

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bagian paling bawah dari suatu konstruksi dinamakan fondasi. Fungsi fondasi ini adalah meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah fondasi. Suatu perencanaan fondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh fondasi ke tanah dasar tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi, kedua hal tersebut akan menyebabkan kerusakan konstruksi yang berada di atas fondasi tersebut. Oleh karena itu, dalam merencanakan fondasi harus mengevaluasi daya dukung tanah dimana suatu fondasi akan didirikan (Das, B.M.,1994).

Fondasi dapat digolongkan berdasarkan letak heban yang ditahan terdiri atas (Bowles,J.E., 1997):

#### **1. Fondasi dangkal**

Fondasi dikatakan sebagai fondasi dangkal apabila rasio kedalaman ( $D_f$ ) dengan lebar telapak ( $B$ ) adalah  $D_f/B \leq 1$ . Fondasi ini digunakan jika tanah dasar mempunyai kuat dukung yang tinggi sehingga mampu menerima beban berat yang bekerja dan letak tanah baik relatif dangkal.

## 2. Fondasi dalam

Fondasi dalam mempunyai rasio kedalaman ( $D_f$ ) dengan lebar alas fondasi ( $B$ ) adalah  $D_f/B \geq 4$ . Fondasi dalam merupakan suatu elemen struktur yang terbuat dari baja, beton, kayu yang berfungsi untuk meneruskan beban struktur di atasnya ke dalam tanah dengan mekanisme interaksi berupa tahanan ujung dan tahanan gesek permukaan.

Perencanaan suatu fondasi harus memenuhi syarat kestabilan agar fondasi tersebut aman. Syarat kestabilan yang dimaksud adalah bahwa pada fondasi tidak boleh terjadi (M.Das, Braja, 1990):

1. Kegagalan daya dukung (*bearing failure*)
2. Penurunan yang berlebihan (*excessive settlement*)
3. Penurunan sebagian (*differensial settlement*)

Permasalahan daya dukung fondasi dangkal pada tanah granuler sudah dipelajari sejak cukup lama. Namun, solusi yang cukup akurat untuk memprediksi kapasitas dalam mendukung beban puncak fondasi masih sulit dilakukan.

Analisis-analisis daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat, dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisisnya dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berkelakuan sebagai bahan bersifat plastis.

Teori daya dukung pondasi pada kondisi *plane strain* telah dilakukan oleh Terzaghi (1943), Meyerhof (1951) menggunakan metode *limit equilibrium*; Sokolovski (1965), Hansen (1961) menggunakan metode *slip-line*; Shield (1954),

Chan dan Davidson (1973) menggunakan metode *limit analysis*. Meyerhof (1963) mengamati bahwa sudut gesek dalam ( $\phi'$ ) dalam pengujian laboratorium kondisi *plane strain* pada tanah *granular* lebih besar sekitar 10% daripada nilai  $\phi'$  dari pengujian pada kondisi *triaxial*. Hal ini disebabkan oleh perbedaan pada kerapatan awal pasir dan *confining pressure* serta karakteristik *stress-strain* dan *strength*. Lee (1970) menyatakan bahwa perbedaannya bisa sampai 8%. Marachi, dkk. (1981) menunjukkan hasil bahwa untuk  $\phi$  tinggi perbedaan yang ada bisa mencapai 7%.

Hasil yang ditunjukkan Cornforth (1964), Lee (1970) dan Marachi (1981) menunjukkan bahwa pasir dengan kerapatan awal berbeda yang diuji pada kondisi *plane strain* menjadi sangat lunak. Keadaan *peak* dan *residual* terjadi secara tiba-tiba dan *axial strain* pada beban puncak untuk uji *plane strain* lebih besar daripada uji *triaxial*.

Prandtl (1921) mempublikasikan hasil telaahnya mengenai penetrasi suatu benda keras, seperti besi yang ditekan masuk ke dalam suatu material yang lembek. Kemudian, teori keruntuhan plastis yang dikembangkan oleh Prandtl (1921) digunakan oleh Terzaghi (1943) untuk mengevaluasi besarnya daya dukung tanah di bawah fondasi dangkal yang memanjang.

Golder (1941) mengamati bahwa pada kondisi umum, daya dukung tidak bertambah bersamaan dengan lebar pondasi seperti yang diprediksi pada persamaan umum daya dukung. Hal ini menunjukkan bahwa faktor daya dukung yang ditentukan dari uji laboratorium secara umum akan lebih baik dalam menghitung ukuran telapak fondasi.

Meyerhof (1953) menyatakan bahwa daya dukung pasir basah bisa sekitar dua kali material terendam air untuk telapak dengan lebar sama dan selanjutnya bertambah oleh kohesi aktual pada muka tanah rendah. Meyerhof (1955) juga menyatakan efek sebagian pasir yang terendam air pada daya dukung *ultimate*, bahwa penambahan daya tahan terbesar kohesi aktual pasir terletak didekat lapisan dasar. Kohesi ini disebabkan oleh tegangan kapiler atau tekanan negatif air pori. Hal ini juga dinyatakan Meyerhof (1955) bahwa kohesi dipertahankan sekitar 1,5 kpa yang ditetapkan untuk pasir basah dalam kotak geser dan penggunaan kohesi tersebut untuk menentukan daya dukung *ultimate* yang tersedia dibandingkan dengan nilai pengamatan dari uji laboratorium. Secara alamiah diharapkan bahwa untuk desain aktual dari telapak, nilai  $c$  mungkin akan lebih aman jika diambil nol, selanjutnya diasumsikan menghilang jika muka air tanah meningkat pada muka tanah dan kohesi aktual hilang.

Meyerhof (1963) dan Brinch Hansen (1970) memberikan persamaan daya dukung dengan mempertimbangkan bentuk fondasi, kemiringan beban dan kuat geser tanah diatas dasar fondasinya.

Vesic (1973) memberikan persamaan daya dukung yang sama dengan persamaan Terzaghi (1943). Untuk faktor-faktor bentuk fondasi, Vesic menyarankan pemakaian faktor bentuk ( $s_c$ ,  $s_q$ ,  $s_\gamma$ ) fondasi dari de Beer (1970), sedangkan untuk faktor-faktor kedalaman ( $d_c$ ,  $d_q$ ,  $d_\gamma$ ) dari Hansen (1970) dan untuk faktor-faktor daya dukung ( $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$ ) berdasarkan superposisi dari persamaan yang diberikan oleh Prandtl (1921), Reissner (1924) dan Caquot-Kerisel (1953).

Muhs (1963) mengatakan bahwa pada beban telapak yang bertambah secara bertahap, gaya geser tidak secara serentak berubah pada semua titik di *slip surface*. Gaya geser yang pertama kali berubah pada semua titik adalah di tempat tegangan geser terbesar, dengan perubahan gaya yang bertambah pada bagian lain sebagai pengembangan regangan geser dan kenaikan diluar badan tanah, akibatnya ketika kapasitas beban maksimum dari fondasi dicapai, hanya bagian bahan sepanjang bidang runtuh yang mungkin untuk meneruskan gaya geser tersebut yang bergantung pada sudut gesek maksimum tanah.

De Beer (1965) mengamati bentuk nonlinier garis keruntuhan tanah, hasilnya didapat suatu ukuran garis potong sudut gesek yang mengecil dengan bertambahnya tegangan normal efektif rata-rata. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan garis potong sudut gesek berhubungan dengan keadaan letak dari lebar tiap telapak, dengan kata lain kedalaman fondasi yang relatif besar akan menyebabkan perubahan garis potong sudut gesek yang mengecil dibandingkan dengan pengujian laboratorium. Penelitian yang dilakukan de Beer (1965) menyimpulkan bahwa regangan dan perilaku pada telapak fondasi yang kecil akan berbeda dari telapak yang lebar pada tanah yang sama.

Mikasa dan Takada (1973) menunjukkan bahwa model *centrifuge* menghasilkan pola *stress* dan *strain* yang mirip dengan bentuk aslinya dan memungkinkan model telapak pada *centrifuge* dalam kondisi *stress-deformation* yang mirip dengan bentuk aslinya. Yamaguchi, dkk. (1977) dan Kimura, dkk. (1985) menggunakan uji *centrifuge* dan membandingkannya dengan distribusi ukuran regangan geser untuk model kecil dan model *centrifuge*, pada tingkat gaya

berat tertinggi. Hasil yang ditunjukkan bahwa pada telapak yang lebar memberikan regangan geser yang besar pada beban puncak dibandingkan dengan telapak kecil. Mereka menyatakan bahwa nilai regangan geser ini sebanding dengan nilai  $\phi$  terendah, diturunkan dari hasil hubungan khusus antara regangan geser dan kekuatan sudut penggeseran pada pasir tersebut. Hasil tersebut juga menunjukkan bahwa nilai  $N_\gamma$  berkurang seiring dengan bertambahnya lebar fondasi, dimiliki pada penambahan regangan geser sepanjang *slip line* untuk telapak lebar. Yamaguchi, dkk. (1977) menyimpulkan bahwa skala hasil akan hilang pada lebar yang lebih besar dari 90 cm.

Hettler dan Gudehus (1988) menunjukkan bahwa berkurangnya nilai  $N_\gamma$  bersamaan dengan bertambahnya lebar fondasi melambangkan tekanan hanya bergantung nilai  $\phi$  dan bukan dari efek *progressive failure*. Steenfelt (1977) menghubungkan pengurangan  $N_\gamma$  bersamaan dengan penambahan lebar fondasi menggunakan rasio ukuran butir dengan lebar fondasi dan bukan pada tingkat tegangan. Ovesen (1979) menunjukkan hasil penelitian yang menitikberatkan skala hasil untuk daya dukung dipermukaan pada pasir. Hasilnya menunjukkan bahwa faktor daya dukung  $N_\gamma$  pada telapak bertambah bersamaan bertambahnya ukuran telapak bentuk aslinya. Ia memperlihatkan bahwa skala hasil berkenaan dengan *ultimate bearing capacity* menghilang saat menggunakan *centrifuge* sepanjang rasio ukuran minimum telapak dengan ukuran butiran tanah lebih besar dari 30, meskipun syarat kesamaan ukuran butiran tidak memenuhi. Yamaguchi (1976) menawarkan ide *progressive failure* yang ditinjau dari uji geser dimana kerapatan pasir yang menjadi subyek pada *confinement* tingkat rendah mempunyai

nilai perbedaan yang besar antara *peak strength* dan *residual strength* yang dibandingkan dengan subyek pasir yang sama pada *confinement* tingkat tinggi. Hal ini berarti bahwa potensi *progressive failure* lebih akut pada kondisi lebar telapak terkecil. Terlihat bahwa terjadi dua mekanisme meniadakan yang terjadi: (1) pengamatan fisik *progressive failure*, akan terdefinisi dalam hubungannya dengan ketidakseragaman regangan geser dan perubahan sudut gesek tanah pada beban puncak telapak, akan terlihat pada penambahan lebar telapak, dan (2) potensi *progressive failure*, akan terdefinisi dari perbedaan antara *peak strength* dan *residual strength* tanah, akan terlihat pada pengurangan lebar fondasi. Hal ini akan menyulitkan dalam memprediksi efek suatu titik yang lebih dominan dari yang lainnya. Penyelesaian yang dibuat pada tulisan ini adalah mengkombinasikan dua efek ini agar dapat digambarkan dalam hubungan karakteristik *strength-dilatancy* tanah, dimana ditentukan oleh jenis tanah, *relative density* dan ukuran telapak.

Maksud tulisan ini untuk memberikan metode yang berdasarkan persamaan Bolton dalam menggambarkan efek perilaku tegangan nonlinier dan *progressive failure* pada *ultimate bearing capacity*, sementara juga menentukan ukuran telapak. Hubungan faktor empiris pada bentuk telapak dan kedalaman dihilangkan dari persamaan daya dukung konvensional.