

DEFLEKSI LATERAL TIANG TUNGGAL AKIBAT BEBAN LATERAL PADA TANAH LEMPUNG BERDASARKAN KOMPARASI TIGA METODE

Ahmad Jirjisul Ba'ist, Togani Cahyadi Upomo, Henry Apriyatno, dan Untoro Nugroho
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
e-mail: jirjisulbaist25@gmail.com

Abstract: The foundation has a function to hold the load in the form of axial load, lateral load and moment. The axial load on the pile foundation is supported by the pole end resistance and pile friction, while the lateral load on the pile foundation is supported by the relation of the blanket area along the pile with the ground in the lateral direction. Lateral load causes lateral deflection in which the magnitude of deflection must not exceed the permissible lateral deflection limit of 2.54 cm. The determining factors in lateral deflection are the type of pile foundation, soil type, and the magnitude of the force that occurs. The foundation of a single pile in which the number of one pile when embedded in clay soil needs to be investigated for the magnitude of lateral deflection that occurs, this is due to the changing nature of the clay when under the influence of high or low water content. The foundation of the pile uses a concrete head with the condition of a free end with a cylindrical shape with a diameter of 60 cm that is not solid with a wall thickness of 10 cm and a compressive strength of concrete of 60 MPa. Clay soil data uses soil drilling test data in Wirosari, Grobogan, Central Java. The planning method used is the finite element method (PLAXIS) and the finite difference method (p-y curve and the ALLPILE program) with lateral load variations of 10 kN, 15 kN and 20 kN given to the top end of the pole with the principle of giving trial and error loads. The results of the calculation of the lateral deflection of the pile on the p-y curve method with finite difference resolution, the ALLPILE program, and the PLAXIS program respectively with a lateral load of 10 kN are 0.0629 cm; 1.21 cm; 0.27 cm, lateral loads of 15 kN are 0.0943 cm; 2.13 cm; 0.4051 cm, and a lateral load of 20 kN is 0.1258 cm; 3.14 cm; 0.5402 cm. Thus the lateral deflection load limit is 15 kN, so as not to exceed the permissible lateral deflection limit of 2.54 cm. The recommended method used is the ALLPILE program to better get the level of security from the lateral deflection of the pole when applied in the field.

Keywords: *lateral deflection, p-y curve method with finite-difference solution, ALLPILE V7.3B, PLAXIS versi 8.6*

Abstrak: Fondasi memiliki fungsi menahan beban baik berupa beban aksial, beban lateral maupun momen. Beban aksial pada fondasi tiang didukung oleh tahanan ujung tiang dan gesek tiang, sedangkan beban lateral pada fondasi tiang didukung oleh hubungan luas selimut di sepanjang tiang dengan tanah pada arah lateral. Beban lateral mengakibatkan defleksi lateral yang besarnya defleksi tidak boleh melebihi batas defleksi lateral izin yaitu sebesar 2,54 cm. Faktor penentu dalam defleksi lateral adalah jenis fondasi tiang, jenis tanah, dan besarnya gaya yang terjadi. Fondasi tiang tunggal yang mana jumlahnya satu tiang ketika tertanam pada tanah lempung perlu diselidiki besarnya defleksi lateral yang terjadi, hal ini dikarenakan sifat tanah lempung yang berubah-ubah ketika mendapat pengaruh dari tinggi rendahnya kadar air. Fondasi tiang menggunakan tiang beton kondisi kepala ujung bebas berbentuk silinder berdiameter 60 cm tidak pejal dengan tebal dinding 10 cm dan kuat tekan beton 60 MPa. Data tanah lempung menggunakan data pengujian pengeboran tanah di Wirosari, Grobogan, Jawa Tengah. Metode perencanaan yang digunakan yaitu metode elemen hingga (PLAXIS) dan metode beda hingga (kurva p-y dan program ALLPILE) dengan variasi beban lateral sebesar 10 kN, 15 kN dan 20 kN diberikan ke ujung atas tiang dengan prinsip pemberian beban *trial and error*. Hasil perhitungan defleksi lateral tiang pada metode kurva p-y dengan penyelesaian beda hingga, program ALLPILE, dan program PLAXIS berturut-turut dengan beban lateral sebesar 10 kN adalah 0.0629 cm; 1.21 cm; 0.27 cm, beban lateral sebesar 15 kN adalah 0.0943 cm; 2.13 cm; 0.4051 cm, dan beban lateral sebesar 20 kN adalah 0.1258 cm; 3.14 cm; 0.5402 cm. Dengan demikian batas beban defleksi lateral yang diberikan adalah 15 kN, agar tidak melebihi batas defleksi lateral izin sebesar 2,54 cm. Rekomendasi metode yang digunakan adalah program ALLPILE agar lebih mendapatkan tingkat keamanan dari defleksi lateral tiang ketika diterapkan di lapangan.

Kata kunci: *defleksi lateral, kurva p-y dengan penyelesaian beda hingga, ALLPILE V7.3B, PLAXIS versi 8.6*

PENDAHULUAN

Fondasi merupakan suatu bagian dari bangunan yang berfungsi mendistribusikan beban bangunan ke tanah. Berdasarkan tingkat kedalaman dan lebar, fondasi tergolong menjadi fondasi dangkal dan fondasi dalam. Salah satu contoh fondasi dalam yaitu fondasi tiang, fondasi tiang merupakan jenis fondasi dalam yang akan menerima beban bangunan yang relatif besar.

Beban pada bangunan yang akan diterima fondasi adalah beban aksial, beban lateral, dan momen. Beban aksial dibedakan menjadi beban tarik dan beban tekan. Keadaan dimana gaya-gaya yang bekerja pada sumbu tiang sejajar disebut beban aksial. Selain beban aksial, fondasi akan menahan beban lateral. Keadaan bilamana gaya-gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu tiang dari fondasi tiang disebut beban lateral.

Struktur fondasi kaitannya dengan penentuan kapasitas daya dukung lateral perlu diperhitungkan beban lateral, defleksi lateral yang terjadi dan karakteristik tanah. Beban horizontal umumnya disebabkan oleh angin, gempa bumi, berlabuhnya kapal, akselerasi kendaraan, pengereman di jembatan dan lain sebagainya yang berhubungan dengan gaya yang menimbulkan beban lateral. Oleh karena itu penentuan kapasitas beban lateral fondasi tiang pancang adalah salah satu hal yang penting dalam rekayasa fondasi. Kapasitas beban lateral yang terjadi tidak boleh melebihi syarat izin terjadinya defleksi lateral yaitu sebesar 1 inci atau 2,54 cm.

Faktor penentu pemasangan fondasi tiang dalam menahan beban lateral adalah karakteristik fondasi tiang, jenis tanah di sekitar fondasi tiang, dan besarnya gaya yang terjadi pada tiang. Karakteristik fondasi tiang yang digunakan tentunya harus sesuai dengan besarnya beban yang akan diterima fondasi sehingga tidak terjadi defleksi lateral yang melebihi batas defleksi lateral izin.

Tanah lempung memiliki sifat yang berubah-ubah apabila terpengaruhi oleh tinggi rendahnya kadar air. Berkaitan dengan kadar air, tanah memiliki permeabilitas yang rendah sehingga konsolidasi berlangsung lambat, bersifat sangat keras dalam kondisi kering, bersifat plastis

ketika kadar air sedang, bersifat kohesif ketika kadar air tinggi, kuat geser berkurang jika kadar air tinggi, kembang susut tinggi, dan dapat menjadi kondisi ekspansif maupun non ekspansif. Oleh karena sifat tersebut maka diperlukan analisis untuk mengetahui defleksi lateral tiang.

Metode yang digunakan pada analisis ini yaitu metode elemen hingga (PLAXIS) dan metode beda hingga (kurva p-y dan program ALLPILE). Perbedaan dari ketiga metode tersebut terletak pada kondisi tumpuannya pada tanah keras. Program PLAXIS mengizinkan pergerakan pada ujung bawah sehingga dapat disebut sebagai tumpuan rol, sedangkan metode kurva p-y dan ALLPILE tidak mengizinkan pergerakan pada tumpuan bawah tiang, sehingga dapat disebut sebagai tumpuan jepit.

TINJAUAN PUSTAKA

Fondasi Tiang

Setiap bangunan yang berdiri di atas permukaan tanah memerlukan fondasi sebagai pendukung dari bangunan. Fondasi yang digunakan disesuaikan dengan fungsi struktur dan kondisi tanah agar dapat berfungsi optimal, baik, dan ekonomis. Fondasi merupakan salah satu pekerjaan yang sangat penting dalam suatu pekerjaan struktur, karena fondasi memikul dan menahan suatu beban bangunan baik beban vertikal, beban angkat maupun beban horizontal.

Fungsi fondasi agar tidak mengalami kegagalan struktur, maka harus diletakkan pada lapisan tanah yang cukup keras atau padat untuk mendukung beban bangunan tanpa timbul penurunan yang berlebihan, dan untuk mengetahui letak atau kedalaman lapisan tanah padat dengan daya dukung yang cukup besar maka diperlukan penyelidikan tanah. Fondasi bangunan biasa dibedakan sebagai fondasi dangkal (*shallow foundations*) dan fondasi dalam (*deep foundations*), bergantung pada perbandingan kedalaman fondasi dengan lebar fondasi (Gunawan, 1990).

Dalam penggunaannya, fondasi tiang umumnya terdiri atas tiang tunggal (*single pile*) dan kelompok tiang (*group piles*). Pemilihan penggunaan tiang tunggal dan kelompok tiang

serta perencanaannya relatif terhadap besar beban yang akan diterima, luas area pembebanan dan parameter tanah yang dibebani. Kapasitas daya dukung fondasi tiang bergantung pada faktor parameter tanah, jumlah tiang dalam menanggung beban, panjang kedalaman tiang, diameter tiang, susunan tiang, jarak antar tiang, besarnya beban yang diterima oleh tiang, arah beban kepada tiang dan faktor eksternal tiang seperti faktor pekerjaan tiang dan faktor lainnya yang tidak terduga seperti faktor bencana alam sehingga menimbulkan kerusakan. Namun pada studi kasus ini merupakan fondasi tiang tunggal.

Fondasi Tiang pada Tanah Lempung

Fondasi dan karakteristik tanah saling memengaruhi, pada umumnya kondisi tanah yang sering terdapat di lapangan merupakan tanah lempung atau kohesif dan tanah pasir atau granuler.

Das. Braja M (1988) menerangkan bahwa tanah lempung sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan (*clay mineral*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Tanah lempung sangat keras dalam kondisi kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang.

Kondisi fondasi tiang ketika berada pada tanah kohesif memungkinkan daya rekat (*friction pile*) yang kuat sehingga pada umumnya akan menimbulkan kekuatan pada fondasi tiang. Untuk kondisi tertentu pergeseran dan penurunan fondasi akan berlangsung secara lama. Dalam proses pekerjaan fondasi tiang diletakkan pada kondisi tanah keras sesuai dengan kedalaman yang diperlukan bergantung pada beban yang diterima fondasi. Beban fondasi yang melebihi kapasitas dari fondasi tiang akan menimbulkan pergeseran dan keruntuhan pada bangunan di atasnya.

Beban Lateral

Beban lateral dapat bekerja pada fondasi tiang akibat gaya gempa, gaya angin pada struktur atas, tekanan ombak dan gaya horizontal lainnya. Beban lateral yang diizinkan pada fondasi tiang diperoleh berdasarkan salah satu dari dua kriteria sebagai berikut ini:

1. beban lateral ijin ditentukan dengan membagi beban ultimit dengan suatu faktor keamanan
2. beban lateral ditentukan berdasarkan defleksi maksimum yang diizinkan.

Metode Kurva p-y dengan Penyelesaian Beda Hingga (*finite difference*)

Metode kurva p-y mendefinisikan hubungan beban lateral dan defleksi antara tanah dan tiang yang digambarkan oleh sebuah kurva. Sumbu p adalah tahanan lateral tanah per satuan panjang tiang dan sumbu y adalah defleksi lateral tiang. Kurva p-y dititik tertentu pada tiang bergantung pada:

1. Tipe tanah
2. Tipe beban
3. Diameter tiang dan bentuk tampang melintang tiang
4. Koefisien gesek antara tanah dan tiang
5. Kedalaman di bawah permukaan tanah
6. Metode pelaksanaan pemasangan tanah
7. Pengaruh interaksi kelompok tiang.

Analisis dengan metode kurva p-y harus memperhatikan perubahan kurva p-y disetiap kedalaman. Pada analisis ini menggunakan metode bantu dengan metode beda hingga (*finite difference*) yang membagi tiang menjadi n interval. Suatu analisis diperlukan kondisi batas (*boundary condition*). Terdapat 2 kondisi yang diketahui pada dasarnya tiang yaitu, gaya geser atau gaya lateral dan momen nol.

Persamaan yang digunakan dalam menyelesaikan metode kurva p-y dengan penyelesaian beda hingga (*finite difference*) menggunakan bantuan dari persamaan Lymon C. Reese dan William Van Impe, sebagai berikut:

$$Ep \cdot Ip \frac{d^4 y}{dx^4} + Px \frac{d^2 y}{dx^2} - p + W = 0 \quad (1)$$

dimana,

Ep = modulus tiang

Ip = momen inersia tiang

Px = beban aksial

p = reaksi per lapisan tanah

W = beban merata pada tiang

Reaksi per lapisan tanah p merupakan modulus young tanah disertai pergerakan tiang per kedalaman ($p = Epy \cdot y$). Untuk nilai $W = 0$, diabaikan nilainya sehingga tidak terjadi beban

merata yang terjadi pada tiang tertanam. Berikut merupakan hasil persamaan setelah melakukan identifikasi reaksi tanah, p menjadi modulus young, Es.

$$Ep.Ip \frac{d^4y}{dx^4} + Px \frac{d^2y}{dx^2} + Es.y = 0 \quad (2)$$

dimana,

- Es = modulus young per lapisan tanah
- y = defleksi lateral
- x = kedalaman tiang dari permukaan tanah

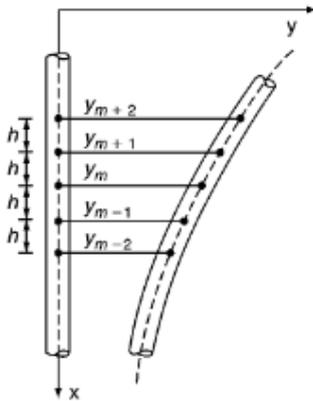
Dengan mengembangkan iterasi dari gambar 1 dan persamaan 2 dapat ditentukan sebuah persamaan:

$$(y_{m-2} \cdot R_{m-1}) + y_{m-1} (-2R_{m-1} - 2R_m + Px \cdot h^2) + y_m (R_{m-1} + 4R_m + R_{m+1} - 2Px \cdot h^2 + Es_m \cdot h^4) + y_{m+1} (-2R_m - 2R_{m+1} + Px \cdot h^2) + y_{m+2} \cdot R_{m+1} = 0 \quad (3)$$

dimana,

- Px = beban vertikal (kN)
- h = panjang antar tinjauan per tiang masuk tanah (meter)
- Es = modulus young tanah (kN/m²)
- Rm = Kekakuan lentur tiang (kN.m²)

Jika dijabarkan dalam tampak tiang adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Iterasi dan defleksi lateral yang terjadi per kedalaman tiang (Sumber: Reese dan Van Impe)

Kondisi batas atas tiang terdapat reaksi gaya geser dan momen lentur. Kemudian untuk kondisi batas bawah tidak terdapat gaya geser V_0 . Ditentukan kondisi batas ujung atas tiang adalah

momen lentur dan gaya geser dalam menentukan defleksi lateral tiang.

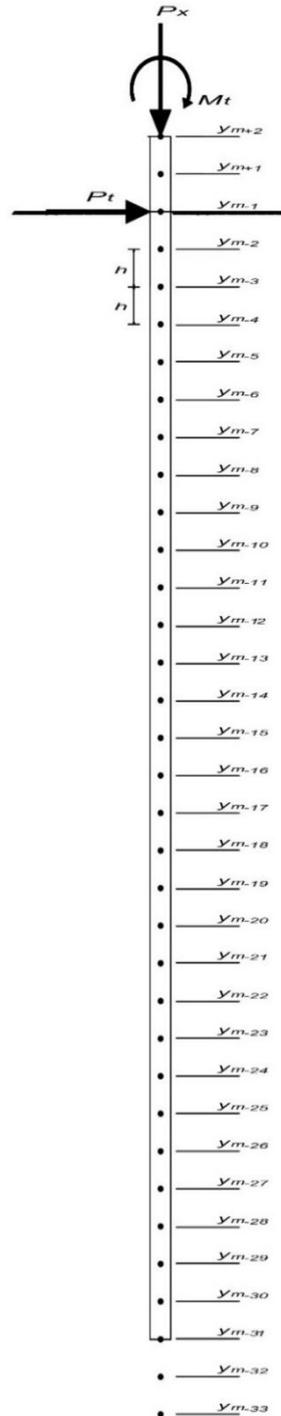
Gaya geser:

$$Rt/2h^3(y_{t-2} - 2y_{t-1} + 2y_{t+1} - y_{t+2}) + Px/2h(y_{t-1} - y_{t+1}) = Pt \quad (4)$$

Momen lentur:

$$Rt/h^2(y_{t-1} - 2y_t + y_{t+1}) = Mt \quad (5)$$

dimana: Rt = kekakuan lentur tiang (kN.m²)



Gambar 2. Finite difference untuk tiang tunggal terhadap beban lateral

Analisis Beban Lateral dengan Program ALLPILE V7.3B

Program ALLPILE merupakan program perangkat lunak khusus untuk analisis fondasi tiang. Sistem kerja perangkat lunak tersebut adalah dengan mengidentifikasi tipe fondasi tiang, data fondasi tiang, beban yang diberikan, data tanah dan jenis perhitungan apa yang akan diaplikasikan baik berupa hasil vertikal maupun lateral.

Hasil akhir yang diharapkan dari program ALLPILE adalah mengetahui besarnya daya dukung tiang dalam menahan beban lateral dengan mengidentifikasi besarnya defleksi tiang yang terjadi.

Analisis Beban Lateral dengan Program PLAXIS versi 8.6

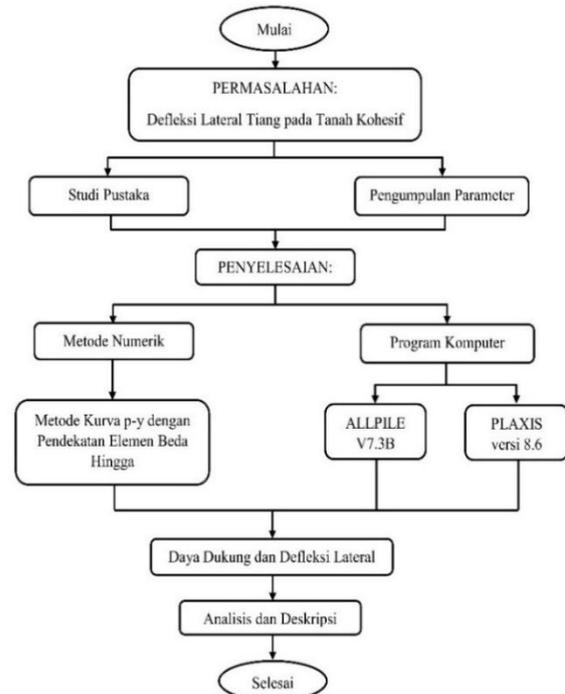
Program PLAXIS merupakan perangkat lunak yang dapat memudahkan pekerjaan selain metode numerik. PLAXIS versi 8.6 merupakan program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan teknik sipil, salah satunya yaitu analisis beban lateral terhadap fondasi tiang pada tanah lempung.

Secara umum cara kerja untuk analisis defleksi lateral tiang dari program PLAXIS versi 8.6 adalah sebagai berikut:

1. Tahap pemodelan
Pemodelan dilakukan dengan memasukkan model geometri tanah berupa pelapisan tanah, elemen-elemen struktur, tahapan konstruksi, pembebanan serta kondisi-kondisi batas lainnya yang dapat dilakukan secara mendetail.
2. Tahap perhitungan
Setelah melalui tahap pemodelan, geometri akan masuk tahap penyusunan jaring elemen baru masuk tahap perhitungan. Tahap perhitungan merupakan proses perhitungan beban pada pemberian beban lateral dengan jenis perhitungan analisis plastis.
3. Tahap keluaran
Keluaran yang diharapkan adalah nilai defleksi tiang akibat beberapa beban yang diberikan.

METODOLOGI PENELITIAN

Sistematika alur penyelesaian kajian ini adalah sebagai berikut:

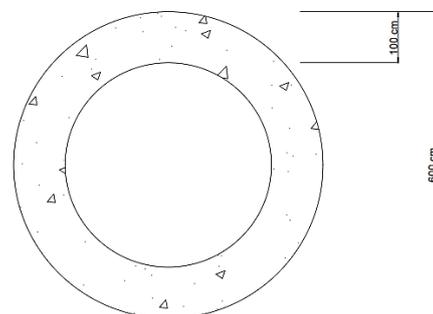


Gambar 3. Bagan alir penyelesaian defleksi lateral

DATA DAN PEMBAHASAN

Data Fondasi

Fondasi yang digunakan merupakan fondasi tiang beton berbentuk lingkaran dengan data tiang sebagai berikut:



Gambar 4. Tampak penampang atas tiang beton berdiameter 0,6 m

1. Diameter tiang
B = 0,6 m
2. Tebal dinding tiang
t = 10 cm
3. Panjang fondasi
L = 30 m
4. Kekuatan karakteristik tiang
fc' = 60 MPa
5. Modulus elastisitas tiang

persamaan ke-	Nilai persamaan utama
y-2	185761.8367
y-1	-743047.3469
y1	Tabel 4
y2	185761.8367
y3	-743047.3469

$$\begin{aligned}
 E_p &= 4700\sqrt{f_{c'}} \\
 &= 4700\sqrt{60} \\
 &= 36406,04 \text{ MPa} \\
 &= 36406043,45 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

6. Momen inersia tiang

$$\begin{aligned}
 I_p &= \frac{1}{64} \cdot 3,14 \cdot (B^4 - (B-2t)^4) \\
 &= \frac{1}{64} \cdot 3,14 \cdot 0,6^4 - (0,6-2 \cdot 0,1)^4 \\
 &= 0,0051025 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$
7. Kekakuan Lentur

$$\begin{aligned}
 EI &= E_p \cdot I_p \\
 &= 36406043,45 \cdot 0,0051025 \\
 &= 185761,8367 \text{ kN.m}^2
 \end{aligned}$$
8. Kekakuan Normal

$$\begin{aligned}
 EA &= E_p \cdot 3,14 \cdot r^2 \cdot L \\
 &= 36406043,45 \cdot 0,2826 \cdot 30 \\
 &= 308605432,554 \text{ KN.m}
 \end{aligned}$$

Data Tanah

Data tanah didapatkan dari penyelidikan tanah yang merupakan data pengeboran tanah pada daerah Kali Tirta, Wirosari, Grobogan, Jawa Tengah. Pengeboran untuk titik BH-1 dilakukan sampai pada kedalaman 40 meter, sedangkan pada titik BH-2 kedalaman bor sampai kedalaman 35 meter. Data tanah merupakan data tanah kohesif.

Penyelesaian Defleksi Lateral Tiang Tunggal

Penyelesaian defleksi lateral dilakukan dengan membandingkan tiga metode, yaitu Metode

kurva p-y dengan penyelesaian Beda Hingga, ALLPILE V7.3B dan PLAXIS V8.6. Perbandingan hasil metode adalah ketika tiang diberikan beban lateral sebesar 10 kN, 15 kN dan 20 kN. Kemudian dianalisis pada beban maksimum berapa ketika defleksi adalah 2,54 cm pada tiap metode.

1. Solusi Metode Kurva p-y dengan Penyelesaian Beda Hingga (*finite difference*)

Persamaan matriks:

- a. Matriks utama per segmen tiang

$$\begin{aligned}
 &(y_{-2} \cdot R_{-1}) + y_{-1}(-2R_{-1} - 2R_1 + P_x \cdot h^2) + \\
 &y_1(R_{-1} + 4R_1 + R_{-1} - 2P_x \cdot h^2 + E_s y_1 \cdot h^4) + \\
 &y_2(-2R_1 - 2R_2 + P_x \cdot h^2) + y_3 \cdot R_{-1} + W_1 \cdot h^4 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Tabel 1. Nilai persamaan utama per segmen tiang

- b. Matriks kondisi batas

Untuk kondisi batas hanya dipasang pada titik ujung atas dan ujung bawah tiang.

- Kondisi batas atas gaya geser

$$\begin{aligned}
 &R_t/2h^3(y_{t-2} - 2y_{t-1} + 2y_{t+1} - y_{t+2}) + \\
 &P_x/2h(y_{t-1} - y_{t+1}) = P_t
 \end{aligned}$$
 dimana,

$$R_t/2h^3 = 92880.9183629097$$

Tabel 2. Nilai persamaan kondisi batas atas untuk gaya geser

persamaan ke-	Nilai kondisi batas atas untuk gaya geser
y2	92880.91836
y1	-185761.8367
y-1	0
y-2	185761.8367
y-3	-92880.91836

- Kondisi batas atas momen

$$R_t/h^2(y_{t-1} - 2y_t + y_{t+1}) = M_t$$
 dimana,

$$R_t/h^2 = 185761.836725819$$

Tabel 3. Nilai persamaan kondisi batas atas untuk momen

persamaan ke-	Nilai kondisi batas atas untuk momen
y1	185761.8367
y-1	-371523.6735
y-2	185761.8367

Persamaan utama per segmen tiang pada tabel 1 disusun sesuai tinjauan titik tiang sampai pada titik tiang ke-33, sehingga membentuk deretan angka numerik membentuk suatu matriks. Kondisi batas pada tabel 2 dan tabel 3 diletakan pada atas tiang, kondisi batas atas tersebut meliputi gaya geser dan momen. Nilai tengah matriks y_1 pada Tabel 4 merupakan nilai persamaan pembeda dari tiap persamaan dikarenakan terdapat nilai reaksi tanah atau modulus tanah yang berbeda per lapisan tanah.

Tabel 4. Nilai tengah dari persamaan per segmen tiang

- Kondisi batas bawah:
Kondisi batas bawah berfungsi untuk menjepit tiang bagian bawah.
 $y_{-1} - 2y_0 + y_1 = 0$

Tabel 5. Nilai persamaan kondisi batas bawah untuk tumpuan jepit

persamaan ke-	Nilai kondisi bawah untuk tumpuan jepit
y30	1
y31	-2
y32	1

Diujung bawah tiang tidak terjadi pergeseran maka, perlu diseimbangkan dengan persamaan penyeimbang tiang

$$R_0/2h^3 (y_{-2} - 2y_{-1} + 2y_{+1} - y_{+2}) + Px/2h(y_{-1} - y_{+1}) = V_0$$

Tabel 6. Nilai persamaan penyeimbang

persamaan ke-	Nilai kondisi batas bawah untuk penyeimbang
y28	1
y30	-2
y31	0
y32	2
y33	-1

Tabel 5 dan Tabel 6 merupakan kondisi batas bawah yang diletakan pada bawah tiang agar dalam kondisi terjepit dan kondisi seimbang.

Defleksi lateral maksimal yang terjadi dengan metode kurva p-y dengan

penyelesaian beda hingga ketika diberikan beban sebesar 10 kN adalah 0.0629 cm, 15 kN adalah 0.0943 cm, dan 20 kN adalah 0.1258 cm.

2. Penyelesaian dengan Program ALLPILE V7.3B

Secara umum, cara kerja program ALLPILE adalah dengan memasukkan data *Pile Type, Pile Profile, Pile Properties, Load and Group* dan *Soil Properties*

Dalam proses *input* data tiang, program ALLPILE V7.3B mengidentifikasi kondisi

Lapisan tanah ke-	y_1
1	1125371.02035492
2	1119971.02035492
3	1121171.02035492
4	1122971.02035492
5	1128671.02035492
6	1129871.02035492
7	1134371.02035492

tiang secara lengkap mulai dari jenis pemancangan tiang, ketinggian kepala tiang (*pile cap*), panjang tiang, kemiringan tiang, tipe atau bentuk tiang, serta memungkinkan bentuk tiang yang berbeda dalam setiap kedalamannya. Berikut merupakan data *output* dari program ALLPILE V7.3B:

Tabel 7. *Input* data parameter tanah pada ALLPILE V7.3B

Kedalaman Lapisan Tanah - meter	G - kN/m ³	Phi - °	c - kN/m ²	k - (MN/m ³)	ϵ_{so} or Dr	Nspt
0 - 5	19	1	81	61	0.8	30
6 - 12	18	1	36	135	0.007	12
13 - 16	18	1	31	135	0.007	16
17 - 20	17	1	64	135	0.007	22
21 - 22	19	1	77	135	0.007	45
23 - 30	18	1	45	135	0.007	45
31 - 40	18	1	20	135	0.007	60

Defleksi lateral untuk hasil perhitungan dari program ALLPILE ketika diberikan beban sebesar 10 kN adalah 1.21 cm, 15 kN adalah 2.13 cm, dan 20 kN adalah 3.14 kN.

3. Penyelesaian dengan Program PLAXIS versi 8.6

Pemodelan program PLAXIS untuk perhitungan defleksi lateral memerlukan data parameter tanah dan tiang yang kompleks serta dalam pengaplikasiannya diperlukan langkah pemodelan yang cukup banyak.

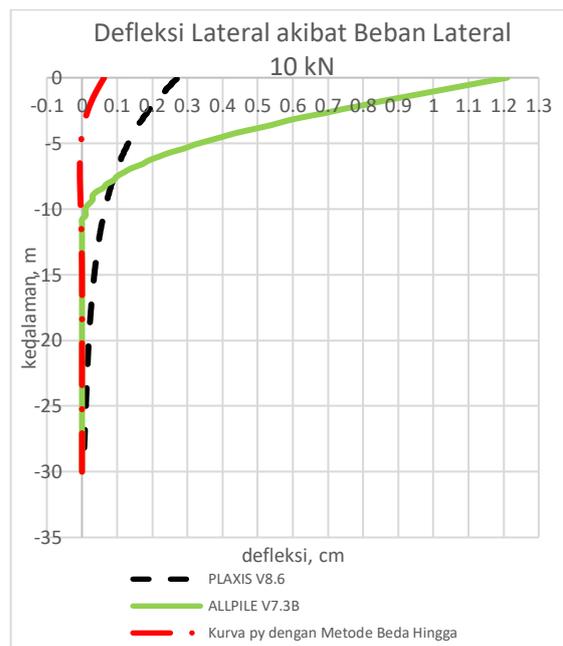
Tabel 8. *Input* data parameter tiang pada PLAXIS versi 8.6

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Kekakuan normal	EA	308605432.5 5	kN/m
Kekakuan lentur	EI	185761.8367	kNm ² / m
Tebal ekuivalen	d	0.085	m
Berat	w	14.4	kN/m/ m
Angka poisson	μ	0.15	

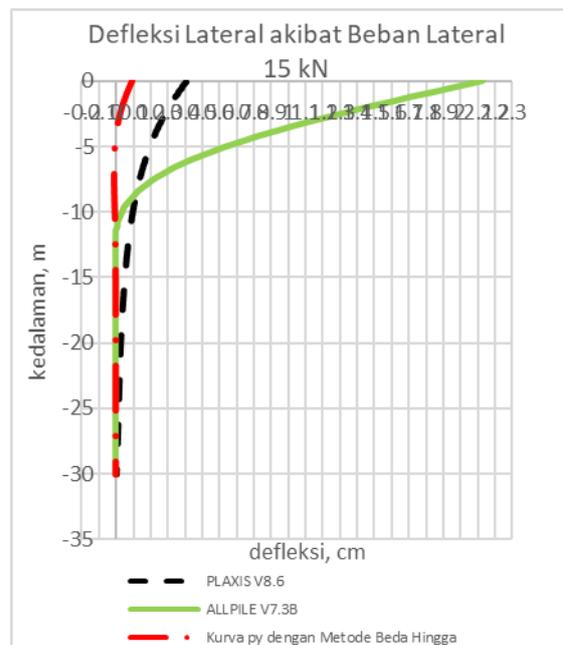
Geometri menggunakan model regangan bidang dimana tiang diletakkan pada tengah antara kanan dan kiri dari luas tanah. Pemodelan tanah berlapis dengan parameter dari model Mohr-Coulomb. Model Mohr-Coulomb membutuhkan lima parameter utama, yaitu Modulus young E , Angka poisson ν , Sudut geser ϕ , dan Sudut dilatasi ψ .

Defleksi yang terjadi pada perhitungan program PLAXIS berturut-turut ketika diberikan beban 10 kN, 15 kN, dan 20 kN adalah 0.27 cm, 0.4051 cm, dan 0.5402 cm.

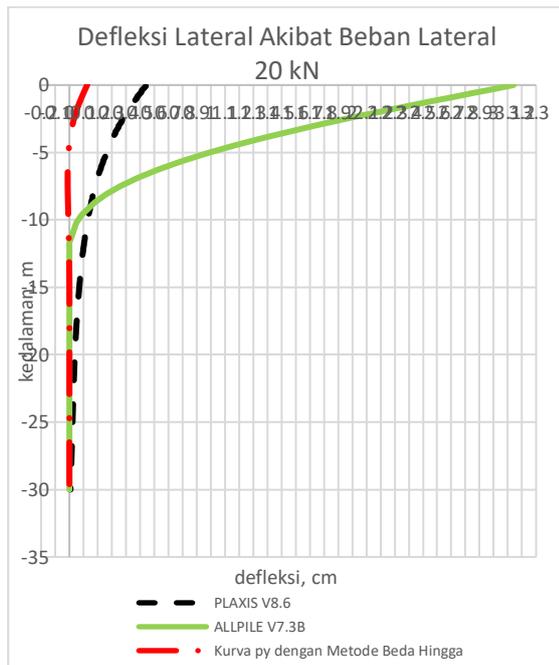
Perbandingan defleksi lateral tiang tunggal akibat beban lateral 10 kN, 15 kN dan 20 kN dijelaskan dengan menggunakan grafik sebagai berikut:



Gambar 5. Defleksi lateral akibat beban lateral 10 kN

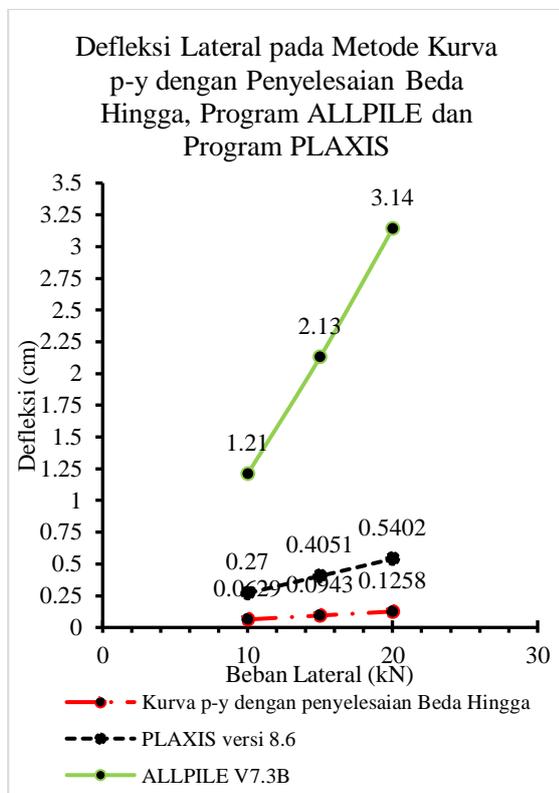


Gambar 6. Defleksi lateral akibat beban lateral 15 kN



Gambar 7. Defleksi lateral akibat beban lateral 20 kN

Hasil defleksi lateral tiang tunggal akibat beban lateral 10 kN, 15 kN dan 20 kN dari tiap metode dijelaskan dengan grafik sebagai berikut:



Gambar 8. Defleksi lateral pada metode kurva p-y

KESIMPULAN

Simpulan yang diperoleh dari analisis defleksi lateral tiang pada tanah lempung adalah sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan defleksi lateral tiang pada metode kurva p-y dengan penyelesaian beda hingga, program ALLPILE, dan program PLAXIS berturut-turut dengan beban lateral sebesar 10 kN adalah 0.0629 cm; 1.21 cm; 0.27 cm, beban lateral sebesar 15 kN adalah 0.0943 cm; 2.13 cm; 0.4051 cm, dan beban lateral sebesar 20 kN adalah 0.1258 cm; 3.14 cm; 0.5402 cm.
2. Defleksi lateral terbesar dengan pemberian beban yang sama terjadi pada perhitungan program ALLPILE V7.3B, diikuti perhitungan dari program PLAXIS versi 8.6 kemudian metode kurva p-y dengan penyelesaian beda hingga. Berdasarkan hasil tersebut direkomendasikan untuk menggunakan program ALLPILE agar lebih mendapatkan tingkat keamanan dari defleksi lateral tiang ketika diterapkan di lapangan.

SARAN

Saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Rekomendasi metode yang digunakan dapat dibedakan menjadi dua. Pertama, berdasarkan kondisi tumpuan ujung bawah tiang. Untuk kondisi ujung bawah tiang terjepit pada tanah keras (tumpuan jepit) adalah metode kurva p-y dengan penyelesaian beda hingga, sedangkan kondisi ujung bawah tiang tidak terjepit di tanah keras (tumpuan rol) adalah program PLAXIS. Kedua, apabila menginginkan kondisi yang lebih aman ketika pelaksanaan pemancangan dalam kaitannya dengan defleksi lateral tiang maka digunakan program ALLPILE.
2. Sebaiknya dilakukan penelitian pada tiang fondasi yang lebih beragam baik dari bentuk maupun dimensi dengan meninjau adanya efek kepala tiang (*pile cap*).
3. Untuk perhitungan dengan program PLAXIS disarankan untuk memakai versi *original* terlisensi yang dapat dibeli di Jurusan Teknik Sipil, Universitas Negeri Semarang.

DAFTAR PUSTAKA

- Brinkgreve, R. B. J., et al. (ed.). 2007. *PLAXIS 2D – Versi 8*. Netherlands: Delft University of Technology & PLAXIS b.v.
- Das, B., M. 1988. *Principle of Geotechnical Engineering*. Brooks/Cole Engineering Division, Monterey, California. Terjemahan N. Endah dan I.B. Mochtar. 1995. *Mekanika Tanah*. Jilid Satu. Jakarta: Erlangga.
- Gunawan, R. 1991. *Pengantar Teknik Pondasi*. Cetakan Kelima. Yogyakarta: Kanisius.
- Hardiyatmo, H., C. 1996. *Teknik Pondasi I*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum.
- Program ALLPILE V7.3B.
- Program PLAXIS versi 8.6.
- Reese, L., C. dan Impe, V., W. 2011. *Single Piles and Pile Groups Under Lateral Loading*. 2nd Edition. Rotterdam: CRC Press/Balkema.