

# PENGARUH BENTUK DAN RASIO KELANGSINGAN PADA TIANG PANCANG YANG DIBEKANI LATERAL

**Andrias Suhendra Nugraha, Poppy Chaerani Mulyadi**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha

Jalan Prof. drg. Suria Sumatri, MPH., no.65 Bandung, 40164

Email: andrias.sn@eng.maranatha.edu, chaeranipm@gmail.com

## ABSTRAK

Tiang pancang adalah salah satu jenis pondasi dalam (*deep foundation*). Pondasi tiang pancang berfungsi untuk meneruskan beban-beban yang bekerja pada suatu struktur ke dalam tanah. Kedalaman pemancangan tiang bergantung pada besarnya beban kerja (*working load*), jenis tanah, dan spesifikasi tiang yang digunakan. Pada penelitian ini bentuk tiang pancang yang dianalisis adalah bentuk dengan penampang melintang (*cross section*) segiempat dengan dimensi 0.35 m x 0.35 m dan lingkaran dengan diameter 0.35 m. Panjang tiang pancang yang dianalisis adalah 7.0 m, 10.0 m dan 15.0 m. Jenis tanah yang ditinjau adalah tanah non-kohefif ; *loose sand*, *medium sand* dan *dense sand*. Hasil analisis menunjukkan bahwa kapasitas lateral tiang pancang beton bentuk persegi lebih besar dibandingkan dengan kapasitas lateral tiang pancang beton bentuk lingkaran dengan perbandingan 17.61 % untuk kondisi pemancangan pada tanah *loose sand*, 13.41 % untuk kondisi pemancangan pada tanah *medium sand*, 23.24 % untuk kondisi pemancangan pada tanah *dense sand*. Perubahan nilai rasio kelangsingan,  $L/d$  tidak mempengaruhi besarnya kapasitas lateral tiang pancang baik untuk tiang persegi maupun tiang lingkaran. Penurunan nilai rasio kelangsingan,  $L/d$  akan memperkecil nilai defleksi lateral pada kepala tiang baik untuk tiang persegi maupun tiang lingkaran

**Kata kunci:** Tiang pancang, rasio kelangsingan, kapasitas lateral, defleksi lateral.

## ABSTRACT

*Driven pile classified as deep foundation. The function of driven pile is to transfer loads of a structure into the ground. The depth of driven pile depends on working loads, type of soils, and pile specifications. This research analyzed the square pile shape of concrete driven pile with the dimension 0.35 m x 0.35 m and the circle pile shape of concrete driven pile with the diameter of 0.35 m. Length of driven concrete pile are 7.0 m, 10.0 m, and 15.0 m. Type of non-cohesive soils which analyzed in this research are loose sand, medium sand and dense sand ..The analysis showed that the lateral capacity of concrete piles with square pile shape larger than lateral capacity of concrete pile with circular pile shape with ratio as follows ; 17.61% which driven into loose sand, 13.41% which driven in medium sand, 23.24% which driven into dense sand. Changes in the value of the slenderness ratio,  $L / d$  did not affect the amount of lateral capacity of driven piles either square pile shape or circular pile shape. Decrease of slenderness ratio,  $L / d$  would reduce the value of the lateral deflection of the pile head either square pile shape or circular pile shape*

**Keyword:** driven pile, slenderness ratio, lateral capacity, lateral deflection,

## 1. PENDAHULUAN

Tiang pancang adalah salah satu jenis pondasi dalam (*deep foundation*). Fungsi dari pondasi tiang pancang adalah untuk meneruskan beban-beban yang bekerja pada struktur atas ke dalam tanah. Kedalaman pemancangan tiang diantaranya bergantung pada besarnya beban kerja (*working load*), jenis tanah, dan spesifikasi tiang yang digunakan.

Bentuk penampang melintang (*cross section*) tiang pancang beton bervariasi, diantaranya adalah ; lingkaran, segiempat, segitiga, *spun pile*, dan lain-lain. Kedalaman tiang,  $L$  dan diameter/lebar tiang,  $d$  serta rasio kelangsingan,  $L/d$  (*slenderness ratio*) akan mempengaruhi perilaku tiang yang dibebani lateral. Pada penelitian ini, bentuk tiang dan rasio kelangsingan akan dianalisis pengaruhnya terhadap kapasitas lateral tiang dan defleksi pada tiang pancang beton yang dibebani lateral dan dipancang pada tanah non-kohefif ; pasir (*sand*) homogen.

### **1.1 TUJUAN PENELITIAN**

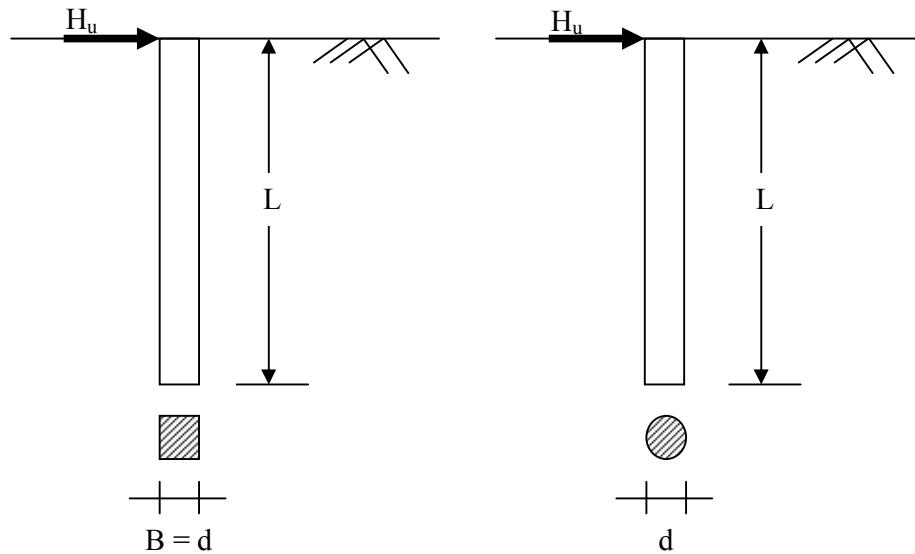
Tujuan penelitian adalah untuk melakukan analisis pengaruh dari bentuk dan rasio kelangsingan tiang terhadap kapasitas lateral tiang dan defleksi tiang pancang yang dibebani lateral.

### **1.2 RUANG LINGKUP PENELITIAN**

Ruang Lingkup yang menjadi batasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tiang pancang yang dianalisis adalah tiang pancang beton dengan kepala tiang bebas (*free head*).
2. Bentuk penampang melintang (*cross section*) dari tiang pancang yang akan dianalisis adalah bentuk lingkaran dengan diameter,  $d = 0.35$  m dan bentuk persegi dengan sisi,  $B = 0.35$  m ( $0.35$  m x  $0.35$  m).
3. Kedalaman pemancangan tiang,  $L$  yang ditinjau berturut-turut adalah 7, 10, dan 15 meter.
4. Lapisan tanah yang dianalisis adalah tanah non-kohefif ; *loose sand*, *medium sand* dan *dense sand*.
5. Beban lateral bekerja di permukaan tanah.
6. Analisis kapasitas lateral dan defleksi lateral tiang pancang pada penelitian ini menggunakan metode Broms dan *software* Allpile.

Penempatan posisi beban lateral yang bekerja pada tiang serta dimensi tiang yang akan dianalisis pada penelitian ini tampak pada Gambar 1.



Gambar 1. Penempatan posisi beban lateral yang bekerja dan bentuk penampang melintang tiang pancang beton (a) tiang bentuk persegi (b) tiang bentuk lingkaran

## 2. DATA TANAH DAN SPESIFIKASI TIANG

Pada penelitian ini tiang pancang beton dimodelkan dipancang pada jenis tanah non-koheusif yaitu pasir (*sand*) homogen. Data tanah seperti *compactness*, nilai N-SPT, sudut geser dalam ( $\phi$ ), berat volume tanah ( $\gamma$ ), dan *constant of horizontal subgrade reaction* ( $\eta_h$ ) tampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Tanah

	Tanah 1	Tanah 2	Tanah 3
<i>Compactness</i>	<i>Loose Sand</i>	<i>Medium Sand</i>	<i>Dense Sand</i>
N-SPT	6	20	45
$\phi$ (°)	28	33	39.8
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	17	18.9	20.8
$\eta_h$ (MN/m <sup>3</sup> )	2.5	7.5	20

Tiang pancang yang digunakan pada penelitian ini adalah tiang pancang beton dengan bentuk persegi dan bentuk lingkaran. Pada pembahasan selanjutnya tiang pancang beton dengan bentuk persegi akan disebut tiang persegi dan tiang pancang beton dengan bentuk lingkaran selanjutnya akan disebut tiang lingkaran.

Data tiang yang digunakan pada penelitian ini tampak pada Tabel 2. Tiang lingkaran dan tiang persegi akan dianalisis pada pemancangan tiang di tanah *loose sand*, *medium sand*, dan *dense sand*.

Tabel 2. Data Tiang

	Tiang 1	Tiang 2	Tiang 3
Panjang Tiang, L (m)	7.0	10.0	15.0
Lebar/Diameter, d (m)	0.35	0.35	0.35
Rasio kelangsingan, L/d	20.00	28.57	42.86
Modulus Elastisitas	23500	23500	23500
Tiang, $E_p$ (MPa)			
Tegangan leleh baja tulangan, $f_y$ (MPa)	400	400	400
Kuat tekan beton, $f_c'$ (MPa)	25	25	25

### 3. METODA BROMS

Pada metoda ini digunakan diagram tegangan tanah yang disederhanakan dengan anggapan bahwa sepanjang kedalaman tiang reaksi atau tahanan tanah mencapai nilai ultimit.

#### 3.1 PENENTUAN KRITERIA TIANG PENDEK (*SHORT PILE*) DAN TIANG PANJANG (*LONG PILE*)

Kriteria penentuan tiang pendek dan tiang panjang didasarkan pada kekakuan relatif antara pondasi tiang dengan tanah.

Faktor kekakuan R untuk menentukan perilaku tiang adalah sebagai berikut :

$$R = \sqrt[4]{\frac{E_p \cdot I_p}{k_s \cdot B}} \quad (1)$$

dimana :

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

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

$k_s$  = modulus *subgrade* tanah dalam arah horizontal (ton/m<sup>3</sup>) =  $k_1/1.5$

$k_1$  = modulus *subgrade* tanah

$B = d =$  diameter atau lebar sisi tiang (m)

Faktor kekakuan T adalah sebagai berikut :

$$T = \sqrt[5]{\frac{E_p \cdot I_p}{\eta_h}} \quad (2)$$

dimana :

$\eta_h =$  constant of horizontal subgrade reaction (Tabel 3)

Modulus *subgrade* horizontal,  $k_s$ , dinyatakan sebagai berikut :

$$k_s = \frac{\eta_h \cdot x}{B} \quad (3)$$

dimana :

$x =$  kedalaman yang ditinjau

Tabel 3. Nilai  $\eta_h$  untuk tanah non-koheusif

<i>Relative density</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>
$\eta_h$ untuk <i>dry</i> atau <i>moist soil</i> (MN/m <sup>3</sup> ) (Terzaghi)	2.5	7.5	20
$\eta_h$ untuk <i>submerged soil</i> (MN/m <sup>3</sup> ) (Terzaghi)	1.4	5	12
$\eta_h$ untuk <i>submerged soil</i> (MN/m <sup>3</sup> ) (Reese, dkk)	5.3	16.3	34

Kriteria tiang pendek atau panjang ditentukan berdasarkan nilai R atau T seperti tampak pada Tabel 4.

Tabel 4. Kriteria jenis perilaku tiang (Broms, 1964)

Jenis perilaku tiang	Kriteria	
Pendek (kaku)	$L \leq 2 T$	$L \leq 2 R$
Panjang (elastis)	$L \geq 4 T$	$L \geq 3.5 R$

### 3.2 TIANG PANJANG DENGAN KEPALA TIANG BEBAS (*FREE HEAD*) PADA TANAH NON-KOHESIF

Mekanisme keruntuhan, distribusi tahanan tanah dan momen lentur untuk tiang panjang dengan kepala tiang bebas pada tanah non-kohefif tampak pada Gambar 2. Kapasitas lateral tiang ultimit,  $H_u$  dan momen maksimum,  $M_{max}$  dinyatakan sebagai berikut :

$$M_{max} = H_u (e + 0.67 x_0) \quad (4)$$

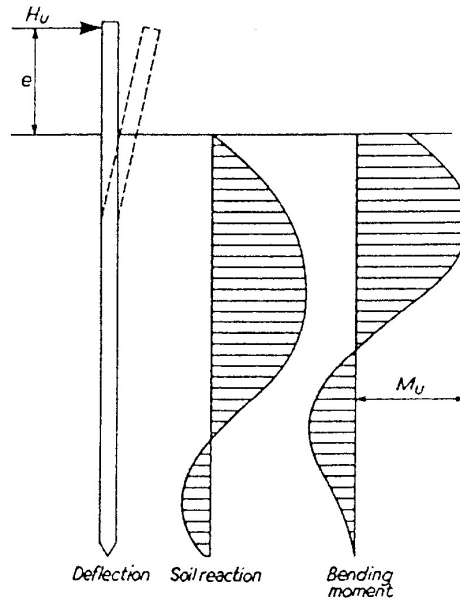
$$x_0 = 0.82 \left( \frac{H_u}{\gamma' B K_p} \right)^{0.5} \quad (5)$$

$$H_u = \frac{M_u}{e + 0.54 \left( \frac{H_u}{\gamma' B K_p} \right)^{0.5}} \quad (6)$$

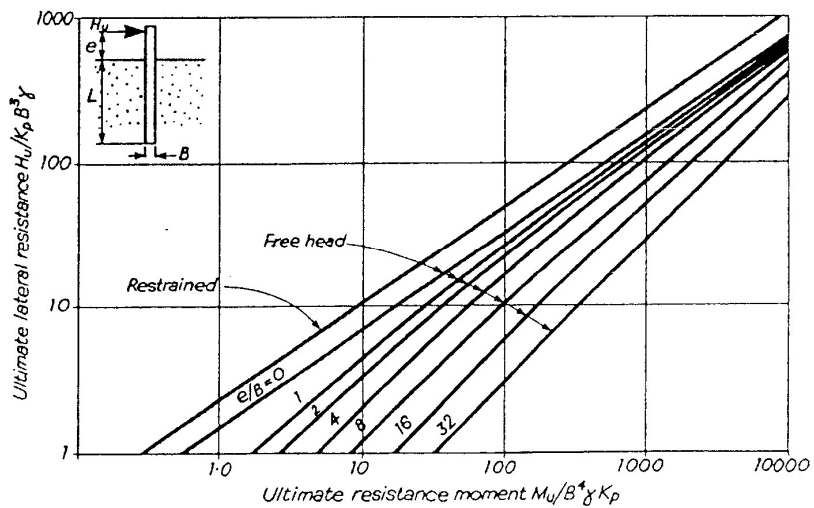
dimana :

- $M_u$  = kapasitas momen ultimit dari penampang tiang
- $e$  = jarak dari  $H_u$  ke permukaan tanah
- $K_p$  =  $(1 + \sin \phi) / (1 - \sin \phi)$
- $\gamma'$  = berat volume tanah efektif

Nilai  $H_u$  dapat dihitung dengan menggunakan diagram yang menyatakan hubungan antara nilai  $H_u / (K_p \gamma' B^3)$  dan nilai  $M_u / (K_p \gamma' B^4)$  seperti tampak pada Gambar 3.



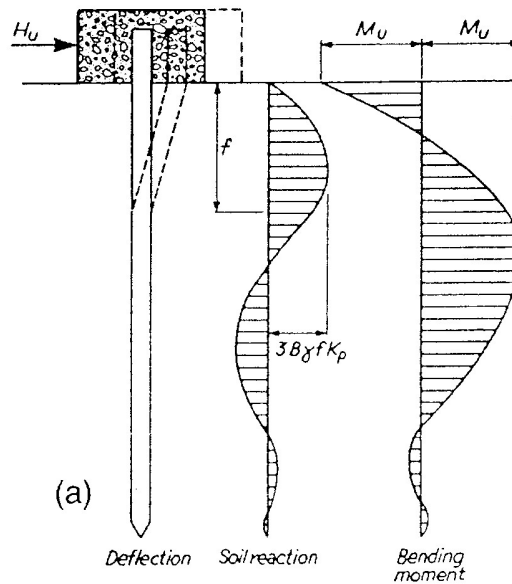
Gambar 2. Perlawanan tanah dan momen lentur pada tiang panjang dengan kepala tiang bebas pada tanah non kohesif (Broms, 1964)



Gambar 3. Kapasitas lateral ultimit untuk tiang panjang pada tanah non-kohesif (Broms, 1964)

### 3.3 TIANG PANJANG DENGAN KEPALA TIANG TERJEPIT (*FIXED HEAD*) PADA TANAH NON-KOHESIF

Mekanisme keruntuhan, distribusi tahanan tanah dan momen lentur untuk tiang panjang dengan kepala tiang terjepit pada non-kohesif tampak pada Gambar 4.



Gambar 4. Perlawanan tanah dan momen lentur tiang panjang dengan kondisi kepala tiang terjepit pada tanah non-kohefif (Broms, 1964)

Kapasitas lateral tiang,  $H_u$  dan momen maksimum,  $M_{max}$  dinyatakan sebagai berikut :

$$H_u = \frac{2 M_u}{(e + 0.67 x_0)} \quad (7)$$

$$x_0 = 0.82 \left( \frac{H_u}{\gamma' B K_p} \right)^{0.5} \quad (8)$$

$$M_{max} = H_u (e + 0.67 x_0) \quad (9)$$

Kapasitas lateral ultimit untuk tiang dapat diperoleh dari Gambar 3.

#### 4. HASIL ANALISIS

Hasil analisis kriteria tiang untuk tiang lingkaran yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 5 hingga Tabel 7, sementara untuk tiang persegi ditunjukkan pada Tabel 8 hingga Tabel 10.



Tabel 5. Hasil analisis kriteria tiang untuk tiang lingkaran pada tanah *loose sand*

Tiang	L (m)	d (m)	L/T	Kriteria Tiang
1	15.0	0.35	4.754 > 4	Tiang Panjang
2	10.0	0.35	6.791 > 4	Tiang Panjang
3	7.0	0.35	10.186 > 4	Tiang Panjang

Tabel 6. Hasil analisis kriteria tiang untuk tiang lingkaran pada tanah *medium sand*

Tiang	L (m)	d (m)	L/T	Kriteria Tiang
1	15.0	0.35	5.922 > 4	Tiang Panjang
2	10.0	0.35	8.460 > 4	Tiang Panjang
3	7.0	0.35	12.869 > 4	Tiang Panjang

Tabel 7. Hasil analisis kriteria tiang untuk tiang lingkaran pada tanah *medium sand*

Tiang	L (m)	d (m)	L/T	Kriteria Tiang
1	15.0	0.35	7.205 > 4	Tiang Panjang
2	10.0	0.35	10.293 > 4	Tiang Panjang
3	7.0	0.35	15.440 > 4	Tiang Panjang

Tabel 8. Hasil analisis kriteria tiang untuk tiang persegi pada tanah *loose sand*

Tiang	L (m)	d (m)	L/T	Kriteria Tiang
1	15.0	0.35	4.276 > 4	Tiang Panjang
2	10.0	0.35	6.109 > 4	Tiang Panjang
3	7.0	0.35	9.163 > 4	Tiang Panjang

Tabel 9. Hasil analisis kriteria tiang untuk tiang persegi pada tanah *medium sand*

Tiang	L (m)	d (m)	L/T	Kriteria Tiang
1	15.0	0.35	5.327 > 4	Tiang Panjang
2	10.0	0.35	7.610 > 4	Tiang Panjang
3	7.0	0.35	11.415 > 4	Tiang Panjang

Tabel 10. Hasil analisis kriteria tiang untuk tiang persegi pada tanah *dense sand*

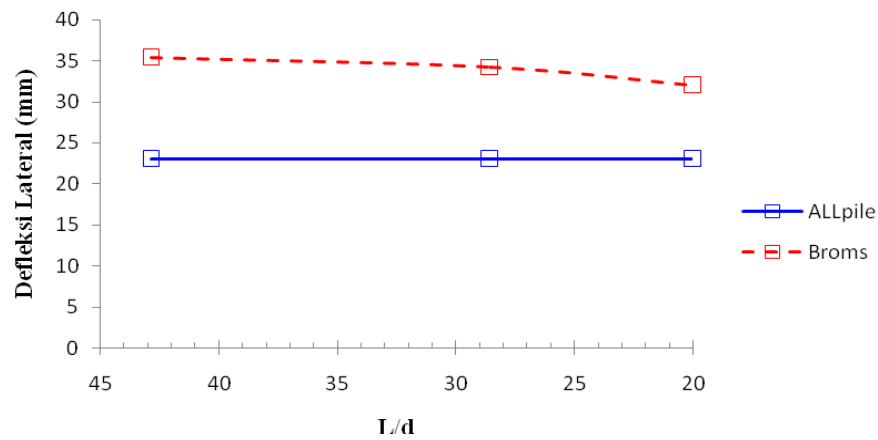
Tiang	L (m)	d (m)	L/T	Kriteria Tiang
1	15.0	0.35	6.481 > 4	Tiang Panjang
2	10.0	0.35	9.259 > 4	Tiang Panjang
3	7.0	0.35	13.889 > 4	Tiang Panjang

Hasil analisis dengan metoda Broms untuk tiang lingkaran yang dipancang pada tanah *loose sand*, *medium sand* dan *dense sand* menunjukkan bahwa perubahan rasio kelangsingan, L/d dengan kondisi dimana diameter tiang, d tetap dan kedalaman tiang, L bertambah, menghasilkan kapasitas lateral tiang ultimit,  $H_u$  yang konstan, hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 11 hingga Tabel 13.

Defleksi lateral pada kepala tiang (*pile head*) dianalisis dengan metoda Broms dan *software* Allpile. Kurva hubungan antara rasio kelangsingan, L/d dan defleksi lateral pada tiang lingkaran kondisi kapasitas lateral tiang ultimit pada tanah *loose sand*, *medium sand* dan *dense sand* ditunjukkan pada Gambar 5 hingga Gambar 7.

Tabel 11. Kapasitas lateral tiang ultimit dan defleksi lateral untuk tiang lingkaran pada tanah *loose sand*

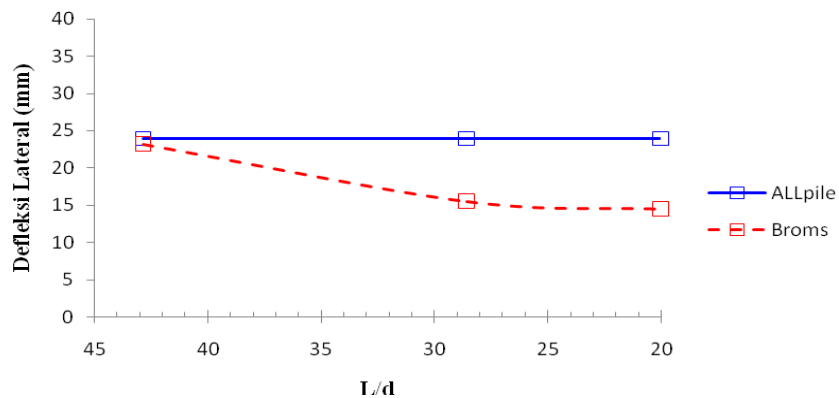
Tiang	L (m)	d (m)	L/d	Kapasitas lateral tiang ultimit, $H_u$ (kN)		Defleksi lateral (mm)	
				Broms	Allpile	Broms	
1	15.0	0.35	42.86	66.81	23.00	35.38	
2	10.0	0.35	28.57	66.81	23.00	34.24	
3	7.0	0.35	20.00	66.81	23.00	31.95	



Gambar 5. L/d vs Defleksi Lateral antara metoda Broms dan *Allpile* untuk tiang lingkaran pada tanah *loose sand*

Tabel 12. Kapasitas lateral tiang ultimit dan defleksi lateral untuk tiang lingkaran pada tanah *medium sand*

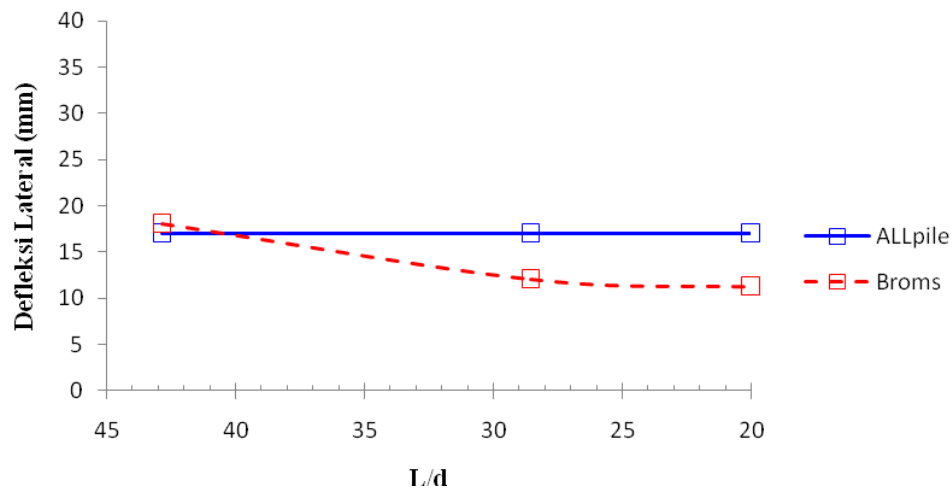
Tiang	L (m)	d (m)	L/d	Kapasitas Dukung Lateral Ultimit, $H_u$ (kN)		Defleksi Lateral (mm)	
				Broms	Allpile	Allpile	Broms
1	15.0	0.35	42.86	92.43	24.00	23.16	
2	10.0	0.35	28.57	92.43	24.00	15.44	
3	7.0	0.35	20.00	92.43	24.00	14.41	



Gambar 6. L/d vs Defleksi Lateral antara metoda Broms dan *Allpile* untuk tiang lingkaran pada tanah *medium sand*

Tabel 13. Kapasitas lateral tiang ultimit dan defleksi lateral untuk tiang lingkaran pada tanah *dense sand*

Tiang	L (m)	d (m)	L/d	Kapasitas Beban Lateral		Defleksi Lateral (mm)	
				Ultimit, $H_u$ (kN)			
				Broms	Allpile	Allpile	Broms
1	15.0	0.35	42.86	106.44	17.00	18.01	18.01
2	10.0	0.35	28.57	106.44	17.00	17.00	12.01
3	7.0	0.35	20.00	106.44	17.00	17.00	11.21



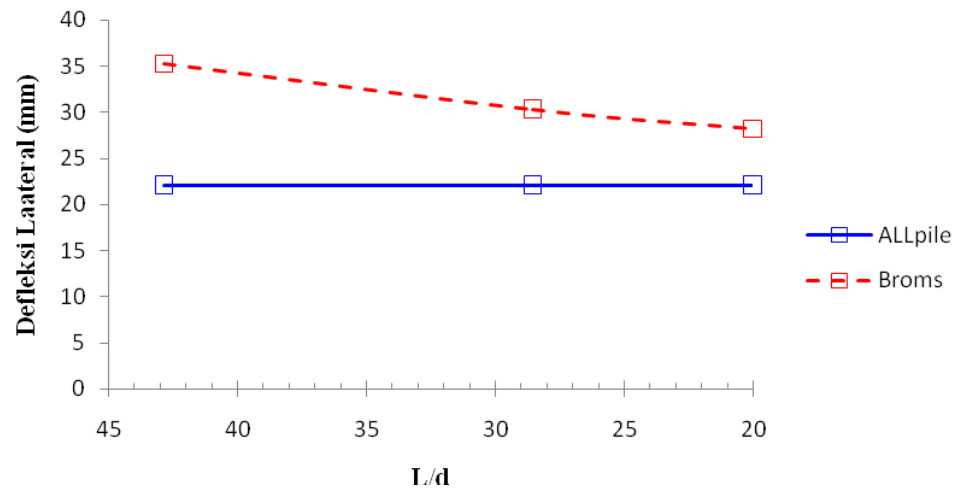
Gambar 7. L/d vs Defleksi Lateral antara metoda Broms dan *Allpile* untuk tiang lingkaran pada tanah *dense sand*

Hasil analisis dengan metoda Broms untuk tiang persegi yang dipancang pada tanah *loose sand*, *medium sand* dan *dense sand* menunjukkan bahwa perubahan rasio kelangsingan, L/d dengan kondisi dimana diameter tiang, d tetap dan kedalaman tiang, L bertambah, menghasilkan kapasitas lateral tiang ultimit,  $H_u$  yang konstan, hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 14 hingga Tabel 16.

Defleksi lateral pada kepala tiang (*pile head*) dianalisis dengan metoda Broms dan *software Allpile*. Kurva hubungan antara rasio kelangsingan, L/d dan defleksi lateral tiang persegi pada kondisi kapasitas lateral tiang ultimit pada tanah *loose sand*, *medium sand* dan *dense sand* ditunjukkan pada Gambar 8 hingga Gambar 10.

Tabel 14. Kapasitas lateral tiang ultimit dan defleksi lateral untuk tiang persegi pada tanah *loose sand*

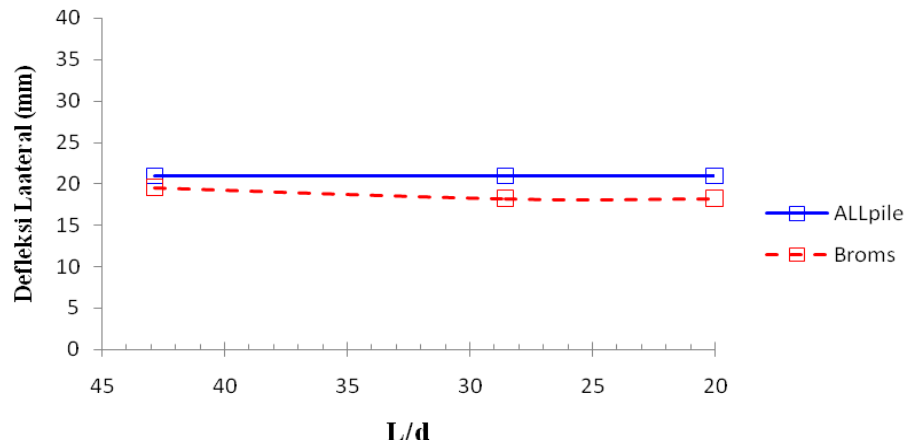
Tiang	L (m)	d (m)	L/d	Kapasitas Beban Lateral		
				Ultimit, $H_u$ (kN)		
				Broms	Allpile	Broms
1	15.0	0.35	42.86	81.09	22.00	35.27
2	10.0	0.35	28.57	81.09	22.00	30.24
3	7.0	0.35	20.00	81.09	22.00	28.21



Gambar 8. L/d vs Defleksi Lateral antara metoda Broms dan *Allpile* untuk tiang persegi pada tanah *loose sand*

Tabel 15. Kapasitas lateral tiang ultimit dan defleksi lateral untuk tiang persegi pada tanah *medium sand*

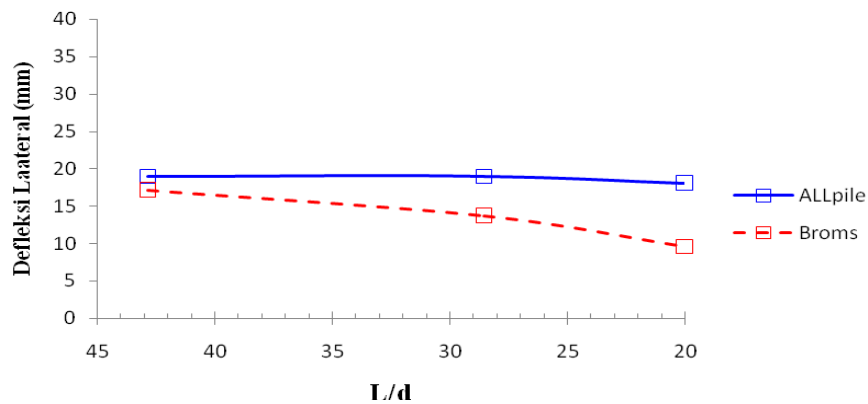
Tiang	L (m)	d (m)	L/d	Kapasitas Beban Lateral		
				Ultimit, $H_u$ (kN)		
				Broms	Allpile	Broms
1	15.0	0.35	42.86	106.75	21.00	19.47
2	10.0	0.35	28.57	106.75	21.00	18.17
3	7.0	0.35	20.00	106.75	21.00	18.17



Gambar 9. L/d vs Defleksi Lateral antara metoda Broms dan *Allpile* untuk tiang persegi pada tanah *medium sand*

Tabel 16. Kapasitas lateral tiang ultimit dan defleksi lateral untuk tiang persegi pada tanah *dense sand*

Tiang	L (m)	d (m)	L/d	Kapasitas Beban Lateral		Defleksi Lateral (mm)	
				Ultimit, $H_u$ (kN)			
				Broms	ALLpile	Broms	ALLpile
1	15.0	0.35	42.86	138.67	19.00	17.08	17.08
2	10.0	0.35	28.57	138.67	19.00	13.67	13.67
3	7.0	0.35	20.00	138.67	18.00	9.63	9.63



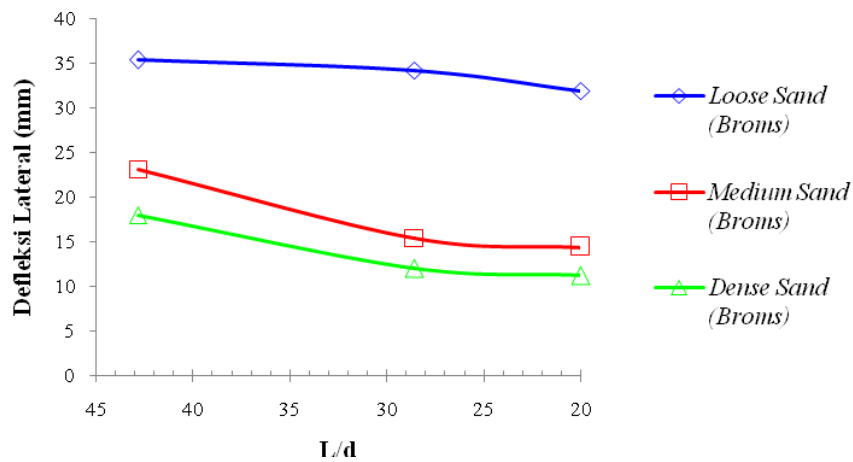
Gambar 10. L/d vs Defleksi Lateral antara metoda Broms dan *Allpile* untuk tiang persegi pada tanah *dense sand*

Pada tiang lingkaran, peningkatan *compactness* pada tanah pasir akan menghasilkan peningkatan kapasitas lateral tiang ultimit dan memperkecil nilai defleksi lateral pada kepala tiang seperti ditunjukkan pada Tabel 17.

Tabel 17. Hasil analisis kapasitas lateral tiang ultimit dan defleksi lateral untuk tiang lingkaran

Tiang	Soil <i>Compactness</i>	L/d	Kapasitas lateral tiang	Defleksi
			ultimit, $H_u$ (kN)	Lateral (mm)
			Broms	Broms
1	<i>Loose Sand</i>	42.86	66.81	35.38
2		28.57	66.81	34.24
3		20.00	66.81	31.95
1	<i>Medium Sand</i>	42.86	92.43	23.16
2		28.57	92.43	15.44
3		20.00	92.43	14.41
1	<i>Dense Sand</i>	42.86	106.44	18.01
2		28.57	106.44	12.01
3		20.00	106.44	11.21

Penurunan nilai rasio kelangsingan, L/d akan memperkecil nilai defleksi lateral pada kepala tiang untuk tiang lingkaran seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



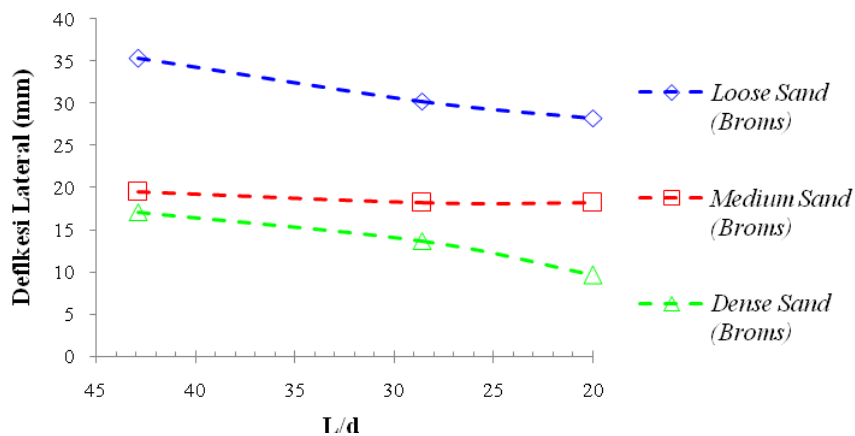
Gambar 11. L/d vs Defleksi Lateral tiang lingkaran

Demikian juga halnya pada tiang persegi, peningkatan *compactness* pada tanah pasir akan menghasilkan peningkatan kapasitas lateral tiang ultimit dan memperkecil nilai defleksi lateral pada kepala tiang seperti ditunjukkan pada Tabel 18.

Tabel 18. Hasil analisis kapasitas lateral tiang ultimit dan defleksi lateral untuk tiang persegi

Tiang	Soil <i>Compactness</i>	L/d	Kapasitas lateral tiang ultimit, $H_u$ (kN)	Defleksi Lateral (mm)
			Broms	Broms
1	<i>Loose Sand</i>	42.86	81.09	35.27
2		28.57	81.09	30.24
3		20.00	81.09	28.21
1	<i>Medium Sand</i>	42.86	106.75	19.47
2		28.57	106.75	18.17
3		20.00	106.75	18.17
1	<i>Dense Sand</i>	42.86	138.67	17.08
2		28.57	138.67	13.67
3		20.00	138.67	9.63

Penurunan nilai rasio kelangsingan, L/d akan memperkecil nilai defleksi lateral pada kepala tiang untuk tiang lingkaran seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. L/d vs Defleksi Lateral tiang persegi

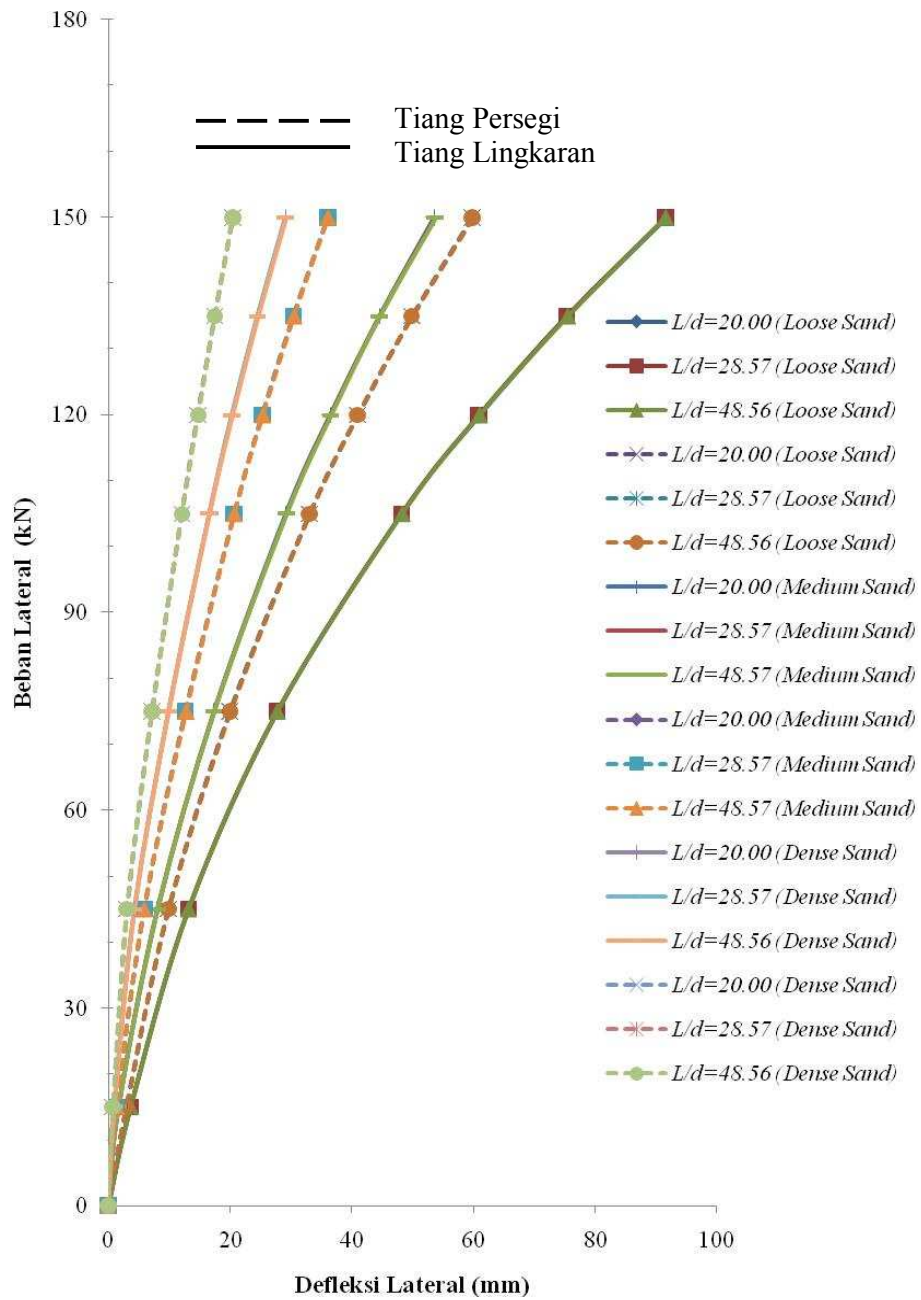


Tiang persegi menghasilkan kapasitas lateral tiang ultimit yang lebih besar jika dibandingkan dengan tiang lingkaran, baik saat pemancangan pada tanah *loose sand*, *medium sand* maupun *dense sand* seperti ditunjukkan apada Tabel 19.

Tabel 19. Perbandingan bentuk tiang terhadap kapasitas lateral tiang ultimit

Jenis Tanah	Kapasitas lateral tiang ultimit, $H_u$ (kN)		Perbandingan (%)
	Tiang Persegi	Tiang Lingkaran	
	Broms	Broms	
<i>Loose sand</i>	81.09	66.81	17.61
<i>Medium sand</i>	106.75	92.43	13.41
<i>Dense sand</i>	138.67	106.44	23.24

Hasil analisis dengan menggunakan *software* Allpile seperti tampak pada Gambar 13 menunjukkan bahwa baik untuk tiang persegi maupun tiang lingkaran yang dipancang pada tanah *loose sand*, *medium sand* dan *dense sand*, perubahan rasio kelangsingan,  $L/d$  dengan kondisi dimana diameter tiang,  $d$  tetap dan kedalaman tiang,  $L$  bertambah, menghasilkan kapasitas lateral tiang yang konstan. Selain itu hasil analisis pun menunjukkan bahwa tiang persegi menghasilkan kapasistas lateral tiang yang lebih besar jika dibandingkan dengan tiang lingkaran.



Gambar 13. Defleksi Lateral vs Beban Lateral untuk tiang persegi dan tiang lingkaran pada tanah non-kohesif

## 5. SIMPULAN

Simpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan antara lain adalah :

1. Kapasitas lateral tiang pancang beton berbentuk persegi lebih besar jika dibandingkan dengan tiang pancang beton berbentuk lingkaran.
2. Persentase perbedaan kapasitas lateral tiang pancang dengan bentuk persegi dibandingkan dengan bentuk lingkaran berturut-turut adalah ; 17.61 % untuk kondisi pemancangan pada tanah *loose sand*, 13.41 % untuk kondisi pemancangan pada tanah *medium sand*, 23.24 % untuk kondisi pemancangan pada tanah *dense sand*.
3. Perubahan nilai rasio kelangsingan, L/d tidak mempengaruhi besarnya kapasitas lateral tiang pancang baik untuk tiang persegi maupun tiang lingkaran.
4. Penurunan nilai rasio kelangsingan, L/d akan memperkecil nilai defleksi lateral pada kepala tiang baik untuk tiang persegi maupun untuk tiang lingkaran.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Geotechnical Engineering Center, (2005). *Manual Pondasi Tiang*, Edisi 3, Unpar.
2. Jeyalakshmi, P., Vineetha, J., (2014). *Behavior of Laterally Loaded Piles in Cohesive Soil*, International Journal of Research in Engineering and Technology, Volume 03, eISN: 2319-1163 pISSN: 2321-7308, NECHAMESE
3. Poulos, H.G., Davis, E.H., (1980). *Pile Foundation Analysis and Design*, John Wiley & Sons, Canada.
4. Prakash, S., Sharma, H.D., (1990). *Pile Foundation in Engineering Practice*, John Wiley & Sons.
5. SNI 03-4434-1997, *Spesifikasi Tiang Pancang Beton Pracetak untuk Pondasi Jembatan, Ukuran (30 x 30, 35 x 35, 40 x 40) cm<sup>2</sup> Panjang 10-20 meter dengan Baja Tulangan BJ 24 dan BJ 40*, Pustran – Balitbang PU.
6. Sudalaimani, A., Gomathi, M., Vineetha, J., (2014). *Response of Laterally Loaded Single Pile in Sandy Soil*, International Journal of Research in Engineering and Technology, Volume 03, eISN: 2319-1163 pISSN: 2321-7308, NECHAMESE