pancang.* Surabaya: Sinar Wijaya.

Sinar, Y. M. (2020). Analisa Kapasitas Dukung Tiang Pada Pondasi (RAMP 4 - A2) Jalan Tol Medan - Binjai Seksi 1. *SEMNASTEK UISU 2020*, 52.

Soedarmo. (1993). *Mekanika Tanah I.* Jakarta: Penerbit Kanisius.

Van Der, V. K. (1984). *Jembatan.* Jakarta: Pradnya Paramita.

Yuliawan, E. (2018). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian SPT Dan Cyclic Load Test. *Konstruksia*.