

## STUDI KAPASITAS LATERAL PONDASI TIANG UJUNG BEBAS DENGAN VARIASI DIAMETER DAN JARAK BEBAN SAMPAI MUKA TANAH PADA TANAH PASIR DI LABORATORIUM

*Study of Lateral Loads Free-End Pile Capacity Due to Various of Diameters and Distance Load from Ground Surface in Cohesion Less Soil at Laboratory*

**Arwan Apriyono**

e-mail : [arwan\\_civil00@yahoo.co.id](mailto:arwan_civil00@yahoo.co.id)  
Program Sarjana Teknik Unsoed Purwokerto

### ABSTRACT

The aim of this research is to study behavior of single free-end pile under lateral loads due to various of diameters and distance load from ground surface in cohesion less soil. The research was conducted through experimental in laboratory. Three various of diameters are: 1cm, 1.25cm and 1.5cm are used, and five various of distance load from ground surface are: 15cm, 17.5cm, 20cm, 22.5cm and 25cm. The value of ultimate lateral capacity ( $P_u$ ) is determined by using interpretation method and compared to Brom's analysis method. The result of this this research is that value of the lateral capacity will increase with increasing of diameters, but it will decrease while distance load from ground surface increase.

Keywords : free-end pile, lateral capacity, Brom's method.

### PENDAHULUAN

Pondasi adalah bagian paling bawah dari struktur bangunan yang berfungsi meneruskan beban ke tanah. Semua beban dari bangunan, harus dapat ditahan oleh struktur pondasi. Dewasa ini, semakin banyak bangunan yang menghasilkan beban secara komplek, baik aksial, lateral maupun beban momen yang harus ditahan oleh struktur pondasinya. Salah satu beban yang harus dapat ditahan oleh pondasi adalah beban lateral. Beberapa contoh bangunan, yang pondasinya memerlukan analisis beban lateral adalah dermaga, tower, dan jembatan.

Sampai pertengahan abad dua puluh, para ahli tidak mengetahui bagaimana cara menganalisis pengaruh beban lateral dan beban momen pada pondasi tiang. Solusi untuk menahan beban lateral dan beban momen pada waktu itu, adalah dengan mengatur posisi dan arah pemancangan pondasi tiang (Coduto, 1994). Hingga saat ini, penelitian tentang kapasitas lateral pondasi tiang masih jarang dilakukan, hal ini terbukti dengan sedikitnya referensi tentang kapasitas lateral pondasi tiang. Hal diatas mengilhami penulis untuk melakukan penelitian yang mengkaji perilaku tiang

tunggal ujung bebas (*free-end*), akibat adanya beban lateral, dengan berbagai variasi diameter dan jarak beban dari muka tanah, pada tanah pasir. Penelitian ini dilakukan dengan percobaan di laboratorium.

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini.

- 1) Menentukan besarnya kapasitas tahanan *lateral ultimit* tiang tunggal ujung bebas dengan variasi diameter ( $D$ ) dan jarak beban dari muka tanah ( $e$ ).
- 2) Membandingkan nilai kapasitas tahanan *lateral ultimit* yang diperoleh dari pengujian laboratorium, dengan analisis metode Brom's.

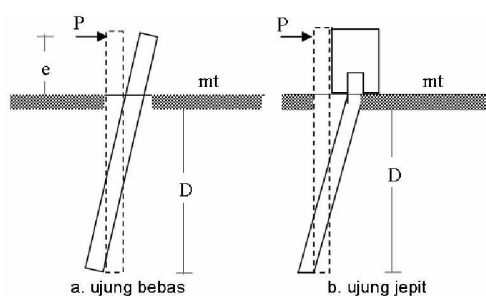
Fungsi utama dari pondasi tiang adalah untuk meneruskan beban bangunan yang tidak dapat ditahan oleh tanah dangkal, ke tanah yang lebih dalam yang dapat menahan beban bangunan tersebut (Prakash dan Sharma, 1990). Beberapa kondisi yang membutuhkan penggunaan pondasi tiang (Das, 1990) adalah seperti disebutkan di bawah ini.

- 1) Ketika lapisan tanah atas terlalu lemah untuk mendukung beban dari

- bangunan. Kemampuan pondasi tiang untuk menahan beban bangunan, diperoleh dari tahanan gesek yang terjadi antara tanah dan pondasi tiang.
- 2) Pada beberapa kasus tanah ekspansif dan tanah tidak stabil pada lokasi bangunan.
  - 3) Pondasi pada beberapa bangunan, seperti menara dan bangunan lepas pantai yang dipengaruhi oleh kekuatan tarik.
  - 4) Abutmen jembatan biasanya dibangun diatas pondasi tiang, untuk menahan kemungkinan hilangnya kapasitas daya dukung, akibat dari erosi tanah.

Berdasar perpindahan tanah akibat pemasangan, pondasi tiang dapat dibedakan menjadi tiga jenis (Hardiyatmo,1996).

- 1) Tiang perpindahan besar (*large displacement pile*)  
Yaitu tiang pejal atau berlobang dengan ujung tertutup, yang dipancang ke dalam tanah, sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relatif besar.
- 2) Tiang perpindahan kecil (*small displacement pile*)  
Yaitu tiang berlobang dengan ujung terbuka, yang dipancang ke dalam tanah, sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relatif kecil.
- 3) Tiang tanpa perpindahan (*non displacement pile*)  
Yaitu tiang yang dipasang ke dalam tanah dengan cara menggali, atau mengebor tanah.



dengan :  
P : beban lateral (gram),  
D : kedalaman pondasi (cm),  
E : jarak muka tanah sampai titik pembebanan (cm),  
mt : muka tanah,

Gambar 1 Kondisi ikatan uji tiang.

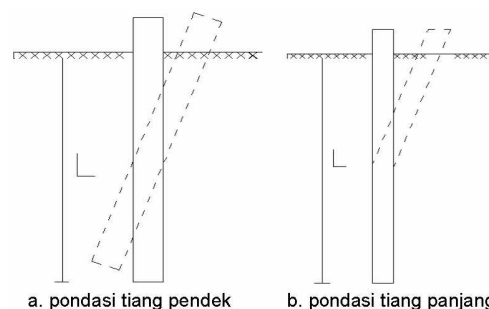
Berdasarkan ikatan ujung tiang dengan pelat penutupnya (*pile cap*), pondasi tiang dapat dibedakan menjadi dua (Prakash dan Sharma, 1990).

- 1) Kondisi ujung bebas (*free-end*), ditunjukkan pada Gambar 1.a, pada kondisi ini, tiang dapat bergerak secara rotasi maupun translasi.
- 2) Kondisi ujung jepit (*fixed end*), ditunjukkan pada Gambar 1.b, pada kondisi ini tiang hanya dapat bergerak secara translasi.

Berdasarkan pola keruntuhan yang terjadi, pondasi tiang ujung bebas dapat dibedakan menjadi dua jenis (Prakash dan Sharma, 1990).

- 1) Pondasi tiang pendek  
Keruntuhan yang terjadi pada tiang pendek, merupakan pola keruntuhan tanah. Tanah di depan pondasi, tidak dapat lagi mengimbangi gaya lateral yang diberikan kepadanya sehingga semua bagian pondasi bergerak rotasi secara bersamaan.
- 2) Pondasi tiang panjang  
Keruntuhan yang terjadi pada tiang panjang, merupakan pola keruntuhan struktur. Struktur pondasi tidak mampu menahan gaya lateral yang diberikan kepadanya sehingga mengalami keruntuhan.

Secara lebih jelas, perbedaan pondasi tiang pendek dan pondasi tiang panjang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Jenis pondasi berdasarkan pola keruntuhannya.

Perkiraan nilai kapasitas dukung lateral pondasi tiang, dapat dihitung dari data fisik pondasi dan parameter tanah, dengan menerapkan prinsip-prinsip mekanika. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan tahanan lateral pada pondasi tiang adalah metode Brom's. Metode Brom's didasarkan pada distribusi momen dan reaksi tanah sepanjang tiang, seperti pada analisis struktur yang disederhanakan (Prakash dan Sharma, 1990). Analisis kapasitas lateral tiang dengan metode Brom's, dibedakan dengan mempertimbangkan jenis tiang pendek dan tiang panjang. Pondasi tiang

dikategorikan sebagai tiang pendek apabila nilai  $L/T \geq 2$  atau  $L/R \geq 2$ , sedangkan sebagai tiang panjang, apabila  $L/T < 2$ . Nilai  $T$  dan  $R$ , diperoleh dari persamaan sebagai berikut :

$$T = \left( \frac{EI}{n_h} \right)^{1/5} \dots\dots\dots(1)$$

$$R = \left( \frac{EI}{k_h} \right)^{1/4} \dots\dots\dots(2)$$

dengan :

- $L$  : panjang tiang yang tertanam dalam tanah (cm),
- $k_h$  : modulus reaksi tanah dasar horisontal ( $\text{kg/cm}^3$ ),
- $n_h$  : konstanta reaksi tanah dasar horisontal = 20 untuk pasir lepas,
- $E$  : modulus elastisitas bahan tiang ( $\text{kg/cm}^2$ ),
- $I$  : momen Inersia tiang ( $\text{cm}^4$ ).

Selain itu, analisis tahanan lateral metode Brom's juga mempertimbangkan kondisi ikatan ujung tiang, yaitu kondisi ujung bebas, dan kondisi ujung jepit. Analisis tahanan lateral tiang dengan ujung bebas, untuk jenis tiang pendek, menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_u = \frac{0.5\gamma' L^3 DK_p}{L+e} \dots\dots\dots(3)$$

dengan :

- $P_u$  : tahanan lateral ultimit (gram),
- $\gamma'$  : berat jenis tanah efektif ( $\text{gram/cm}^3$ ),
- $L$  : panjang pemancangan tiang (cm),
- $D$  : diameter tiang pancang (cm),
- $K_p$  : koefisien tekanan tanah *pasir Rankine*.

Tanah berbutir kasar dapat diidentifikasi berdasarkan ukuran butiran. Pasir mempunyai ukuran butiran dengan diameter antara 2 mm sampai dengan 0,075 mm (Hardiyatmo, 1996). Tanah pasir adalah jenis tanah yang tidak berkohesi ( $c=0$ ) atau mempunyai kohesi tapi sangat kecil, sehingga nilai kohesinya dapat diabaikan. Sudut geser dalam ( $\phi$ ) pasir nilainya berkisar antara  $28^\circ$  sampai  $45^\circ$ , pada umumnya diambil sekitar  $30^\circ$ - $40^\circ$  (Hardiyatmo,1996). Kapasitas dukung pondasi pada tanah pasir, dipengaruhi oleh kerapatan relatif ( $D_r$ ), kedudukan muka air tanah, tekanan sekeliling tanah (*confining pressure*), dan ukuran dari pondasi. Perhitungan daya dukung pondasi pada pada pasir, selalu menggunakan parameter tegangan efektif ( $\phi$  dan  $c$ ).

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Peralatan Penelitian

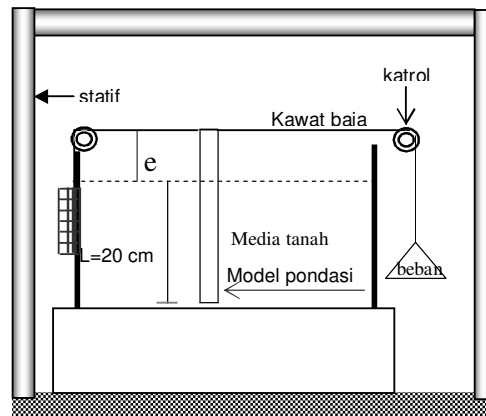
Pengujian dalam penelitian ini dilakukan terhadap pondasi tiang dengan variasi sebagai berikut.

Tabel 1 Variasi pondasi tiang dalam pengujian.

No	Diameter pondasi (D) (cm)	Nilai e (cm)	Kedalaman pondasi (L) (cm)
1	1	15	20
2	1	17.5	20
3	1	20	20
4	1	22.5	20
5	1	25	20
6	1.25	15	20
7	1.25	17.5	20
8	1.25	20	20
9	1.25	22.5	20
10	1.25	25	20
11	1.5	15	20
12	1.5	17.5	20
13	1.5	20	20
14	1.5	22.5	20
15	1.5	25	20

Alat pengujian yang digunakan terdiri dari statif dan alat pembebanan lateral. Statif terbuat dari baja, berfungsi untuk menahan sistem pembebanan lateral. Beban lateral dibuat dari pasir yang dimasukkan dalam kantong plastik seberat 25gram. Beban dihubungkan dengan pondasi oleh tali yang dilewatkan pada katrol yang ditahan oleh statif.

Bak tempat pengujian berbentuk balok, terbuat dari kaca, mempunyai ukuran panjang 80cm, lebar 40cm dan tinggi 60cm. Skets alat pengujian pembebanan dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 3 Skets alat pengujian pembebanan.

### Pelaksanaan Penelitian

Pengujian pembebanan akan menghasilkan grafik hubungan antara *displacement* pondasi dan beban lateral yang bekerja. Dari grafik tersebut, dapat dilakukan interpretasi untuk mengetahui besarnya kapasitas dukung *lateral ultimit*

dari masing-masing pondasi. Interpretasi grafik dapat dilakukan dengan menggunakan metode-metode di bawah ini.

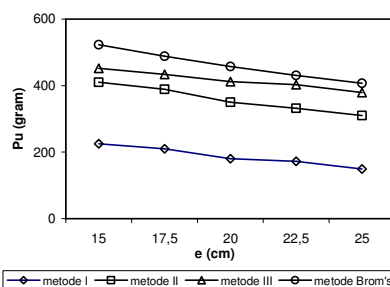
- 1) Metode I  
Kapasitas dukung lateral ultimit diperoleh dengan metode Sharma, 1984, yaitu nilai beban, ketika pondasi mengalami *displacement* sebesar 0.25 inchi (0.625cm).
- 2) Metode II  
Kapasitas dukung lateral ultimit diperoleh dengan metode Fuller and Hoy's, 1970, yaitu nilai beban pada titik pertemuan antara garis lurus yang ditarik dari gambar grafik hubungan pembebanan dan *displacement* pondasi.
- 3) Metode III  
Kapasitas daya dukung lateral ultimit diperoleh dengan metode Mazurkiewicz's, 1974 dengan langkah-langkah sebagai berikut :
  - a) menggambar kurva hubungan *displacement* dan beban,
  - b) membagi sumbu *displacement* dengan beberapa pias yang sama besar, sehingga diperoleh perpotongan garis pias dengan kurva.
  - c) dari titik-titik perpotongan yang diperoleh dari langkah b, buat garis horisontal yang melewati sumbu beban,
  - d) dari titik-titik perpotongan garis horisontal dengan sumbu beban, buat garis 45° hingga memotong garis di atasnya,
  - e) perpotongan garis 45° dengan garis horisontal semakin ke atas akan mengerucut mendekati sumbu beban, sehingga bisa ditarik garis yang melewati titik-titik perpotongan tersebut hingga memotong sumbu beban,
  - f) perpotongan garis dengan sumbu beban merupakan nilai kapasitas dukung ultimit yang dihasilkan.

Analisis kapasitas lateral pondasi tiang dilakukan dalam dua tahapan.

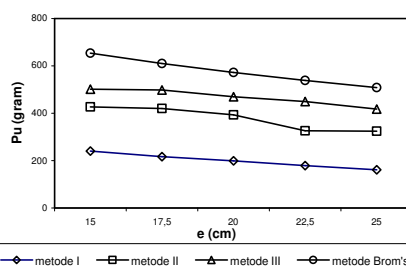
- 1) Membandingkan nilai kapasitas dukung lateral ultimit pondasi tiang berdasarkan variasi *e* pada diameter yang sama.
- 2) Membandingkan nilai kapasitas dukung lateral ultimit pondasi tiang berdasarkan variasi nilai diameter pada *e* yang sama.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

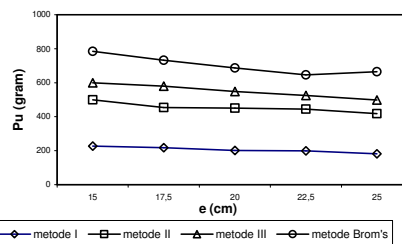
Perbandingan nilai kapasitas dukung lateral ultimit, antara hasil uji laboratorium dengan metode analisis Brom's untuk variasi nilai *e*, disajikan dalam bentuk grafik, yang dapat dilihat pada Gambar 4 sampai Gambar 6. (Keterangan : metode I = Sharma, 1984; metode II = Fuller dan Hoy's, 1970; metode III = Mazurkiewicz's, 1974)



Gambar 4 Grafik perbandingan hasil uji lab dengan hitungan metode Brom's, pondasi tiang diameter 1 cm.

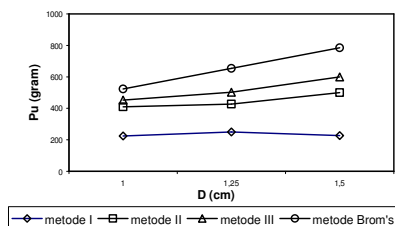


Gambar 5 Grafik perbandingan hasil uji lab dengan hitungan metode Brom's, pondasi tiang diameter 1,25 cm.

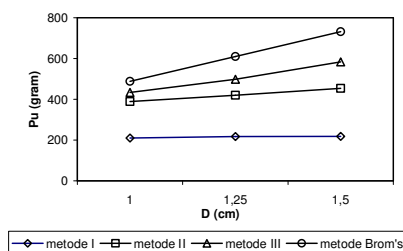


Gambar 6 Grafik perbandingan hasil uji lab dengan hitungan metode Brom's, pondasi tiang diameter 1,5 cm.

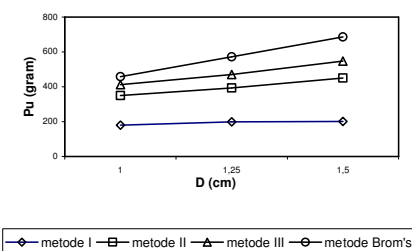
Sedangkan perbandingan nilai kapasitas dukung lateral ultimit, antara hasil uji laboratorium dengan metode analisis Brom's, untuk variasi nilai diameter, disajikan dalam bentuk grafik, yang dapat dilihat pada Gambar 7 sampai Gambar 11.



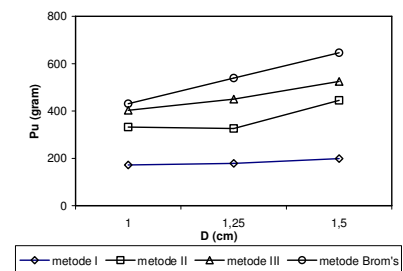
Gambar 7 Grafik perbandingan hasil uji lab dengan hitungan metode Brom's, pondasi tiang e 15 cm.



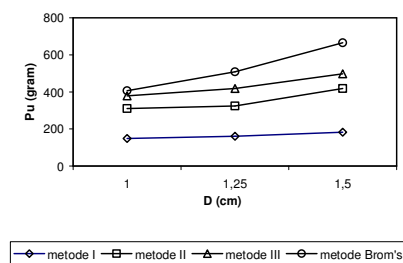
Gambar 8 Grafik perbandingan hasil uji lab dengan hitungan metode Brom's, pondasi tiang e 17,5 cm.



Gambar 9 Grafik perbandingan hasil uji lab dengan hitungan metode Brom's, pondasi tiang e 20 cm.



Gambar 10 Grafik perbandingan hasil uji lab dengan hitungan metode Brom's, pondasi tiang e 22,5 cm.



Gambar 11 Grafik perbandingan hasil uji lab dengan hitungan metode Brom's, pondasi tiang e 25 cm.

Dari hasil di atas dapat diketahui bahwa nilai kapasitas dukung ultimit akan naik dengan kenaikan nilai diameter, tetapi nilai kapasitas dukung ultimit akan turun dengan kenaikan nilai e. Hitungan metode Brom's menghasilkan nilai kapasitas dukung ultimit yang lebih besar daripada hasil pengujian di laboratorium, dengan selisih sebesar 65,33% terhadap metode I, 30,80% terhadap metode II dan 16,66% terhadap metode III.

## KESIMPULAN

Dari pengamatan dan analisis hasil pengujian, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian pembebanan terhadap benda uji pondasi tiang tunggal ujung bebas pada tanah non kohesif, dengan variasi diameter dan jarak muka tanah sampai titik pembebanan menunjukkan bahwa nilai kapasitas dukung ultimit lateral ( $P_u$ ), akan naik dengan kenaikan nilai diameter, tetapi akan turun dengan kenaikan nilai e.
2. Setelah dibandingkan dengan metode analisis Brom's, dapat diketahui bahwa metode interpretasi III paling mendekati dengan metode analisis Brom's.

## DAFTAR PUSTAKA

Coduto, 1994, *Foundation Design Principles and Practices*, Prentice Hall, N.J

DAS, B.M., 1990, *Principle of Foundation Engineering*, PWS-KENT Publishing Company, Boston

Hardiyatmo, H.C., 1996, *Teknik Fondasi II*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Muslih, Y. dan Apriyono, A., 2004, *Study Kapasitas Lateral Model Fixed-End Pile dengan Variasi Diameter dan Jarak Beban - Muka Tanah pada Tanah Pasir*, Jurnal Penelitian Media Teknik Sipil FT UNS, Surakarta

Poulos, H.G. and Davis, E.H., 1980, *Pile Foundation Analysis And Design*, John Wiley & Sons, Canada

Prakash, S. and Sharma, H.D., 1990, *Pile Foundation in Engineering Practice, Incorporating Piletalk*, Singapura

Tomlinson, 1977, *Pile Design and Construction Practice, A View Point Publication*, London