



## **STUDI ANALISIS PERILAKU DAYA DUKUNG PONDASI TIANG BOR DENGAN MENGGUNAKAN UJI BEBAN STATIK DAN MODEL TANAH MOHR COULOMB PADA PROYEK PARAGON SQUARE TANGERANG, BANTEN**

**Nurmaidah**

Dosen Pengajar Fakultas Teknik Universitas Medan Area  
(nurmaidahmidah@gmail.com)

Diterima : 14 Februari 2017

Disetujui : 25 Maret 2017

### **ABSTRAK**

Dalam menganalisis dan membandingkan besarnya beban maksimum suatu pondasi tiang bor melalui data Loading Test sudah banyak menggunakan berbagai macam cara, yaitu dengan menggunakan metode empirik maupun dengan menggunakan metode numerik. Metode - metode empirik untuk menganalisis daya dukung dan penurunan (settlement) pondasi tiang bor melalui data Loading test telah banyak dikembangkan, diantaranya adalah metode Davisson, Mazurkiewicz dan metode Chin. Analisis yang dilakukan pada Proyek Paragon Square ini yaitu untuk membandingkan besarnya daya dukung dan penurunan (settlement) yang terjadi pada pondasi tiang bor dengan menggunakan beberapa metode empirik dan juga dengan menggunakan metode elemen hingga.

**Kata Kunci** : Bored Pile, Daya Dukung, Penurunan Tiang

### **ABSTRACT**

*In analyzing and comparing the amount of the maximum load of a bored pile foundation with Loading Test data was using many various ways, by using empirical method and numerical method. Empirical method to analyze carrying capacity and settlement of a bored pile foundation from Loading Test data have been developed such as Davisson method, Mazurkiewicz method and Chin method. In this paper, a analyze located Paragon Square Project is to compare carrying capacity and settlement in bored pile foundation by using some empirical method and finite element method.*

**Keywords:** Bored Pile, Carrying Capacity, Pile Reduction

### **1. Pendahuluan**

Peningkatan jumlah penduduk menjadi suatu permasalahan yang kompleks serta sulit untuk dipecahkan, khususnya di kawasan perkotaan, terutama di kota-kota besar di Indonesia sehingga mengakibatkan kebutuhan akan lahan terus meningkat. Hal ini terjadi disebabkan oleh perkembangan pembangunan yang semakin pesat, yang mengakibatkan semakin sempitnya lahan yang tersedia. Oleh sebab itu, kebanyakan pembangunan struktur yang berupa gedung-gedung dikembangkan ke arah vertikal. Sehubungan dengan di

bangunnya proyek *Paragon Square* yang berupa condominium dan letaknya di kawasan perkotaan, dimana di sekitar bangunan tersebut banyak terdapat bangunan seperti perkantoran dan supermarket, maka pemilihan pondasi tiang bor merupakan pilihan yang tepat untuk pembangunan infrastruktur tersebut guna meminimalisasi dampak yang ditimbulkan dari pada menggunakan tiang pancang.

2. Kajian Teori

2.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang dari Data Bore Log

2.1.1 Daya dukung tiang pada tanah kohesif

Daya dukung ujung pondasi *bored pile* (*end bearing*)

$$Q_p = q_p \times A_p \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

$Q_p$  = Daya dukung ultimit ujung tiang (ton)

$A_p$  = Luas penampang pondasi tiang bor (m<sup>2</sup>), dan

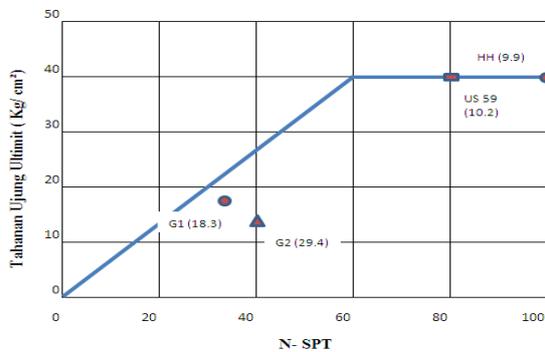
$q_p$  = Tahanan ujung per satuan luas (ton/m<sup>2</sup>)

Untuk Tanah Kohesif:

$$q_p = 9 C_u \dots\dots\dots (2)$$

Dengan,  $C_u$  = Kohesi tanah, (ton/m<sup>2</sup>).

Daya dukung tiang pada tanah non-kohesif.



Gambar 1 Daya dukung ujung *bored pile* pasir (Reese & Wright, 1977)

Dengan,

Untuk  $N < 60$  maka  $q_p = 7 N$  (ton/m<sup>2</sup>) < 400 (ton/m<sup>2</sup>)

Untuk  $N > 60$  maka  $q_p = 400$  (ton/m<sup>2</sup>)  
 $N$  = Nilai rata-rata SPT

Daya dukung selimut pondasi *bored pile* (*skin friction*)

$$Q_s = f_s \cdot L \cdot P \dots\dots\dots (3)$$

Dengan,

$Q_s$  = Daya dukung ultimit selimut tiang (ton)

$f_s$  = Gesekan selimut tiang per satuan luas ( $\alpha \times C_u$ ). (ton/m<sup>2</sup>)

$L$  = Panjang tiang (m), dan

$P$  = Keliling penampang tiang (m)

Untuk Tanah Kohesif:

$$f_s = \alpha \times C_u \dots\dots\dots (4)$$

Dengan,

$\alpha$  = Faktor adhesi. ( $\alpha = 0,55$ )

$C_u$  = Kohesi tanah, (ton/m<sup>2</sup>).

2.2 Gaya Lateral

$$R = \sqrt[4]{\frac{EI}{KD}} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

$E$  = modulus elastisitas tiang (ton/m<sup>2</sup>)

$I$  = momen inersia (m<sup>4</sup>)

$D$  = diameter tiang (m)

$k_s$  = modulus subgrade tanah dalam arah horizontal (ton/m<sup>3</sup>), dimana

$$k_s = 0,67 \frac{C_u}{B} \dots\dots\dots (6)$$

$$K = \frac{k_s}{1,5} \dots\dots\dots (7)$$

$K$  = modulus tanah (ton/m<sup>3</sup>)

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{\eta_h}} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan,

$E$  = modulus elastisitas tiang (ton/m<sup>2</sup>)

$I$  = momen inersia (m<sup>4</sup>)

$\eta_h$  = koef. variasi modulus yang diperoleh dari hasil uji beban dimana:

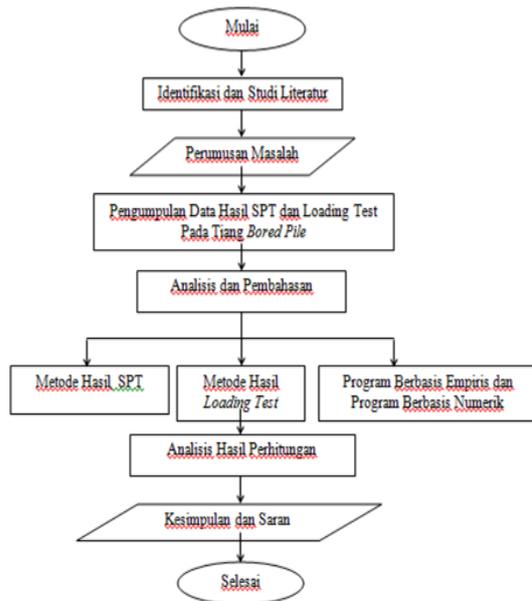
$\eta_h = 67 \times C_u$  (dengan  $C_u$  = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>))

**Studi Analisis Perilaku Daya Dukung Pondasi Tiang Bor dengan Menggunakan Uji Beban Statik dan Model Tanah Mohr Coloumb Pada Proyek Paragon Square Tangerang, Banten**

**3. Metodologi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Paragon Square yang berada di Jl. Jend. Sudirman Km 13 No. 77 Tangerang, Banten. Penelitian ini berupa studi literatur dan mempelajari pustaka yang berkaitan dengan analisis daya dukung melalui data bore log dan Loading Test dengan metode Reese and Wright, metode Davisson, Mazurkiewicz dan metode Chin, penurunan (*settlement*) yang terjadi pada waktu beban terbesar saat Loading test yang dibandingkan dengan metode elemen hingga, serta menghitung gaya lateral dan efisiensi kelompok dari tiang bore. Data yang diperoleh dari lapangan berupa data sekunder.

Adapun bagan alir penelitian dapat dijelaskan dibawah ini :



**Gambar 1. Diagram Alir Metodologi Penelitian**

**4. Hasil dan Pembahasan**

**4.1 Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Dari Data SPT**

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang bored dari data bore log dengan menggunakan metode Reese and Wright pada titik DB-1.

Data tiang *bored pile*:

$$\begin{aligned} \text{Diameter Tiang (D)} &= 100 \text{ cm} \\ \text{Luas Bored pile (A}_p\text{)} &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times (100)^2 \\ &= 7853,98 \text{ cm}^2 \\ &= 0,785714 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

a. Daya dukung ujung pondasi tiang bor pada tanah kohesif:

Untuk lapisan tanah kedalaman (10.00 m):

$$\begin{aligned} C_u &= (N-SPT \times 2/3 \times 10) \\ &= 10 \times 2/3 \times 10 \\ &= 113,33 \text{ kN/m}^2 \\ &= 11,33 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_p &= 9 \times C_u \\ &= 9 \times 11,33 \\ &= 101,97 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A_p \\ &= 101,97 \times 0,79 \\ &= 80,56 \text{ ton} \end{aligned}$$

b. Daya dukung ujung pondasi tiang bor pada tanah non-kohesif:

Untuk lapisan tanah kedalaman (20.00 m):

Untuk  $N \leq 60$ , maka  $q_p = 7N \leq 400$  ton/m<sup>2</sup>, maka:

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A_p \\ &= 7N \times 0,79 \\ &= (7 \times 29) \times 0,79 \\ &= 159,36 \text{ ton} \end{aligned}$$

Untuk  $N \geq 60$ , maka  $q_p = 400$  ton/m<sup>2</sup>, maka:

$$\begin{aligned} Q_p &= q_p \times A_p \\ &= 400 \times 0,79 \\ &= 400 \times 0,79 \\ &= 314 \text{ ton} \end{aligned}$$

c. Daya dukung selimut pondasi tiang bor pada tanah kohesif:

Untuk lapisan tanah kedalaman (10.00 m):

$$\begin{aligned} C_u &= (N-SPT \times 2/3 \times 10) \\ &= 17 \times 2/3 \times 10 \\ &= 113,33 \text{ kN/m}^2 \\ &= 11,33 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\alpha = 0,55$$

$$\begin{aligned} f_s &= \alpha \times C_u \\ &= 0,55 \times 11,33 \\ &= 6,23 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= f_s \times L_i \times p \\ &= 6,23 \times 2 \times 3,14 \\ &= 39,12 \text{ ton.} \end{aligned}$$

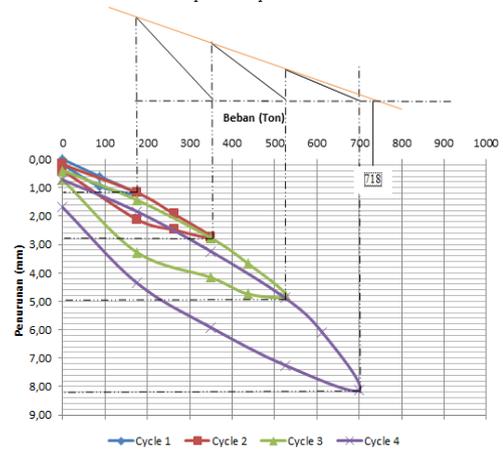
- d. Daya dukung selimut pondasi tiang bor pada tanah kohesif:  
 Untuk lapisan tanah kedalaman (20.00 m):  
 Untuk  $N < 53$ , maka  $f = 0,32 \text{ Ton/m}^2$
- $$f_s = 0,32 \times N\text{-SPT}$$
- $$= 0,32 \times 29$$
- $$= 9,28 \text{ ton/m}^2$$
- $$Q_s = f_s \times L_i \times p$$
- $$= 9,28 \times 2 \times 3,14$$
- $$= 58,30 \text{ ton}$$

Tabel 1 Perhitungan Daya Dukung dari SPT1

Kedalaman (m)	Jenis Tanah	N-SPT	Cu (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	Skin Friction (ton)		End Bearing ton	Q <sub>ult</sub> ton	Qijin ton
					Local	Cumm			
0,00	Puing-puing material	0	0,000	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,00	Silty Clay	7	46,67	0,86	25,20	25,20	32,97	58,17	23,27
4,00	Clayey Silt	9	60,00	0,75	28,26	53,46	42,39	95,85	38,34
6,00	Clayey Silt	9	60,00	0,75	28,26	81,72	42,39	124,11	49,65
8,00	Clayey Silt	11	73,33	0,64	29,47	111,20	51,81	163,01	65,20
10,00	Clayey Silt	17	113,33	0,50	35,59	146,78	80,07	226,85	90,74
12,00	Clayey Silt	21	140,00	0,50	43,96	190,74	98,91	289,65	113,86
14,00	Clayey Silt	22	146,67	0,50	46,05	236,80	103,62	340,42	136,17
16,00	Clayey Silt	28	186,67	0,50	58,61	295,41	131,88	427,29	170,92
18,00	Silty Sand	23	-	-	46,22	341,63	12,64	354,27	141,71
20,00	Silty Sand	29	-	-	58,28	399,91	159,36	559,27	223,71
22,00	Silty Sand	31	-	-	62,30	462,21	170,35	632,55	253,02
24,00	Silty Sand	22	-	-	44,21	506,42	120,89	627,31	250,92
26,00	Sand	60	-	-	120,58	627,00	314,00	941,00	376,40
28,00	Sand	60	-	-	120,58	747,57	314,00	1061,57	424,63
30,00	Clayey Silt	29	193,33	0,50	36,42	784,00	136,59	920,59	368,23
32,00	Sandy Clayey Silt	38	253,33	0,50	47,73	831,72	178,98	1010,70	404,28
34,00	Sandy Clayey Silt	27	180,00	0,50	33,91	865,64	127,17	992,81	397,12
36,00	Clayey Silt	34	226,67	0,50	42,70	908,34	160,14	1068,48	427,39
38,00	Clayey Silt	25	166,67	0,50	31,40	939,74	117,75	1057,49	423,00
40,00	Clayey Silt	26	173,33	0,50	32,66	972,40	122,46	1094,86	437,94

menarik garis vertikal kearah atas di perpotongan persamaan garis dan garis loading maka diperoleh  $Q_{ult} = 685 \text{ ton}$ .

4.2.2 Metode Mazurkiewicz



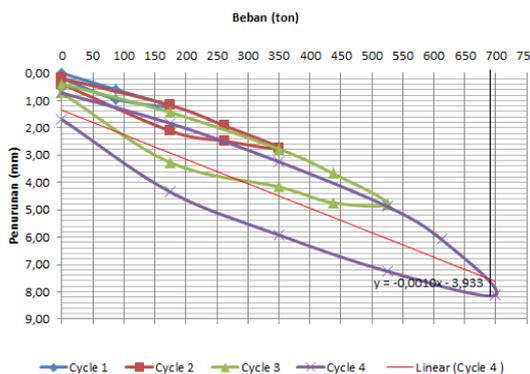
Gambar 3 Grafik Beban dengan penurunan Mazurkiewicz (1972)

Dengan menggambarkan garis persamaan 45 pada kurva beban – penurunan dan kemudian menarik garis vertikal ke arahbawah maka diperoleh  $Q_{ult} = 718 \text{ ton}$

4.2.3 Metode Chin

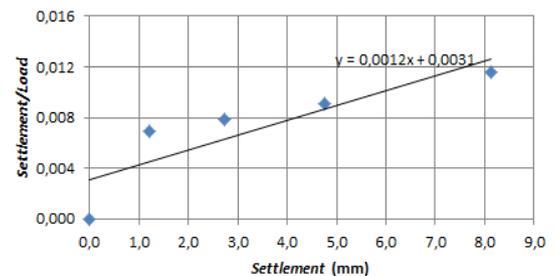
4.2 Daya Dukung Berdasarkan Data Uji Pembebanan (Loading Test)

4.2.1 Metode Davisson



Gambar 2 Grafik Beban dengan penurunan Davisson

Dengan menggambarkan garis persamaan  $Q_{ult}$  pada kurva beban – penurunan dengan



Gambar 4 Grafik Hubungan Perbandingan Penurunan dan Beban

Dari persamaan regresi linier pada grafik hubungan hubungan perbandingan penurunan dan beban dengan penurunan maka diperoleh  $Q_{ult} = 833 \text{ ton}$ .

**Studi Analisis Perilaku Daya Dukung Pondasi Tiang Bor dengan Menggunakan Uji Beban Statik dan Model Tanah Mohr Coloumb Pada Proyek Paragon Square Tangerang, Banten**

**4.3 Analisis Gaya Lateral**

Berdasarkan Metode Broms, maka besar gaya yang bekerja pada arah lateral adalah sebagai berikut:

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{\eta_h}}$$

$$T = \sqrt[5]{\frac{(20,68 \times 10^6)(0,0491)}{12000}}$$

$$T = 2,43$$

$$L \geq 4T$$

$$22 \geq 9,72 \dots ok$$

(maka jenis tiang termasuk tiang panjang)

a. Cek keruntuhan tanah akibat beban lateral

$$M_{max} = \gamma d L^3 K_p$$

$$= (19)(1)(22^3)(\text{tg}^2(45^\circ + 24/2))$$

$$= 479.479,44 \text{ kNm}$$

Berat sendiri tiang (W):

$$W = q$$

$$= A \cdot \delta_{beton}$$

$$= (1/4)(\pi)(D^2) \cdot 30$$

$$= 23,55 \text{ kN/m}$$

Jadi,  $M_y = (1/8)(q)(L^2)$   
 $= (1/8)(23,55)(22^2)$   
 $= 1424,775 \text{ kNm} \dots (M_{max} > M_y)$

Karena besarnya  $M_{max} > M_y$  (479.479,44 kNm > 1424,775 kNm), maka tidak terjadi keruntuhan tanah, sehingga gaya lateral ultimate ditentukan oleh kekuatan bahan tiang.

b. Cek keruntuhan tiang akibat momen lentur maksimum tiang

$$H_u = \frac{2 M_y}{e + 2f/3}$$

$$H_u = \frac{2 \times 1424,775}{0 + (2 \times 0,1222 \sqrt{H_u \times \frac{1}{3}})}$$

$$H_u = 357,17 \text{ kN}$$

$$H = \frac{H_u}{3} = \frac{357,17}{3}$$

$$H = 119,06 \text{ kN}$$

$$H = 11,906 \text{ ton}$$

**4.4 Analisis Kelompok Tiang**

Berdasarkan metode Converse-Labarre, maka besarnya efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$$

$$\theta = \text{Arc tg} \frac{d}{s} = \text{Arc tg} \frac{100}{130} = 37,596^\circ$$

$$n' = 2 ; m = 2$$

$$E_g = 1 - 37,596 \frac{(2-1).2 + (2-1).2}{90.2.2} = 0,582$$

**4.5 Pemodelan Elemen Hingga**

Perhitungan daya dukung tiang yang dilakukan dengan pemodelan Elemen Hingga menggunakan program berbasis numerik. Pada program berbasis numerik tanah dimodelkan dalam 12 lapisan tanah dan 1 pemodelan tiang bor dengan pembebanan yang dilakukan secara bertahap.

Berikut disajikan lapisan tanah serta parameter tanah untuk pemodelan elemen hingga:

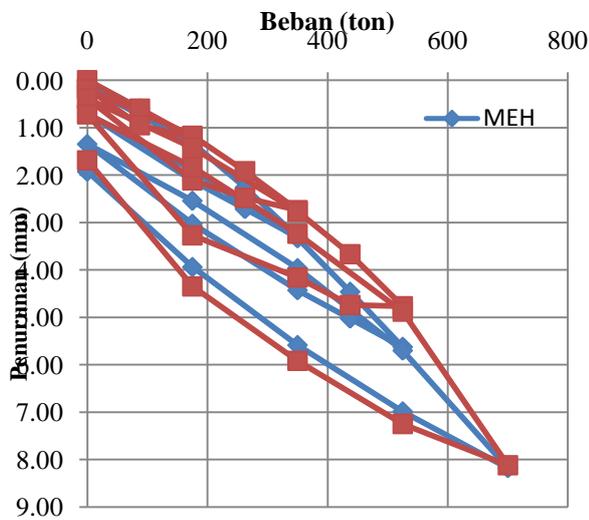
**Tabel 2 Parameter Tanah Pada Program Berbasis Numerik**

No. Lap.	Jenis Tanah	Depth (m)	N-SPT	Subsurface Condition	Muka Air Tanah (m)	$\gamma_{wet}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{dry}$ (kN/m <sup>3</sup> )	$K_x$ (m/day)	$K_y$ (m/day)	E (kN/m <sup>2</sup> )	$\nu$	c (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$\Psi$ (°)	Rem
1	Lapisan K. lempungan (Silty Clay)	2	7	Medium Stiff	0,60	19,60	17,50	0,00084	0,00084	45413	0,50	51,90	0	0	0,67
2		4	9	Stiff	-	20,40	18,21	0,00084	0,00084	64207	0,45	62,80	0	0	0,67
3		4	17	Very Stiff	-	20,80	18,57	0,00084	0,00084	119497	0,40	100,50	0	0	0,67
4		2	21	Very Stiff	-	21,00	18,75	0,00084	0,00084	156662	0,40	127,00	0	0	0,67
5		4	28	Very Stiff	-	21,40	19,11	0,00084	0,00084	222916	0,40	170,00	0	0	0,67
6	Pasir Kelembutan (Silty Sand)	4	29	Medium Dense	-	21,60	19,29	0,0044	0,0044	6284	0,35	0,00	38	18	0,67
7		2	31	Dense	-	21,80	19,46	0,0044	0,0044	6459	0,35	0,00	38	18	0,67
8	Pasir bercampur Gravel (Sand)	4	60	Very Dense	-	23,00	20,54	0,0044	0,0044	8303	0,30	0,00	42	22	0,67
9		2	60	Very Dense	-	24,00	21,43	0,0044	0,0044	8303	0,30	0,00	42	22	0,67
10	Lapisan K. lempungan (Sand; Silty Clay)	4	38	Hard	-	21,80	19,46	0,00038	0,00038	152358	0,40	113,00	0	0	0,67
11	Lapisan K. lempungan (Silty Clay)	6	25	Very Stiff	-	21,50	19,20	0,00038	0,00038	190412	0,40	149,00	0	0	0,67
12		2	26	Very Stiff	-	21,60	19,29	0,00038	0,00038	199802	0,40	155,00	0	0	0,67

Pemodelan geometrik yang dilakukan terhadap tanah dan tiang bor merupakan pemodelan *axisimetris*, yaitu model tanah yang menggambarkan seperempat dari kondisi yang sebenarnya lalu terdapat 2 pembagian titik nodal yaitu penggunaan 6 titik nodal dan 15

titik nodal maka dipilih 15 titik nodal agar hasil penurunan yang diperoleh mendekati dengan kondisi yang ada di lapangan serta model tanah yang dipilih adalah model *Mohr Coulomb* dan selanjutnya dapat dilakukan pembentukan *mesh*, dimana model *mesh* yang dipilih adalah model elemen segitiga.

Apabila dihubungkan kurva beban - penurunan antara yang dihasilkan dari *Loading Test* di lapangan dengan kurva beban - penurunan yang dihasilkan dari Metode Elemen Hingga ASTM, maka akan menghasilkan kurva seperti yang terlihat pada Gambar 5 sebagai berikut:



**Gambar 5 Kurva Hubungan Beban dan Penurunan antara *Loading Test* dengan Metode Elemen Hingga (MEH)**

Dari Gambar 5.1 dapat disimpulkan bahwa penurunan yang terjadi pada waktu diberikan pembebanan yang maksimal terdapat pada waktu perhitungan metode elemen hingga ASTM hingga mencapai 8,20 mm. Akan tetapi pada saat beban maksimum tersebut di *unloading*, nilai *rebound elastic* yang dihasilkan pada waktu metode elemen hingga ASTM lebih kecil dibandingkan dengan nilai *rebound elastic* yang dihasilkan pada waktu *loading test* di lapangan.

Perbandingan besarnya penurunan yang terjadi antara metode elemen hingga ASTM dengan *loading test* di lapangan dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

**Tabel 3 Perbandingan Hubungan Beban dan Penurunan antara Metode Elemen Hingga dengan Hasil *Loading Test* di Lapangan**

No	Remark (%)	Load (Ton)	Penurunan <i>Loading Test</i> (mm)	Penurunan MEH (mm)
1	0	0,00	0,00	0,00
2	25	87,50	0,60	0,60
3	50	175,00	1,21	1,33
4	25	87,50	0,95	0,73
5	0	0,00	0,18	0,13
6	50	175,00	1,17	1,33
7	75	262,50	1,92	2,26
8	100	350,00	2,74	3,31
9	75	262,50	2,48	2,72
10	50	175,00	2,11	2,12
11	0	0,00	0,39	0,71
12	50	175,00	1,43	1,90
13	100	350,00	2,77	3,33
14	125	437,50	3,67	4,46
15	150	525,00	4,77	5,62
16	125	437,50	4,74	5,03
17	100	350,00	4,16	4,43
18	50	175,00	3,27	3,03
19	0	0,00	0,72	1,35
20	50	175,00	1,83	2,54
21	100	350,00	3,24	3,96
22	150	525,00	4,88	5,70
23	200	700,00	8,12	8,20
24	150	525,00	7,25	6,99
25	100	350,00	5,92	5,59
26	50	175,00	4,35	3,94
27	0	0,00	1,69	1,93

Hasil dari data yang diperoleh di lapangan pada saat pembebanan vertikal (*compressive Loading Test*) dimana saat pembebanan 200 % = 700 ton *test pile* mengalami penurunan sebesar 8,12 mm dan jika dimodelkan dengan pemodelan Elemen Hingga ASTM penurunan yang terjadi sebesar 8,20 mm dan angka tersebut tidak melebihi angka keamanan menurut ASTM D-1143-81 prosedur *Standard Loading Test* untuk pondasi tiang yaitu sebesar 25,4 mm

## 5. Kesimpulan

Dari hasil penyelidikan tanah di lapangan, pemodelan Elemen Hingga dan hasil *Loading Test* dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- a. Daya Dukung Ultimit dari titik SPT1 pada *bored pile* sepanjang 22 meter diperoleh sebesar 617,09 ton dan pada titik SPT2 sebesar 637,10 ton. Serta berdasarkan hasil daya dukung *Loading Test* nilai daya dukung ultimit untuk 3 metode diantaranya yang menggunakan metode Davisson (685 Ton), metode Mazurkiewicz (718 Ton) dan metode Chin (833 Ton).
- b. Dengan menggunakan Metode Brom's daya dukung lateral pondasi tiang bor adalah 11,906 ton.
- c. Dengan menggunakan metode *Converse-Labare* besarnya efisiensi tiang kelompok adalah sebesar 0,582.
- d. Pada waktu diberikan beban sebesar beban maksimum (700 ton), penurunan yang lebih besar terdapat pada hasil Pemodelan Elemen Hingga (MEH) yaitu sebesar 8,20 mm, dibandingkan dengan penurunan yang terjadi hasil dari *Loading Test* di lapangan yaitu sebesar 8,12 mm.
- e. Penurunan Permanen (plastis) yang terlihat pada waktu beban maksimum (200%) terbesar terdapat pada hasil Metode Elemen Hingga (MEH) yaitu sebesar 1,93 mm, sedangkan pada hasil *Loading Test* diperoleh sebesar 1,69 mm.
- f. Untuk Penurunan *Rebound Maximum Elastic* yang terlihat pada waktu beban maksimum (200%) terbesar terdapat dalam hasil *Loading Test* yaitu sebesar 6,43 mm,

sedangkan pada pemodelan elemen hingga diperoleh sebesar 6,27 mm.

- g. Perbandingan Hasil Perhitungan antara penggunaan program berbasis empiris, *Loading Test* dan pemodelan Elemen Hingga untuk penurunan beban bahwa semakin besar beban yang diberikan, maka penurunan beban akan semakin besar juga, seperti terlihat pada waktu pemberian beban 200%. Pada program berbasis empiris penurunan yang terjadi pada saat pembebanan 200% adalah sebesar 11,75 mm, sedangkan penurunan yang terjadi pada saat *Loading Test* di lapangan adalah sebesar 8,12 mm serta berdasarkan hasil Metode Elemen Hingga besarnya penurunan pada beban maksimum (200%) adalah 8,20 mm.
- h. Masukkan model yang digunakan pada program berbasis numerik hanya dapat menggunakan model tanah *Mohr Coulomb*. Hal ini disebabkan karena keterbatasan data yang diperoleh dari lapangan. Model tanah yang digunakan kurang dapat memprediksi tanah di sekitar ting bor karena tidak memiliki data laboratorium

## Daftar Pustaka

- American Standart Test Method, 2010, *Annual Book of ASTM Standart*, Section Four Construction, Barr Harbor.
- Das, B.M., 1999, *Principle of Foundation Engineering*, 4<sup>nd</sup> Edition, PWS - KENT Publishing Company, Boston
- Bowles, J.E., 1998, *Analisis dan Desain Pondasi*, Jilid 2 Edisi Keempat, Erlangga, Jakarta
- Hardyatmo, H.C., 2010, *Teknik Pondasi*, jilid 1 dan 2, Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Hardyatmo, H.C., 2010, *Mekanika Tanah*, jilid 1 dan 2, Penerbit Gramedia, Jakarta.
- Manual ALL PILE Version 6.5
- Manual PLAXIS Version 8,2
- Prakash, S.H., & Sharma, D., 1990, *Pile Foundations In Engineering Practice*, John Willey dan Sons, Inc. Canada.