

# PERBANDINGAN METODE BROMS (1964) DENGAN METODE DAVISSON (1972) TERHADAP ANALISIS DAYA DUKUNG LATERAL DAN DEFLEKSI PADA PONDASI TIANG BOR TUNGGAL

Dede Irma<sup>1</sup>, Sudirja<sup>2\*</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wiralodra, Indramayu 45213  
\*Email: sudirja.sudirja@gmail.com

## Abstract

*The method of calculating the lateral carrying capacity of a single drill pile using the Broms method (1964), Interpretation of the results of lateral loading of a single drill pile using the Davisson method (1972). Cone Penetration Test and Lateral Loading Test data are taken from the Lavish Kemang Residence Jakarta Project. The foundation of the single drill pile analyzed was the BP-434 drill pile and the investigation data and soil properties used were db-4 points. The carrying capacity of the lateral permit of the drill pile foundation based on the Broms method (1964) was 71.36 Tons. The total deflection of the drill pile based on the Broms method (1964), for cyclic 1 by 3.65 mm, for cyclic 2 by 10.05 mm, for cyclic 3 by 18.26 mm, and for cyclic 4 by 46.98 mm. The lateral carrying capacity of the drill mast based on static calculations using the Davisson (1971) method is 40 Tons. The carrying capacity of lateral permits based on the Broms method (1964) is 78.40% greater than the lateral carrying capacity based on the Davisson method (1972). Comparison of total deflection of drill piles, for cyclic 1 total deflection based on the Broms method (1964) is 33.21% greater than the calculation of static test results, for cyclic 2 total deflections based on the Broms method (1964) is 6.12% greater than the calculation of static test results, for cyclic 3 total deflections based on the Broms method (1964) is 14.71% smaller than the calculation of static test results, and for cyclic 4 total deflections based on the Broms method (1964) was 32.32% smaller than the calculation of static test results.*

*Keywords: lateral bearing capacity, deflection, brooms method (1964), Davisson method (1972)*

## Abstrak

Metode perhitungan daya dukung lateral tiang bor tunggal menggunakan metode Broms (1964), Interpretasi hasil pembebanan lateral tiang bor tunggal menggunakan metode Davisson (1972). Data *Cone Penetration Test* dan *Lateral Loading Test* diambil dari Proyek Lavish Kemang Residence Jakarta. Pondasi tiang bor tunggal yang dianalisis adalah tiang bor BP-434 dan data penyelidikan dan *properties* tanah yang digunakan adalah titik DB-4. Daya dukung ijin lateral pondasi tiang bor berdasarkan metode Broms (1964) sebesar 71,36 Ton. Defleksi total tiang bor berdasarkan metode Broms (1964), untuk siklik 1 sebesar 3,65 mm, untuk siklik 2 sebesar 10,05 mm, untuk siklik 3 sebesar 18,26 mm, dan untuk siklik 4 sebesar 46,98 mm. Daya dukung lateral tiang bor berdasarkan perhitungan statik menggunakan metode Davisson (1971) sebesar 40 Ton. Daya dukung ijin lateral berdasarkan metode Broms (1964) lebih besar 78,40% dibandingkan daya dukung lateral berdasarkan metode Davisson (1972). Perbandingan defleksi total tiang bor, untuk siklik 1 defleksi total berdasarkan metode Broms (1964) lebih besar 33,21% dibandingkan perhitungan hasil uji statik, untuk siklik 2 defleksi total berdasarkan metode Broms (1964) lebih besar 6,12% dibandingkan dengan perhitungan hasil uji statik, untuk siklik 3 defleksi total berdasarkan metode Broms (1964) lebih kecil 14,71% dibandingkan perhitungan hasil uji statik, dan untuk siklik 4 defleksi total berdasarkan metode Broms (1964) lebih kecil 32,32% dibandingkan perhitungan hasil uji statik.

**Kata kunci:** Daya dukung lateral, defleksi, metode brooms (1964), metode davisson (1972)

## I. PENDAHULUAN

Dalam mendesain pondasi tiang bor harus mempertimbangkan daya dukung tanah dan defleksi (pergeseran). Beban lateral dapat menimbulkan gaya lateral dan momen dapat

bekerja pada pondasi tiang bor akibat gaya gempa, gaya angin pada struktur atas, dan beban statik seperti misalnya tekanan aktif tanah pada abutment jembatan atau pada *soldier pile*, tumbukan kapal, dan lain-lain. Hal ini

dapat berpengaruh terhadap daya dukung serta dapat menimbulkan defleksi (pergeseran) pondasi tiang bor.

Banyak sekali metode yang digunakan untuk menghitung dan menganalisis daya dukung lateral tiang bor tunggal, salah satu diantaranya menggunakan metode Broms. Dalam metode Broms, tiang bor tunggal terbagi dalam 2 (dua) klasifikasi yaitu tiang pendek atau tiang panjang. Dari masing-masing klasifikasi tersebut dibagi lagi menjadi 2 (dua) jenis tiang bor, yaitu tiang bor jenis kepala tiang bebas (*free head*) atau kepala tiang terjepit (*fixed head*) [1].

*Loading test* biasa disebut juga dengan uji pembebanan statik. Cara yang paling dapat diandalkan untuk menguji daya dukung pondasi tiang adalah dengan uji pembebanan statik. Interpretasi dari hasil benda uji pembebanan statik merupakan bagian yang cukup penting untuk mengetahui respon tiang pada selimut dan ujungnya serta besarnya daya dukung ultimitnya. Permasalahan yang sering terjadi dalam perencanaan daya dukung dan defleksi tiang bor adalah perbedaan yang sangat besar antara satu metode dengan metode yang lain. Hal ini disebabkan kurang validnya data-data lapangan, baik uji sondir atau *Cone Penetration Test* (CPT) maupun *Standard Penetration Test* (SPT), begitu juga dengan perhitungan dengan uji statik (*loading test*), sangat sedikit dilakukan sebagai bahan perbandingan dalam analisis dan perhitungannya. Tujuan dari penelitian ini Untuk menganalisis daya dukung lateral pondasi tiang bor berdasarkan metode Broms (1964) dan metode Davisson (1972), dan untuk menganalisis besar defleksi pondasi tiang bor berdasarkan metode Broms (1964) dengan metode Davisson (1972), untuk menganalisis perbandingan daya dukung pondasi tiang bor antara metode Broms (1964) dengan perhitungan hasil uji statik.

pondasi ini terdiri dari 2 atau lebih yang di atasnya terdapat pile cap.

### 1.1. Perhitungan Analitis

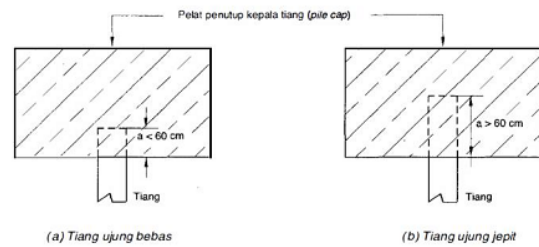
#### a. Daya Dukung Lateral Pondasi Tiang Bor

##### a) Tiang ujung jepit (*fixed end pile*)

Tiang ujung jepit (*fixed end pile*) adalah tiang yang ujung atasnya terjepit (tertanam) dalam pelat penutup kepala tiang paling sedikit sedalam 60 cm (24 inch) [2]

##### b) Tiang ujung bebas (*free end pile*)

Tiang ujung bebas adalah tiang yang bagian atasnya tidak terjepit atau terjepit kedalam pelat penutup kepala tiang tetapi kurang dari 60 cm.



Gambar 1. Definisi tiang ujung jepit dan ujung bebas

#### 1) Penentuan Kriteria Tiang Panjang dan Tiang Pendek

##### a) Faktor Kekakuan R

Faktor kekakuan R untuk menentukan perilaku tiang, sebagai berikut:

$$R = \sqrt[4]{\frac{E_p \times I_p}{K_s \times B}} \quad 2.1$$

Dimana:

R = Faktor kekakuan relatif

$E_p$  = Modulus elastisitas tiang ( $\text{ton/m}^2$ ),  $E_p = 4700 \sqrt{f^c}$

$I_p$  = Momen inersia tiang ( $\text{m}^4$ ),  $I_p = \frac{1}{64} \times \pi \times B^4$

$K_s$  = Modulus *subgrade* tanah dalam arah horizontal ( $\text{ton/m}^3$ ) =  $k_1/1.5$ , dengan nilai  $k_1$  dapat dilihat pada tabel 1

B = Diameter tiang (m)

Tabel 1. Hubungan antara  $k_1$  dan  $C_u$

Konsistensi	Kuat geser tak teralir, $C_u$ ( $\text{kg/cm}^2$ )	Rentang $K_1$ ( $\text{Kg/cm}^3$ )
Teguh	1.0 – 2.0	1.8 – 3.6
Sangat Teguh	2.0 – 4.0	3.6 – 7.2
Keras	> 4.0	> 7.2

##### b) Faktor Kekakuan T

Faktor kekakuan T untuk menentukan perilaku tiang, sebagai berikut:

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \times I_p}{\eta h}} \quad 2.2$$

Dimana:

T = Faktor kekakuan relatif

$E_p$  = Modulus elastisitas tiang ( $\text{ton/m}^2$ )

$I_p$  = Momen inersia tiang ( $\text{m}^4$ ),

$$I_p = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$\eta h$  = Koefisien variasi modulus

$\eta_h$  untuk tanah lempung lunak yang terkonsolidasi = 350 – 700 kN/m<sup>3</sup>  
 $\eta_h$  untuk tanah lanau organik lunak = 150 kN/m<sup>3</sup>

**Tabel 2.** kriteria tiang pendek dan panjang

Jenis Tiang	Modulus Tanah	
	$L \geq 2T$	$L \geq 2R$
Kaku (Pendek)	$L \geq 2T$	$L \geq 2R$
Elastis (Panjang)	$L \leq 4T$	$L \leq 0,35R$

**2) Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal**

Daya dukung lateral tiang bor tunggal dihitung dengan metode Broms (Hardiyatmo, 2008), dengan langkah sebagai berikut:

**a) Daya Dukung Lateral Tiang Pendek**

**1. Tiang Bebas (free end pile)**

Daya dukung (Hu)

$$Hu = \frac{0.5 \times \gamma \times L^3 \times B \times Kp}{(e + L)} \quad 2.3$$

Momen maksimum tanah butir kasar atau pasir

$$x_0 = 0.82 \left( \frac{Hu}{\gamma \times B \times Kp} \right) \quad 2.4$$

$$M_{max} = Hu (e + 1.5 \cdot x_0) \quad 2.5$$

Hubungan diatas dapat dinyatakan dalam bentuk diagram yang menggunakan suku tak berdimensi dari L/B terhadap nilai  $Hu/(Kp \times B^3 \times \gamma)$  seperti ditunjukkan pada gambar 3 (a). Momen maksimum tanah kohesif. Pada tanah kohesif, momen maksimum diberikan untuk dua rentang kedalaman, yaitu:

$$M_{max} = Hu (e + 1.5B + 0.5x_0) \quad 2.6$$

untuk  $1.5B + x_0$

$$M_{max} = 2.25 \times B \times Cu (L - x_0)^2 \quad 2.7$$

untuk  $L - x_0$

Dengan nilai  $x_0$ , sebagai berikut:

$$x_0 = \frac{Hu}{9 \times Cu \times B} \quad 2.8$$

Solusi perhitungan diberikan dalam gambar 3 (b) dimana dengan mengetahui rasio L/B dan e/B, maka akan diperoleh nilai  $Hu/(Cu.B^2)$ , sehingga nilai Hu kemudian bisa dihitung.

Keterangan:

- Hu = Daya dukung lateral
- $M_{mak}$  = Momen maksimum
- B = Diameter tiang
- L = Kedalaman pondasi
- Cu = Kohesi
- $x_0$  = Kedalaman momen arah x
- e = Panjang ujung tiang bebas sampai permukaan tanah
- $\gamma$  = Berat isi tanah
- Kp = Nilai dari  $\tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\theta}{2} \right)$

**2. Tiang Terjepit (fixed end pile)**

Daya dukung (Hu) pada tanah non kohesif

$$Hu = 1.5 \times \gamma \times L^2 \times B \times Kp \quad 2.9$$

Daya dukung (Hu) pada tanah kohesif

$$Hu = 9 \times Cu \times B (L - 1.5B) \quad 2.10$$

Momen maksimum tanah non kohesif

$$M_{max} = \gamma \times L^3 \times b \times Kp \quad 2.11$$

Hubungan diatas dapat dinyatakan dalam bentuk diagram yang menggunakan suku tak berdimensi dari L/B seperti ditunjukkan pada gambar 4(a)

Momen maksimum tanah kohesif

$$M_{max} = 4,5 \times Cu \times B (L^2 - 22,5 \times B^2) \quad 2.12$$

Kondisi kepala tiang terjepit diberikan solusi grafis berupa diagram dengan suku tak berdimensi. L/B seperti ditunjukkan pada gambar 4(b)

Keterangan:

- Hu = Daya dukung lateral
- $M_{mak}$  = Momen maksimum
- B = Diameter tiang
- L = Kedalaman pondasi
- Cu = Kohesi
- $\gamma$  = Berat isi tanah
- Kp = Nilai dari  $\tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\theta}{2} \right)$

**b) Daya Dukung Lateral Tiang Panjang**

**1. Tiang Bebas (free end pile)**

Daya dukung (Hu)

$$Hu = \frac{Mu}{e + 0.54 \cdot \left( \frac{Hu}{\gamma \times B \times Kp} \right)^{0.5}} \quad 2.13$$

Momen maksimum tanah butir kasar atau pasir

$$x_0 = 0.82 \cdot \left( \frac{Hu}{\gamma \times B \times Kp} \right)^{0.5} \quad 2.14$$

$$M_{max} = Hu (e + 0.67 \cdot x_0) \quad 2.15$$

Nilai Hu dapat dihitung dengan menggunakan diagram yang menyatakan hubungan antara nilai  $Hu/(Kp \cdot \gamma \cdot B^3)$  terhadap nilai  $Mu/(Kp \cdot \gamma \cdot B^4)$  seperti ditunjukkan pada gambar 4 (a).

Momen maksimum tanah kohesif

$$M_{max} = Hu (e + 1.5B + 0.5 \cdot x_0) \quad 2.16$$

Dengan nilai  $x_0$ , sebagai berikut:

$$x_0 = \frac{Hu}{9 \times Cu \times B} \quad 2.17$$

Dengan mengetahui nilai  $Mu/(Cu.B^3)$  maka nilai  $Hu/(Cu.B^2)$  dapat ditentukan dari gambar 4 (b) sehingga nilai Hu kemudian dapat diperoleh.

Keterangan:

- Hu = Daya dukung lateral
- Mu = Momen ultimate
- $M_{mak}$  = Momen maksimum
- B = Diameter tiang
- L = Kedalaman pondasi
- Cu = Kohesi

- $x_0$  = Kedalaman momen arah x
- $e$  = Panjang ujung tiang bebas sampai permukaan tanah
- $\gamma$  = Berat isi tanah
- $K_p$  = Nilai dari  $\tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\theta}{2} \right)$

**2. Tiang Terjepit (fixed end pile)**

Daya dukung (Hu) tanah non kohesif

$$H_u = \frac{2 \times M_u}{(e + 0.67 \cdot x_0)} \quad 2.18$$

Daya dukung (Hu) tanah kohesif

$$H_u = \frac{2 \times M_u}{1.5 \cdot B + 0.5 \cdot x_0} \quad 2.19$$

Momen maksimum tanah non kohesif

$$x_0 = 0.82 \cdot \left( \frac{H_u}{\gamma \times B \times K_p} \right)^{0.5} \quad 2.20$$

$$M_{max} = H_u (e + 0.67 \cdot x_0) \quad 2.21$$

Untuk perhitungan kapasitas lateral ultimat dari tiang dengan kondisi kepala tiang terjepit, gambar 4 (a) dapat digunakan untuk tanah non kohesif.

Momen maksimum tanah kohesif

$$M_{max} = 4,5 \times C_u \times B (L^2 - 22,5 \times B^2) \quad 2.22$$

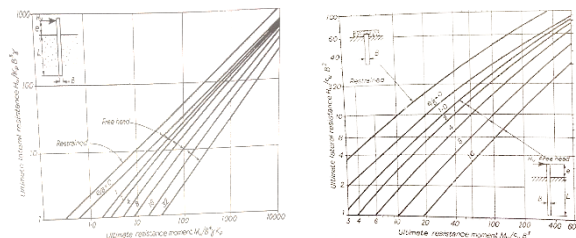
Dengan nilai  $x_0$ , sebagai berikut:

$$x_0 = \frac{H_u}{9 \times C_u \times B} \quad 2.23$$

Untuk perhitungan kapasitas lateral ultimat dari tiang dengan kondisi kepala tiang terjepit, gambar 4 (b) dapat digunakan untuk tanah non kohesif.

Keterangan:

- $H_u$  = Daya dukung lateral
- $M_u$  = Momen ultimat
- $M_{mak}$  = Momen maksimum
- $B$  = Diameter tiang
- $L$  = Kedalaman pondasi
- $C_u$  = Kohesi
- $x_0$  = Kedalaman momen arah x
- $e$  = Panjang ujung tiang bebas sampai permukaan tanah
- $\gamma$  = Berat isi tanah
- $K_p$  = Nilai dari  $\tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\theta}{2} \right)$



(a) (b)

**Gambar 2.** Grafik Kapasitas Lateral Ultimit Tiang Panjang: (a) Kapasitas lateral ultimit untuk tiang panjang pada tanah non kohesif,

- (b) Kapasitas lateral ultimit untuk tiang panjang pada tanah kohesif

**1.2. Defleksi (Pergeseran) Pondasi Tiang Bor Metode Broms (1964)**

Defleksi tiang akibat beban horizontal dapat ditentukan menggunakan metode ini berdasarkan persamaan dibawah ini [6]. Defleksi tiang bebas dapat dinyatakan dengan persamaan

$$y = \frac{H (e + z_f)^3}{3 E_p I_p} \quad 2.24$$

Defleksi tiang ujung jepit:

$$y = \frac{H (e + z_f)^3}{12 E_p I_p} \quad 2.25$$

Dimana:

- $H$  = beban lateral (Ton)
- $E_p$  = modulus elastis tiang
- $I_p$  = momen inersia tiang
- $e$  = jarak beban lateral terhadap muka tanah
- $z_f$  = kedalaman dari muka tanah ke titik jepitan tanah yang sesungguhnya  
1.4 R (untuk modulus yang konstan)  
1.8 T (untuk modulus yang bertambah secara linier)

**1.3. Penyelidikan Tanah**

**a. Uji Standard Penetration Test (SPT)**

Standar penetration test atau lebih sering dikenal sebagai SPT merupakan suatu cara yang dilakukan dilapangan atau lokasi pekerjaan yang bertujuan untuk mengetahui atau mendapatkan daya dukung tanah secara langsung di proyek. Selain itu test ini juga bertujuan untuk mengetahui baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh tanah dengan teknik penumbukan

Pada tanah pasir halus dan pasir kelanauan pada saat penetrasi tabung belah SPT akan timbul tegangan air pori yang cukup besar. Hal ini dapat berakibat nilai N yang diperoleh lebih tinggi dari seharusnya. Koreksinya adalah [5]:

$$N = 15 + \frac{1}{2} (N' - 15) \quad 2.26$$

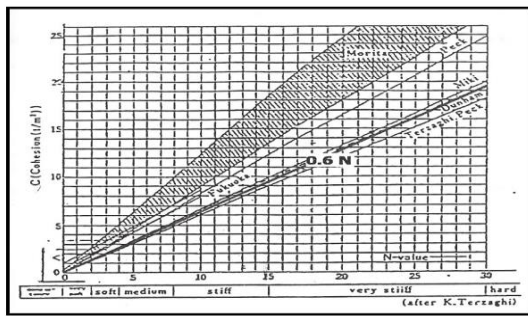
Dengan  $N = N$  SPT hasil koreksi

$N' = n$  SPT lapangan; bila  $N' < 15$  nilai N tidak diperlu dikoreksi

**Tabel 3.** Hubungan nilai N dengan kerapatan relatif

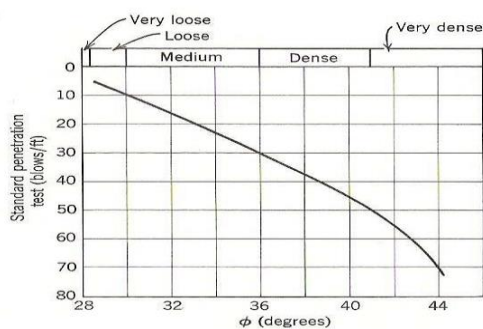
Nilai N I	Kerapatan Relatif (Dr)
<4	Sangat Tidak Padat
4-10	Tidak Padat
10-30	Kepadatan Sedang
30-50	Padat
>50	Sangat Padat

**1) Korelasi N-SPT terhadap nilai Cu**



**Gambar 3.** Hubungan antara kohesi dan nilai N-SPT untuk tanah kohesif

**2) Korelasi N-SPT terhadap nilai φ**



**Gambar 4.** Korelasi antara friction angle dan N-SPT [3]

**3) Korelasi N-SPT terhadap nilai modulus elastisitas tanah**

Modulus elastisitas tanah dapat diperoleh dengan menggunakan korelasi dari data N-SPT [4].

**Tanah Pasir**

Nilai modulus elastisitas (Es) pada tanah pasir dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Es \text{ (kN/m}^2\text{)} = 766 N \quad 2.27$$

Dimana:

N = N-SPT

Es = 2qc

**Tanah Lempung**

Nilai modulus elastisitas pada tanah lempung sangat tergantung pada riwayat pembebanannya.

**Tanah Lempung NC**

Pada tanah lempung NC nilai modulus elastisitas (Es):

$$Es = 250 Cu - 500 Cu \quad 2.28$$

Dimana:

Es = Modulus elastisitas

Cu = Undrained cohesion of clay soil

**Tanah Lempung OC**

Pada tanah lempung OC nilai modulus elastisitas (Es):

$$Es = 750 Cu - 1000 Cu \quad 2.29$$

Dimana:

Es = Modulus elastisitas

Cu = Undrained cohesion of clay soil

**Korelasi N-SPT terhadap nilai Overconsolidated Ratio (OCR)**

$$OCR = 0.193 \left( \frac{N}{\sigma'_v} \right)^{0.689} \quad 2.30$$

Dimana:

OCR = Overconsolidated Ratio

N = N-SPT

$\sigma'_v$  = Effective vertical stress dalam MN/m<sup>2</sup>

**Korelasi N-SPT terhadap nilai konsistensi suatu tanah**

**Tabel 4.** Korelasi N-SPT dengan Relative Density

State of Packing	Relative Density	Standard Penetration Resistance, N blows/ft
Sangat lepas	< 0.2	< 4
Lepas	0.2 – 0.4	4 - 10
Sedang	0.4 – 0.6	10 - 30
Padat	0.6 – 0.8	30 - 50
Sangat padat	> 0.8	> 50

**Tabel 5.** Korelasi N-SPT dengan qu

Consistency	Standard Penetration Number, N-SPT	Unconfined Compression Strength, qu (kN/m <sup>2</sup> )
Sangat lunak	0 – 2	0 - 25
Lunak	2 – 5	25 - 50
Sedang	5 – 10	50 - 100
Teguh	10 – 20	100 - 200
Sangat Teguh	20 – 30	200 - 400
Keras	> 30	>400

**Korelasi N-SPT untuk menentukan berat volume tanah (γ)**

Tanah Pasir (non-kohesif)

**Tabel 6.** Korelasi N-SPT dengan γ untuk Pasir

Compactness	Relative density (%)	SPT N (blows per ft)	Angle of Internal friction	Unit weight	
				Moist (pcf)	Submerged (pcf)
Sangat lepas	0-15	0-4	<28	<100	<100
Lepas	18-35	5-10	28-30	95-125	55-65
Sedang	38-65	11-30	31-38	110-130	66-70
Padat	68-85	31-50	37-41	110-140	65-85

Sangat padat	86-100	>51	>41	>130	>75
--------------	--------	-----	-----	------	-----

b) Indikasi dari penurunan yang terjadi.

Tanah Lempung (Kohesif)

**Tabel 7.** Hubungan N-SPT terhadap kekuatan tanah lempung

N-SPT blows-feet	Konsistensi	Qu (unconfined compressive strength) ton/ft <sup>2</sup>	γ <sub>sat</sub> kN/m <sup>3</sup>
< 2	Sangat lunak	<0.25	16-19
2-4	Lunak	0.25-0.50	16-19
4-8	Sedang	0.50-1.00	17-20
8-15	Teguh	1.00-2.00	19-22
15-30	Sangat Teguh	2.00-4.00	19-22
>30	Keras	>4.00	19-22

Parameter elastis berbagai jenis tanah

**Tabel 8.** Parameter elastis tanah

Type of Soil	Young's modulus, Es		Poisson's ratio
	MN/m <sup>2</sup>	Lb/in <sup>2</sup>	
Pasir lepas	10.35-24.15	1500-3500	0.20-0.40
Pasir setengah lepas	17.25-27.60	2500-4000	0.25-0.40
Pasir padat	34.50-55.20	5000-8000	0.30-0.45
Pasir berlumpur	10.35-17.25	1500-2500	0.20-0.40
Pasir dan kerikil	69.00-172.50	10000-25000	0.15-0.35
Lempung lunak	2.07-5.18	300-750	0.20-0.50
Lempung sedang	5.18-10.35	750-1500	
Lempung padat	10.35-24.15	1500-3500	

**1.4. Uji Beban Statik (Loading Test)**

**a. Jenis-Jenis Beban Statik (Loading Test)**

Ada dua jenis *loading test*, yaitu:

1. *Static load test: compression, tension dan lateral.*
2. *Dynamic load test: Pile Driving Analysis.*

*Pile load test* biasanya dilakukan dengan dua alternatif yaitu:

1. *Test/unused pile, failure test* (dilakukan hingga mengalami keruntuhan).
2. *bTest on a working pile (used pile), 200% design capacity.* Tiang yang telah diuji dipilih di lokasi yang terdekat dengan penyelidikan tanah, hasil dari pengujian beban ini berupa:
  - a) Indikasi dari daya dukung batas yang terjadi.

*Tujuan Loading Test* untuk mengetahui hubungan antara beban dan penurunan pondasi akibat beban rencana.

**b. Interpretasi Pengujian Pembebanan Lateral Metode Davisson (1972)**

Didalam metode Davisson (1972), metode batas *offset* mungkin yang terbaik yang dikenal secara luas (Salgado, Rodrigo, 1999). Metoda ini telah diusulkan oleh Davisson sebagai beban yang sesuai dengan pergerakan dimana melebihi tekanan elastis (yang diasumsikan sebagai kolom yang berdiri bebas) dengan suatu nilai 0,15 inchi dan suatu faktor sepadan dengan ukuran diameter tiang yang dibagi oleh 120. Kegagalan beban didefinisikan sebagai beban yang mendorong untuk membentuk sebuah deformasi yang sama pada penyajian akhir dari tekanan tiang elastis dan sebuah deformasi yang sejajar dari pencerminan tekanan tiang elastis untuk prosentase diameter tiang. Hubungan ini dituliskan sebagai berikut:

$$X = 0,15 + (D/120) \quad 2.31$$

$$S_f = \Delta + 0,15 + (D/120) \quad 2.32$$

Seperti yang terlihat pada Gambar 7, bahwa garis tekanan elastis pada tiang dapat diperoleh dari persamaan deformasi elastis dari suatu tiang, yang mana diperoleh dari persamaan elastis :

$$\Delta = \frac{Q \times L}{A \times E} \quad 2.33$$

Dimana :

S<sub>f</sub> : defleksi pada kondisi kegagalan

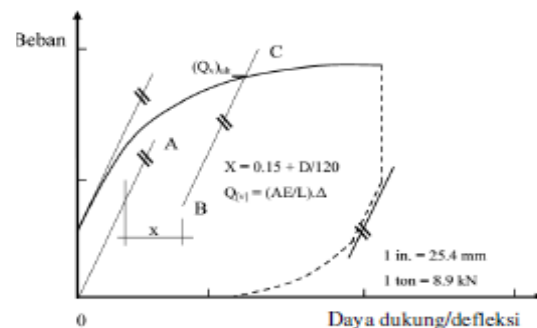
D : diameter tiang

Q : beban yang diterapkan

L : panjang tiang

E : modulus elastisitas dari tiang

A : luas dari tiang



**Gambar 5.** Grafik hubungan beban dengan daya dukung dan defleksi metode Davisson

**III. METODE PENELITIAN**



**3.1 Sumber Data**

Sumber data dalam penelitian hanya menggunakan data sekunder. Data sekunder diambil dari beberapa pihak yang terdiri atas data hasil penyelidikan tanah (data sondir) dan data *properties* tiang bor Proyek Lavish Kemang Residence Jakarta Selatan, serta data perbandingan atau literatur yang berhubungan dengan penelitian.

**3.2 Data Perhitungan Analitis**

**3.2.1 Data Properties Pondasi tiang bor**

Data pondasi tiang bor dan pembebanan dengan nomor tiang BP-434, dengan data-data sebagai berikut:

- a. Panjang pondasi tiang bor (L) : 16,5 m
- b. Diameter pondasi tiang bor (B) : 800 mm
- c. Tinggi muka casing terhadap tanah asli (e) : 0,2 m
- d. Mutu beton (f'c) : 30
- e. Beban horizontal (100%) : 15 ton

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada

**3.2. Data Pembebanan**

Rencana pembebanan terbagi atas 4 siklik (*cycle*), sebagai berikut:

**Tabel 9.** Variasi siklik dan pembebanan rencana

Siklik	Pembebanan Rencana (% dari beban horizontal)					
Siklik 1	0	25	50	25	0	
Siklik 2	0	50	75	100	50	0
Siklik 3	0	50	100	125	150	0
Siklik 4	0	50	100	150	170	190
	200	150	100	50	0	

**a. Data Parameter Tanah**

Dari data sekunder penyelidikan tanah Proyek Apartemen The Lavis Jakarta titik DB-4, diketahui data karakteristik dan parameter tanah sebagai berikut:

**1) Data Laboratorium**

Hasil pengujian parameter tanah di laboratorium sebagai berikut:

**Tabel 10.** Data hasil uji laboratorium

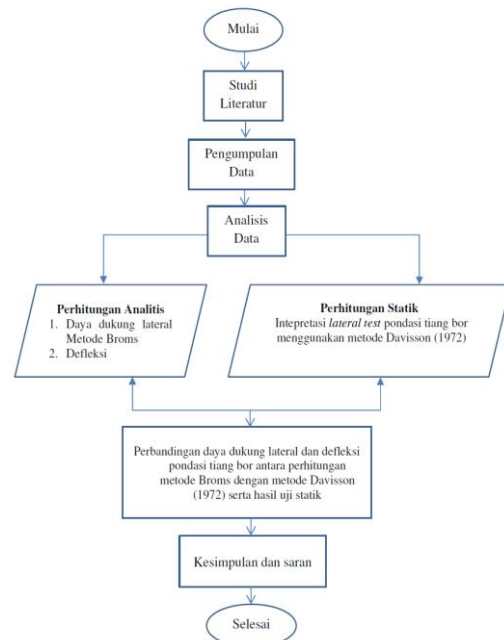
No.	Parameter	Nilai
1.	Berat isi tanah ( $\gamma$ )	1,48 ton/m <sup>3</sup> - 1,58 ton/m <sup>3</sup> (ambil 1,50 ton/m <sup>3</sup> )
2.	Kadar air ( $\omega$ )	60% - 80%
3.	Batas plastis	34% - 50%
4.	Batas cair	67% - 102%
5.	Angka pori	1,65 - 2,25
6.	Porositas	0,62 - 0,69
7.	Kohesi (Co)	0,04 kg/cm <sup>2</sup> - 0,06 kg/cm <sup>2</sup>
8.	Sudut geser dalam ( $\phi$ )	3° - 4°
9.	Kuat geser (Cu)	0,50 - 0,977 kg/cm <sup>2</sup>

**Tabel 11.** Data parameter tiap lapisan tanah

No.	Parameter	Lapisan Tanah			
		I	II	III	IV
1.	Berat jenis tanah ( $\gamma$ ) (ton/m <sup>3</sup> )	1,50	1,50	1,50	1,50
2.	Tinggi lapisan (z) (m)	5	3	5	3,5
3.	N-SPT	6	3,5	22,5	50
4.	Kohesi (C <sub>u</sub> ) (ton/m <sup>2</sup> )	4	1	14	20
5.	Sudut geser ( $\phi$ ) (°)	29	27	34	50

**3.3 Tahapan Penelitian**

Tahapan penelitian dapat digambarkan dalam diagram alir penelitian sebagai berikut:



**Gambar 6.** Diagram alir tahapan penelitian

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Hasil Perhitungan**

**a. Perhitungan Daya Dukung Lateral Pondasi Tiang Bor Metode Broms (1964)**

**1) Menentukan Kriteria Tiang Kepala Terjepit atau Tiang Kepala Bebas**

Berdasarkan data *properties* pondasi tiang bor, tinggi muka casing terhadap muka tanah (e) sebesar 20 cm (0,2 m), maka pondasi tiang bor adalah tiang dengan kepala bebas (*free end pile*), karena tinggi muka casing terhadap muka tanah (e) < 60cm.

2) Menentukan Kriteria Tiang Panjang atau Tiang Pendek

a) Menentukan modulus elastisitas tiang (EP)

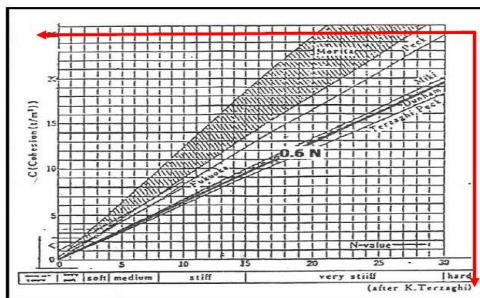
$$\begin{aligned} EP &= 4.700\sqrt{f_c} \\ &= 4.700\sqrt{30} \\ &= 4700 \times 5,477 \\ &= 25.742,96 \text{ MPa} \\ EP &= \mathbf{2.574.296 \text{ Ton/m}^2} \end{aligned}$$

b) Menentukan momen inersia pondasi tiang bor (IP)

$$\begin{aligned} IP &= \frac{1}{64} \times \pi \times B^4 \\ &= \frac{1}{64} \times 3,14 \times 0,8^4 \\ &= 0,020 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

3) Menentukan modulus subgrade tanah dalam arah horizontal

Diketahui bahwa N-SPT rata-rata kedalaman 16.5 meter sebesar 50 pukulan, maka nilai  $C_u$  dapat dicari dengan menggunakan grafik konversi N-SPT –  $C_u$  pada gambar 9., sebagai berikut:



Gambar 7. Grafik konversi N-SPT –  $C_u$

Diketahui bahwa nilai konversi N-SPT rata-rata 50 pukulan ke  $C_u$  sebesar 25 ton.m<sup>2</sup> atau 2,5 kg/cm<sup>2</sup>. Perhitungan modulus subgrade tanah ( $K_s$ ), yaitu:

$$\begin{aligned} K_s &= K_1/1,5 \\ &= 3,8/1,5 \\ K_s &= 2,53 \text{ kg/cm}^3 \approx 2.533 \text{ Ton/m}^3 \end{aligned}$$

4) Menentukan kriteria tiang panjang atau tiang pendek menggunakan faktor kekakuan R

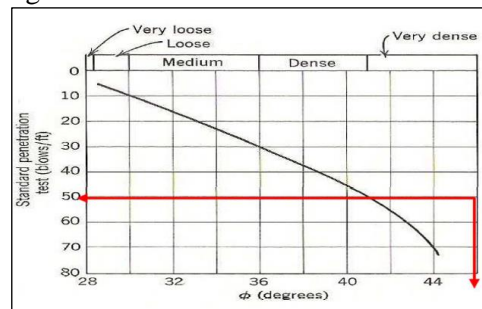
$$\begin{aligned} R &= \sqrt[4]{\frac{E_p \times I_p}{K_s \times B}} \\ &= \sqrt[4]{\frac{2.574.296 \times 0,020}{2.533,33 \times 0,8}} \\ &= \sqrt[4]{\frac{51.733,05 \times 0,020}{2.026,67}} \\ &= \sqrt[4]{25,53} \\ R &= 2,25 \text{ meter} \end{aligned}$$

Diketahui nilai  $R = 2,25$  meter, untuk jenis tiang:

$$\begin{aligned} \text{Tiang pendek} &= L \geq 2R = L \geq 2(2,25) \\ &= 16,5 \geq 4,50 \dots \text{gunakan} \\ \text{Tiang panjang} &= L \leq 0,35R = L \leq 0,35(2) \\ &= 16,5 \leq 0,790 \end{aligned}$$

5) Menentukan koefisien tegangan tanah lateral aktif ( $K_p$ )

Diketahui bahwa N-SPT rata-rata kedalaman 16,5 meter sebesar 50 pukulan, maka nilai  $\phi$  dapat dicari dengan menggunakan grafik konversi N-SPT –  $\phi$  pada gambar 10, sebagai berikut:



Gambar 8. Konversi N-SPT –  $\phi$

Diketahui, bahwa nilai konversi N-SPT rata-rata 50 pukulan ke  $\phi$  sebesar 50°, maka perhitungan koefisien tegangan tanah lateral aktif ( $K_p$ ), sebagai berikut:

$$\begin{aligned} K_p &= \tan^2(45 + \phi/2) \\ &= \tan^2(45 + 50/2) \\ &= \tan^2(70) \\ K_p &= 1,105 \end{aligned}$$

b. Daya Dukung Lateral Pondasi tiang bor  
Daya dukung lateral pondasi tiang bor sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_u &= \frac{0.5 \times \gamma \times L^3 \times B \times K_p}{(e + L)} \\ &= \frac{0.5 \times 1,50 \times 16,5^3 \times 0,8 \times 1,105}{(0,2 + 16,5)} \\ &= \frac{2.979,42}{16,7} \\ H_u &= 178,41 \text{ Ton} \end{aligned}$$

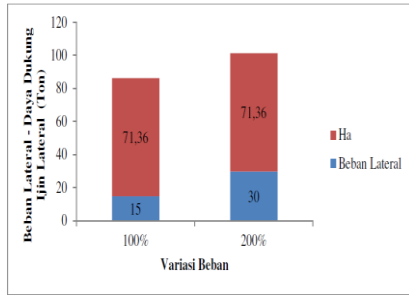
Jadi, daya dukung lateral pondasi pondasi tiang bor berdasarkan perhitungan menggunakan metode Broms sebesar 178,41 Ton. Sedangkan daya dukung ijin lateral pondasi pondasi tiang bor, sebagai berikut:

$$\begin{aligned} H_a &= \frac{H_u}{S_f} \\ &= \frac{178,41}{2,5} \\ H_a &= 71,36 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Jadi, daya dukung ijin lateral pondasi pondasi tiang bor sebesar 71,36 Ton. Untuk



mengetahui apakah daya dukung lateral tersebut mampu menahan beban lateral yang direncanakan, dapat dilihat pada grafik perbandingan beban lateral – daya dukung dengan variasi beban lateral.



**Gambar 9.** Grafik perbandingan beban lateral – daya dukung dengan metode Broms (1964)

**Perhitungan Defleksi Pondasi Tiang Bor Metode Broms (1964)**

a) Defleksi dengan Beban Lateral 25% (3,75 Ton)

$$\begin{aligned}
 Y_{25} &= \frac{H(e+z_f)^3}{3 E_p I_p} \\
 &= \frac{3,75 (0,2+1,4R)^3}{3 \times 2.574.296 \times 0,020^3} \text{ dengan,} \\
 R &= 2,25 \text{ meter} \\
 &= \frac{3,75 (3,35)^3}{155.199,2} \\
 &= \frac{140,98}{155.199,2}
 \end{aligned}$$

$Y_{25} = \mathbf{0,00091m \approx 0,91 \text{ mm}}$

b) Defleksi dengan Beban Lateral 50% (7,5 Ton)

$$\begin{aligned}
 y_{50} &= \frac{H(e+z_f)^3}{3 E_p I_p} \\
 &= \frac{7,5 (0,2+1,4R)^3}{3 \times 2.574.296 \times 0,020^3} \text{ dengan} \\
 R &= 2,25 \text{ meter} \\
 &= \frac{7,5 (3,35)^3}{155.199,2} \\
 &= \frac{281,97}{155.199,2}
 \end{aligned}$$

$y_{50} = \mathbf{0,00183 \text{ m} \approx 1,83 \text{ mm}}$

c) Defleksi dengan Beban Lateral 75% (11,25 Ton)

$$\begin{aligned}
 y_{75} &= \frac{H(e+z_f)^3}{3 E_p I_p} \\
 &= \frac{11,25 (0,2+1,4R)^3}{3 \times 2.574.296 \times 0,020^3} \text{ dengan} \\
 R &= 2,25 \text{ meter} \\
 &= \frac{11,25 (3,35)^3}{155.199,2} \\
 &= \frac{422,95}{155.199,2}
 \end{aligned}$$

$y_{75} = \mathbf{0,00274 \text{ m} \approx 2,74 \text{ mm}}$

d) Defleksi dengan Beban Lateral 100% (15 Ton)

$$\begin{aligned}
 y_{100} &= \frac{H(e+z_f)^3}{3 E_p I_p} \\
 &= \frac{15 (0,2+1,4R)^3}{3 \times 2.574.296 \times 0,020^3} \text{ dengan} \\
 R &= 2,25 \text{ meter} \\
 &= \frac{15 (3,35)^3}{155.199,2} \\
 &= \frac{563,93}{155.199,2}
 \end{aligned}$$

$y_{100} = \mathbf{0,00365 \text{ m} \approx 3,65 \text{ mm}}$

e) Defleksi dengan Beban Lateral 125% (18,75 Ton)

$$\begin{aligned}
 y_{125} &= \frac{H(e+z_f)^3}{3 E_p I_p} \\
 &= \frac{18,75 (0,2+1,4R)^3}{3 \times 2.574.296 \times 0,020^3} \text{ dengan} \\
 R &= 2,25 \text{ meter} \\
 &= \frac{18,75 (3,35)^3}{155.199,2} \\
 &= \frac{704,91}{155.199,2}
 \end{aligned}$$

$y_{125} = \mathbf{0,00456 \text{ m} \approx 4,56 \text{ mm}}$

f) Defleksi dengan Beban Lateral 150% (22,5 Ton)

$$\begin{aligned}
 y_{150} &= \frac{H(e+z_f)^3}{3 E_p I_p} \\
 &= \frac{22,5 (0,2+1,4R)^3}{3 \times 2.574.296 \times 0,020^3} \text{ dengan} \\
 R &= 2,25 \text{ meter} \\
 &= \frac{22,5 (3,35)^3}{155.199,2} \\
 &= \frac{845,90}{155.199,2}
 \end{aligned}$$

$y_{150} = \mathbf{0,00548 \text{ m} \approx 5,48 \text{ mm}}$

g) Defleksi dengan Beban Lateral 170% (25,5 Ton)

$$\begin{aligned}
 y_{170} &= \frac{H(e+z_f)^3}{3 E_p I_p} \\
 &= \frac{25,5 (0,2+1,4R)^3}{3 \times 2.574.296 \times 0,020^3} \text{ dengan} \\
 R &= 2,25 \text{ meter} \\
 &= \frac{25,5 (3,35)^3}{155.199,2} \\
 &= \frac{958,68}{155.199,2}
 \end{aligned}$$

$y_{170} = \mathbf{0,00621 \text{ m} \approx 6,21 \text{ mm}}$

h) Defleksi dengan Beban Lateral 180% (27 Ton)

$$\begin{aligned}
 y_{180} &= \frac{H(e+z_f)^3}{3 E_p I_p} \\
 &= \frac{27 (0,2+1,4R)^3}{3 \times 2.574.296 \times 0,020^3} \text{ dengan} \\
 R &= 2,25 \text{ meter} \\
 &= \frac{27 (3,35)^3}{155.199,2} \\
 &= \frac{1.015,08}{155.199,2}
 \end{aligned}$$

$y_{180} = \mathbf{0,00657 \text{ m} \approx 6,57 \text{ mm}}$

- i) Defleksi dengan Beban Lateral 190% (28,5 Ton)

$$y_{190} = \frac{H (e+ z_f)^3}{3 E_p I_p}$$

$$= \frac{28,5 (0,2+ 1,4R)^3}{3 \times 2.574.296 \times 0,020^3}$$

dengan R = 2,25 meter

$$= \frac{28,5 (3,35)^3}{155.199,2}$$

$$= \frac{1.071,47}{155.199,2}$$

$y_{190} = 0,00694m \approx 6,94 \text{ mm}$

- j) Defleksi dengan Beban Lateral 200% (30 Ton)

$$y_{200} = \frac{H (e+ z_f)^3}{3 E_p I_p}$$

$$= \frac{30 (0,2+ 1,4R)^3}{3 \times 2.574.296 \times 0,020^3}$$

dengan R = 2,25 meter

$$= \frac{30 (3,35)^3}{155.199,2}$$

$$= \frac{1.127,86}{155.199,2}$$

$y_{200} = 0,00730 \text{ m} \approx 7,30 \text{ mm}$

**Tabel 11.** Hasil perhitungan defleksi pondasi tiang bor metode Broms (1964)

% Beban Lateral	Defleksi (mm)	Defleksi yang diijinkan (mm)	Hasil
25	0,91	25,4	Ok/Aman
50	1,83	25,4	Ok/Aman
75	2,74	25,4	Ok/Aman
100	3,65	25,4	Ok/Aman
125	4,56	25,4	Ok/Aman

**Tabel 15.** Hasil uji pembebanan lateral pondasi tiang bor BP-434

Pembebanan (ton)	Siklik 1											
	0	3.75	7.5	3.75	0							
Statik (mm)	0	0.635	1.21	0.84	0.055							
Pembebanan (ton)	Siklik 2											
	0	7.5	11.25	15	7.5	0						
Statik (mm)	0.55	1.245	2.15	3.175	2.615	0.23						
Pembebanan (ton)	Siklik 3											
	0	7.5	15	18.75	22.5	11.3						
Statik (mm)	0.23	1.785	2.39	4.65	6.75	5.65						
Pembebanan (ton)	Siklik 4											
	0	7.5	15	22.5	22.5	27	28.5	30	22.5	15	7.5	0
Statik (mm)	1.08	2.79	4.88	7.23	8.31	8.85	9.44	10.3	09.56	8.47	6.11	1.54

**a) Menghitung garis parallel BC (garis x)**

Diketahui :

Diameter pondasi tiang bor (B) = 800 mm (31,50 inch), maka garis x sebagai berikut:

$$X = 0,15 + \frac{D}{120}$$

$$= 0,15 + \frac{31,50}{120}$$

$$= 0,15 + 0,2625$$

150	5,48	25,4	Ok/Aman
170	6,21	25,4	Ok/Aman
180	6,57	25,4	Ok/Aman
190	6,94	25,4	Ok/Aman
200	7,30	25,4	Ok/Aman

Setelah didapatkan nilai defleksi tiap variasi pembebanan, selanjutnya nilai defleksi tersebut akan dimasukkan ke dalam tiap siklus pengujian, sebagai berikut:

**Tabel 14.** Defleksi dalam tiap siklus pengujian pondasi bor BP-434

Siklik	Pembebanan Rencana (% dari beban horizontal)						
Siklik 1	0	25	50	25	0		
Defleksi	0	0,91	1,83	0,91	0		
Siklik 2	0	50	75	100	50	0	
Defleksi	0	1,83	2,74	3,65	1,83	0	
Siklik 3	0	50	100	125	150	75	0
Defleksi	0	1,83	3,65	4,56	5,48	2,74	0
Siklik 4	0	50	100	150	170	180	190
Defleksi	0	1,83	3,65	5,48	6,21	6,57	6,94
Siklik 4 (lanjutan)	200	150	100	50	0		
Defleksi	7,30	5,48	3,65	1,83	0		

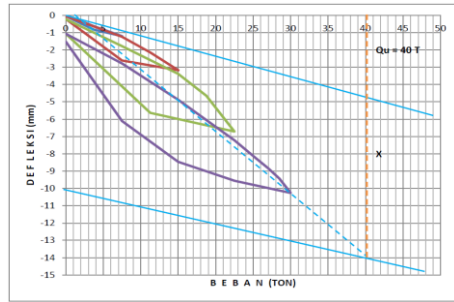
**4.1.3 Interpretasi Daya Dukung Lateral Metode Davisson (1972)**

Hasil uji pembebanan lateral pondasi tiang bor BP-434 pada Proyek Lavish Kemang Residence Jakarta Selatan, sebagai berikut:

$$X = 0,4125 \text{ inch} \approx 10,48 \text{ mm}$$

**b) Menggambar grafik Davisson (1972)**

Setelah diketahui hasil defleksi lateral test dan garis x, maka dapat dibuat grafik interpretasi loading test metode Davisson (1972):



**Gambar 10.** Grafik Intrepretasi Daya Dukung Lateral Metode Davisson (1972)

Dari gambar 10 diatas bahwa berdasarkan grafik intrepretasi *lateral test* pondasi bor BP-434 menggunakan metode Davisson (1972) diketahui daya dukung lateral ( $Q_u$ ) sebesar 40 ton. Daya dukung lateral ( $Q_u$ ) berdasarkan metode Davisson (1972) tersebut mampu/aman untuk menahan beban lateral sebesar 30 ton (100%).

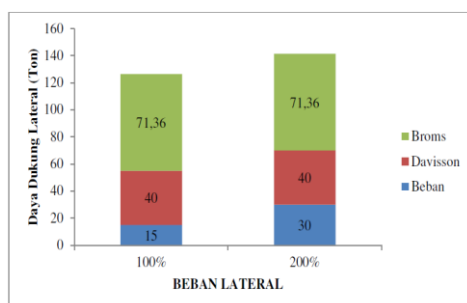
## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Analisis Perbandingan Daya Dukung Lateral Metode Broms (1964) dengan Metode Davisson (1972)

Dari analisis daya dukung lateral berdasarkan metode Broms (1964) dengan metode Davisson (1972) diatas, maka dapat dibuat analisis perbandingan daya dukung lateral pondasi tiang bor, sebagai berikut:

**Tabel 16.** Perbandingan daya dukung lateral pondasi tiang bor antara metode Broms (1964) dengan metode Davisson (1972)

Beban Lateral Rencana	Daya Dukung Lateral (Ton)		% Selisih
	Metode Broms	Metode Davisson	
15 Ton	71,36	40	78,40
30 Ton	71,36	40	78,40

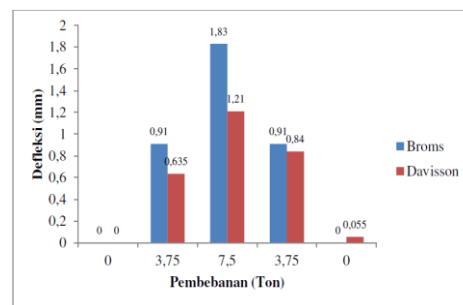


**Gambar 11.** Grafik perbandingan daya dukung lateral antara metode Broms (1964) dengan metode Davisson (1972)

Dari tabel 16 dan gambar 13 diatas, diketahui bahwa daya dukung lateral berdasarkan metode Broms (1964) sebesar 71,36 Ton, sedangkan perhitungan daya dukung lateral dengan metode Davisson (1972) sebesar 40 Ton. Perhitungan daya dukung lateral dengan metode Broms (1964) lebih besar 31,36 Ton atau 78,40% dari perhitungan daya dukung lateral ( $Q_u$ ) dengan metode Davisson (1972).

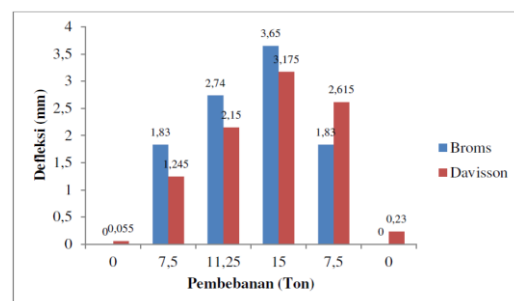
### 4.2.2 Analisis Perbandingan Defleksi Antara Metode Broms (1964) dengan Hasil Uji Statik

Dari analisis defleksi berdasarkan metode Broms dan defleksi hasil uji statik diatas, maka dapat dibuat analisis perbandingan defleksi pondasi tiang bor, sebagai berikut:



**Gambar 12.** Grafik perbandingan defleksi antara metode broms (1964) dengan perhitungan hasil uji statik siklik 1.

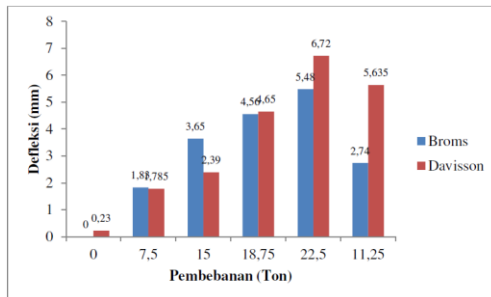
Dari gambar 12 diatas, diketahui bahwa total defleksi metode Broms sebesar 3,65 mm, sedangkan total defleksi hasil uji statik sebesar 2,74 mm. Selisih perhitungan defleksi metode Broms lebih besar 0,91 mm atau sebesar 33,21% dari perhitungan defleksi hasil uji statik.



**Gambar 13.** Grafik perbandingan defleksi antara metode broms (1964) dengan perhitungan hasil uji statik siklik 2

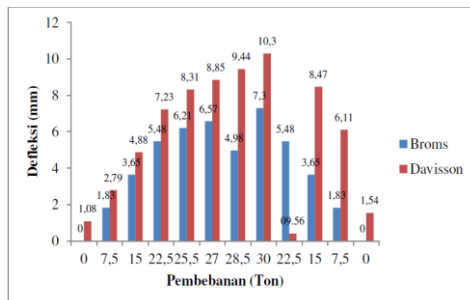
Dari gambar 13 diatas, diketahui bahwa total defleksi metode Broms sebesar 10,05 mm,

sedangkan total defleksi perhitungan hasil uji statik sebesar 9,47 mm. Selisih defleksi metode Broms lebih besar 0,58 mm atau sebesar 6,12% dari perhitungan defleksi hasil uji statik.



**Gambar 14.** Grafik perbandingan defleksi antara metode broms (1964) dengan perhitungan hasil uji statik siklus 3

Dari gambar 14 diatas, diketahui bahwa total defleksi metode Broms sebesar 18,26 mm, sedangkan total defleksi perhitungan hasil uji statik sebesar 21,41 mm. Selisih defleksi metode Broms lebih kecil 3,15 mm atau sebesar 14,71% dari perhitungan defleksi hasil uji statik.



**Gambar 15.** Grafik perbandingan defleksi antara metode broms (1964) dengan perhitungan hasil uji statik siklus 4

Dari gambar 15 diatas, diketahui bahwa total defleksi metode Broms sebesar 46,98 mm, sedangkan total defleksi perhitungan hasil uji statik sebesar 69,41 mm. Selisih defleksi metode Broms lebih kecil 22,43 mm atau sebesar 32,32% dari perhitungan defleksi hasil uji statik.

**V. KESIMPULAN**

Kesimpulan dari penelitian yaitu daya dukung ijin lateral pondasi tiang bor

berdasarkan metode Broms (1964) sebesar 71,36 Ton. Defleksi total tiang bor berdasarkan metode Broms (1964) : untuk siklus 1 sebesar 3,65 mm, untuk siklus 2 sebesar 10,05 mm, untuk siklus 3 sebesar 18,26 mm, dan untuk siklus 4 sebesar 46,98 mm.

Daya dukung lateral tiang bor berdasarkan perhitungan statik menggunakan metode Davisson (1971) sebesar 40 Ton. Daya dukung ijin lateral berdasarkan metode Broms (1964) lebih besar 78,40% dibandingkan daya dukung lateral berdasarkan metode Davisson (1972).

Perbandingan defleksi total tiang bor sebagai berikut : untuk siklus 1 defleksi total berdasarkan metode Broms (1964) lebih besar 33,21% dibandingkan perhitungan hasil uji statik, untuk siklus 2 defleksi total berdasarkan metode Broms (1964) lebih besar 6,12% dibandingkan dengan perhitungan hasil uji statik, untuk siklus 3 defleksi total berdasarkan metode Broms (1964) lebih kecil 14,71% dibandingkan perhitungan hasil uji statik, dan untuk siklus 4 defleksi total berdasarkan metode Broms (1964) lebih kecil 32,32% dibandingkan perhitungan hasil uji statik.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] B. M. Das, "Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik," Penerbit Erlangga, pp. 1–300, 1995.
- [2] H. C. Hardiyatmo, "Teknik Fondasi 2," p. 275, 2008.
- [3] Peck, B.R., Hanson, W.E., and Thornburn, T.H; "Teknik Fondasi, Terjemahan Muslikh"; Yogyakarta: Gadjah Mada University Press; 1996.
- [4] Schmertmann, J.H; "Static Cone to Compute Settlement Over Sand"; USA: ASCE Journal of The Soil Mech. And Foundation Division. Vol. 96. No. SM3. Pp. 1011-1043; 1970.
- [5] Terzaghi, K., dan Peck, R; "Theoretical Soil Mechanics"; New York: John Willey & Sons; 1948.
- [6] Tomlinson, M.J.; "Pile Design and Construction Practice"; USA: The Garden City Press; 1994