

## ANALISA PONDASI *PILE RAFT* PADA TANAH LUNAK DENGAN PLAXIS 2D

Andelina B. Kananlua<sup>1</sup>, Jansen Kadang<sup>2</sup>, Paravita S. Wulandari<sup>3</sup>, Januar Buntoro<sup>4</sup>

**ABSTRAK** : Permasalahan penurunan menjadi salah satu masalah yang sering dihadapi para perencana pondasi bangunan dikarenakan oleh kondisi tanah yang lunak. Untuk mengatasi permasalahan yang ada, banyak perencana menggunakan pondasi *raft* atau pondasi rakit, karena dianggap mampu memberikan faktor keamanan yang memadai dalam menghadapi kegagalan daya dukung *ultimate*. Namun diperkirakan permukaan pondasi *raft* ini akan mengalami penurunan yang besar.

Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisa penurunan yang terjadi pada pondasi *raft* dan *pile raft* dengan menggunakan beban merata  $6 \text{ t/m}^2$ . Analisis penurunan dilakukan dengan menggunakan *software Plaxis 2D* dengan menggunakan beberapa konfigurasi *pile* yang berukuran  $20 \times 20 \text{ cm}^2$  dengan panjang 13 meter.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan penambahan jumlah *pile* pada pondasi *raft* menghasilkan profil penurunan yang berkurang namun pada suatu keadaan tertentu penambahan *pile* tidak memberikan kontribusi yang lebih signifikan. Begitupun dengan perhitungan Poulos, pada konfigurasi *pile* tertentu tidak memberi kontribusi lagi.

**KATA KUNCI** : *pile raft*, penurunan, *plaxis*, poulos

### 1. PENDAHULUAN

Dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk tiap tahunnya, maka secara langsung kebutuhan akan lahan sebagai penunjang kehidupan pun semakin besar. Pada kota-kota besar lahan yang tersedia sangat terbatas sehingga untuk memenuhi kebutuhan tersebut mau tak mau pembangunan harus bisa dilakukan di segala jenis kondisi tanah bahkan pada tanah lunak sekalipun.

Untuk mengatasi permasalahan yang ada, banyak perencana menggunakan pondasi *raft* atau pondasi rakit, karena dianggap mampu memberikan faktor keamanan yang memadai dalam menghadapi kegagalan daya dukung *ultimate*. Namun diperkirakan permukaan pondasi *raft* ini akan mengalami penurunan yang besar. Permasalahan tersebut mungkin dapat berkurang jika adanya penambahan *pile* pada pondasi *raft* sehingga menjadi pondasi *pile raft*. Dengan memanfaatkan tahanan friksi pada *pile*, penurunan yang terjadi pada tanah dapat diminimalisasi serta membantu kinerja *raft* (Bianca, 2011).

---

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21409166@john.petra.ac.id.

<sup>2</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21409169@john.petra.ac.id.

<sup>3</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, paravita@petra.ac.id

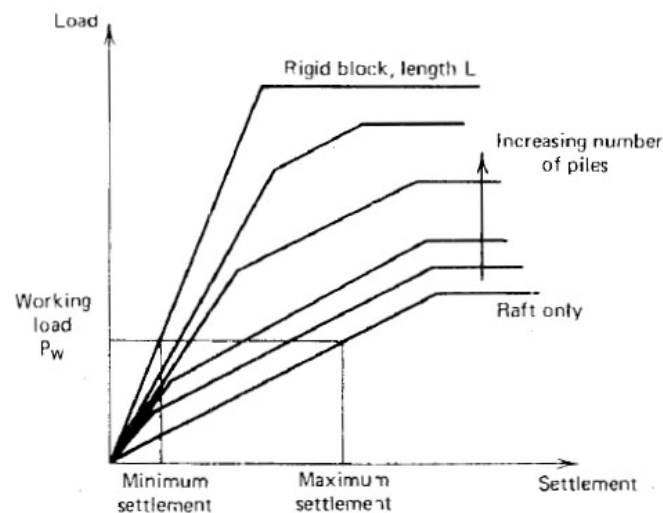
<sup>4</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, ybuntoro@petra.ac.id

Oleh karena itu, tugas akhir ini mencoba menganalisa penurunan pada pondasi *raft* maupun pondasi *pile raft* dengan menggunakan program *Plaxis 2D versi 8.2*. Selain itu, tugas akhir ini juga akan mencoba memprediksi pengaruh konfigurasi *pile* pada penurunan pondasi *pile raft* dan membandingkan profil penurunan yang terjadi antara pondasi *pile raft* pada *Plaxis 2D versi 8.2* dengan metode Poulos.

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1. PONDASI RAFT DAN PILE RAFT

Pondasi *pile raft* merupakan pengembangan desain dari pondasi *raft*. Pondasi *raft* adalah plat beton besar yang digunakan untuk mengantarai permukaan (*interface*) dari satu atau lebih kolom di dalam beberapa garis atau jalur dengan tanah. Konsep sistem pondasi *pile raft* menggunakan *pile* yang mereduksi penurunan tanah. *Pile* yang digunakan pada pondasi *pile raft* menggunakan *pile* friksi yang merupakan *pile* yang kapasitas utamanya terletak pada hambatan kulitnya, bukan pada hambatan ujungnya. Oleh karena itu, *pile* yang digunakan dalam sistem pondasi *pile raft* ini umumnya berperilaku sebagai *pile float* karena ujung *pile* tidak perlu mencapai tanah keras.



**Gambar 1. Perbandingan Konsep Penurunan Akibat Beban terhadap Raft dan Sistem Pile Raft**  
*Pile Foundation Analysis and Design (Poulos,2000)*

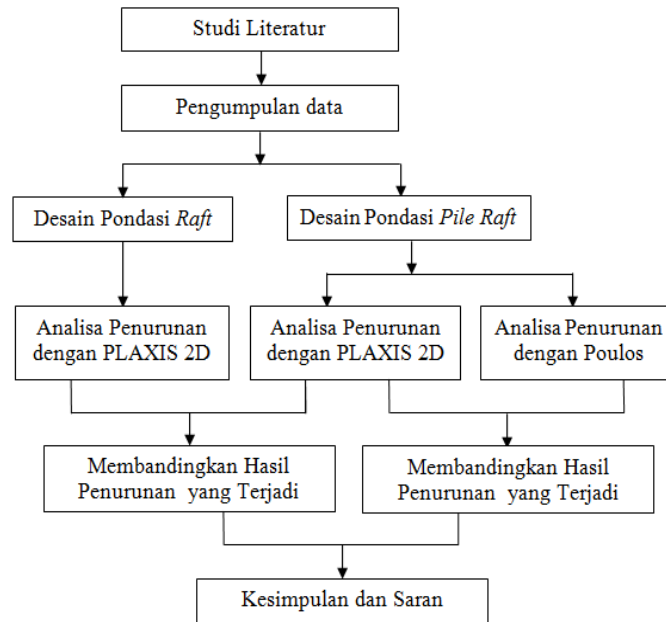
Pada **Gambar 1**, kurva *raft (raft only)* menunjukkan pondasi *raft* mengakibatkan penurunan yang besar akibat beban rencana. Sedangkan kurva *pile raft* dengan beberapa kali penambahan *pile* menggambarkan pendekatan konvensional di mana perilaku keseluruhan dari sistem pondasi *pile raft* dikuasai oleh perilaku grup *pile*. Semakin banyak *pile* yang ditambah pada sistem *pile raft*, maka semakin kecil penurunan yang terjadi akibat beban rencana.

### 2.2 PENGGUNAAN SOFTWARE PLAXIS 2D VERSI 8.2

Dengan bantuan program *Plaxis* yang merupakan perangkat lunak berbasis pendekatan elemen hingga, tanah dapat dimodelkan untuk mengetahui perilaku tanah tersebut. Untuk menganalisa sistem pondasi *raft* dan *pile raft* pada sebuah lapisan tanah pun dapat dimodelkan dengan cepat. Dalam penggunaan perangkat lunak *Plaxis 2D*, tentu ada batasan-batasan yang akan diambil. Batasan pertama adalah bagaimana permodelan material yang akan digunakan. Penggunaan *modulus young* dan angka *poisson* menyajikan perilaku tanah dan batuan yang cukup kasar.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini terdapat beberapa langkah yang akan dilakukan. Hal tersebut dapat dilihat dalam *flow chart* pada **Gambar 2.** berikut ini.



**Gambar 2. Kerangka Penelitian**

Data *raft* yang digunakan :

$$d = 0,8 \text{ m}$$

$$E = 23,5 \times 10^7 \text{ KN/m}^2$$

$$A = 441 \text{ m}^2$$

$$I = 0,896 \text{ m}^4$$

$$EI = 2,1056 \times 10^7 \text{ KNm}^2$$

Data *minipile* yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$E = 23,5 \times 10^7 \text{ KN/m}^2$$

$$A = 0,04 \text{ m}^2$$

$$EA = 9,4 \times 10^5 \text{ KN}$$

$$\text{Jarak tepi minipile} = 1,5 D = 0,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang minipile} = 13 \text{ m}$$

Data tanah yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1. Data-Data Tanah**

Parameter	<i>Fill</i>	<i>Soft Clay</i>	<i>Silty Clay</i>	<i>Stiff Clay</i>	<i>Sandy Silt</i>	<i>Stiff Clay</i>
<i>Material model</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Mohr-Coulomb</i>
<i>Type of material behavior</i>	<i>Undrained</i>	<i>Undrained</i>	<i>Undrained</i>	<i>Undrained</i>	<i>Undrained</i>	<i>Undrained</i>
<i>Dry soil weight (KN/m<sup>3</sup>)</i>	17	15	12,86	15	17,5	15
<i>Wet soil weight (KN/m<sup>3</sup>)</i>	20	17	20	18	20	18
<i>Young's modulus (KN/m<sup>2</sup>)</i>	80000	4000	25000	50000	15000	50000
<i>Poisson's ratio</i>	0.35	0.25	0.35	0.3	0.3	0.3
<i>Cohesion (KN/m<sup>2</sup>)</i>	1	5	10	120	20	120
<i>Friction angle</i>	35°	0.01°	16°	5°	20°	5°
<i>Dilatancy angle</i>	5°	0°	0°	0°	0°	0°

**Tabel 2. Rekapitulasi Desain Konfigurasi Pile**

Variasi	Ukuran Pile	Panjang Pile (m)	Jumlah Pile	Jarak Antar Pile
1	20 x 20	13	3 x 3	10,2
2	20 x 20	13	5 x 5	5,1
3	20 x 20	13	7 x 7	3,4
4	20 x 20	13	9 x 9	2,55
5	20 x 20	13	11 x 11	2,04
6	20 x 20	13	13 x 13	1,7
7	20 x 20	13	15 x 15	1,46
8	20 x 20	13	17 x 17	1,275
9	20 x 20	13	19 x 19	1,133
10	20 x 20	13	21 x 21	1,02
11	20 x 20	13	23 x 23	0,93

Desain konfigurasi dari pondasi *pile raft* yang digunakan dalam penelitian ini terlihat pada **Tabel 2**.

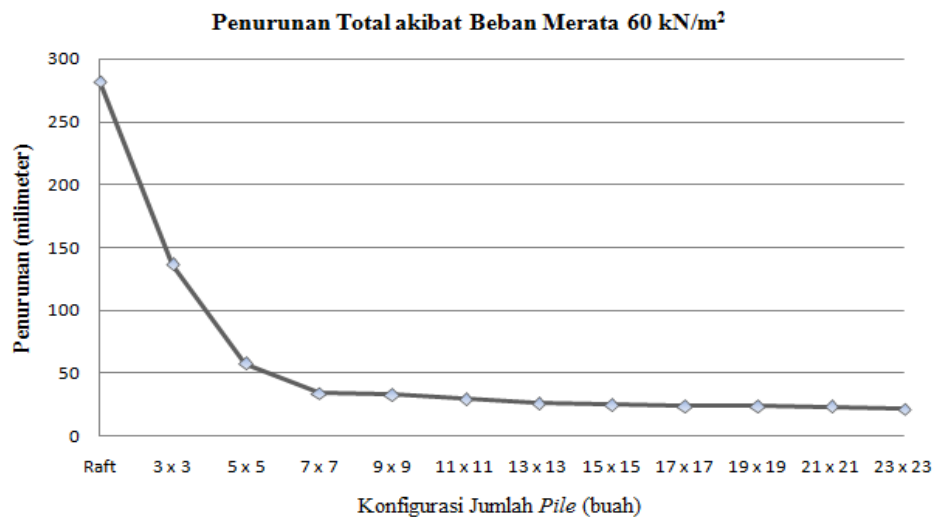
## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 BEBAN MERATA 6 ton/m<sup>2</sup>

**Tabel 3. Penurunan untuk Beban Merata 6 ton/m<sup>2</sup> pada Raft dan Pile Raft**

Konfigurasi Jumlah <i>Pile</i> (buah)		Total Penurunan akibat Beban Terpusat 60kN/m <sup>2</sup> (milimeter)	Selisih terhadap Penurunan <i>Raft</i> (%)
<i>Raft</i>	0	282,54	0%
3 x 3	9	136,58	52%
5 x 5	25	57,21	80%
7 x 7	49	34,23	88%
9 x 9	81	32,54	88%
11 x 11	121	29,08	90%
13 x 13	169	25,69	91%
15 x 15	225	24,8	91%
17 x 17	289	23,53	92%
19 x 19	361	23,46	92%
21 x 21	441	22,97	92%
23 x 23	529	21,61	92%

Berdasarkan **Tabel 3**. Penurunan yang terjadi mengalami reduksi seiring dengan penambahan jumlah *pile*.



**Gambar 3. Hubungan antara Jumlah *Pile* dan Penurunan untuk Beban Merata 6 t/m<sup>2</sup> pada *Pile Raft***

Pada **Gambar 3**. Penurunan yang terjadi mengalami reduksi seiring dengan penambahan jumlah *pile* namun pada jumlah *pile* 7x7 buah hingga 23x23 buah, penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan.

## 4.2 PERHITUNGAN MANUAL POULOS

**Tabel 4. Penurunan untuk Beban Merata 6 ton/m<sup>2</sup> pada Pile Raft dengan Menggunakan Metode Poulos**

Jumlah Tiang	Jumlah Tiang	P <sub>A</sub> (ton)	R <sub>G0,5</sub>	r <sub>i</sub> (m)	R <sub>G0</sub> /R <sub>G0,5</sub>	R <sub>G0,25</sub> /R <sub>G0,5</sub>	R <sub>G0,25</sub>	ρ <sub>CF</sub> (m)	ρ <sub>TF</sub> (m)
1	1	53,88	0,12	0,197	1,675	1,203	0,144	0,019	0,215
3x3	9	484,92	0,113	0,188	1,607	1,182	0,134	0,019	0,207
5x5	25	1347	0,108	0,170	1,490	1,147	0,124	0,021	0,191
7x7	49	2640,12	0,104	0,140	1,440	1,132	0,118	0,021	0,161
9x9	81	4364,28	0,100	0,098	1,420	1,126	0,113	0,021	0,118
11x11	121	6519,48	0,098	0,045	0,098	1,125	0,110	0,021	0,066
13x13	169	9105,72	0,096	0,042	0,096	1,125	0,108	0,020	0,062
15x15	225	12123	0,094	0,038	0,094	1,125	0,106	0,020	0,058
17x17	289	15571,32	0,092	0,024	0,092	1,124	0,103	0,020	0,044
19x19	361	19450,68	0,091	0,017	0,091	1,124	0,102	0,019	0,036
21x21	441	23761,08	0,091	0,016	0,091	1,124	0,102	0,019	0,035
23x23	529	28502,52	0,090	0,014	0,090	1,124	0,101	0,019	0,033

Pada **Tabel 4.** Penurunan yang terjadi semakin berkurang seiring dengan penambahan *pile* namun pada konfigurasi 19x19 hingga 23x23, penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan. Nilai penurunan pada pondasi *pile raft* berdasarkan analisa *Plaxis 2D* berbeda dengan perhitungan metode Poulos karena baik *Plaxis* maupun metode Poulos memiliki kekurangan masing-masing (Sugiharto, 2006).

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 KESIMPULAN

1. Pondasi *pile raft* sangat sesuai diaplikasikan pada jenis tanah yang relatif kaku karena kontribusi *raft* dalam menahan beban turut diperhitungkan.
2. Jumlah *pile* yang semakin banyak akan membantu mereduksi penurunan namun pada konfigurasi *pile* tertentu besarnya reduksi penurunan tidak akan terlalu signifikan.

### 5.2 SARAN

Perlu memperhatikan ketebalan pondasi *raft* saat melakukan berbagai konfigurasi *pile* pada saat melakukan tahap desain agar analisa yang dilakukan selanjutnya memberikan hasil yang lebih optimum.

## 6. DAFTAR REFERENSI

- Natasya, Bianca (2011). *Studi Pemakaian Pondasi Tiang Rakit pada Sebuah Proyek Apartemen di Jakarta dengan Menggunakan Metode Konvensional Poulos dan Plaxis 2 Dimensi*. Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Poulos, H. G. (2000). *Poulos Design Procedures for Pile Raft Foundation*. Thomas Telford Publishing, London.
- Sugiharto. (2006). *Perhitungan Pondasi Pile Raft dengan Menggunakan Program Plaxis*. Skripsi, Universitas Kristen Petra, Surabaya.