

ANALISIS KAPASITAS LATERAL FONDASI TIANG PANCANG DENGAN METODE BROMS DAN METODE P-Y

Yuli Yulianti^{1),*)}, Iman Handiman²⁾, Zakwan Gusnadi³⁾, Fitriana Sarifah⁴⁾, dan Rosi Nursani⁵⁾

^{1), 2), 3), 4), 5), *)}Jurusan Teknik Sipil, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, INDONESIA

*Corresponding authors: yuliyuleean@gmail.com

Diserahkan 15 Desember 2025. Direvisi 22 Desember 2025. Diterima 08 Januari 2026

ABSTRAK Dalam perencanaan sebuah pembangunan harus dilakukan perhitungan dari struktur atas sampai struktur bawah bangunan. Struktur bawah bangunan dipengaruhi oleh kondisi tanah di lapangan, maka perlu dilakukan analisis kondisi tanah di lapangan. Selain analisis tanah terdapat beberapa perencanaan pada fondasi bangunan yang dapat dilakukan berupa analisis penurunan, stabilitas tanah, daya dukung tanah dan analisis lainnya. Daya dukung merupakan aspek penting dalam perencanaan fondasi tiang pancang, daya dukung yang dianalisis berupa daya dukung aksial dan daya dukung lateral. Daya dukung lateral merupakan kemampuan struktur menahan beban lateral yang akan diterima oleh fondasi. Beban lateral berupa beban yang berasal dari gempa bumi, angin, lalu lintas dan beban lainnya. Dalam analisis daya dukung lateral terdapat beberapa metode yang dapat digunakan, berdasarkan metode analitik untuk tiang panjang dapat menggunakan metode Broms dan hanya dapat digunakan untuk kondisi tanah homogen. Sedangkan berdasarkan metode numerik dapat menggunakan metode P-y yang dapat memberikan nilai tekanan tanah lateral (p) dan defleksi lateral (y) pada sepanjang tanah yang akan dilakukan analisis metode ini memperkuat metode Broms karena metode P-Y dapat dilakukan pada semua jenis kondisi tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas lateral tiang pancang dengan metode Broms dan metode P-y dengan hasil akhir akan dibandingkan dengan hasil uji lateral statis. Hasil dari penelitian ini didapatkan hasil perhitungan pada metode P-y lebih mendekati dengan hasil uji lateral statis dengan metode Broms memiliki nilai defleksi yang jauh lebih besar dengan kenaikan yang linear. Maka berdasarkan hasil perhitungan analisis metode P-y dapat digunakan sebagai alternatif perhitungan pada perencanaan daya dukung lateral tanah.

KATA KUNCI Daya Dukung Lateral; Defleksi; Metode Broms; Metode P-y; Uji Lateral Statis

ABSTRACT In planning a construction project, calculations must be made from the upper structure to the lower structure of the building. The lower structure of the building is influenced by the soil conditions on site, so it is necessary to analyze the soil conditions on site. In addition to soil analysis, there are several planning aspects for building foundations that can be carried out, such as settlement analysis, soil stability, soil bearing capacity and other analyses. Bearing capacity is an important aspect in the planning of pile foundation design, with bearing capacity analyzed in terms of axial bearing capacity and lateral bearing capacity. Lateral bearing capacity refers to the structure's ability to withstand lateral loads that will be imposed on the foundation. Lateral loads include those caused by earthquakes, wind, traffic, and other loads. In analyzing lateral bearing capacity, several methods can be used. Based on analytical methods for long piles can use the Broms method, which is only applicable for homogeneous soil conditions. On the other hand, based on numerical methods, the P-y method can be used, which provides values for lateral soil pressure (p) and lateral deflection (y) along the soil to be analyzed. This method reinforces the Broms method because the P-y method can be applied to all types of soil conditions. This study aims to analyze the lateral bearing capacity of pile foundations of pile lateral capacity using the Broms method and the P-Y method, with the final results being compared with the results of the lateral static test. The results of this study show that the calculations using the P-y method are closer to the results of the lateral static test, while the Broms method yields significantly larger deflection values with a linear increase. Therefore, based on the analysis results, the P-y method can be used as an alternative calculation method for planning lateral soil bearing capacity.

KEYWORDS Broms Method; Deflection; Lateral Bearing Capacity; P-y Method; Static Lateral Test

1. PENDAHULUAN

Kondisi tanah yang dilakukan pembangunan akan memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap keberhasilan struktur bangunan. Dalam tanah harus dilakukan penyelidikan sebelum dilakukan pembangunan untuk mengetahui kondisi tanahnya. Penyelidikan tanah yang dilakukan merupakan tahap awal untuk perencanaan geoteknik. Dalam perencanaan geoteknik salah satu pertimbangannya yaitu perencanaan fondasi. Fondasi yang baik harus memenuhi persyaratan daya dukung dan deformasi (Sarifah, Handiman and Gusnadi, 2023). Daya dukung tanah merupakan salah satu aspek penting karena beban struktur nantinya akan ditopang oleh fondasi. Beban yang bekerja berupa beban aksial maupun beban

lateral, beban lateral berupa beban gempa bumi, ledakan bom, operasi mesin dan konstruksi, pertambangan, lalu lintas, angin, aksi gelombang dan beban lainnya (Handiman et al., 2023). Maka dari itu maka perlunya dilakukan perhitungan daya dukung lateral. Terdapat beberapa metode usulan dalam perhitungan daya dukung lateral seperti metode Broms dan metode Brinch Hansen (Sivaraman and Muthukkumaran, 2021). Metode Broms dapat digunakan dalam kondisi tiang panjang dan tiang pendek, tetapi hanya dapat digunakan pada kondisi tanah homogen (Rahardjo, 2005). Maka dilakukan pendekatan lain dengan menggunakan metode P-y yang dapat dilakukan pada semua jenis kondisi tanah.

2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pada analisis ini berada di Sidoarjo Jl. Pahlawan No.01, Mangersari, Magersari, Kec. Sidoarjo, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Proyek pembangunannya berupa apartemen dengan 27 lantai, apartemen ini dibangun pada lahan seluas 6000 m².



Gambar 1. Lokasi penelitian.

2.2. Teknik Pengumpulan Data

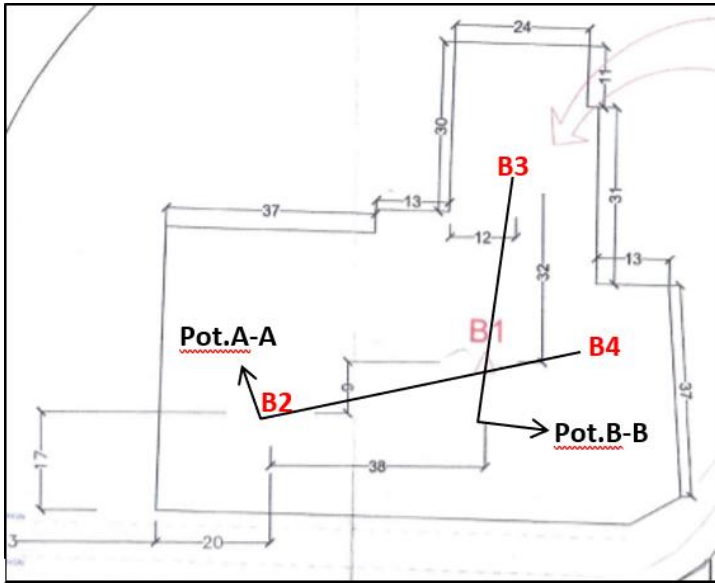
Teknik pengumpulan data merupakan tahap pengumpulan data yang akan digunakan dalam analisis tugas akhir yang akan dilakukan. Dalam penelitian ini menggunakan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari pihak lain yang akan digunakan untuk menunjang analisis yang akan dilakukan. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data tanah dengan empat titik pengujian selain itu terdapat data uji lateral statis pada dua tiang uji yang nantinya akan dibandingkan dengan metode Broms dan metode P-y.

2.3. Analisis Data Tanah

Analisis data tanah ini dilakukan dengan menggunakan data *borehole* dan data laboratorium dengan titik uji berada pada 4 titik uji yaitu DB-01, DB-02, DB-03 dan DB-04 dengan lokasi tinjauan dapat dilihat pada Gambar 2.

Dalam proses analisis data tanah ini dilakukan penentuan jenis lapisan tanah sepanjang tanah yang diuji yang nantinya akan dibuat stratifikasi tanah di lokasi penelitian. Selanjutnya dilakukan penentuan parameter tanah yang nantinya akan digunakan dalam analisis selanjutnya. Nilai parameter yang akan digunakan biasanya terdapat dalam hasil uji laboratorium, tetapi untuk data tanah yang tidak ada dalam uji laboratorium dapat menggunakan korelasi untuk mencari

nilai parameter yang akan digunakan. Beberapa parameter tanah yang digunakan nantinya dalam perhitungan yaitu γ , C_u , ϵ_{50} , ϕ , k dan nilai parameter lainnya.



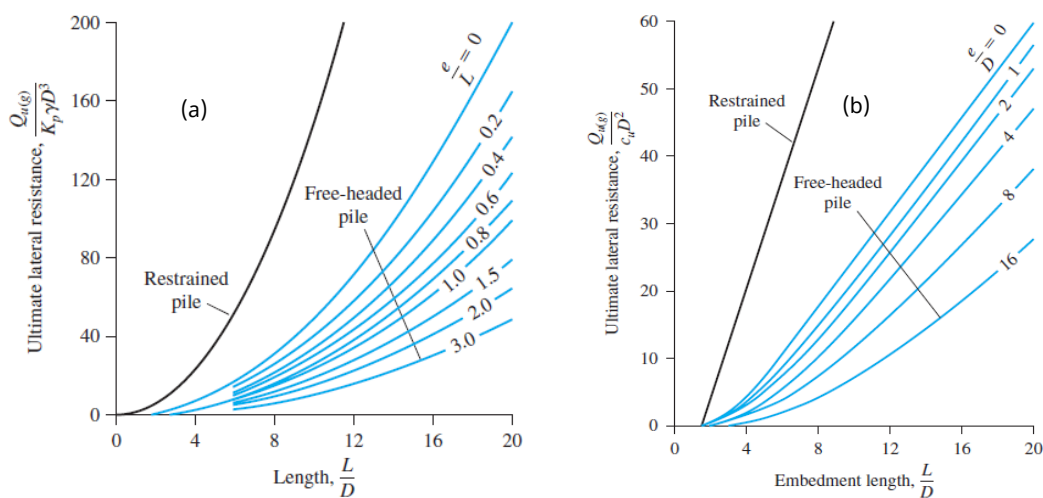
Gambar 2. Titik lokasi pengujian tanah

2.4. Analisis dengan Metode Broms

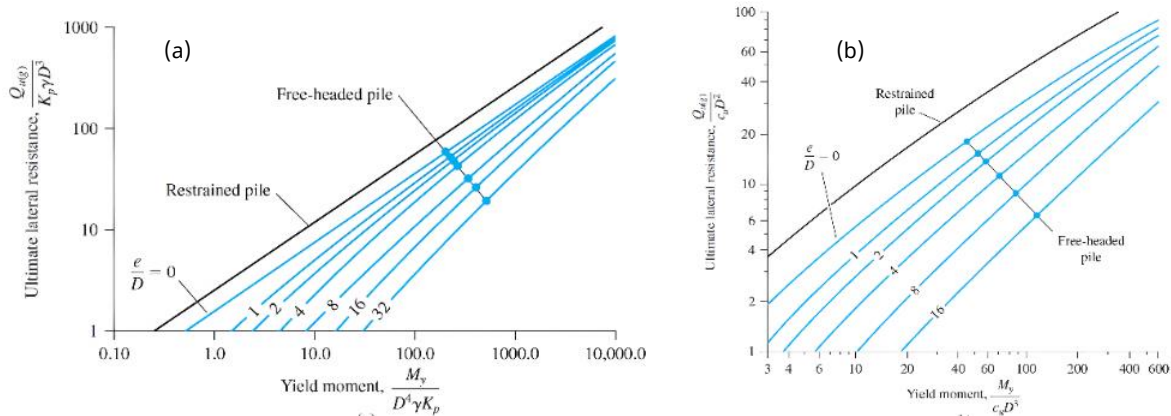
Menurut Prakash & Sharma (1990) daya dukung lateral pada tiang dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan 2 kriteria berupa:

1. Daya dukung izin lateral tiang didapatkan dari hasil daya dukung *ultimate* dibagi dengan nilai faktor keamanan.
2. Daya dukung lateral tiang dapat berdasarkan dari nilai defleksi lateral yang diizinkan.

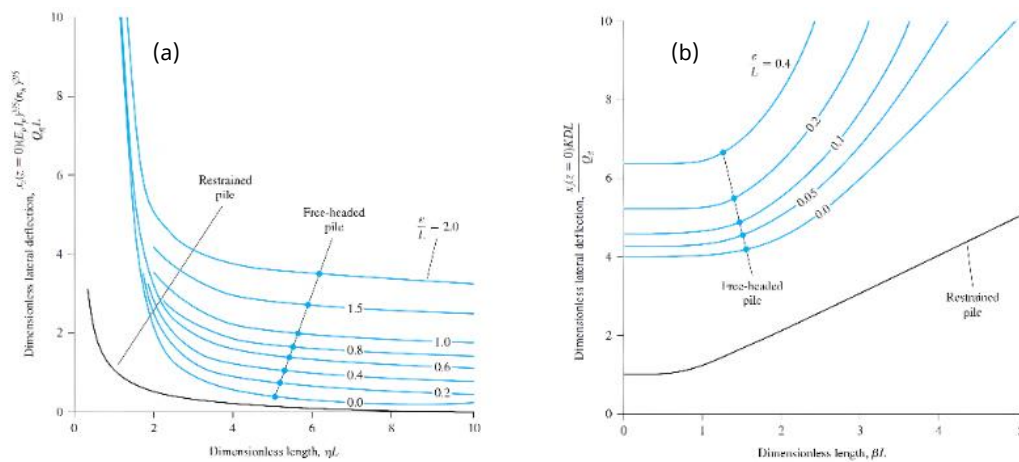
Perhitungan metode Broms dimulai dengan menentukan kondisi tiang *free head* atau *fixed head*. Tiang panjang yaitu tiang dengan $L \geq 5T$ dan tiang termasuk pendek apabila $L \leq 2T$. Nilai daya dukung lateral untuk tiang panjang kondisi tiang *free head* atau *fixed head* dapat menggunakan grafik pada Gambar 3. Selanjutnya untuk hubungan daya dukung lateral untuk tiang panjang berdasarkan kondisi tiang *free head* atau *fixed head* dapat menggunakan grafik pada Gambar 4, sedangkan untuk perhitungan daya dukung berdasarkan defleksi kepala tiang pada tanah lempung dan pasir dapat dihitung dengan menggunakan grafik pada Gambar 5 (Das, 2011).



Gambar 3. Grafik hubungan panjang tiang dengan tahanan lateral ultimit : (a) untuk tanah pasir & (b) untuk tanah lempung



Gambar 4. Grafik hubungan panjang tiang dengan tahanan lateral ultimit: (a) untuk tanah pasir & (b) untuk tanah lempung



Gambar 5. Grafik defleksi kepala tiang: (a) untuk tanah pasir & (b) untuk tanah lempung

Defleksi yang terjadi pada fondasi tiang pancang tidak diperbolehkan memiliki defleksi yang besar, berdasarkan (SNI 8460, 2017), defleksi lateral yang diizinkan pada tiang yaitu sebesar 12 mm untuk gempa rencana dan 25 mm untuk gempa kuat dengan kondisi tiang tunggal dan free head.

2.5. Analisis dengan Metode P-y

Metode P-y merupakan analisis non linear yang mempresentasikan antara tekanan tanah lateral (p) dan defleksi lateral (y) pada sepanjang tiang yang dianalisis. Kurva P-y yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis tanah, ke dalam dan kondisi material tiang. Metode P-Y ini banyak dipakai untuk mengkalibrasi kondisi sebenarnya yang diperoleh dari uji skala penuh (Mostafa, 2022).

Dalam perhitungan daya dukung lateral metode P-y pada kondisi tanah lempung pada tahap awal dilakukan perhitungan tahanan ultimit tanah lempung pada persatuan panjang tiang dengan mengambil nilai terkecil dari persamaan (1) dan (2). Nilai P_u dihitung pada setiap kedalaman kurva P-y (Wang and Reese, 1993).

$$p_u = \left[3 + \frac{\gamma'}{c} x + \frac{j}{b} x \right] cb \quad (1)$$

$$p_u = 9cb \quad (2)$$

Perhitungan untuk nilai defleksi tiang pada setengah tahanan ultimit dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$y_{50} = 2.5 \epsilon_{50} b \quad (3)$$

Perhitungan titik yang menggambarkan kurva P-y dapat dihitung dengan menggunakan hubungan persamaan (4)

$$\frac{p}{p_u} = 0.5 \left(\frac{y}{y_{50}} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

Dimana, p tetep konstan di luar $y = 8y_{50}$.

Selanjutnya pada kondisi tanah pasir untuk pembebanan statis jangka pendek dapat dilakukan dengan perhitungan awal menggunakan persamaan (5)

$$\alpha = \frac{\phi}{2}; \beta = 45 + \frac{\phi}{2}; K_o = 0.4; K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (5)$$

Perhitungan tahanan ultimit tanah per satuan panjang tiang pancang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) dan (7). Dimana, untuk persamaan (6) digunakan untuk kondisi tanah berada di atas permukaan air dan persamaan (7) untuk kondisi tanah di bawah permukaan air.

$$p_{st} = \gamma x \left[\frac{K_o x \tan \phi \sin \beta}{\tan(\beta - \phi) \cos \alpha} + \frac{\tan \beta}{\tan(\beta - \phi)} (b + x \tan \beta \tan \alpha) + K_o x \tan \beta (\tan \phi \sin \beta - \tan \alpha) - K_a b \right] \quad (6)$$

$$p_{sd} = K_a b \gamma x (\tan^8 \beta - 1) + K_o b \gamma x \tan \phi \tan^4 \beta \quad (7)$$

Setelah kedalaman telah dipilih untuk kurva P-y, tetapkan y_u sebagai $3b/80$. Nilai p_u dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (8).

$$p_u = \bar{A}_s P_s \text{ or } p_u = \bar{A}_c P_s \quad (8)$$

Untuk menghitung nilai y_m sebagai $b/60$. Nilai p_m dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (9).

$$p_m = B_s P_s \text{ or } p_m = B_c P_s \quad (9)$$

Perhitungan untuk garis lurus awal dari kurva P-y dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (10).

$$p = (kx)y \quad (10)$$

Penetapan bagian parabola dari kurva P-y dapat menggunakan perhitungan pada persamaan (11).

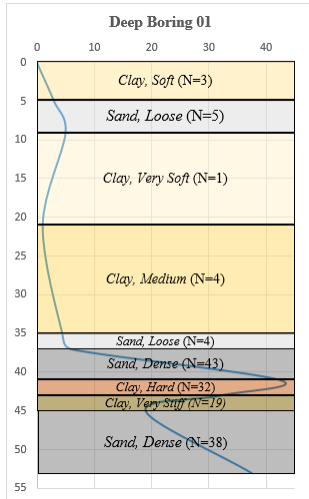
$$p = \bar{C}_y^{-1/n} \quad (11)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

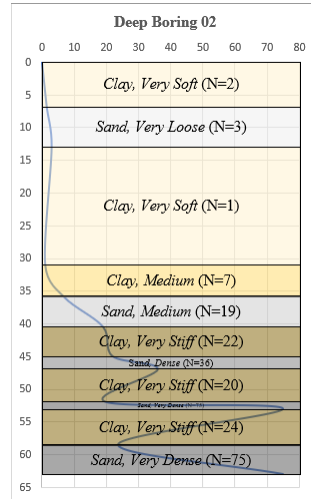
3.1. Interpretasi Data Tanah

Berdasarkan dari data pengujian tanah di lapangan dapat disimpulkan klasifikasi tanah dapat ditentukan berdasarkan dari konsistensi jenis tanah dan nilai N-SPT. Tanah dengan konsistensi dan nilai N-SPT yang masuk ke dalam rentang menunjukkan jenis tanah yang sama. Berdasarkan kesimpulan resume pada tabel didapatkan perlapisan tanah yang baru

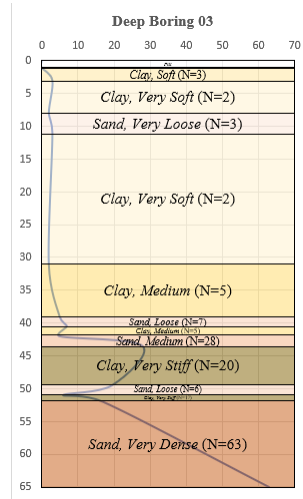
Berdasarkan kondisi tanah yang dihasilkan dari penyelidikan tanah maka dapat hasil perlapisan tanah pada Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9.



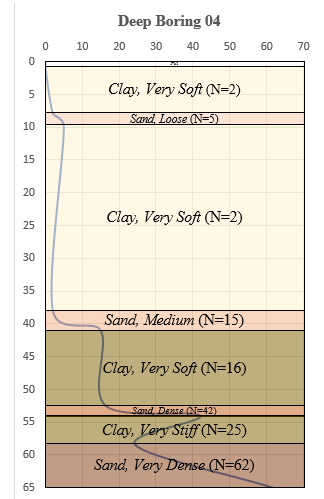
Gambar 6. Perlapisan tanah Deep Boring 01.



Gambar 7. Perlapisan tanah Deep Boring 02.



Gambar 8. Perlapisan tanah Deep Boring 03.



Gambar 9. Perlapisan tanah Deep Boring 04.

Parameter tanah berdasarkan data laboratorium, hasil perhitungan maupun hasil korelasi didapatkan hasil pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter tanah Deep Boring 02.

Layer	Soil Type	Konsistensi	Depth (m)			N-SPT	γ_{sat} (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	e_0	c_u (kN/m ³)	c' (kN/m ²)
1	Clay	Very Soft	0.0	-	7.0	2	15.4	5.59	2.20	38.2	3.75
2	Sand	Very Loose	7.0	-	13.0	3	21.5	11.69	0.80	-	3.75
3	Clay	Very Soft	13.0	-	31.0	1	15.3	5.49	2.44	13.7	2.50
4	Clay	Medium	31.0	-	36.0	7	18.0	8.19	0.90	54.9	3.75
5	Sand	Medium	36.0	-	40.5	19	18.9	9.09	0.45	-	4.50
6	Clay	Very Stiff	40.5	-	45.0	22	18.6	8.79	0.60	146.7	4.67
7	Sand	Dense	45.0	-	47.0	36	23.0	13.19	0.45	-	1.50
8	Clay	Very Stiff	47.0	-	52.0	20	19.0	9.19	0.60	133.3	3.33
9	Sand	Very Dense	52.0	-	53.0	75	21.5	11.69	0.45	-	11.25
10	Clay	Very Stiff	53.0	-	58.5	24	19.0	9.19	0.60	157.8	5.78
11	Sand	Very Dense	58.5	-	63.0	75	21.5	11.69	0.45	-	11.25

Tabel 2 Parameter tanah Deep Boring 02.

Layer	Soil Type	Konsistensi	Depth (m)			N-SPT	Φ (°)	Φ'(°)	E (MPa)	ε ₅₀	k (kN/m ³)
1	Clay	Very Soft	0.0	-	7.0	2	-	23.00	2.3	0.02	8140
2	Sand	Very Loose	7.0	-	13.0	3	22.50	22.50	10.3	-	5430
3	Clay	Very Soft	13.0	-	31.0	1	-	21.00	1.5	0.02	8140
4	Clay	Medium	31.0	-	36.0	7	-	23.00	10.3	0.01	27150
5	Sand	Medium	36.0	-	40.5	19	37.25	37.25	16.8	-	16300
6	Clay	Very Stiff	40.5	-	45.0	22	-	28.27	34.0	0.005	271000
7	Sand	Dense	45.0	-	47.0	36	41.50	41.50	32.5	-	33900
8	Clay	Very Stiff	47.0	-	52.0	20	-	27.33	30.0	0.005	271000

Layer	Soil Type	Konsistensi	Depth (m)			N-SPT	Φ (°)	Φ' (°)	E (MPa)	ε_{50}	k (kN/m ³)
9	Sand	Very Dense	52.0	-	53.0	75	47.50	47.50	175.0	-	33900
10	Clay	Very Stiff	53.0	-	58.5	24	-	29.04	37.3	0.005	271000
11	Sand	Very Dense	58.5	-	63.0	75	47.50	47.50	175.0	-	33900

Tabel 3 Parameter tanah Deep Boring 03.

Layer	Soil Type	Konsistensi	Depth (m)			N-SPT	γ_{sat} (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	e_0	c_u (kN/m ³)	c' (kN/m ²)
1	Fill	-	0.0	-	1.0	-	-	-	-	-	-
2	Clay	Soft	1.0	-	3.0	3	17.3	7.49	1.75	43.1	2.50
3	Clay	Very Soft	3.0	-	8.0	2	16.9	7.09	1.82	38.2	5.00
4	Sand	Very Loose	8.0	-	11.0	3	21.5	11.69	0.80	-	3.75
5	Clay	Very Soft	11.0	-	31.0	2	15.4	5.59	2.32	17.7	5.00
6	Clay	Medium	31.0	-	39.0	5	18.0	8.19	0.90	54.9	1.25
7	Sand	Loose	39.0	-	40.5	7	20.0	10.19	0.80	-	5.00
8	Clay	Medium	40.5	-	42.0	5	17.1	7.29	0.90	54.9	1.25
9	Sand	Medium	42.0	-	43.5	28	18.6	8.79	0.45	-	9.00
10	Clay	Very Stiff	43.5	-	49.5	20	19.0	9.19	0.60	130.0	3.00
11	Sand	Loose	49.5	-	51.0	6	20.0	10.19	0.80	-	3.33
12	Clay	Very Stiff	51.0	-	52.0	17	19.0	9.19	0.60	113.3	1.33
13	Sand	Very Dense	52.0	-	65.0	63	21.5	11.69	0.45	-	8.25

Tabel 4 Parameter tanah Deep Boring 03.

Layer	Soil Type	Konsistensi	Depth (m)			N-SPT	Φ (°)	Φ' (°)	E (MPa)	ε_{50}	k (kN/m ³)
1	Fill	-	0.0	-	1.0	-	-	-	-	-	-
2	Clay	Soft	1.0	-	3.0	3	-	21.00	4.5	0.02	8140
3	Clay	Very Soft	3.0	-	8.0	2	-	25.00	3.0	0.02	8140
4	Sand	Very Loose	8.0	-	11.0	3	22.50	22.50	10.3	-	5430
5	Clay	Very Soft	11.0	-	31.0	2	-	25.00	3.0	0.02	8140
6	Clay	Medium	31.0	-	39.0	5	-	19.00	6.8	0.01	27150
7	Sand	Loose	39.0	-	40.5	7	32.50	32.50	3.5	-	5430
8	Clay	Medium	40.5	-	42.0	5	-	19.00	6.8	0.01	27150
9	Sand	Medium	42.0	-	43.5	28	39.50	39.50	23.5	-	16300
10	Clay	Very Stiff	43.5	-	49.5	20	-	27.10	29.0	0.005	271000
11	Sand	Loose	49.5	-	51.0	6	31.67	31.67	3.0	-	5430
12	Clay	Very Stiff	51.0	-	52.0	17	-	25.93	24.0	0.005	271000
13	Sand	Very Dense	52.0	-	65.0	63	46.30	46.30	139.0	-	33900

3.2. Daya Dukung Metode Broms

$z = 0.0127$ m atau 12.7 mm atau 0.5 inch

$$Q_g = \frac{0.0127 \times 5099.46 \times 0.6 \times 39}{10} = 156.60 \text{ kN}$$

$z = 0.0254$ m atau 25.4 mm atau 1 inch

$$Q_g = \frac{0.0254 \times 5099.46 \times 0.6 \times 39}{10} = 313.19 \text{ kN}$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dihasilkan daya dukung sebesar 313.19 kN di mana nilai defleksi 1 inch merupakan defleksi yang dihasilkan dari kapasitas lateral yang mampu ditahan oleh tiang. Persamaan di atas juga dapat digunakan untuk tiang 381 dan mendapatkan daya dukung sebesar 341.95 kN untuk defleksi 1 inch.

$z = 0.0127$ m atau 12.7 mm atau 0.5 inch

$$Q_g = \frac{0.0127 \times 5753.23 \times 0.6 \times 40.3}{10} = 170.97 \text{ kN}$$

$z = 0.0254$ m atau 25.4 mm atau 1 inch

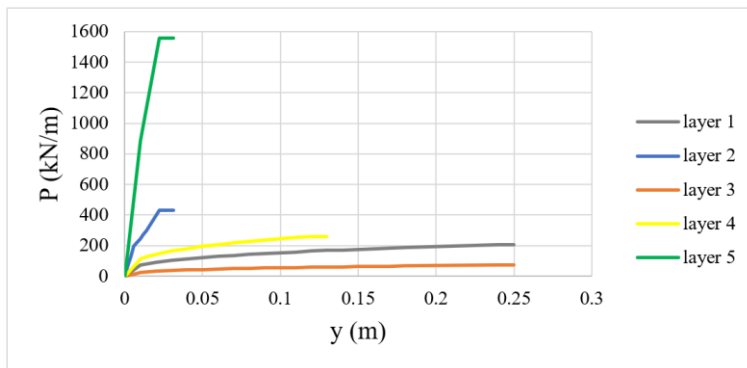
$$Q_g = \frac{0.0254 \times 5753.23 \times 0.6 \times 40.3}{10} = 341.95 \text{ kN}$$

3.3. Daya Dukung Lateral Metode P-y

Berdasarkan dari hasil perhitungan daya dukung lateral metode P-y pada tiang 231 didapatkan perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel 5 dan gambar keseluruhan kurva P-y dapat dilihat pada Gambar 10.

Tabel 5. Nilai hasil perhitungan metode P-y.

Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6	
y (m)	P (kN/m)	y (m)	P (kN/m)	y (m)	P (kN/m)	y (m)	P (kN/m)	y (m)	P (kN/m)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	71.51	0.00	65.16	0.01	25.70	0.01	113.88	0.00	146.70
0.02	90.10	0.00	130.32	0.02	32.38	0.02	130.36	0.01	884.27
0.03	103.14	0.01	195.48	0.03	37.07	0.03	164.24	0.02	1556.31
0.03	103.14	0.01	244.54	0.03	37.07	0.03	164.24	0.03	1556.31
0.04	113.52	0.01	273.21	0.04	40.80	0.04	180.77		
0.05	122.29	0.01	300.05	0.05	43.95	0.05	194.73		
0.06	129.95	0.02	430.39	0.06	46.70	0.06	206.93		
0.07	136.80	0.03	430.39	0.07	49.17	0.07	217.84		
0.08	143.03			0.08	51.40	0.08	227.75		
0.09	148.75			0.09	53.46	0.09	236.87		
0.10	154.07			0.10	55.37	0.10	245.34		
0.11	159.04			0.11	57.16	0.11	253.26		
0.12	163.72			0.12	58.84	0.12	260.71		
0.13	168.15			0.13	60.43	0.13	260.71		
0.14	172.36			0.14	61.95				
0.15	176.37			0.15	63.39				
0.16	180.20			0.16	64.77				
0.17	183.88			0.17	66.09				
0.24	206.28			0.24	74.14				
0.25	206.28			0.25	74.14				

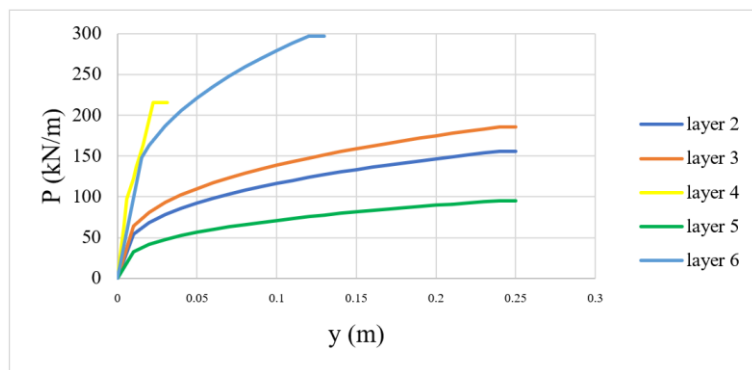


Gambar 10. Kurva P-y untuk tiang 231.

Kemudian untuk hasil perhitungan daya dukung lateral metode P-y pada tiang 381 didapatkan perhitungan yang dapat dilihat Tabel 6 pada dan gambar keseluruhan kurva P-y dapat dilihat pada Gambar 11.

Tabel 6. Nilai hasil perhitungan metode P-y.

Layer 2		Layer 3		Layer 4		Layer 5		Layer 6	
y (m)	P (kN/m)	y (m)	P (kN/m)	y (m)	P (kN/m)	y (m)	P (kN/m)	y (m)	P (kN/m)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.01	54.04	0.01	64.39	0.00	32.58	0.01	33.05	0.02	148.28
0.02	68.08	0.02	81.12	0.00	65.16	0.02	41.64	0.02	163.20
0.03	77.94	0.03	92.86	0.01	97.74	0.03	47.66	0.03	186.82
0.04	85.78	0.04	102.21	0.01	122.27	0.04	52.46	0.04	205.62
0.05	92.40	0.05	110.10	0.01	136.60	0.05	56.51	0.05	221.50
0.06	98.19	0.06	117.00	0.01	150.03	0.06	60.05	0.06	235.37
0.07	103.37	0.07	123.17	0.02	162.72	0.07	63.21	0.07	247.78
0.08	108.08	0.08	128.78	0.02	215.20	0.08	66.09	0.08	259.06
0.09	112.41	0.09	133.93	0.03	215.20	0.09	68.74	0.09	269.44
0.10	116.42	0.10	138.72			0.10	71.20	0.10	279.07
0.11	120.18	0.11	143.20			0.11	73.49	0.11	288.08
0.12	123.72	0.12	147.41			0.12	75.66	0.12	296.55
0.13	127.06	0.13	151.40			0.13	77.70	0.13	296.55
0.14	130.24	0.14	155.18			0.14	79.65		
0.15	133.27	0.15	158.79			0.15	81.50		
0.16	136.17	0.16	162.25			0.16	83.27		
0.17	138.95	0.17	165.56			0.17	84.97		
0.18	141.62	0.18	168.74			0.18	86.60		
0.19	144.20	0.19	171.81			0.19	88.18		
0.20	146.68	0.20	174.78			0.20	89.70		



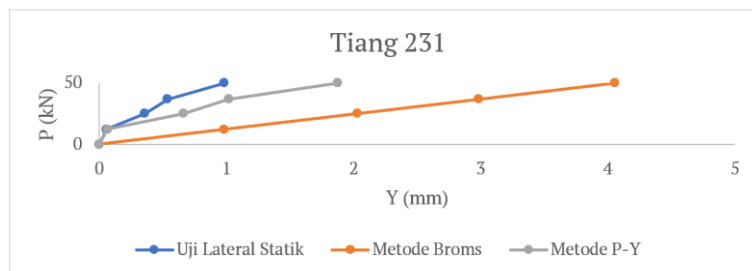
Gambar 11. Kurva P-y untuk tiang 381.

Berdasarkan dari perhitungan didapatkan nilai daya dukung pada tiang 231 pada defleksi 12.7 mm sebesar 120.5 kN sedangkan untuk defleksi 25.4 mm inch sebesar 130.03 kN. Kemudian nilai daya dukung pada tiang 381 pada defleksi 12.7 mm sebesar 123.78 kN sedangkan untuk defleksi 25.4 mm inch sebesar 218.13 kN.

3.4. Perbandingan Kapasitas Lateral Fondasi

Tabel 7. Hasil perbandingan untuk tiang 231.

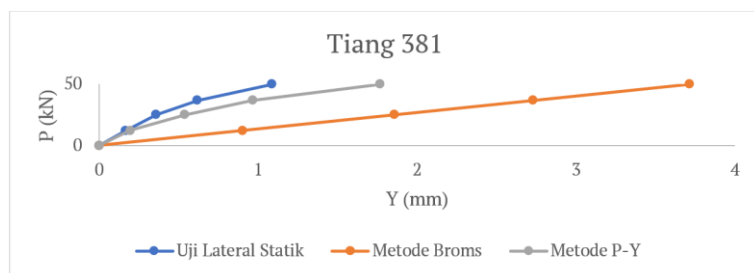
P (kN)	Uji Lateral Statis (mm)	Metode Broms (mm)	Metode P-y (mm)
0.00	0.00	0.00	0,00
12.20	0.06	0.99	0,06
25.00	0.36	2.03	0,66
36.80	0.54	2.98	1,02
50.00	0.99	4.06	1,88



Gambar 12. Grafik perbandingan metode Broms, metode P-y dan hasil uji lateral statik pada tiang 231.

Tabel 8. Hasil perbandingan untuk tiang 381.

P (kN)	Uji Lateral Statis (mm)	Metode Broms (mm)	Metode P-y (mm)
0.00	0.00	0.00	0.00
12.20	0.17	0.91	0.19
25.00	0.36	1.86	0.54
36.80	0.62	2.73	0.97
50.00	1.09	3.71	1.77



Gambar 13. Grafik perbandingan metode Broms, metode P-y dan hasil uji lateral statik pada tiang 381.

Berdasarkan perbandingan untuk metode Broms, metode P-y dan hasil uji lateral statik pada tiang 231 (Tabel 7 dan Gambar 12) dan tiang 381 (Tabel 8 dan Gambar 12) dapat dilihat nilai defleksi yang terjadi pada metode Broms lebih besar dengan kenaikan linear dibandingkan dengan metode P-y dan hasil uji lateral statik yang memiliki kurva yang hampir menyerupai. Metode Broms memperkirakan defleksi kepala tiang yang sangat besar dengan mempertimbangkan tanah sebagai material kompleks serta linear yang dipengaruhi banyak variabel, tetapi metode ini masih berlaku dalam perhitungan defleksi pada kepala tiang (Kanakewararao and Ganesh, 2017). Selain itu nilai defleksi yang terjadi pada metode Broms lebih besar dengan kenaikan linear dibandingkan dengan metode P-y dan hasil uji lateral statik yang memiliki kurva yang hampir menyerupai ini menunjukkan bahwa kapasitas lateral metode Broms lebih kecil (Kurnia, Muhammad Riza and Vitta Pratiwi, 2023).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan pada lokasi penelitian dapat diketahui bahwa kondisi tanah di lokasi penelitian berupa tanah berlapis dengan lapisan pertama didominasi oleh lempung sangat lunak dan lempung lunak di kedalaman 0 – 30 m, dimana terdapat sisipan pasir lepas di kedalaman 5 – 10 m. Lapisan selanjutnya berupa lempung lunak sampai lempung medium pada kedalaman 35 – 40 m. Selanjutnya, terdapat sebaran pasir lepas dan pasir medium dengan tebal lapisan sekitar 3 – 5 m. Pada lapisan terakhir didominasi tanah lempung sangat kaku dan pasir padat sampai pasir sangat padat hingga akhir pengujian tanah. Analisis daya dukung lateral fondasi dengan menggunakan metode Broms dihasilkan nilai daya dukung pada defleksi 12,7 mm sebesar 156,6 kN untuk tiang 231 *Deep Boring* 02, dan daya dukung sebesar 170,79 kN untuk tiang 381 *Deep Boring* 03. Kemudian daya dukung pada defleksi 25,4 mm sebesar 313,19 kN untuk tiang 231 *Deep Boring* 02, dan daya dukung sebesar 341,95 kN untuk tiang 381 *Deep Boring* 03. Berdasarkan analisis daya dukung lateral fondasi dengan menggunakan metode P-y maka dihasilkan nilai tahanan ultimit yang mampu diterima dengan defleksi 12,7 mm sebesar 120,5 kN untuk tiang 231 *Deep Boring* 02, dan daya dukung sebesar 123,78 kN untuk tiang 381 *Deep Boring* 03. Kemudian daya dukung pada defleksi 25,4 mm sebesar 201,34 kN untuk tiang 231 *Deep Boring* 02, dan daya dukung sebesar 218,12 untuk tiang 381 *Deep Boring* 03. Hasil uji lateral statik memiliki nilai daya dukung rencana 50 kN dengan nilai defleksi 0,99 mm pada tiang 231, kemudian daya dukung rencana 50 kN dengan nilai 1,09 mm pada tiang 381 sehingga diketahui nilai daya dukung aktual dari hasil pengujian lebih besar dibandingkan daya dukung rencana. Berdasarkan hasil perhitungan metode P-y dapat dijadikan sebuah referensi atau perencanaan awal dalam perencanaan fondasi.

REFERENSI

- Das, B.M., 2011. *Principles of Foundation Engineering*. 7th ed. Canada: Cengage Learning.
- Handiman, I., Redana, I.W., Hidayati, A.M. and Sudarsana, I.K., 2023. Additional Lateral Soil Pressure Due to Vehicle (at Constant Speed): The Distribution and Comparison to its Static Load. *Civil Engineering and Architecture*, 11(5), pp.3086–3111. <https://doi.org/10.13189/cea.2023.110821>.
- Kanakewararao, T. and Ganesh, B., 2017. Analysis of Pile Foundation Subjected to Lateral and Vertical Loads. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 46(2), pp.113–127. <https://doi.org/10.14445/22315381/ijett-v46p219>.
- Kurnia, Z., Muhammad Riza and Vitta Pratiwi, 2023. Pendekatan Metode Broms Terhadap Metode P-Y Curve Pada Analisis Kapasitas Dukung Lateral Pondasi Tiang. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(3), pp.174–180. <https://doi.org/10.24002/jts.v17i3.7703>.

- Mostafa, H.H., 2022. Lateral Response Evaluation of Single Piles Based on Pressuremeter Test Results (Using Foxta) Versus Standard Penetration Test Results (Using Lpile). *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(271), pp.1–10. <https://doi.org/10.1007/s41062-022-00870-4>.
- Prakash, S. and Sharma, H.D., 1990. *Pile Foundations in Engineering Practice*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Rahardjo, P.P., 2005. *Manual Pondasi Tiang*. 3rd ed. Bandung: GCC Universitas Katolik Parahyangan.
- Sarifah, F., Handiman, I. and Gusnadi, Z., 2023. Prinsip Penentuan Kapasitas Dukung Fondasi Dangkal Berdasarkan Metode Analitik Rasional. *Akselerasi : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 4(2), pp.74–87. <https://doi.org/10.37058/aks.v4i2.6534>.
- Sivaraman, S. and Muthukkumaran, K., 2021. Non-Linear Performance Analysis of Free Headed Piles in Consolidating Soil Subjected to Lateral Loads. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 24(2), pp.449–457. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.09.007>.
- SNI 8460, 2017. *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Badan Standarisasi Nasional.
- Wang, S.T. and Reese, L.C., 1993. *COM624P-Laterally Loaded Pile Analysis Program for The Microcomputer, Version 2.0*. 2nd ed. Washington: Federal Highway Administration.