

# PERILAKU DAYA DUKUNG GABUNGAN FONDASI RAKIT TIANG PADA TANAH LUNAK

Yolanda Widyan<sup>1)</sup>, Ferry Fatnanta<sup>2)</sup>, Syawal Satibi<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode 28293

Email: [yolanda.widyan@student.unri.ac.id](mailto:yolanda.widyan@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*The development of construction engineering science in water and soft soil areas, to overcome the problem of construction on soft soil, a pile raft foundation solution is chosen. Pile raft foundation system is a blend of pile foundation (pile) with a foundation raft, which works in one unit and simultaneously. Analysis of the bearing capacity of the pile raft foundation is carried out by means of laboratory scale testing and then compared with calculations. In the pile raft foundation, variations in the number of piles were used. The method used to calculate the theoretical bearing data using the Terzaghi method, to obtain the carrying capacity of the test carried out an interpretation of the value of the bearing capacity of the foundation taken from the load value at 25mm settlement, in accordance with ASTM D1143-81. The calculation results and test results show that the combined pile raft foundation can increase the bearing capacity of the foundation. The addition of piles to the raft foundation can reduce settlement and increase the bearing capacity of the foundation. The carrying capacity value is calculated and tested based on a decrease of 25 mm, this is done in order to produce the right results.*

*Keyword: bearing capacity, pile raft, settlement*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring berkembangnya ilmu rekayasa konstruksi pada daerah perairan dan tanah lunak, untuk mengatasi masalah pembangunan konstruksi diatas tanah lunak maka dipilih solusi *Pile raft foundation*.

*Pile raft foundation* merupakan sistem perpaduan antara sejumlah fondasi tiang (*pile*) dengan fondasi rakit (*raft*) yang bekerja secara satu kesatuan dan bersamaan. *Pile raft foundation* merupakan fondasi melayang (*floating foundation*) yang digunakan untuk mendukung beban-beban bangunan pada deposit tanah ringan, Hakam (2008). *Pile raft foundation* direncanakan untuk mendukung beban pada tanah lunak dengan ujung tiang tidak mencapai lapisan tanah keras. Dengan kondisi tersebut, maka fondasi tiang (*pile foundation*) bersamaan dengan fondasi rakit (*raft foundation*) diatasnya akan bekerja

bersamaan untuk mentransfer beban kedalam tanah.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

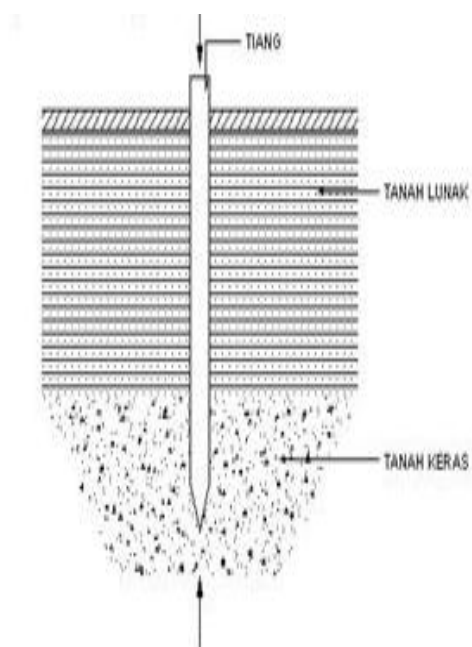
### 2.1 Fondasi Rakit

Fondasi rakit adalah suatu telapak gabungan yang mencakup seluruh luasan yang ada di bawah bangunan dan mendukung seluruh dinding dan kolom. Fondasi rakit merupakan salah satu jenis dari fondasi dangkal, biasanya digunakan untuk menopang bangunan industri seperti bangunan silo, cerobong dan bangunan menara. Fondasi rakit digunakan apabila penurunan merupakan suatu masalah misalnya pada tanah lunak. Penurunan ini akan dikontrol dengan cara efek apung yaitu berat bangunan diatur supaya kurang lebih sama dengan berat tanah yang digali, Bowles, (1997).

## 2.2 Fondasi Tiang

Fondasi tiang didefinisikan sebagai fondasi yang meneruskan beban konstruksi ke tanah pendukung atau batuan yang terletak jauh dari permukaan tanah, dimana pada kedalaman normal tanah tidak mampu mendukung bebannya.

Fondasi tiang yang mengandalkan tahanan ujung tiang disebut *End Bearing Pile*, sedangkan yang mengandalkan tahanan gesek pada selimut tiang disebut *Friction Pile*. Tiang ditinjau dari cara mendukung beban dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tiang ditinjau dari Cara Mendukung Beban

Sumber: (Hardiyatmo, 2002)

## 2.3 Fondasi Gabungan Rakit Tiang

Katzenbach (2000) mendefinisikan fondasi tiang-rakit sebagai jenis fondasi yang bekerja sebagai struktur komposit dengan memanfaatkan tiga elemen penahan beban, yaitu tiang pancang, fondasi rakit, dan jenis tanah di bawah struktur. Oleh karena itu, sebenarnya terdapat empat jenis interaksi yang terjadi dalam struktur fondasi tiang rakit. Keempat interaksi tersebut adalah

interaksi antara tiang dengan tanah, interaksi antara tiang dengan tiang di sebelahnya, interaksi antara fondasi rakit dengan tanah, dan interaksi antara tiang dengan fondasi rakit.

## 2.4 Kapasitas Dukung Fondasi

Analisis kapasitas dukung (*Bearing Capacity*) mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban fondasi dari struktur konstruksi di atasnya. Kapasitas dukung menyatakan tahanan geser tanah melawan penurunan akibat pembebanan di sepanjang bidang gesernya.

Kapasitas ultimit fondasi dihitung dengan dua pendekatan yaitu metode statis dan metode dinamis. Metode statis menggunakan mekanik tanah untuk menghitung kapasitas dari sifat-sifat tanah dan metode mekanik mengestimasi daya dukung dari data hasil analisis pemancangan tiang.

Perhitungan kapasitas tiang statik menggunakan formula kapasitas daya dukung dengan menggunakan parameter parameter tanah yang didapat dari uji laboratorium dan uji lapangan. Parameter yang digunakan adalah kohesi ( $c$ ), sudut gesek ( $\phi$ ), berat volume tanah ( $\gamma$ ) dan faktor daya dukung ( $N_c$ ,  $N_q$ , dan  $N_\gamma$ ). Nilai faktor daya dukung dipengaruhi sudut gesek, bila  $\phi$  besar maka nilai daya dukungnya bertambah.

## 2.5 Pembebanan Fondasi

Pengujian daya dukung tiang ada 2 macam yaitu, *static loading test* dan *dynamic loading test*. *Static loading test* menggunakan beban statis, yaitu beban tetap, baik besarnya (intensitasnya), titik bekerjanya dan arah garis kerjanya tetap. Beban statis terdiri dari beban mati dan beban hidup. Sedangkan *dynamic loading test* menggunakan beban dinamis, yaitu beban yang intensitas bekerjanya berubah-ubah

menurut waktu, biasanya pengujian ini menggunakan *instrument system* atau alat yang bernama PDA (*Pile Dynamic Analyzer*). Uji pembebanan fondasi dapat memberikan hasil yang cukup teliti jika kita dapat mengukur deformasinya secara teliti.

## 2.6 Perhitungan Daya Dukung

Perhitungan nilai daya dukung fondasi telapak dilakukan dengan metode perhitungan secara teoritis yaitu menggunakan metode Terzaghi, dapat dilihat pada persamaan 1.

$$q_u = c N_c (1 + 0,3 B/L) + \gamma D_f N_q + 1/2 \gamma B N_\gamma (1 - 0,2 \cdot B/L) \dots \dots \dots (1)$$

dengan:

- $q_u$  = daya dukung maksimum
- $c$  = kohesi tanah
- $\gamma$  = berat isi tanah
- $B$  = lebar pondasi
- $L$  = panjang pondasi
- $D_f$  = kedalaman pondasi
- $N_c$  = faktor daya dukung kohesi
- $N_q$  = faktor daya dukung beban merata
- $N_\gamma$  = faktor daya dukung kadar air

Dalam persamaan daya dukung ultimit diatas, terdapat beberapa suku persamaan yang cara penerapan dalam hitungan sebagai berikut.

- a. Suku persamaan  $c N_c$ . Nilai kohesi yang digunakan adalah kohesi rata-rata tanah dibawah fondasi. Dimana kohesi adalah nilai kuat geser tanah.
- b. Suku persamaan  $D_f \gamma = P_o$  yaitu tekanan *overburden* atau tekanan vertikal pada dasar fondasi.
- c. Suku persamaan  $1/2 \gamma B N_\gamma$ , pada suku persamaan ini diperlukan nilai berat volume tanah ( $\gamma$ ) yang terletak dibawah fondasi.
- d. Nilai  $N_c$ ;  $N_q$ ;  $N_\gamma$  didapat dari nilai sudut geser dalam  $\phi$ , menurut Bowles (1988). Perumusan daya

dukung fondasi dangkal yang menumpu pada lapisan tanah lempung dengan sudut geser dalam  $\phi$  sama dengan nol.

Perhitungan daya dukung tiang menggunakan metode alpha. Kapasitas ultimit tiang dalam tanah kohesif adalah jumlah tahanan ujung tiang dan tahanan gesek dinding tiang. Persamaan kapasitas ultimitnya didasarkan pada persamaan 2.

$$Q_{ult} = Q_b + Q_f \dots \dots \dots (2)$$

$Q_{ult}$  = Kapasitas ultimit (kg).

$Q_b$  = Tahanan ujung bawah ultimit (kg).

$Q_f$  = Tahanan gesek dinding ultimit (kg).

Nilai daya dukung hasil pengujian pembebanan dihitung berdasarkan penurunan 25 mm, metode ini berdasarkan penurunan izin fondasi pada ASTM D1143-81.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

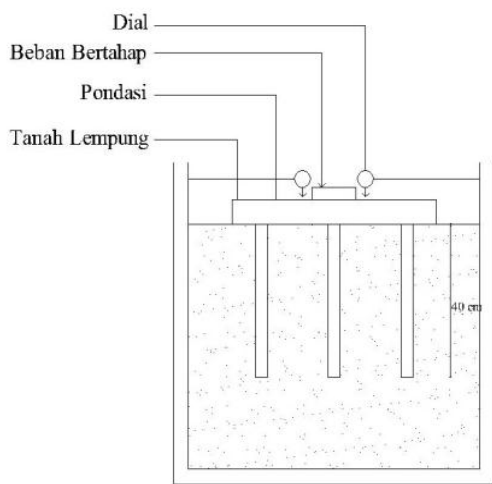
### 3.1 Gambaran Umum Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengujian pembebanan gabungan fondasi rakit tiang skala laboratorium, pembebanan dilakukan menggunakan beban bertahap, mengacu pada "*Standard Method of Testing Piles Under Axial Compressive Load*" ASTM D 1143-81. Selanjutnya dilakukan perhitungan daya dukung fondasi rakit tiang menggunakan metode Terzaghi untuk Fondasi rakit telapak dan metode Alpha untuk fondasi tiang.

### 3.2 Pemodelan Fondasi

Pemodelan fondasi rakit tiang dengan dimensi fondasi rakit lebar 25 cm, panjang 30 cm dan tebal 4 cm, pemodelan menggunakan bahan kayu,

dimensi fondasi direncanakan sesuai dengan dimensi bak uji. Fondasi tiang dengan diameter 40 cm, panjang tiang 40 cm dibebani dengan beban bertahap, pemodelan fondasi tiang menggunakan bahan beton bertulang. Pengujian dilakukan pada bak uji dengan dimensi lebar 100 cm, panjang 100 cm, dan lebar 100 cm bak uji berbahan plat besi dilapisi oleh terpal sehingga kadar air dalam bak uji terjaga. pengujian ini dilakukan di atas tanah lunak seperti Gambar 2.



Gambar 2. Pemodelan Fondasi Rakit Tiang.

Tabel 1. Variasi pengujian fondasi

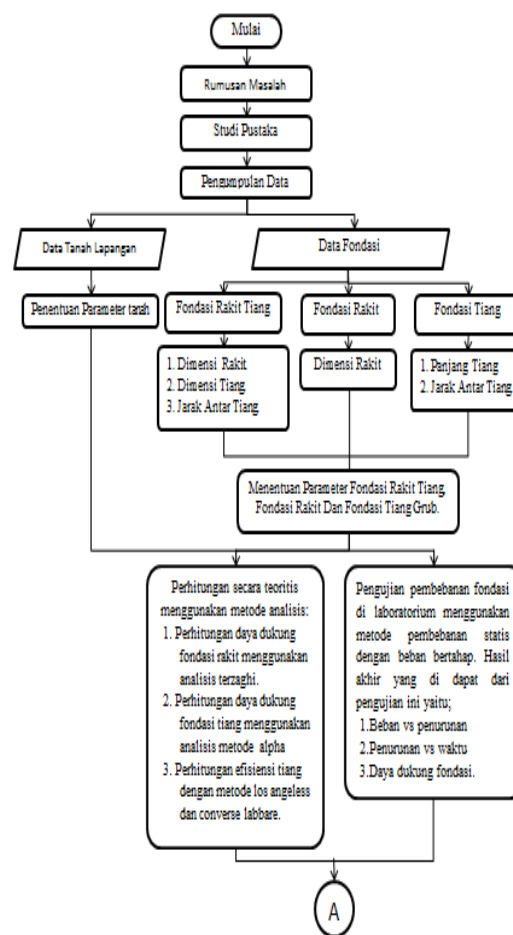
Variasi	Fondasi
1	Rakit
2	Rakit + 4 Tiang
3	Rakit + 5 Tiang
4	Rakit + 6 Tiang

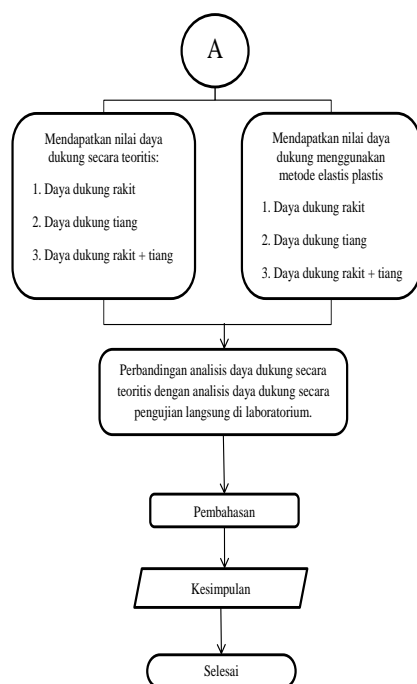
Dalam penelitian ini dilakukan beberapa variasi pengujian seperti pada Tabel 1, dari pengujian diambil nilai

daya dukung ultimit pada penurunan 25 mm. Selanjutnya didapatkan data daya dukung dan penurunan secara pengujian. Daya dukung secara perhitungan dilakukan menggunakan metode teoritis, kemudian didapatkan perilaku daya dukung secara pengujian dan secara perhitungan

### 3.3 Bagan Alir Penelitian

Tahapan penelitian ini digambarkan secara keseluruhan dalam bentuk bagan alir yang menggambarkan proses perencanaan mulai dari awal hingga akhir penelitian. Bagan alir penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 3.





Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Perhitungan Kapasitas Daya dukung

Perhitungan kapasitas daya dukung fondasi rakit telapak menggunakan metode Terzaghi, perhitungan kapasitas daya dukung fondasi tiang dihitung menggunakan metode alpha. Penjumlahan daya dukung fondasi rakit telapak dan daya dukung fondasi tiang adalah nilai gabungan fondasi rakit tiang. parameter tanah yang digunakan diambil dari pengujian properties. Daya dukung pengujian didapat dari pengujian skala laboratorium, menggunakan beban statis, penambahan beban sebesar 2,5 kg setiap 24 jam hingga terjadi penurunan sebesar 25 mm, ASTM D1143-81 mengatur penurunan fondasi pada penurunan 25 mm. pengujian dilakukan pada fondasi rakit dan gabungan fondasi tiang. Dapat dibandingkan perilaku daya dukung gabungan fondasi rakit dan rakit tiang secara teoritis dan pengujian.

Tabel 2. Daya dukung perhitungan

Tipe Fondasi	Penurunan (mm)	Daya dukung (Kg)
Rakit	25	16,06
Rakit + 4 Tiang	25	25,78
Rakit + 5 Tiang	25	25,66
Rakit + 6 Tiang	25	28,10

Berdasarkan Tabel 2 gabungan fondasi rakit tiang dapat menambah daya dukung fondasi.

Hasil perhitungan daya dukung secara perhitungan, juga dapat di analisis bahwa penambahan tiang pada fondasi gabungan rakit tiang dapat menambah daya dukung fondasi, namun pada suatu keadaan tertentu, penambahan tiang, tidak memberikan kontribusi yang lebih signifikan

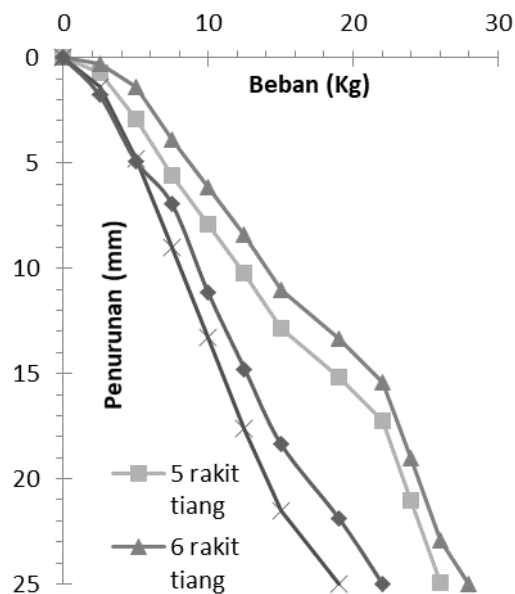
Tabel 3. Daya dukung pengujian

Tipe Fondasi	Penurunan (mm)	Daya dukung (Kg)
Rakit	25	17,13
Rakit + 4 Tiang	25	21,44
Rakit + 5 Tiang	25	26,60
Rakit + 6 Tiang	25	29,16

Dari Tabel 3 nilai daya dukung pengujian dapat dilihat bahwa gabungan fondasi rakit tiang dapat menambah daya dukung fondasi dan penambahan jumlah tiang juga dapat mempengaruhi nilai daya dukung fondasi.

Dapat dilihat pada Gambar 4 setelah dilakukan perhitungan daya dukung fondasi rakit dan gabungan fondasi rakit tiang, Daya dukung fondasi rakit sebesar 17,13 kg, fondasi rakit + 4 tiang sebesar 21,44 kg, fondasi rakit + 5 Tiang sebesar 26,60 kg, dan fondasi rakit + 6 tiang sebesar 29,16 kg.

Hasil perhitungan daya dukung secara pengujian, dapat dianalisis bahwa penambahan tiang pada fondasi gabungan rakit tiang dapat menambah daya dukung fondasi.



Gambar 4. Daya dukung fondasi

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Gabungan fondasi rakit dan fondasi tiang dapat meningkatkan nilai daya dukung fondasi.
2. Penambahan jumlah tiang pada gabungan fondasi rakit tiang mempengaruhi nilai daya dukung fondasi.
3. Penambahan satu tiang dapat menambah daya dukung sebesar 6-15%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andelina B. Kananlua. 2014. Analisa Pondasi Pile Raft pada tanah lunak Dengan Menggunakan Plaxis 2D.
- Bowles, Joseph E. 1997. *Analisis Dan Desain Pondasi*. 4th ed. Jakarta: Erlangga.
- Budhu, Muni. 2010. *Soil Mechanics and Foundations 3rd Edition*. Civil Engineering & Engineering Mechanics University of Arizona.
- Christady, Hary. 2008. Teknik Fondasi 2 Edisi ke 4. Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Harpito, Harpito. 2015. "Analisis Beban-Perpindahan Pondasi Raft Pile."
- Poulos, H G. 2000. "Practical Design Procedures for Piled Raft Foundations." In *Design Applications of Raft Foundations*, Thomas Telford Publishing, 425–67.
- Randolph, Mark F, and C Peter Wroth. 1978. "Analysis of Deformation of Vertically Loaded Piles." *Journal of the geotechnical engineering division* 104(12): 1465–88.
- Terzhagi, Karl, and Ralph B. Peck. 1967. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. 2nd ed. Jakarta: Erlangga.