

## 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 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 penambahan *pile* pada pondasi *raft* diharapkan perencanaannya mempertimbangkan segi ekonomis. Dengan menggunakan beban merata  $6 \text{ t/m}^2$ , dilakukan penelitian pada pondasi *pile raft* dengan memvariasikan tebal *raft* yakni 80 cm, 100 cm, 120 cm dan 140 cm. Untuk panjang *pile* divariasikan dari panjang 5 m, 7 m, 9 m, 13 m dan 15 m. Analisis penurunan dilakukan dengan menggunakan *software Plaxis 2D* dan Metode Poulos. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa 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. Sehingga desain yang ekonomis pada penelitian ini adalah dengan menggunakan tebal *raft* 80 cm dengan panjang *pile* 13 m dan konfigurasi *pile* 7x7.

**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). Oleh karena itu, tugas akhir ini mencoba menganalisa reduksi penurunan pada pondasi *pile raft* dengan menggunakan program *Plaxis 2D versi 8.2* dan metode Poulos. Selain itu, tugas akhir ini juga akan mencoba memprediksi pengaruh tebal *raft*, panjang *pile* dan 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.

---

<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.

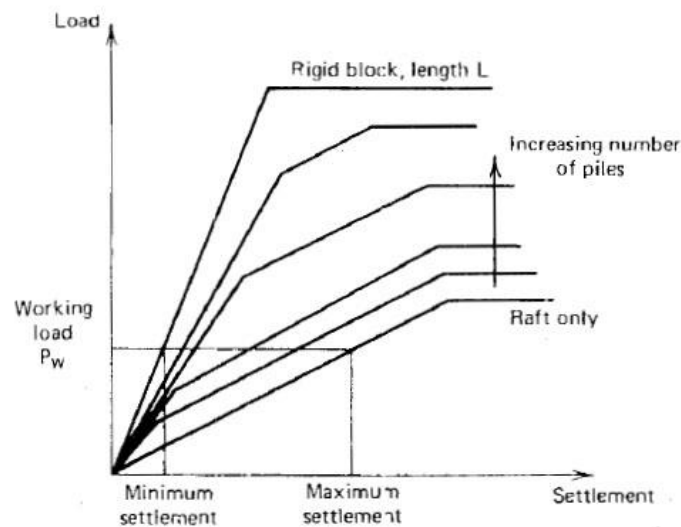
<sup>3</sup>Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, paravita@petra.ac.id

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

## 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)**

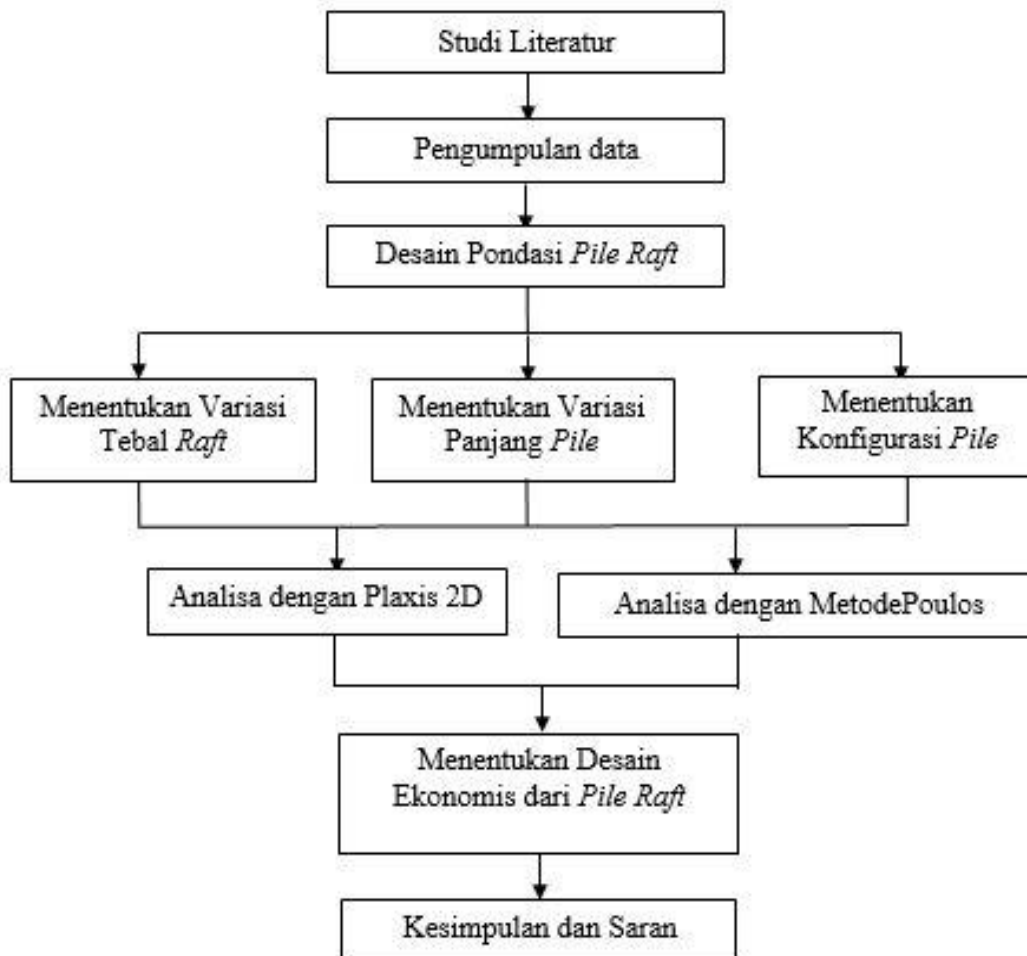
Pada **Gambar 1**, kurva *raft* (*raft only*) menunjukkan pondasi *raft* mengakibatkan penurunan yang besar akibat beban rencana. Sedangkan kurva *pile raft* dengan beberapa kali penambahan *pile* menggambarkan pendekatan konvensional di mana perilaku keseluruhan dari sistem pondasi *pile raft* dikuasai 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 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°

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Menentukan Variasi Tebal Pondasi Raft

**Tabel 2. Data Raft yang Digunakan dalam Perhitungan Plaxis**

Tebal (m)	E (kN/m <sup>2</sup> )	A (m <sup>2</sup> )	I (m <sup>4</sup> )	EA (kN)	EI (kNm <sup>2</sup> )
0.8	23500000	16.8	0.896	394800000	21056000
1	23500000	21	1.75	493500000	41125000
1.2	23500000	25.2	3.024	592200000	71064000
1.4	23500000	29.4	4.802	690900000	112847000

Pada **Tabel 2.** merupakan data *raft* yang digunakan dalam perhitungan Plaxis maupun dengan metode Poulos.

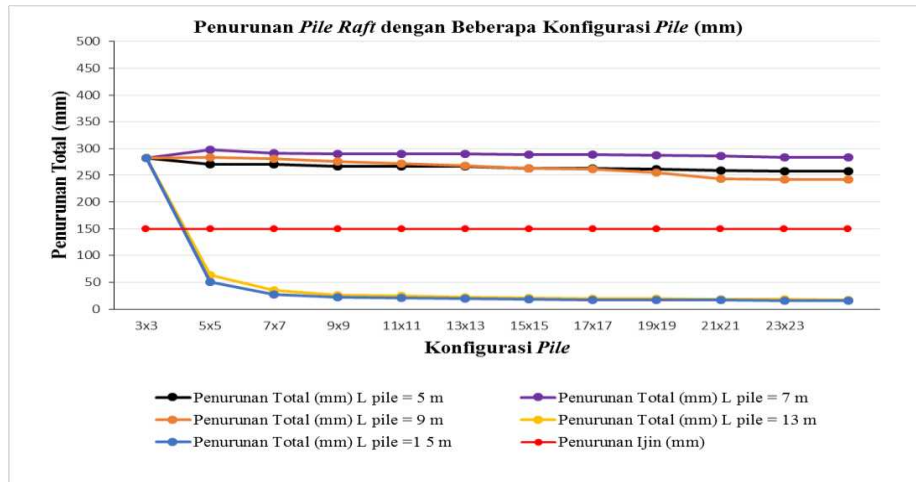
### 4.2 Hasil Perhitungan Plaxis

Pada perhitungan Plaxis ada dua variable yang ditinjau untuk mencari desain ekonomis pada pondasi *pile raft* yaitu tebal *raft* dan panjang *pile*. Tebal *raft* yang seperti pada **Tabel 2.** Dan untuk panjang *pile* divariasikan dari 5 m, 7 m, 9 m, 13 m dan 15 m. hasil perhitungan dengan Plaxis menghasilkan desain yang ekonomis dan memenuhi syarat keamanan pada tebal *raft* 80 cm dengan panjang *pile* 13 m dan konfigurasi *pile* 7x7 seperti yang terlihat pada **Tabel 3.** Berikut ini :

**Tabel 3. Penurunan untuk Beban Merata 60 kN/m<sup>2</sup> pada Raft dan Pile Raft**

Konfigurasi Pile	Penurunan Total (mm)	Penurunan Total (mm)	Penurunan Total (mm)	Penurunan Total (mm)	Penurunan Total (mm)
	L pile 5 m	L pile 7 m	L pile 9 m	L pile 13 m	L pile 15 m
<i>Raft only</i>	282.54	282.54	282.54	282.54	282.54
3x3	270.43	298.21	284.11	63.59	50.91
5x5	270.08	290.9	281.43	35.74	27.6
7x7	266.8	290.41	275.25	26.03	22.73
9x9	266.74	289.54	272.17	25.08	20.63
11x11	266.68	289.51	268.43	22.83	19.43
13x13	262.72	288.87	263.27	20.79	18.54
15x15	262.3	288.45	261.76	20.04	17.11
17x17	261.3	287.78	254.53	19.03	16.69
19x19	258.98	286.34	243.18	18.95	16.44
21x21	258.29	283.97	242.56	18.04	15.58
23x23	257.39	283.74	242.07	17.6	15.53

Berdasarkan **Tabel 3.** Penurunan *raft* dibandingkan dengan *pile raft* akibat beban merata 60 kN/m<sup>2</sup> yang terjadi mengalami reduksi seiring dengan penambahan jumlah *pile*.



Gambar 3. Hubungan antara Jumlah Pile dan Penurunan untuk Beban Merata 60 kN/m<sup>2</sup> pada Pile Raft dengan Variasi Panjang Pile

Pada Gambar 3, hanya pile dengan panjang 13 m dan 15 m yang memenuhi syarat keamanan yaitu 150 mm. Pada kedua variasi ini terlihat bahwa pile dengan konfigurasi 7x7 buah hingga 23x23 buah, pile raft sudah tidak mengalami perubahan penurunan yang signifikan.

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian mengenai studi pemakaian pondasi pile raft ini adalah :

1. Pondasi pile raft menjadi solusi yang mampu mereduksi penurunan karena pile memberikan kontribusi di tanah lunak dibandingkan dengan pondasi raft dengan penurunan yang sangat besar. Namun pondasi pile raft tidak akan berfungsi dengan maksimal jika jenis tanah yang akan menopang bangunan atas adalah soft clay. Itu sebabnya dalam hasil penelitian ini, konfigurasi pile 23x23 pada kedalaman tanah sepanjang tanah soft clay tidak menjadikan pondasi raft pile aman untuk digunakan.
2. Jumlah pile yang semakin banyak akan membantu mereduksi penurunan, namun pada konfigurasi tertentu besarnya reduksi penurunan tidak akan terlalu signifikan.
3. Dalam penelitian ini desain pile raft yang ekonomis adalah sebagai berikut:
  - Tebal raft = 80 cm
  - Dimensi pile = 20x20 cm<sup>2</sup>
  - Panjang pile = 13 m
  - Konfigurasi pile = 7x7 buah

Dengan panjang pile 13 m, semua raft dengan tebal 80 cm memenuhi syarat penurunan yaitu 15 cm sehingga akan lebih ekonomis jika menggunakan yang lebih kecil angka ketebalan raftnya. Pada hasil perhitungan, konfigurasi pile 7x7 hingga konfigurasi 23x23 tidak memberikan perubahan penurunan yang signifikan sehingga penggunaan konfigurasi 7x7 akan lebih ekonomis.

### 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

Poulos, H. G. (2000). *Poulos Design Procedures for Pile Raft Foundation*. Thomas Telford Publishing, London.