

ANALISIS KAPASITAS DUKUNG LATERAL KELOMPOK TIANG BORED PILE PADA TANAH NON KOHESIF

Vian Yudapratama¹, Reki Arbianto S.T.,M.Eng.², Teguh Yuono S.T.,M.T.³

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta 57135

Email: vianyuda8080@gmail.com

ABSTRACT

Indonesia's infrastructure development is increasing, including bridges, roads, buildings, and dams. This development must be supported by good construction, one of which is the foundation which functions that functions to support the structural load and transmit it to the ground. This study will analyze the lateral forces that occur on bored pile foundations in the Duta Bangsa University Building construction project in Surakarta, namely by analyzing the foundation bored pile analytical behavior due to lateral bearing capacity with software LPILE and GROUP 2019. Result of the calculation of lateral bearing capacity bored pile using the Broms (1964) method, P.1 = 8.72 tons, P.2 = 17.44 tons, P.3 = 26.16 tons, P.4 = 34.89 tons, and P.5 = 43.61 tonnes and methods p-y curve program LPILE & GROUP 2019 are P.1 = 2.02 tons, P.2 = 3.92 tons, P.3 = 15.34 tons, P.4 = 21.01 tons, and P.5 = 24.21 tons. The results of the calculations show that the analysis method of Broms (1964) has a more excellent value than the method p-y curve program LPILE & GROUP 2019 the difference is 6.71 tons with a percentage of 81,22% (single pile) and 14.40 tons with a percentage of 67,85% (group piles). There is a calculation relationship from this method to produce a determinant coefficient value (R^2) = 0.9498. Then it is included in the very strong category. with the equation of the line $y = 0.7049x - 5.1426$, then the resulting value of the equation can be found.

Keyword: Foundation, Lateral, Broms, Lpile & Group

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur di Indonesia saat ini semakin meningkat, antara lain jembatan, jalan, gedung, dan bendungan. Pembangunan tersebut harus di dukung oleh konstruksi yang baik, salah satunya adalah pondasi yang berfungsi menopang beban struktur di atasnya dan meneruskannya ke tanah. Penelitian ini akan menganalisis daya lateral yang terjadi pada pondasi bored pile di proyek pembangunan Gedung Universitas Duta Bangsa di Surakarta, yaitu dengan menganalisis pondasi *bored pile* secara analitik, dan menganalisis perilaku akibat daya dukung lateral dengan *software Lpile dan Group 2019*. Hasil perhitungan daya dukung lateral bored pile dengan menggunakan metode Broms (1964) adalah P.1 = 8,72 ton, P.2 = 17,44 ton, P.3 = 26,16 ton, P.4 = 34,89 ton, dan P.5 = 43,61 ton dan metode p-y curve program Lpile & GROUP 2019 adalah P.1 = 2,02 ton, P.2 = 3,92 ton, P.3 = 15,34 ton, P.4 = 21,01 ton, dan P.5 = 24,21 ton. Hasil dari perhitungan menunjukkan analisa metode Broms (1964) nilai nya lebih besar dibandingkan metode p-y curve program LPILE & GROUP 2019 selisih 6,71 ton dengan persentase 81,22% (tiang tunggal) dan 14,40 ton dengan persentase 67,85% (tiang kelompok). Terdapat hubungan perhitungan dari metode tersebut menghasilkan nilai koefisien determinan (R^2) = 0,9498. Maka termasuk kategori sangat kuat. dengan persamaan garisnya adalah $y = 0,7049x - 5,1426$, maka nilai hasil dari persamaannya dapat dicari.

Kata Kunci : Fondasi, Lateral, Broms, Lpile & Group

1. PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur di Indonesia saat ini semakin meningkat, antara lain jembatan, jalan, gedung, dan bendungan. Pembangunan tersebut harus di dukung oleh konstruksi yang baik, salah satunya adalah pondasi yang berfungsi menopang beban struktur di atasnya dan meneruskannya ke tanah.

Sebelum melaksanakan suatu pembangunan konstruksi yang pertama-tama dilaksanakan dan dikerjakan di lapangan adalah pekerjaan fondasi (struktur bawah). Perencanaan pondasi memiliki berbagai tahapan studi kelayakan dan perencanaan teknis. semua itu dilakukan supaya menjamin hasil akhir suatu konstruksi yg kuat, dan *safety*.

Universitas Duta Bangsa akan membangun Gedung 8 lantai di Jl. Kimangun Sarkoro Kel. Nusukan, Kec. Banjarsari, Kota Surakarta untuk bangunan perkuliahan. Bangunan gedung akan di bangun di atas tanah yang mempunyai struktur didominasi oleh lapisan lanau dan pasir. Setelah memperhatikan dari hasil pengujian di lapangan seperti karakteristik tanah, beban struktur atas, lingkungan sekitar proyek, maka pada pembangunan Gedung Universitas Duta Bangsa ini digunakan pondasi *bored pile*. Untuk pekerjaan pengujian tanah yang dilakukan di tempat pembangunan gedung Universitas Duta Bangsa yaitu pengeboran dalam di satu titik lokasi dengan kedalaman 30m, *Standard Penetration Test (SPT)* pada poin a pada interval 1,5 m, Uji Laboratorium, dan Analisis.

Fungsi dari pondasi *bored pile* sama dengan pondasi tiang pancang, tapi memiliki perbedaan pada proses pengerjaannya yaitu dimulai dengan pelubangan tanah sampai pada kedalaman yang sudah direncanakan, kemudian pemasangan tulangan besi yang dilanjutkan dengan pengecoran beton. Pondasi *bored pile* dapat terpasang pada kondisi bebas (*free-end pile*) atau dalam keadaan kepala tiang terjepit (*fixed-end pile*). Selain kondisi kepala tiang, jenis tanah juga sangat berpengaruh terhadap kapasitas lateral tiang, kondisi tanah ini dapat berupa kohesif maupun berpasir/*granular*.

Dalam penelitian ini akan menganalisis gaya lateral yang terjadi pada pondasi *bored pile* di proyek pembangunan Gedung Universitas Duta Bangsa di Surakarta, yaitu dengan menganalisis pondasi *bored pile* secara analitik, dan menganalisis perilaku akibat daya dukung lateral dengan *software Lpile* dan *Group*.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian tugas akhir antara lain:

1. Berapa kapasitas dukung daya lateral tunggal pondasi dengan metode Broms (1964)?
2. Berapa kapasitas dukung daya lateral kelompok pondasi dengan metode Broms (1964)?
3. Berapa kapasitas dukung daya lateral pondasi tunggal dengan menggunakan *Software LPILE 2019*?
4. Berapa kapasitas dukung daya lateral pondasi kelompok dengan menggunakan *Software GROUP 2019*?
5. Bagaimana perbandingan hasil analisis kapasitas dukung pondasi tiang tunggal dengan metode Broms (1964) dan *Software LPILE 2019*?
6. Bagaimana hasil analisis kapasitas dukung pondasi dan hubungan antara tiang kelompok dengan metode Broms (1964) dan *Software GROUP 2019*?

Batasan Masalah

Batasan permasalahan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Lokasi yang ditinjau di Surakarta, Jawa Tengah.
2. Parameter tanah berdasarkan *soil investigation* yang didapatkan dari pihak terkait.
3. Konfigurasi dan spesifikasi pondasi tiang kelompok *bored pile* dari pihak terkait.
4. Data pendukung menggunakan data dari pihak terkait.
5. Analisa daya dukung menggunakan metode Broms (1964), *software LPILE & GROUP 2019*.

Tujuan Penelitian

Tujuan yang dapat diambil dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kapasitas daya dukung lateral pondasi tiang tunggal pada tanah non kohesif / granular yang dianalisis menggunakan metode Broms (1964).
2. Mengetahui kapasitas daya dukung lateral pondasi tiang kelompok pada tanah non kohesif / granular yang dianalisis menggunakan metode Broms (1964).
3. Mengetahui kapasitas daya dukung lateral pondasi tiang tunggal pada tanah non kohesif / granular yang dianalisis menggunakan metode *Software LPILE 2019*.
4. Mengetahui kapasitas daya dukung lateral pondasi tiang kelompok pada tanah non kohesif / granular yang dianalisis menggunakan metode *software GROUP 2019*.
5. Menganalisis perbandingan hasil kapasitas dukung pondasi tiang tunggal dengan menggunakan metode Broms (1964) dan *Software LPILE 2019*.
6. Menganalisis perbandingan hasil kapasitas dukung dan hubungan antara pondasi tiang kelompok dengan menggunakan metode Broms (1964) dan *Software GROUP 2019*.

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk Penulis
Secara teoritis penelitian ini untuk penambahan referensi dalam ilmu teknik sipil, khususnya geoteknik. Penelitian ini digunakan untuk mengetahui perbandingan hasil analisis perilaku tiang pondasi akibat kapasitas daya dukung lateral pada tanah non kohesif yang dianalisa menggunakan metode Broms (1964) dan *software Lpile & Group*.
2. Untuk Universitas Tunas Pembangunan Surakarta
Sebagai salah satu sumbangan pemikiran dan informasi dalam melengkapi dan mengembangkan perbendaharaan ilmu di bidang Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Tunas Pembangunan Surakarta.
3. Untuk Pembaca
Sebagai referensi bacaan mengenai analisis kapasitas dukung lateral menggunakan *software Lpile & Group*.
4. Untuk *Stakeholder*
Hasil penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan dalam menganalisis perilaku tiang pondasi akibat daya dukung lateral yang dipakai dalam pembangunan gedung Universitas Duta Bangsa.

2. LANDASAN TEORI

Pondasi

Menurut Bowles (1998) pondasi ialah transfer beban dari atas yaitu struktur yang akan diteruskan ke tanah keras. Suatu sistem fondasi harus dihitung untuk menjamin keamanan dan kestabilan struktur bangunan di atasnya dimana tidak boleh terjadi penurunan sebagian atau seluruhnya melebihi batas yang diijinkan.

Pondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Fondasi tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan- bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya - gaya penggulingan akibat beban angin. Menurut Das (1995) pondasi bored pile adalah salah satu jenis pondasi dalam berupa tiang beton yang sudah dilakukan penggalian lubang bor lalu dilakukan pengecoran di tempat.

Daya dukung aksial *bored pile* memiliki rumus seperti dibawah:

$$Q_u = Q_s + Q_p \dots \dots \dots (2.1)$$

$$Q_{all} = Q_u / SF \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana,

- Q_u = Daya dukung tiang (ton)
- Q_{all} = Daya dukung izin tiang (ton)
- Q_p = Daya dukung ujung tiang (ton)
- Q_s = Daya dukung gesekan sepanjang tiang (ton)
- SF = Faktor keamanan

Daya Dukung Lateral Pondasi Metode Broms (1964)

Analisa metode Broms (1964) untuk tanah kohesif dan tanah non kohesif dilakukan secara terpisah, demikian juga untuk jenis ikatan tiang dengan kepala tiang bebas dan kepala tiang terjepit dilakukan secara terpisah pula.

Kapasitas lateral ultimate tiang pada tanah non kohesif dapat ditentukan melalui persamaan (2.3a), (2.3b), (2.3c), (2.3d) berikut ini:

Jika

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{H}{\gamma B K_p}} \dots \dots \dots (2.3a)$$

$$M_u = H(e + 0,67 f) \dots \dots \dots (2.3b)$$

Nilai H_u untuk kondisi *Free-end pile* (kepala tiang bebas) adalah

$$H_u = \frac{M_u}{e + 0,52 \sqrt{\frac{H}{\gamma B K_p}}} \dots \dots \dots (2.3c)$$

Nilai H_u untuk kondisi *Fix-end pile* (kepala tiang terjepit) adalah

$$H_u = \frac{M_{u(+)} + M_{u(-)}}{e + 0,52 \sqrt{\frac{H}{\gamma B K_p}}} \dots \dots \dots (2.3d)$$

Dimana,

- H_u = Kapasitas lateral
- H = Beban lateral
- M_u = Momen ultimate tiang
- B = Lebar tiang
- γ = Berat jenis tanah
- K_p = Koefisien tekanan tanah pasif
- e = Jarak dari tanah ke puncak tiang

Metode *p-y curve* dengan Program Ensoft, Inc. LPILE 2019

Metode *p-y curve* merupakan salah satu metode penyelesaian untuk menganalisis kapasitas lateral tiang. Metode ini mendefinisikan hubungan beban lateral dan defleksi antara tanah dan tiang yang digambarkan dalam *p-y curve*. Sumbu-p adalah tahanan lateral tanah persatuan panjang tiang dan sumbu-y adalah defleksi lateral tiang. Rumus dasar dalam penyelesaian menggunakan metode *p-y curve* adalah sebagai berikut:

$$\frac{d^2}{dx^2} \left(E_p I_p \frac{d^2 y}{dx^2} \right) + P_x \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right) - p - W = 0 \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana,

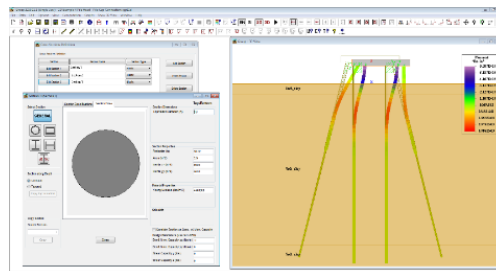
- P_x = Beban aksial

- y = Defleksi yang terjadi di kedalaman x pada panjang tiang L
- p = Soil resistance
- W = Beban lateral yang terdistribusi disepanjang tiang
- Ep = Modulus elastisitas tiang
- Ip = Momen inersia tiang

Daya Dukung Kelompok Tiang dengan Program Ensoft, Inc. GROUP 2019

GROUP 2019 (*A Program for the Analysis of Piles in a Group*) adalah program untuk menganalisis perilaku kelompok tiang yang mengalami pemuatan aksial dan lateral. Program ini dikembangkan untuk menghitung distribusi beban (vertikal, lateral, dan menjungkirbalikkan momen hingga tiga sumbu ortogonal) yang diterapkan dari berbagai lokasi di pile cap hingga pile yang disusun dalam kelompok.

Program GROUP memecahkan respons nonlinier dari masing-masing tiang dengan beban gabungan dan memastikan kompatibilitas deformasi dan keseimbangan daya antara beban eksternal yang diterapkan dan reaksi dari masing-masing kepala tiang.



Gambar 1 Tampilan Program GROUP 2019 (Ensoft, Inc.)

3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Gedung Universitas Duta Bangsa yang terletak di Jl. Ki Mangun Sarkoro No.20, Nusukan, Kec. Banjarsari, Kota Surakarta, Jawa Tengah 57135.

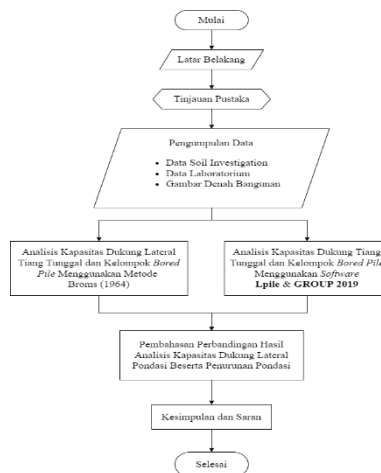
Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini antara lain pengumpulan data sekunder berupa parameter tanah berdasarkan soil investigation, spesifikasi dan jenis pile, serta hasil N-SPT pada Proyek Pembangunan Gedung Universitas Duta Bangsa yang terletak di Surakarta, Jawa Tengah dengan mengambil sampel tanah.

Metode Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data harus dilakukan sehingga tercapai maksud dan tujuan dari studi tersebut. Seperti diketahui pada Bab I, tujuan peneliti adalah: Menganalisa daya lateral yang terjadi pada pondasi *bored pile* secara analitik, dan menganalisis perilaku akibat daya dukung lateral pada tanah non kohesif dengan menggunakan metode Broms (1964), dan *software LPILE & GROUP (2019)*.

Diagram Alir



Gambar 2 Bagan Alir Penyusunan Penelitian

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal Aksial

Perhitungan daya dukung tiang tunggal dihitung berdasarkan data hasil uji *Standard Penetration Test* (SPT).

- Menghitung daya dukung ujung tiang (Q_b)
Tahanan ujung tiang berdasarkan data SPT berada di lapisan tanah berpasir maka digunakan rumus:

$$Q_b = A_b \times q_p$$

$$= 391,9 \text{ ton}$$

$$= 3843,54 \text{ kN}$$
- Menghitung daya dukung selimut (Q_s)
Jenis tanah pada selimut tiang di kedalaman 12 m meliputi tanah pasir berkerikil, maka kapasitas dukung selimut dihitung menggunakan rumus:

$$Q_s = \sum f_s \cdot l_i \cdot p \text{ (kN)}$$

$$= 84,36 \text{ ton}$$

$$= 827,29 \text{ kN}$$
- Menghitung kapasitas dukung tiang

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$= 4670,52 \text{ kN}$$

$$= 476,26 \text{ ton}$$
- Menghitung daya dukung ijin pada tiang

$$Q_{all} = (Q_b + Q_s) - W_p / FK$$

$$= 1811,78 \text{ kN (1 kN = 0,101972 ton)}$$

$$= 184,75 \text{ ton}$$

Analisis Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal dengan Metode Broms (1964)

- Mencari Modulus Elastisitas Tiang (E_c)

$$E_c = 4700 \sqrt{33,20 \cdot 10^3}$$

$$= 27081137 \text{ kN/m}^2$$
- Menentukan Momen Inersia Penampang (I_c)

$$I_c = \frac{\pi}{64} \cdot D^4$$

$$= 0,006362 \text{ m}^4$$
- Menentukan Defleksi Tiang (β) dan Tahanan Lateral Tiang pancang (H)

$$\beta = [k_h \cdot D / (4 \cdot E_c \cdot I_c)]^{0,25}$$

$$= 0,408554369 \text{ m}$$

$$\beta \cdot L = 0,408554369 \cdot 12$$

$$= 4,90 > 2,5 \text{ (maka termasuk tiang panjang) OK}$$
- Tahanan Nominal Tiang Pancang

$$H_u = y_o \cdot k_h \cdot D / [2 \cdot \beta \cdot (e \cdot \beta + 1)]$$

$$= 261,65 \text{ kN}$$
- Tahanan lateral Pancang

$$H_a = 87,22 \text{ kN}$$

$$= 8,72 \text{ ton}$$

Analisis Daya Dukung Lateral Tiang Kelompok dengan Metode Broms (1964)

- Tiang Tunggal (P.1)

$$H_a \text{ (P.1)} = 87,22 \text{ kN}$$

$$= 8,72 \text{ ton}$$
- Konfigurasi Tiang 1 x 2 (P.2)

$$H_a \text{ (P.2)} = 174,43 \text{ kN}$$

$$= 17,44 \text{ ton}$$
- Konfigurasi 3 Tiang (P.3)

$$H_a \text{ (P.3)} = 261,65 \text{ kN}$$

$$= 26,16 \text{ ton}$$
- Konfigurasi 2 x 2 (P.4)

$$H_a \text{ (P.4)} = 348,87 \text{ kN}$$

$$= 34,89 \text{ ton}$$
- Konfigurasi 5 Tiang (P.5)

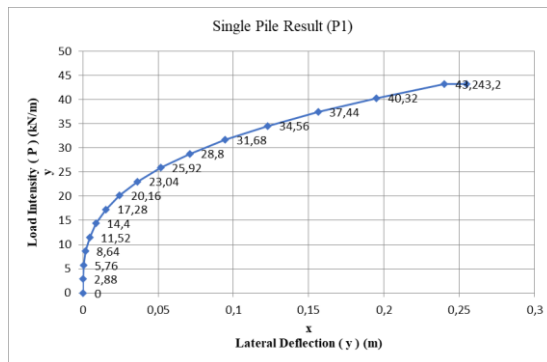
$$H_a \text{ (P.5)} = 436,08 \text{ kN}$$

$$= 43,61 \text{ ton}$$

Analisis Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal Menggunakan Software *LPILE 2019*

Tabel 1 Hasil Komputasi *Software LPILE 2019* pada Tiang Tunggal

Horizontal Spring Stiffness (P)		Lateral Deflection (Y)	
kN	Ton	m	mm
2,88	0,29	0,000071	0,0711
5,76	0,58	0,000569	0,5689
8,64	0,86	0,001920	1,9200
11,52	1,15	0,004551	4,5511
14,4	1,44	0,008889	8,8889
17,28	1,73	0,015360	15,3600
20,16	2,02	0,024391	24,3911
23,04	2,30	0,036409	36,4089
25,92	2,59	0,051840	51,8400
28,8	2,88	0,071111	71,1111
31,68	3,17	0,094649	94,6489
34,56	3,46	0,122880	122,8800
37,44	3,74	0,156231	156,2311
40,32	4,03	0,195129	195,1289
43,2	4,32	0,240000	240,0000
43,2	4,32	0,255000	255,0000

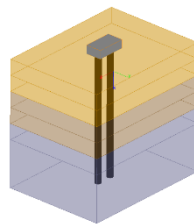


Gambar 3 Grafik hubungan perpindahan laterl terhadap beban

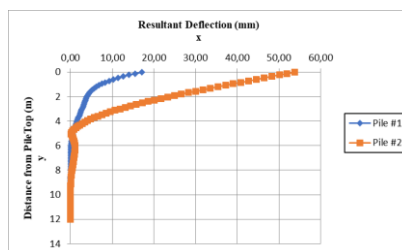
Dari Tabel 1 dan Gambar 3 terlihat perpindahan tiang tunggal berdasarkan komputasi menggunakan *LPILE 2019* (metode *p-y curve*) dengan acuan *safety factor* maksimal untuk defleksi perencanaan pondasi gedung adalah 25mm mendapatkan defleksi tiang sebesar 24,39 mm. Maka didapat nilai daya dukung lateral tiang tunggal yaitu 2,02 ton.

Analisis Daya Dukung Lateral Menggunakan Software *GROUP 2019*

- Tiang *bored pile* Kelompok Konfigurasi 1 x 2 (P.2)



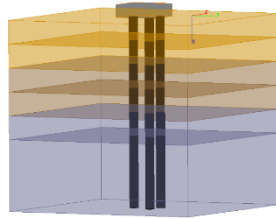
Gambar 4 Model tiang *bored pile* konfigurasi 1 x 2



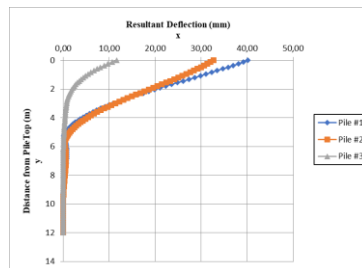
Gambar 5 Grafik hubungan perpindahan lateral terhadap kedalaman tiang grup 1 x 2

Dari Gambar 5 diatas, terlihat perpindahan tiang tunggal berdasarkan komputasi menggunakan GROUP (metode p-y curve) mendapatkan defleksi tiang sebesar 14,57 mm. Maka didapat nilai daya dukung lateral tiang kelompok 1 x 2 yaitu 3,92 ton

- Tiang *bored pile* Kelompok Konfigurasi 3 Tiang (P.3)



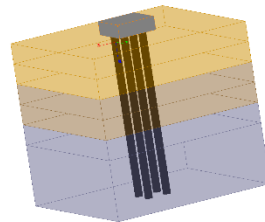
Gambar 6 Model tiang *bored pile* konfigurasi 3 tiang



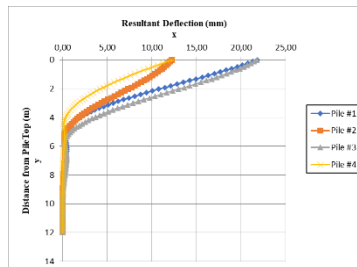
Gambar 7 Grafik hubungan perpindahan lateral terhadap kedalaman tiang grup 3 tiang

Dari Gambar 7 diatas, terlihat perpindahan tiang tunggal berdasarkan komputasi menggunakan GROUP 2019 (metode p-y curve) mendapatkan defleksi tiang sebesar 23,63 mm. Maka didapat nilai daya dukung lateral tiang kelompok konfigurasi 3 tiang yaitu 15,34 ton.

- Tiang *bored pile* Kelompok Konfigurasi 2 x 2 (P.4)



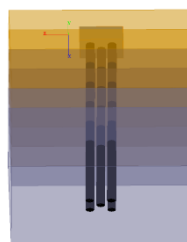
Gambar 8 Model tiang *bored pile* konfigurasi 2 x 2



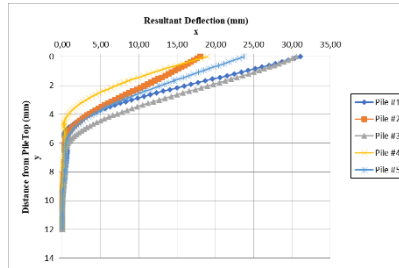
Gambar 9 Grafik hubungan perpindahan lateral terhadap kedalaman tiang grup 2 x 2

Dari Gambar 9 diatas, terlihat perpindahan tiang tunggal berdasarkan komputasi menggunakan GROUP 2019 (metode p-y curve) mendapatkan defleksi tiang sebesar 21,21 mm. Maka didapat nilai daya dukung lateral tiang kelompok 2 x 2 yaitu 21,01 ton.

- Tiang *bored pile* Kelompok Konfigurasi 5 Tiang (P.5)



Gambar 10 Model tiang *bored pile* konfigurasi 5 tiang



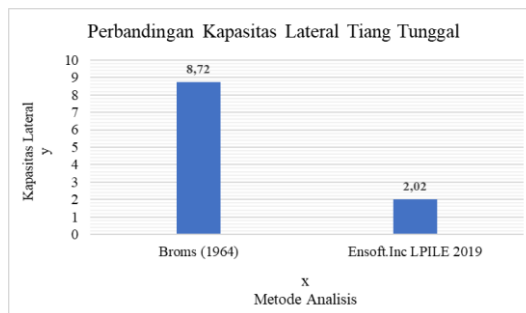
Gambar 11 Grafik hubungan perpindahan lateral terhadap kedalaman tiang grup 5 tiang
 Dari Gambar 11 diatas, terlihat perpindahan tiang tunggal berdasarkan komputasi menggunakan GROUP 2019 (metode p-y curve) mendapatkan defleksi tiang sebesar 23,74 mm. Maka didapat nilai daya dukung lateral tiang kelompok konfigurasi 5 tiang yaitu 24,21 ton.

Hubungan Antara Kapasitas Daya Dukung Lateral Bored Pile Dengan Metode Broms (1964) dan Program LPILE & GROUP 2019

- Perbandingan daya dukung lateral tiang tunggal

Tabel 2 Hasil Perbandingan Kapasitas Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal

Metode Analisis	Kapasitas Lateral Tiang Tunggal		
	Tiang P.1	Selisih ton	Broms vs LPILE 2019 %
Broms (1964)	8,72	6,71	81,22%
Ensoft.Inc LPILE 2019	2,02		

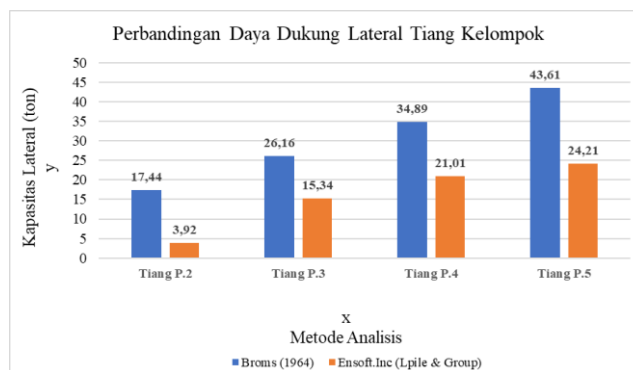


Gambar 12 Diagram perbandingan kapasitas lateral tiang tunggal

- Perbandingan daya dukung lateral tiang kelompok

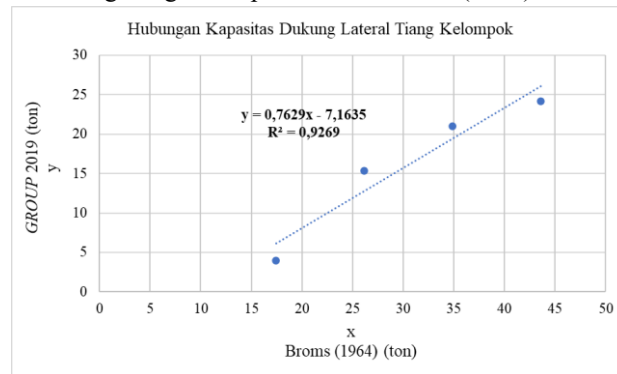
Tabel 3 Hasil Perbandingan Kapasitas Daya Dukung Lateral Tiang Kelompok

No	No Tiang	Broms (1964) ton	Group 2019 ton	Selisih ton	Broms vs Group 2019 %
1	P.2	17,44	3,92	13,52	81,64%
2	P.3	26,16	15,34	10,82	63,03%
3	P.4	34,89	21,01	13,87	62,41%
4	P.5	43,61	24,21	19,40	64,30%
Average		30,53	16,12	14,40	67,85%



Gambar 13 Diagram perbandingan kapasitas lateral tiang kelompok

- Hubungan antara kapasitas dukung tiang kelompok metode Broms (1964) dan Metode *GROUP 2019*



Gambar 13 Grafik hubungan kapasitas dukung tiang metode Broms (1964) dan Metode *GROUP 2019*

5. PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal dengan menggunakan metode Broms (1964) adalah P.1 = 8,72 ton.
2. Hasil perhitungan daya dukung tiang kelompok dengan menggunakan metode Broms (1964) adalah P.2 = 17,44 ton, P.3 = 26,16 ton, P.4 = 34,89 ton, dan P.5 = 43,61 ton.
3. Hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal dengan menggunakan metode *p-y curve* program *LPILE 2019* adalah P.1 = 2,02 ton.
4. Hasil perhitungan daya dukung tiang kelompok dengan menggunakan metode *p-y curve* program *GROUP 2019* adalah P.2 = 3,92 ton, P.3 = 15,34 ton, P.4 = 21,01 ton, dan P.5 = 24,21 ton.
5. Perbandingan daya dukung lateral pondasi tiang tunggal menunjukkan hasil analisa metode Broms (1964) nilai nya lebih besar dibandingkan metode *p-y curve* program *LPILE 2019* dengan selisih 6,71 ton dan persentase didapat 81,22%.
6. Perbandingan daya dukung lateral pondasi tiang kelompok menunjukkan hasil analisa metode Broms (1964) nilai nya lebih besar dibandingkan metode *p-y curve* program *GROUP 2019* dengan selisih 14,40 ton dan persentase didapat 67,85%. Terdapat hubungan perhitungan dari metode tersebut menghasilkan nilai koefisien determinan (R^2) = 0,9498. Maka termasuk kategori sangat kuat. dengan persamaan garisnya adalah $y = 0,7049x - 5,1426$, maka nilai hasil dari persamaannya dapat dicari.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, ada beberapa saran yang diberikan sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya data hasil program SAP 2000 sebaiknya dikonversi dalam sumbu x,y,z untuk dimasukkan nilai pembebanan di program *Ensoft.Inc LPILE & GROUP 2019*.
2. Perlu diperhatikan dalam memasukkan parameter tanah dan parameter tiang pada metode *p-y curve* dengan bantuan program *Ensoft.Inc LPILE & GROUP 2019*.
3. Penambahan perbandingan metode yang digunakan untuk menganalisis perilaku tiang dan kapasitas lateral, misalnya metode Reese & Matlock (1960) dan program *plaxis 3D* sebagai pembanding tambahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., 1997. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Bowles, J. E., 1998. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Coduto, D.P., 1994. *Foundation Design Principle and Practice*, USA: Prentice Hall International
- Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 2. Jakarta: Erlangga
- Das, Braja M., dkk. 1994. *Mekanika Tanah II (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2008. *Teknik Fondasi 2 Cetakan ke – 4*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Long, S., 2019. *Analisis Daya Dukung Tiang Bor Aksial, Lateral, dan Penurunan Pada Tanah Clay Shale Di Sentul, Bogor*. Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara
- Lpile User Manual*. The America. 2018
- Meyerhof G.G., 1976. "Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations", ASCE JGED, Vol. 102, No. GT 3, March, pp. 196-228.
- Nasrulloh, 2017. *Analisis Defleksi Lateral Tiang Tunggal pada Tanah Kohesif*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret
- Poulos, H.G and Davis, 1980. *Pile Foundation Analysis and Design*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.

- Prakash, and Sharma, 1981. *Pile Foundation in Engineering Practice*. California: John Wiley & Sons, Inc.
- Reese, C.L. & William M.I., Shin T.W. 2006. *Analysis and Design of Shallow Foundation and Deep Foundatin*. New York: John Wiley & Sons.
- Reese, Lymon C., et al. 2015. *A Program for the Study of Driven Piles under Lateral Loads*. Texas: Ensoft, Inc.
- Reese, Lymon C., et al. 2016. *A Program for the Analysis of a Group of Piles Subjected to Vertical and Lateral Loading (User's Manual)*. Texas: Ensoft, Inc.
- Sosrodarsono, S. & Nakazawa, K., 1984. *Mekanika Tanah dan teknik pondasi*, Jakarta: Pradnya Paramita
- Suryolelono, K.B., 1994. *Teknik Pondasi Bagian II*, Yogyakarta : Nafiri
- Tomlinson, M. J. 1977. *Pile Design and Construction Practice First Edition*. London: View Point Publishing.
- Tomlinson, M.J., 1980. *Pile Design and Construction Practice*. New York: E & FN SPON
- Wartono, 2004. *Studi Pembebanan Lateral Model Tiang Pancang Tunggal Ujung Bebas (Free-End Pile) dengan Variasi Panjang dan Diameter pada Tanah Non Kohesif*. Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret