

THE FIXITY POINT OF A LONG ELASTIC PILE ON COHESIONLESS SOIL FOR THE CALCULATION OF LATERAL BEARING CAPACITY

Dwi Maya Ermina Sari¹, Rustam Effendi² dan Rusliansyah²

¹Program Studi Magister Teknik Sipil UNLAM

²Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat University

ABSTRACT

Based on Broms method, for the simple calculation, lateral bearing capacity (H_u) depends on the ultimate moment of pile (M_u), shear strength (c_u), pile dimensions (diameter D and depth L), and the depth of the fixity point. For practical reasons, the fixity point is usually just assumed. This parameter is so important for the calculation of the lateral bearing capacity and the deflection of a pile. For that reason, it is necessary to carry out further research to determine the value of the fixity point. In this research, the fixity point is established by several approaches, namely modeling in laboratory, simulation using finite element, and theoretical calculation of Prasad and Chari and also method by The American Concrete Institute (ACI). In this research, the fixity point is affected by several parameters, that is diameter (D), depth (L) and pile eccentricity (e).

Keywords: The Fixity Point, Modeling, Finite Element, Lateral Force

1. PENDAHULUAN

Beban lateral dapat berupa beban angin dan beban gempa pada bangunan gedung terutama bangunan bertingkat tinggi, beban benturan kapal, beban air (pada pangkal jembatan), beban kejutan (misalnya gaya yang ditimbulkan oleh rem) dan beban sejenis lainnya. Pada metode Broms, untuk perhitungan yang sederhana, kapasitas lateral tiang (H_u) bergantung pada momen lentur yang dimiliki tiang (M_u), kuat geser tanah (c_u), dimensi tiang (diameter D dan kedalaman L), serta kedalaman titik jepit (*fixity point*). Titik jepit (*fixity point*) adalah jarak dari permukaan tanah sampai ke kedalaman tertentu. Untuk praktisnya, asumsi nilai titik jepit (*fixity point*) diambil 1,5 m untuk tanah granular (Tomlinson, 1994). Penelitian mengenai besarnya nilai titik jepit (*fixity point*) ini belum banyak dilakukan sehingga penentuan nilainya biasanya hanya diasumsikan. Mengingat pentingnya parameter tersebut untuk perhitungan kapasitas daya dukung lateral dan defleksi tiang yang terjadi, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penentuan besarnya nilai titik jepit (*fixity point*).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh variasi diameter (D), variasi kedalaman (L), dan variasi jarak eksentrisitas (e) terhadap letak titik jepit (Z_f).

2. METODE PENELITIAN

Letak titik jepit berdasarkan tiga pendekatan yaitu permodelan di laboratorium, simulasi dengan elemen hingga, dan perhitungan teoritis metode *The American Concrete Institute* (ACI) dan metode Prasad dan Chari. Simulasi dengan elemen hingga dan perhitungan teoritis disesuaikan dengan keadaan pada saat permodelan di laboratorium. Dalam permodelan di laboratorium, tiang aluminium yang digunakan untuk penelitian bervariasi diameter, kedalaman, dan jarak eksentrisitasnya untuk mewakili tiang beton sebenarnya di lapangan dengan variasi diameter dari 30 cm, 40 cm dan 50 cm, variasi kedalaman dari 20 m, 30 m, dan 40 m, dan variasi jarak eksentrisitas 2 m, 5 m, dan 10 m. Perhitungan dimensi tiang aluminium yang digunakan didapat berdasarkan hasil perhitungan konversi dari modulus elastisitas tiang beton. Pasir yang digunakan untuk permodelan adalah pasir dengan ukuran butiran pasir halus yang lolos saringan no. 40

Correspondence : Dwi Maya Ermina Sari

dan tertahan di saringan no. 60. Rangkaian alat uji permodelan dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

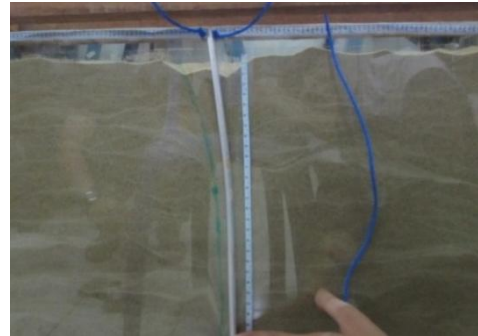


Gambar 1. Rangkaian Alat Uji Lateral di Laboratorium

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

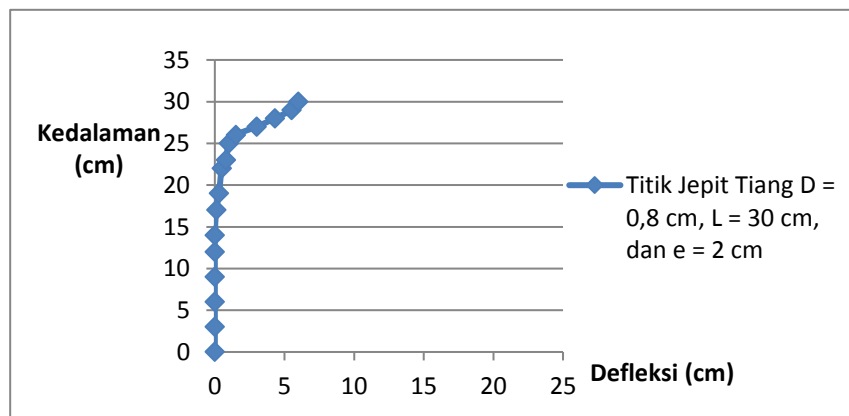
Hasil penelitian letak titik jepit berdasarkan permodelan di laboratorium meliputi pengamatan besar defleksi tiang akibat pembebanan secara bertahap dan pengamatan letak titik jepit tiang setelah akhir pembebanan, yaitu pada saat beban maksimum. Besar defleksi tiang didapat dari pembacaan alat pengukur setiap penambahan

beban 500 gramf. Asumsi letak titik jepit didapat dari pengamatan pergeseran tiang terakhir dan melalui pergerakan media pasir. Contoh hasil pengamatan letak titik jepit tiang aluminium dengan $D = 0,8$ cm, $L = 30$ cm, dan $e = 2$ cm di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Hasil Pengamatan Letak Titik Jepit Tiang Aluminium di Laboratorium

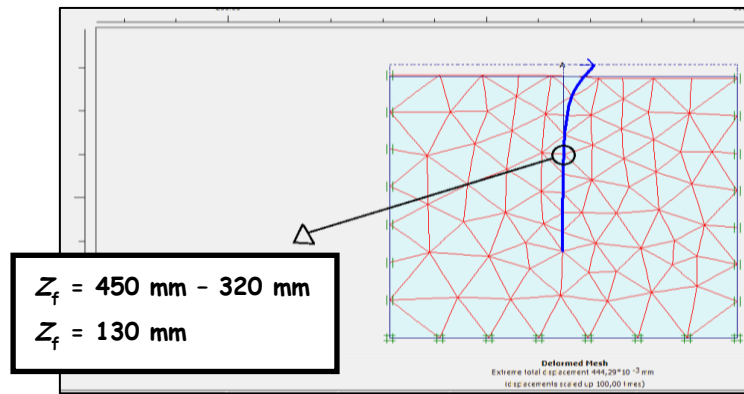
Selanjutnya untuk lebih jelas letak titik jepit digambarkan dalam sebuah grafik hubungan antara kedalaman tiang dan defleksi tiang. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Letak Titik Jepit Tiang Aluminium dengan Diameter 0,8 cm, Kedalaman 30 cm, dan Jarak Eksentrisitas 2 cm Hasil Pengujian di Laboratorium

Penentuan letak titik jepit dengan *finite element* (plaxis) untuk tiang aluminium dengan diameter 0,8 cm dan kedalaman 20 cm sampai dengan tiang aluminium dengan diameter 1,5 cm dan kedalaman 40 cm dilakukan berdasarkan parameter yang

digunakan pada saat penelitian di laboratorium. Contoh hasil pengamatan letak titik jepit tiang aluminium dengan $D = 0,8$ cm, $L = 30$ cm, dan $e = 2$ cm dengan program *finite element* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Pengamatan Letak Titik Jepit Tiang Aluminium dengan *Finite Element*

Rekapitulasi letak titik jepit hasil penelitian laboratorium, *finite element* (plaxis), dan perhitungan teoritis secara lengkap dapat dilihat dalam Tabel 1.

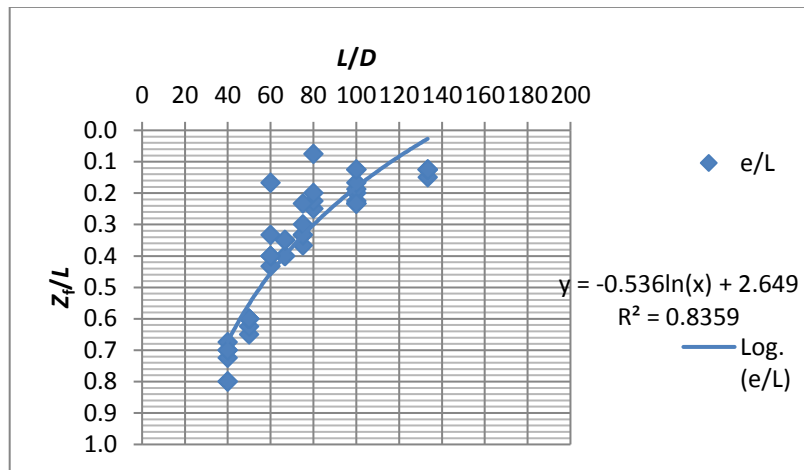
Tabel 1. Rekapitulasi Letak Titik Jepit Hasil Penelitian Laboratorium, *Finite Element* (Plaxis), dan Perhitungan Teoritis

No.	Jenis Tiang	<i>e</i> = 2 cm				<i>e</i> = 5 cm				<i>e</i> = 10 cm			
		Titik Jepit (cm)				Titik Jepit (cm)				Titik Jepit (cm)			
		Lab	Plaxis	Prasad dan Chari	ACI	Lab	Plaxis	Prasad dan Chari	ACI	Lab	Plaxis	Prasad dan Chari	ACI
1.	<i>D</i> = 0,8 cm <i>L</i> = 20 cm	8	10	15	13	8	7	15	13	7	5	14	13
2.	<i>D</i> = 0,8 cm <i>L</i> = 30 cm	13	13	23	13	12	8	22	13	12	7	22	13
3.	<i>D</i> = 0,8 cm <i>L</i> = 40 cm	16	15	31	13	14	11	30	13	13,5	8	30	13
4.	<i>D</i> = 1,1 cm <i>L</i> = 20 cm	7	10	15	16	7	7	15	16	6	5	14	16
5.	<i>D</i> = 1,1 cm <i>L</i> = 30 cm	11	13	23	16	10	7	22	16	10	7	22	16
6.	<i>D</i> = 1,1 cm <i>L</i> = 40 cm	13	14	31	16	12	11	30	16	12	8	30	16
7.	<i>D</i> = 1,5 cm <i>L</i> = 20 cm	6	10	15	19	5	8	15	19	5	6	14	19
8.	<i>D</i> = 1,5 cm <i>L</i> = 30 cm	9	13	23	19	8	8	22	19	7,5	8	22	19
9.	<i>D</i> = 1,5 cm <i>L</i> = 40 cm	10	14	31	19	9	11	30	19	8	8	30	19

Tabel 1 menunjukkan perbandingan letak titik jepit hasil permodelan di laboratorium dengan simulasi *finite element* (plaxis) dan dengan perhitungan teoritis metode *The American Concrete Institute* (ACI) serta metode Prasad dan Chari. Dari data keseluruhan, letak titik jepit hasil simulasi *finite element* (plaxis) adalah yang paling mendekati hasil penelitian di laboratorium. Beda letak titik jepit hasil penelitian laboratorium dengan hasil simulasi *finite element* (plaxis) adalah 0 cm sampai

dengan 5,5 cm atau dengan kata lain hasil laboratorium 80 % mendekati hasil *finite element* (plaxis).

Rumusan letak titik jepit ditentukan berdasarkan persamaan letak titik jepit tiang. Persamaan letak titik jepit didapatkan dari grafik hubungan kedalaman (*L*) dibagi diameter (*D*) dengan titik jepit (*Z_f*) dibagi kedalaman (*L*) berdasarkan nilai batas jarak eksentrisitas (*e*) dibagi kedalaman (*L*).



Gambar 5. Grafik L/D vs Z_f/L dengan Batas e/L

Gambar 5 merupakan grafik L/D vs Z_f/L dengan batas e/L . Dari grafik tersebut didapat persamaan $y = -0,54 \ln(x) + 2,65$ dengan $R^2 = 0,84$. Persamaan tersebut dimasukkan ke dalam hubungan L/D dan Z_f/L sehingga didapat persamaan baru sebagai berikut:

$$Z_f = \frac{-0,54 \times \ln\left(\frac{L}{D}\right) + 2,65}{L} \text{ (meter)} \quad (2)$$

4. KESIMPULAN

Letak titik jepit (*fixity point*) sangat penting diketahui untuk perhitungan kapasitas lateral tiang pada metode Broms. Penelitian letak titik jepit selama ini masih belum banyak dilakukan. Untuk praktisnya, letak titik jepit diasumsikan 1,5 m untuk pasir. Selain itu ada beberapa rekomendasi letak titik jepit diantaranya dari Prasad dan Chari serta dari *The American Institute* (ACI). Pada penelitian ini letak titik jepit dipengaruhi beberapa parameter yaitu diameter, kedalaman dan jarak eksentrisitas tiang. Semakin besar diameter maka letak titik jepit semakin kecil, semakin besar kedalaman maka letak titik jepit semakin kecil, dan semakin besar jarak eksentrisitas maka letak titik jepit semakin kecil. Namun, pengaruh jarak eksentrisitas tidak sebesar pengaruh diameter dan kedalaman. Rumus letak titik jepit tiang dengan $e/L = 0,1$ s.d. $0,5$ pada tanah nonkohesif (pasir, $D_r = 60\%$) yang

didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$Z_f = \frac{-0,54 \times \ln\left(\frac{L}{D}\right) + 2,65}{L} \text{ (meter)}$$

DAFTAR RUJUKAN

- Anandika, Arya, dan Wurjanto, Andoyo. (2005). *Kajian Kedalaman Minimum Tiang Pancang pada Struktur Dermaga Deck on Pile*. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung.
- Bowles, Joseph E. (1988). *Analisis dan Desain Pondasi Edisi Keempat Jilid 2*. Erlangga.
- Brinkgreve, R. B. J. (2002). *PLAXIS Finite Element Code for Soil and Rock Analyses*. A. A. Balkema. Netherlands.
- Das, Braja M. (1985). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Erlangga.
- Hardiyatmo, Hary C. (2007). *Mekanika Tanah 2 Edisi Keempat*. Gadjah Mada University Press.
- Hidayat, Gawit. (2010). *Studi Kasus Analisis Kerusakan Abutmen Jembatan Sungai Bahalang Kalimantan Tengah*. Jurnal Teknologi Berkelanjutan Vol.1 Ed.1.

- Nayak, Narayan V. (1982). *Foundation Design Manual for Practising Engineers and Civil Engineering Students*. Dhanpat Rai & Sons.
- Prasad, Y. V. S. N., dan Chari, T. R., (1999), *Lateral capacity of model rigid piles in cohesionless soils*, *Soils Found.*, 39(2), 21–29.
- Sosrodarsono, Suyono. (1980). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*. Pradnya Paramita.
- Tomlinson, M.J. (1994). *Pile Design and Construction Practice*. E & FN Spon. United Kingdom.
- Wartono, (2004). Studi Pembebanan Lateral Model Tiang Pancang Tunggal Ujung Bebas (*Free-end Pile*) dengan Variasi Panjang dan Diameter pada Tanah Nonkohesif (Pasir). Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Wesley, Laurence D. (2010). *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan & Residu*. ANDI.