

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

2.1 Tinjauan Umum

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi ini dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (*solid*).

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Semua konstruksi yang direncanakan, keberadaan pondasi sangat penting mengingat pondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan yang berfungsi mendukung bangunan serta seluruh beban bangunan tersebut dan meneruskan beban bangunan itu, baik beban mati, beban hidup dan beban gempa ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Bentuk pondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan, biasanya pondasi diletakkan pada tanah yang keras.

Pemilihan jenis struktur bawah (*sub-structure*) yaitu pondasi harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut:

a. Keadaan Tanah Pondasi

Keadaan tanah pondasi kaitannya adalah dalam pemilihan tipe pondasi yang sesuai. Hal tersebut meliputi jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras dan sebagainya.

b. Batasan-Batasan Akibat Struktur Di Atasnya

Keadaan struktur atas akan sangat mempengaruhi pemilihan tipe pondasi. Hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban)

dan sifat dinamis bangunan di atasnya (statis tertentu atau tak tentu, kekakuannya, dll).

c. **Batasan-Batasan Keadaan Lingkungan Disekitarnya**

Yang termasuk dalam batasan ini adalah kondisi proyek, dimana perlu diingat bahwa pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu ataupun membahayakan bangunan dan lingkungan yang telah ada disekitarnya.

d. **Biaya Dan Waktu Pelaksanaan Pekerjaan**

Sebuah proyek pembangunan akan sangat memperhatikan aspek waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan, karena hal ini sangat erat hubungannya dengan tujuan pencapaian kondisi yang ekonomis dalam pembangunan.

2.2 Tanah Sebagai Pendukung Pondasi

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah himpunan material, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun keduanya (Hardiyatmo, 1992).

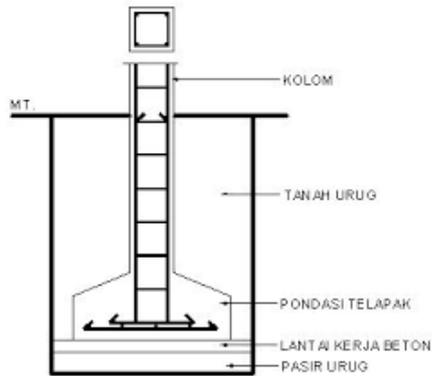
2.3 Macam-Macam Pondasi

Klasifikasi pondasi dibagi menjadi dua tipe (Hardiyatmo, 2002), yaitu:

1. **Pondasi Dangkal**

Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung dengan kedalaman $D_f/B \leq 4$, seperti:

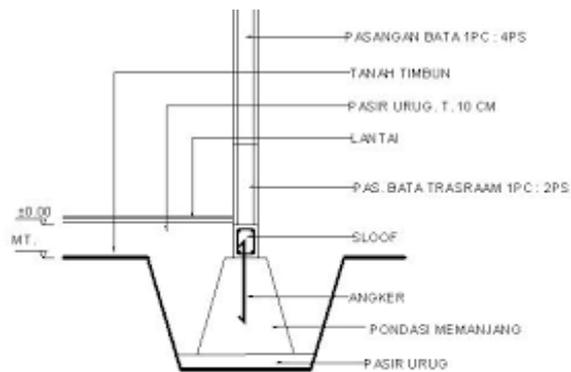
- a. **Pondasi telapak** yaitu pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom.



Gambar 2.1 Pondasi Telapak

Sumber: Hardiyatmo, 2002

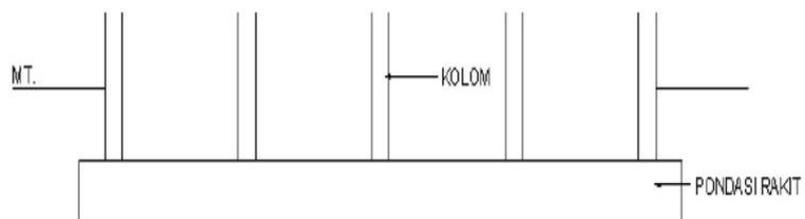
- b. Pondasi memanjang yaitu pondasi yang dipergunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan terhimpit satu sama lainnya.



Gambar 2.2 Pondasi Memanjang

Sumber: Hardiyatmo, 2002

- c. Pondasi rakit yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi-sisinya berhimpit satu sama lainnya.



Gambar 2.3 Pondasi Rakit

Sumber: Hardiyatmo, 2002

2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan dengan kedalaman $D_f/B \geq 4$, seperti:

- a. Pondasi sumuran yaitu pondasi yang merupakan peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam.

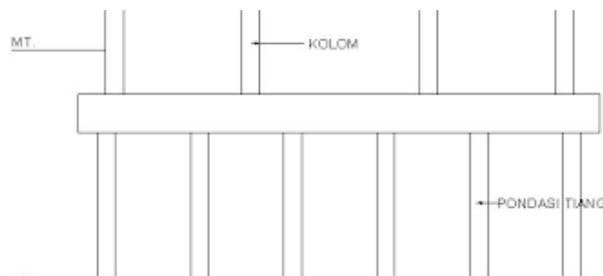


(d)

Gambar 2.4 Pondasi Sumuran

Sumber: Hardiyatmo, 2002

- b. Pondasi tiang digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umumnya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibanding dengan pondasi sumuran.



Gambar 2.5 Pondasi Tiang

Sumber: Hardiyatmo, 2002

2.4 Pondasi Rakit

Pondasi rakit adalah pelat beton besar yang digunakan untuk mengantarai permukaan (*interface*) dari satu atau lebih kolom di dalam beberapa garis atau jalur dengan tanah dasar (Surjandari, 2007).

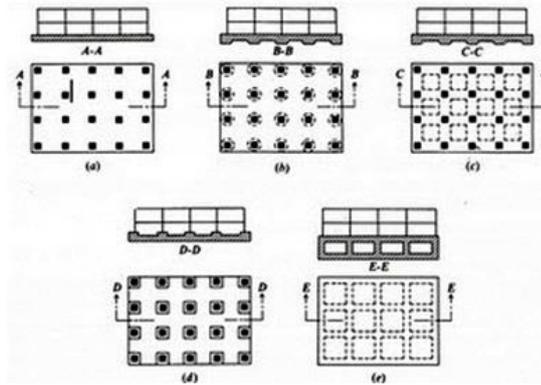
Pondasi rakit merupakan salah satu jenis dari pondasi dangkal, berupa pondasi telapak sebar (*spread footing*) atau pondasi rakit (*raft foundation*) yang berfungsi untuk menyebarkan beban dari struktur ke tanah di bawahnya yang terdiri dari pelat tunggal yang meluas, yang mendukung beban struktur di atasnya (Aratua, 2004).

Sebuah pondasi rakit boleh digunakan di mana tanah dasar mempunyai daya dukung yang rendah atau beban yang begitu besar, sehingga lebih dari 50 persen dari luas, ditutupi oleh pondasi telapak secara konvensional. Pondasi rakit boleh ditopang oleh tiang-pancang, di dalam situasi ini seperti air tanah yang tinggi atau di mana tanah dasar mudah terpengaruh oleh penurunan yang besar.

Pondasi rakit terbagi dalam beberapa jenis yang lazim atau sering digunakan menurut Bowles, yaitu:

- a. Pelat rata
- b. Pelat yang ditebalkan di bawah kolom
- c. Balok dan pelat
- d. Pelat dengan kaki tiang
- e. Dinding ruangan bawah tanah sebagai bagian pondasi telapak (Bowles, 1988)

Perancangan rakit yang paling lazim terdiri dari sebuah pelat beton rata dengan tebal 0,75 - 2 m, dan dengan alas serta dengan penulangan dua arah atas dan bawah yang menerus.

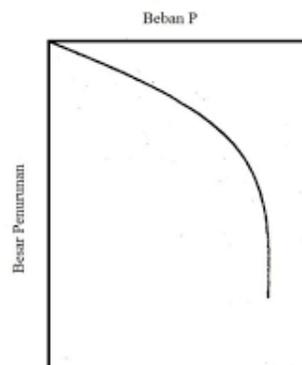


Gambar 2.6 Jenis Pondasi Rakit

Sumber: Bowles, 1988

2.5 Daya Dukung

Daya dukung tanah didefinisikan sebagai kekuatan maksimum tanah menahan tekanan dengan baik tanpa menyebabkan terjadinya failure. Sedangkan failure pada tanah adalah penurunan (*settlement*) yang berlebihan atau ketidakmampuan tanah melawan gaya geser dan untuk meneruskan beban pada tanah (Bowles, 1988).



Gambar 2.7 Daya Dukung Batas Dari Tanah Pondasi

Sumber: Bowles, 1988

Pondasi rakit harus dirancang untuk membatasi penurunan sampai jumlah yang dapat ditoleransi. Menurut Bowles, penurunan itu dapat berupa:

1. Konsolidasi-termasuk setiap efek sekunder
2. Langsung atau elastis
3. Suatu kombinasi dari jumlah konsolidasi dan jumlah langsung.

Daya dukung pondasi rakit dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$qu = 5,14c \left(1 + \frac{0,195B}{L}\right) \left(1 + 0,4 \frac{Df}{B}\right) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

qu = daya dukung ultimit

c = kohesi

B = lebar pondasi

L = panjang pondasi

Df = kedalaman pondasi

2.6 Beban Eksentris

Beban vertikal eksentris dapat dianalogikan dengan beban momen dan beban vertikal sentris terhadap pusat berat pondasi (0).

Luas dasar pondasi (A) = $B_x \cdot B_y$ dan $M_y = P \cdot e_x$ didapat :

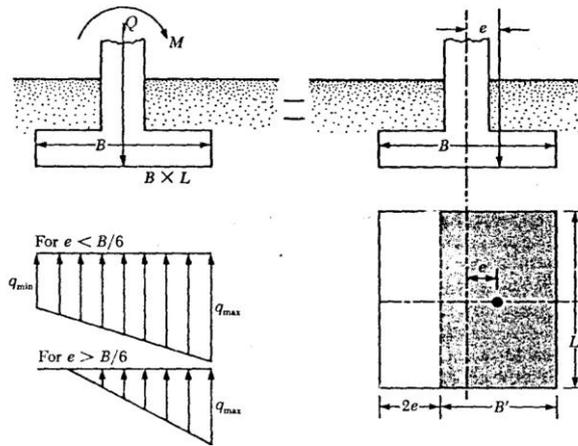
$$\sigma_{eks} = \frac{P}{A} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e_x}{B_x}\right) \text{ atau } \sigma_{eks} = \frac{P}{B_x \cdot B_y} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e_x}{B_x}\right) \dots \dots \dots (2.2)$$

Bila dijumpai adanya momen pada sumbu y (M_x) dan momen pada sumbu x (M_y) maka persamaan diatas dapat di tulis:

$$\sigma_{eks} = \frac{P}{B_x \cdot B_y} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e_x}{B_x} + \frac{6 \cdot e_y}{B_y}\right) \dots \dots \dots (2.3)$$

2.7 Desain Struktur Pondasi Rakit Dengan Metode Konvensional (*Conventional Rigid Method*)

Dalam Metode Konvensional, pondasi rakit dianggap sangat kaku, *soil pressure* (tegangan kontak) terdistribusi secara linear dan resultan tegangan kontak berhimpit dengan resultan beban kolom.



Gambar 2.8 Beban Momen dan Eksentris pada Pondasi

Sumber: Das Braja, 2011

Tahapan perhitungan Metode Konvensional dapat dilakukan sebagai berikut:

- Menentukan letak resultan beban kolom (Q) terhadap sumbu-sumbu plat pondasi rakit (e_x dan e_y)
- Menghitung tegangan kontak yang terjadi pada tanah di bawah masing-masing kolom menggunakan persamaan:

$$q = \frac{Q}{A} \pm \frac{M_y \cdot x}{I_y} \pm \frac{M_x \cdot y}{I_x} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan,

- q = tegangan kontak yang terjadi
- Q = jumlah beban kolom
- A = luas pondasi
- M_y = momen terhadap sumbu $y = Q \cdot e_x$
- M_x = momen terhadap sumbu $x = Q \cdot e_y$
- I_y = momen inersia terhadap sumbu x
- I_x = momen inersia terhadap sumbu y
- x = absis kolom yang bersangkutan terhadap sumbu y pondasi
- y = absis kolom yang bersangkutan terhadap sumbu x pondasi
- e_x = eksentrisitas beban dalam arah sumbu x
- e_y = eksentrisitas beban dalam arah sumbu y

c. Bandingkan nilai tegangan kontak (q) yang dihitung dalam langkah (b) dengan kapasitas daya dukung tanah (q_{ult}), memenuhi syarat terhadap faktor keamanan (SF) atau tidak.

d. Menghitung Tebal Pondasi Rakit

Tebal pondasi rakit (h) diperoleh dengan rumus:

$$h = d + \text{diameter tulangan} + \text{selimut beton} \dots \dots \dots (2.5)$$

e. Menghitung luas tulangan baja per satuan lebar untuk perkuatan positif dan negatif dalam arah x dan y digunakan rumus:

$$M_u = (M')(Load\ factor) = \phi \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 f'_c \cdot b} \dots \dots \dots (2.7)$$

dengan,

A_s = luas tulangan per satuan lebar

f_y = tegangan izin tarik baja

M_u = faktor momen

b = lebar plat per satuan lebar

a = jarak tulangan

ϕ = faktor reduksi (0,85)

2.8 Desain Struktur Pondasi Rakit Dengan Metode Fleksibel (*Approximate Flexible Method*)

Dalam metode konvensional, pondasi rakit diasumsikan kaku. Selain itu, tekanan tanah didistribusikan dalam garis lurus, dan pusat massa tekanan tanah bertepatan dengan garis kerja dari beban kolom yang dihasilkan. Dalam metode fleksibel perkiraan desain, tanah dianggap setara dengan jumlah mata air elastis yang tak terbatas. Konstanta elastis dari mata air diasumsikan ini disebut sebagai koefisien reaksi tanah dasar, k .

Untuk memahami konsep dasar di balik desain fondasi yang fleksibel, tahap perhitungan Metode Fleksibel dapat dilakukan sebagai berikut:

$$M = EfIf \frac{d^2z}{dx^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana,

M = momen di seluruh bagian

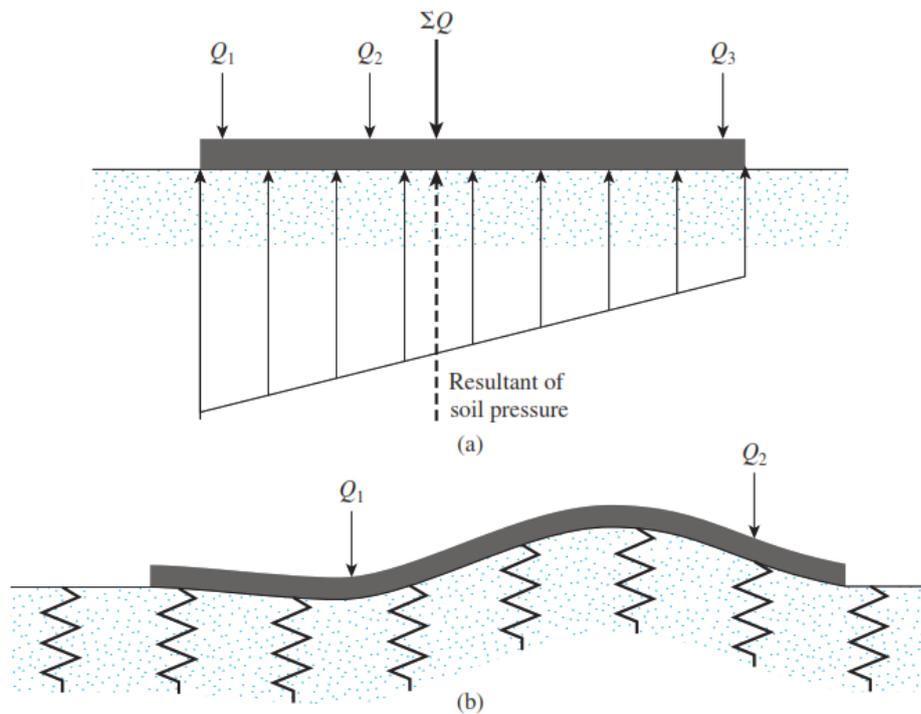
Ef = modulus elastis bahan pondasi

If = momen inersia penampang balok

$$\frac{dM}{dx} = gaya geser = V \dots\dots\dots (2.9)$$

dan

$$\frac{dV}{dx} = q = reaksi tanah \dots\dots\dots (2.10)$$



Gambar 2.9 (a) Prinsip desain menggunakan metode konvensional; (b) prinsip desain menggunakan metode fleksibel

Sumber: Das Braja, 2011

2.9 Desain Akhir Pondasi Rakit

Asumsi yang digunakan pada metode konvensional adalah:

1. Pondasi rakit sangat kaku
2. Tegangan tanah terdistribusi pada garis yang lurus atau secara linear
3. Tidak ada penurunan differensial yang terjadi

Dalam metode ini dilakukan suatu penaksiran dimana pondasi rakit dibagi menjadi beberapa jalur-jalur yang dibebani sederetan kolom dan dilawan oleh tekanan tanah.

2.10 Studi Terdahulu

Sebagai bahan perbandingan penulis mengemukakan salah satu contoh studi terdahulu yang juga membahas tentang desain pondasi rakit yaitu dengan menggunakan metode konvensional yaitu sebagai berikut:

Dalam studi terdahulu sebagai referensi tugas akhir ini desain pondasi rakit menggunakan metode konvensional, dilakukan pengumpulan data yang diperoleh dari hasil uji laboratorium yang berupa data hasil sondir, hasil SPT dan data berupa beban struktur dan uji beban lapangan dan beban analisis bangunan. Dari hasil laboratorium dan beban bangunan selanjutnya dilakukan perhitungan bidang gaya dalam per strip dengan program SAP 2000, kemudian melakukan desain struktur pondasi rakit, daya dukung dan penulangan.

Dalam analisis yang dilakukan didapat:

1. Dengan menggunakan persamaan *Terzhagi* di dapat daya dukung tanah untuk pondasi rakit pada gedung bertingkat 4 adalah sebesar $907,643 \text{ kN/m}^2$.
2. Distribusi tegangan maksimum pada dasar pondasi rakit akibat beban dan momen adalah sebesar sebesar $38,0696 \text{ kN/m}^2$, lebih kecil daripada daya dukung tanahnya.

Tebal pelat pondasi 40 cm menghasilkan momen lapangan arah x (+) sebesar $904,9819 \text{ kNm}$ memerlukan 61 tulangan dengan diameter 16 mm , momen

lapangan arah y (+) sebesar 598,1488 kNm memerlukan 76 tulangan dengan diameter 16 mm, momen tumpuan arah x (-) sebesar 4134,8122 kNm memerlukan 227 tulangan dengan diameter 16 mm dan momen tumpuan arah y (-) sebesar 3513,0359 kNm memerlukan 184 tulangan dengan diameter 16 mm.

Kemudian dapat pula disimpulkan bahwa pelat pondasi dengan tebal 30 cm menghasilkan momen lapangan arah x (+) sebesar 869,5272 kNm memerlukan 61 tulangan dengan diameter 16 mm, momen lapangan arah y (+) sebesar 574,7722 kNm memerlukan 76 tulangan dengan diameter 16 mm, momen tumpuan arah x (-) sebesar 3973,2172 kNm memerlukan 275 tulangan dengan diameter 16 mm dan momen tumpuan arah y (-) sebesar 3375,7409 kNm memerlukan 216 tulangan dengan diameter 16 mm.

Pada pelat pondasi dengan tebal 20 cm menghasilkan momen lapangan arah x (+) sebesar 834,1626 kNm memerlukan 61 tulangan dengan diameter 16 mm, momen lapangan arah y (+) sebesar 551,3956 kNm memerlukan 76 tulangan dengan diameter 16 mm, momen tumpuan arah x (-) sebesar 3811,6222 kNm memerlukan 290 tulangan dengan diameter 16 mm dan momen tumpuan arah y (-) sebesar 3238,4459 kNm memerlukan 272 tulangan dengan diameter 16 mm.

Kebutuhan tulangan geser pada tebal pelat 40 cm menggunakan $\emptyset 10$ dengan jarak 200 mm, pada tebal pelat 30 cm menggunakan $\emptyset 10$ dengan jarak 170 mm, dan pada tebal pelat 20 cm menggunakan $\emptyset 10$ dengan jarak 130 mm dikarenakan pada perhitungan digunakan penulangan sengkang minimum untuk semua jenis tebal pelat.