

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pondasi dalam suatu bangunan merupakan bagian paling bawah dan berhubungan langsung dengan tanah. Pada struktur bangunan, pondasi berfungsi untuk memikul beban bangunan yang ada di atas-Nya. Untuk menghasilkan bangunan yang kokoh, pondasi juga harus direncanakan dan dikerjakan dengan sangat hati-hati.

Pondasi harus diperhitungkan sedemikian rupa baik dari segi dimensi maupun secara analitis mekanis. Setiap pondasi bangunan perlu direncanakan berdasarkan jenis, kekuatan dan daya dukung tanah tempat berdirinya. Bagi tanah yang stabil dan memiliki daya dukung baik, maka pondasi nya juga membutuhkan konstruksi yang sederhana. Jika tanahnya berlapis dan memiliki daya dukung buruk, maka pondasi nya juga harus lebih kompleks.

Dalam menentukan jenis pondasi suatu bangunan harus mempertimbangkan keadaan tanah, metode pelaksanaannya di lapangan dan lain sebagainya. Demikian juga yang dilakukan oleh pihak kontraktor pembangunan gedung gereja inkulturatif GBKP Bukit yang telah melakukan pengujian tanah berupa tes sondir di 3 (dua) titik di lokasi berdirinya gereja inkulturatif GBKP Bukit.

Gereja inkulturatif GBKP Bukit adalah gereja yang bertempat di Desa Bukit Kecamatan Dolat Rayat. Jumlah lantai pada Proyek pembangunan gedung gereja inkulturatif GBKP Bukit adalah 3 lantai. Jenis pondasi yang digunakan pada pembangunan gereja ini adalah pondasi bore pile.

Dalam penelitian ini penulis ingin merencanakan alternatif lain dengan membandingkan pondasi tapak dan pondasi bore pile dari data sondir. Maka penulis tertarik untuk mengadakan studi kasus tugas akhir dengan judul “Analisis Perbandingan Pondasi Bore Pile dan Pondasi Tapak Terhadap Daya Dukung Tanah Pada Pembangunan Gereja Inkulturatif GBKP Bukit (Studi kasus)”.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Analisa daya dukung tanah berdasarkan data sondir.

2. Analisa dimensi dan tulangan pondasi bore pile.
3. Analisa dimensi dan tulangan pondasi tapak.
4. Analisa perbandingan pondasi bore pile dan pondasi tapak

### **1.3 Pembatasan Masalah**

Untuk membatasi lingkup permasalahan dan mempermudah pembahasan dalam penelitian ini, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak menghitung penurunan
2. Data tanah yang digunakan yaitu data CPT (Sondir)

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui daya dukung tanah dari data sondir.
2. Untuk mengetahui dimensi dan tulangan pondasi bore pile.
3. Untuk mengetahui dimensi dan tulangan pondasi tapak.
4. Untuk mengetahui pondasi yang efisien

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan suatu gambaran berupa alternatif perencanaan pondasi yang efisien dengan menggunakan data tanah yang diperoleh.

## **BAB II**

## TINJAU PUSTAKA

### 2.1 Uraian Umum

Pada prinsipnya perencanaan suatu bangunan meliputi perencanaan bangunan atas dan perencanaan bangunan bawah, perencanaan bangunan atas (*upper structure*) meliputi bagian struktur dari bangunan yang ada di atas permukaan tanah seperti kerangka pemikul bangunan tersebut. Sedangkan untuk bangunan bawah (*sub structure*) adalah bagian bangunan yang ada di bawah permukaan tanah, dalam hal ini bangunan yang dimaksud adalah pondasi.

### 2.2 Tanah Sebagai Dasar Pondasi

Tanah selalu mempunyai peranan yang penting pada suatu lokasi pekerjaan konstruksi. Menurut (Nakazawa, 1983) Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan atau kadang-kadang sebagai sumber penyebab gaya luar pada bangunan, seperti tembok atau dinding penahan tanah. Jadi tanah itu selalu berperan pada setiap pekerjaan teknik sipil. Tenaga-tenaga Teknik Sipil yang berkecimpung dalam perencanaan atau pelaksanaan bangunan perlu mempunyai pengertian yang mendalam mengenai fungsi-fungsi serta sifat tanah itu bila dilakukan pembebanan terhadapnya.

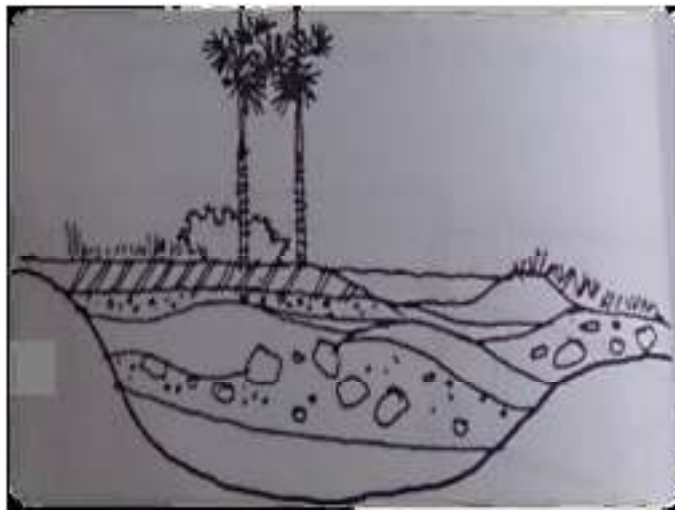
(Hardiyatmo, 1996) menyatakan tanah pada kondisi alam, terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran-butiran tersebut dapat dengan mudah dipisahkan satu sama lain dengan kocokkan air. Material ini berasal dari pelapukan batuan, baik secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali oleh sifat batuan induk yang merupakan material asal, juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut. Istilah-istilah seperti kerikil, pasir, lanau dan lempung digunakan dalam teknik sipil untuk membedakan jenis-jenis tanah. Pada kondisi alam, tanah dapat terdiri dari dua atau lebih campuran jenis-jenis tanah dan kadang-kadang terdapat pula kandungan bahan organik. Material campurannya kemudian dipakai sebagai nama tambahan di belakang material unsur utamanya. Sebagai contoh, lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau dengan material utamanya adalah lempung dan sebagainya.

Tanah terdiri dari 3 komponen, yaitu udara, air dan bahan padat. Udara dianggap tidak mempunyai pengaruh teknis, sedangkan air sangat mempengaruhi

sifat-sifat teknis tanah. Ruang di antara butiran-butiran, sebagian atau seluruhnya dapat terisi oleh air atau udara. Bila rongga tersebut terisi air seluruhnya, tanah dikatakan dalam kondisi jenuh. Bila rongga terisi udara dan air, tanah pada kondisi jenuh sebagian (*partially saturated*). Tanah kering adalah tanah yang tidak mengandung air sama sekali atau kadar airnya nol.

### 2.2.1 Kekuatan Tanah Sebagai Dasar Pondasi

Menurut (Frick, 2001) keadaan kekuatan tanah sebagai dasar pondasi tergantung pada susunan dan struktur tanah sebagai kulit bumi yang termakan cuaca dan air hujan. Semakin heterogen struktur tanah tersebut, semakin sulitlah perencanaan pondasi.



Gambar 2.1 Susunan struktur tanah yang heterogen

Kekuatan tanah dapat diselidiki dengan berbagai cara, antara lain :

1. Kedalaman dan ketebalan lapisan bumi, terutama lapisan yang akan menerima beban pondasi.
2. Tegangan tanah ( $\sigma$ ) yang diizinkan,
3. Keadaan hidrologis (sifat – sifat dari lapisan tanah).

Perlu diperhatikan bahwa di samping kekuatan atau kelemahan, kekokohan landasan tanah juga dipengaruhi oleh :

1. Pemadatan dan penurunan tanah akibat vibrasi lalu lintas, peralatan berat perindustrian dan sebagainya,
2. Penurunan tanah akibat perubahan hidrologis (misalnya penurunan muka air tanah atau kadar air di dalam tanah) atau karena pengikisan pada tepi sungai dan sebagainya,

3. Pergeseran tanah atau longsor akibat tekanan berat, terendam air akibat banjir atau air pasang.

Hal tersebut mengakibatkan penurunan gedung yang tak terhindarkan. Perencanaan pondasi yang baik akan menghambat terjadinya penurunan. Namun, apabila terjadi penurunan masih dalam batas toleransi. Pondasi bangunan yang menjamin kestabilan / keseimbangan bangunan terhadap pembebanan (berat sendiri, beban hidup, retakan dan gerakan geologis kecil serta gaya tekan angin, gempa bumi dan sebagainya) harus diperhitungkan sedemikian rupa. Dengan pengetahuan tentang konsep struktur, maka pondasi merupakan bagian struktur gedung yang mempunyai daya tahan paling lama sebagai landasan dari struktur bangunan.

### **2.2.2 Karakteristik Tanah**

Menurut (Frick, 2001) dalam merencanakan struktur bawah diperlukan data-data mengenai karakteristik tanah tempat struktur tersebut berada dan beban struktur yang bekerja di atas struktur bawah yang direncanakan. Karakteristik tanah meliputi jenis lapisan tanah di bawah permukaan tanah, kadar air, tinggi muka air tanah dan lain-lain. Beban struktur yang bekerja tergantung dari jenis material yang digunakan, jumlah tingkat bangunan, jenis – jenis beban yang bekerja pada struktur tersebut dan lain – lain. Seorang *structure engineer* harus bisa menentukan jenis pondasi yang tepat untuk digunakan berdasarkan data tanah yang ada pada *soil engineer*.

Hasil penyelidikan tanah yang dilaporkan oleh *soil engineer* antara lain :

1. Kondisi tanah dasar yang menjelaskan jenis lapisan tanah pada beberapa lapisan kedalaman.
2. Analisis daya dukung tanah.
3. Besar nilai SPT (*Standard Penetration Test*) dari beberapa titik bor.
4. Besar tahanan ujung konus dan jumlah hambatan pelekat dari beberapa titik sondir.
5. Hasil tes laboratorium tanah untuk mengetahui berat jenis tanah dan lain – lain.
6. Analisis daya dukung tiang pondasi berdasarkan data – data tanah (apabila menggunakan pondasi tiang).

Selanjutnya rekomendasi dari *soil engineer* mengenai jenis pondasi yang bisa digunakan berdasarkan hasil penyelidikan tanah yang didapat.

### **2.2.3 Penyelidikan Tanah**

(Gunawan dkk, 1983) menyatakan bahwa penyelidikan tanah di lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan jenis lapisan agar bangunan dapat berdiri dengan stabil dan tidak timbul penurunan (*settlement*) yang terlalu besar, maka pondasi bangunan harus mencapai

lapisan tanah yang cukup padat (tanah keras). Untuk mengetahui letak/kedalaman lapisan tanah padat dan kapasitas daya

dukung tanah (*bearing capacity*) dan daya dukung pondasi yang diizinkan maka perlu dilakukan penyelidikan tanah yang mencakup penyelidikan baik di lapangan

(lokasi/rencana bangunan baru) dan penelitian di laboratorium.

Penyelidikan tanah dilakukan dengan beberapa cara, yakni :

### 1. *Sondir*

Tes sondir dilakukan dengan menggunakan alat sondir yang dapat mengukur nilai perlawanan konus (*Cone Resistance*) dan hambatan lekat (*Local Friction*) secara langsung di lapangan. Hasil penyondiran disajikan dalam bentuk diagram sondir yang memperlihatkan hubungan antara kedalaman sondir di bawah muka tanah dan besarnya nilai perlawanan konus (*qc*) serta jumlah hambatan pelekat (*TF*).

### 2. *Deep boring*

*Deep boring* dilaksanakan dengan menggunakan mesin bor untuk mendapatkan contoh tanah. Pekerjaan *Standar Penetration Test* juga dilakukan pada pekerjaan boring.

### 3. *Standar Penetration Test*

*Standar Penetration Test* dilaksanakan pada lubang bor setelah pengambilan contoh tanah pada setiap beberapa interval kedalaman. Cara uji dilakukan untuk memperoleh parameter perlawanan penetrasi lapisan tanah di lapangan. Parameter tersebut diperoleh dari jumlah pukulan terhadap penetrasi konus yang dapat dipergunakan untuk mengidentifikasi perlapisan tanah. Hasil SPT ini disajikan dalam bentuk diagram pada boring log.

## **2.3 Struktur Bawah (Pondasi)**

Struktur bawah adalah struktur yang seluruh bagiannya berada dalam tanah atau berada di bawah permukaan tanah. Struktur bawah dari suatu bangunan terdiri atas pile cap dan pondasi namun komponen yang lebih dikenal adalah pondasi karena tugasnya lebih berat yaitu memikul beban bangunan di atasnya. Seluruh muatan (beban) dari bangunan, termasuk beban-beban yang bekerja pada bangunan dan berat pondasi sendiri, harus dipindahkan atau diteruskan oleh pondasi ke tanah dasar dengan sebaik-baiknya.

### **2.3.1 Pemilihan jenis struktur bawah (pondasi)**

Menurut (Suyono,1984) Pemilihan jenis struktur bawah 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 di sekitarnya. Yang termasuk dalam batasan ini adalah kondisi lokasi proyek, dimana perlu diingat bahwa pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu ataupun membahayakan bangunan dan lingkungan yang telah ada di sekitarnya.

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.

### 2.3.2 Pengertian Pondasi

Menurut (Gunawan, 1983) pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang berfungsi meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (*upper structure/super structure*) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya. Untuk tujuan itu pondasi bangunan harus diperhitungkan dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban berguna dan gaya-gaya luar, seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain tanpa mengakibatkan terjadi keruntuhan geser tanah dan penurunan (*settlement*) tanah / pondasi yang berlebihan.

(Frick, 2001) menyatakan bahwa pondasi merupakan bagian bangunan yang menghubungkan bangunan dengan tanah yang menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban hidup dan gaya-gaya luar terhadap gedung seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain.

(Bowles, 1997) Pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang ditopang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada dan ke dalam tanah atau bebatuan yang terletak dibawah-Nya.

Fungsi pondasi yaitu :

1. Sebagai kaki bangunan atau alas bangunan,
2. Sebagai penahan bangunan dan meneruskan beban dari atas ke dasar tanah yang cukup kuat,
3. Sebagai penjaga agar kedudukan bangunan tetap stabil (tetap).

### **2.3.3 Macam-macam Pondasi**

Secara umum jenis-jenis struktur bawah (pondasi) menurut Zainal dibagi menjadi 2 bagian, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Yang termasuk pondasi dangkal adalah sebagai berikut :

#### **1. Pondasi Telapak**

Pada umumnya digunakan untuk bangunan rumah tinggal dan gedung bertingkat ringan, yaitu dengan memperlebar bagian bawah kolom atau dinding bawah bangunan sehingga membentuk suatu telapak yang menyebarkan beban bangunan menjadi tegangan yang lebih kecil dari daya dukung tanah yang diizinkan. Jadi pondasi ini berfungsi untuk mendukung bangunan secara langsung pada lapisan tanah. Pondasi telapak ini dapat dibagi dalam empat jenis :

##### **a. Pondasi Telapak Tunggal**

Digunakan untuk memikul sebuah kolom tunggal, tugu, menara, tangki air dan cerobong asap.

##### **b. Pondasi Telapak Menerus**

Digunakan untuk menyangga suatu bangunan yang panjang, seperti dinding penahan tanah dan dinding bangunan .

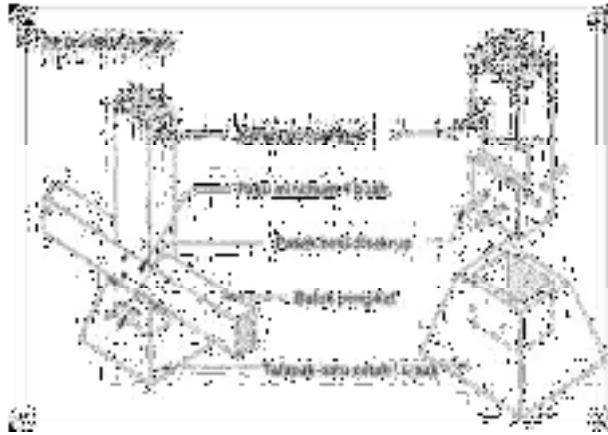
##### **c. Pondasi Telapak Gabungan**

Digunakan untuk menahan beban kolom yang besar dan daya dukung tanahnya relatif kecil.

##### **d. Pondasi Pelat**

Merupakan sebuah pelat beton yang tebal dan menggunakan tulangan atas dan bawah yang menerus. Pondasi ini digunakan untuk bangunan yang didirikan pada tanah yang memiliki daya dukung rendah atau daya dukung kolom yang besar.





Gambar 2.2 Pondasi Telapak

## 2. Pondasi Cakar Ayam

Pondasi cakar ayam digunakan di daerah rawa atau tepatnya pada tanah dengan kapasitas dukung  $1.5 - 3.5 \text{ ton / m}^2$ . Dasar pemikiran pondasi cakar ayam adalah pemanfaatan karakteristik tanah yang tidak dimanfaatkan oleh sistem pondasi lain, yaitu pemanfaatan adanya tekanan tanah pasif. Pondasi ini terdiri dari pelat beton bertulang dengan pipa-pipa beton yang dihubungkan secara monolit. Pelat beton tersebut akan mengapung di atas tanah rawa ataupun tanah lembek. Sedangkan kekakuannya diperoleh dari pipa beton bertulang yang berada di bawahnya yang dapat berdiri tegak akibat tekanan tanah pasif. Jadi fungsi pipa hanyalah sebagai pengaku dan bukannya sebagai penopang seperti halnya pondasi sumuran.

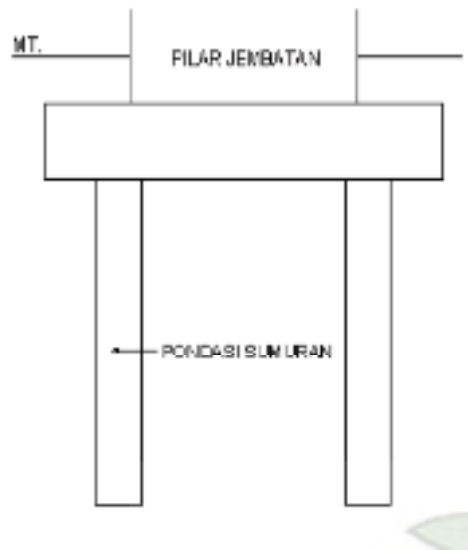
## 3. Pondasi Sarang Laba-laba

Pondasi sarang laba-laba berfungsi untuk memikul beban terpusat / kolom dari struktur atas seperti bangunan bertingkat tiga sampai lima, pabrik, hanggar, Menara transmisi tegangan tinggi dan menara air. Pondasi ini terdiri dari pelat beton tipis, yang di bawahnya dikakukan oleh *rib-rib* tegak.

Sedangkan macam-macam pondasi dalam adalah sebagai berikut :

### 1. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran digunakan untuk kedalaman tanah keras  $2 - 5 \text{ m}$ . Pondasi ini dibuat dengan cara menanam blok-blok beton silinder dengan menggali tanah berbentuk sumuran / lingkaran berdiameter  $> 0.80 \text{ m}$  sampai mencapai tanah keras. Pada bagian atas pondasi diberi *poer* untuk menerima dan meneruskan beban pondasi sumuran secara merata.



Gambar 2.3 Pondasi Sumuran(*H. C. Hardiyatmo, 2002*)

## 2. Pondasi Tiang

Pondasi tiang antara lain dibedakan sebagai berikut :

### a. Pondasi Tiang Kayu

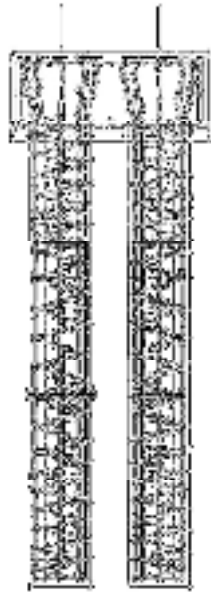
Pondasi ini sangat cocok untuk daerah rawa dan daerah yang banyak terdapat hutan kayu, sehingga mudah memperoleh tiang kayu yang panjang dan lurus dengan diameter cukup besar. Biasanya satu tiang dapat menahan beban sampai 25 ton.

### b. Pondasi Tiang Baja

Kekuatan tiang ini cukup besar sehingga di dalam pengangkutan dan pemancangannya tidak menimbulkan bahaya patah seperti halnya pada tiang pancang beton pracetak. Pemakaiannya sangat bermanfaat apabila diperlukan pondasi tiang yang panjang / dalam dengan tahanan ujung yang besar. Satu-satunya kelemahan yang dimiliki adalah tidak tahan terhadap korosi atau karat.

### c. Pondasi Tiang Beton

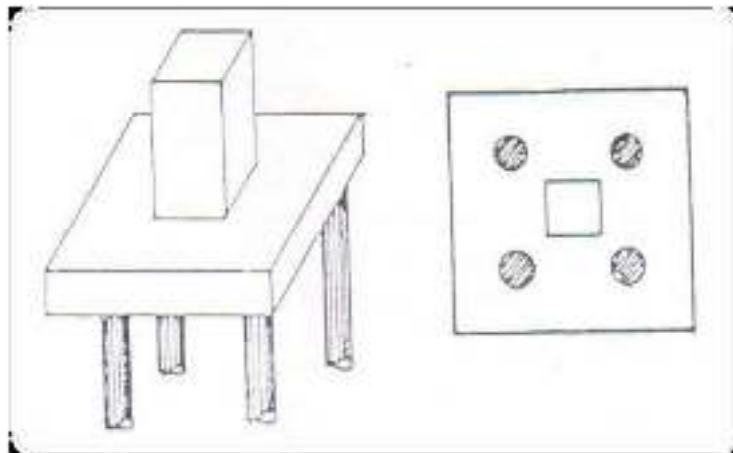
Pondasi ini terdiri atas : Tiang PC, Tiang Mini, Tiang *Franky*, Tiang *Bump*, Tiang Bor, Tiang *Strauss* dan Tiang Mikro. Ke semuanya merupakan tiang beton pracetak.



Gambar 2.4 pondasi tiang bor

### 3. Pondasi Caisson

Pondasi ini digunakan sebagai pondasi dasar bangunan yang dipakai apabila cara penggalian terbuka tidak dimungkinkan karena adanya air naik atau endapan pada dasar pondasi. Selain itu digunakan pula bila daya dukung tidak mencukupi dengan menggunakan pondasi tiang atau penurunan dan getaran memegang peranan dalam pemakaiannya.



Gambar 2.5 Pondasi tiang pancang

#### 2.3.4 Dasar-Dasar Penentuan Jenis Pondasi

Pamungkas menyatakan bahwa dalam pemilihan bentuk dan jenis pondasi yang memadai perlu diperhatikan beberapa hal yang berkaitan dengan pekerjaan pondasi tersebut. Ini karena

tidak semua jenis pondasi dapat digunakan di semua tempat. Misalnya pemilihan jenis pondasi tiang pancang di tempat padat penduduk tentu tidak tepat walaupun secara teknik cocok dan secara ekonomis sesuai dengan jadwal kerjanya.

Beberapa hal yang harus dipertimbangkan dalam penentuan jenis pondasi, yaitu :

#### 1. Keadaan tanah yang akan dipasang pondasi

- a. Bila tanah keras terletak pada permukaan tanah atau 2 – 3 meter di bawah permukaan tanah maka pondasi yang dipilih sebaiknya jenis pondasi dangkal (pondasi jalur atau pondasi tapak) dan pondasi strauss.
- b. tanah keras terletak pada kedalaman hingga kedalaman 10 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang minipile atau pondasi tiang pancang atau pondasi tiang apung untuk memperbaiki tanah pondasi.
- c. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 20 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang biasanya dipakai adalah pondasi tiang pancang atau pondasi bor bilamana tidak boleh menjadi penurunan. bila terdapat batu besar pada lapisan tanah, pemakaian kaison lebih menguntungkan.
- d. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 30 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang dipakai adalah pondasi kaison terbuka tiang baja atau tiang yang dicor di tempat.
- e. Bila tanah keras terletak pada kedalaman hingga 40 meter di bawah permukaan tanah maka jenis pondasi yang dipakai adalah tiang baja dan tiang beton yang dicor di tempat.

#### 2. Batasan – batasan akibat konstruksi di atasnya (*upper structure*)

Kondisi struktur yang berada di atas pondasi juga harus diperhatikan dalam pemilihan jenis pondasi. Kondisi struktur tersebut dipengaruhi oleh fungsi dan kepentingan suatu bangunan, jenis bahan bangunan yang dipakai (mempengaruhi berat bangunan yang ditanggung pondasi) dan seberapa besar penurunan yang diizinkan terjadi pada pondasi.

#### 3. Faktor lingkungan

Faktor lingkungan merupakan faktor yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dimana suatu konstruksi tersebut dibangun. Apabila suatu konstruksi direncanakan menggunakan pondasi jenis tiang pancang, tetapi konstruksi terletak pada daerah padat penduduk, maka pada waktu

pelaksanaan pemancangan pondasi pasti akan menimbulkan suara yang mengganggu penduduk sekitar.

#### 4. Waktu perjalanan

Waktu pelaksanaan pekerjaan pondasi juga harus diperhatikan agar tidak mengganggu kepentingan umum. Pondasi tiang pancang yang membutuhkan banyak alat berat mungkin harus dipertimbangkan kembali apabila dilaksanakan pada jalan raya dalam kota yang sangat padat karena akan menimbulkan kemacetan luar biasa.

#### 5. Biaya

Jenis pondasi juga harus mempertimbangkan besar anggaran biaya konstruksi yang direncanakan, tetapi harus tetap mengutamakan kekuatan dari pondasi tersebut agar konstruksi yang didukung oleh pondasi tetap berdiri dengan aman. Analisis jenis pondasi yang tepat dan sesuai dengan kondisi tanah juga bisa menekan biaya konstruksi. Misalnya konstruksi struktur pada lokasi dimana kondisi tanah bagus dan cukup kuat bila menggunakan pondasi telapak saja tidak perlu direncanakan menggunakan pondasi tiang. Penggunaan pondasi tiang pancang jenis *precast* yang membutuhkan biaya yang tinggi dalam bidang pelaksanaan dan transportasi bisa diganti dengan pondasi tiang yang dicor di tempat dengan spesifikasi pondasi yang sama untuk menekan biaya.

Standar daya dukung tanah menurut Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung tahun 1983 adalah :

1. Tanah keras (lebih dari 5 kg/cm<sup>2</sup>)
2. Tanah sedang (2-5 kg/cm<sup>2</sup>)
3. Tanah lunak (0,5-2 kg/cm<sup>2</sup>)
4. Tanah amat lunak (0-0,5 kg/cm<sup>2</sup>)

Kriteria daya dukung tanah tersebut dapat ditentukan melalui pengujian secara sederhana. Misal pada tanah berukuran 1 cm x 1 cm yang diberi beban 5 kg tidak akan mengalami penurunan atau amblas maka tanah tersebut digolongkan tanah keras.

Ada tiga kriteria yang harus dipenuhi dalam perencanaan suatu pondasi, yakni :

- a. Pondasi harus ditempatkan dengan tepat, sehingga tidak longsor akibat pengaruh luar,
- b. Pondasi harus aman dari ke longoran daya dukung, dan
- c. Pondasi harus aman dari penurunan yang berlebihan.

## **2.4 Pembebanan**

Beban – beban pada struktur gedung dapat terdiri dari beban mati, beban hidup, beban angin, beban gempa, beban air dan beban khusus lainnya seperti beban getaran mesin, beban kejut listrik dan lain – lain. Beban – beban yang direncanakan akan bekerja dalam struktur gedung tergantung dari fungsi ruangan, lokasi, bentuk, kekakuan, massa dan ketinggian gedung itu sendiri. Jenis beban yang akan dipakai dalam perencanaan ini adalah beban hidup (LL), beban mati (DL) dan beban gempa(E).

### **1. Beban Mati (DL)**

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan itu. Beban mati merupakan beban yang intensitasnya tetap dan posisinya tidak berubah selama usia penggunaan bangunan. Biasanya beban mati merupakan dari berat sendiri bangunan itu sendiri sehingga besarnya dapat di hitung sesuai bentuk, ukuran dan berat jenis materialnya.

Beban mati tambahan adalah beban yang berasal dari finishing lantai (keramik, plester), beban dinding dan beban tambahan lainnya. Sebagai contoh, berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) :

1. Beban Finishing (Keramik) = 24 kg/m<sup>2</sup>
2. Plester 2,5 cm (2,5 x 21 kg.m<sup>2</sup>) = 53 kg/m<sup>2</sup>
3. Beban ME = 25 kg/m<sup>2</sup>
4. Beban plafon dan penggantung = 18 kg/m<sup>2</sup>
5. Beban dinding = 250 kg/m<sup>2</sup>

### **2. Beban Hidup**

Beban hidup merupakan beban yang dapat berpindah tempat, dapat bekerja penuh atau tidak sama sekali. Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu bangunan, dan didalam-Nya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari bangunan dan dapat diganti selama masa hidup dari bangunan itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap bangunan tersebut. Khusus untuk atap yang dianggap beban hidup termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik

akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh butiran air. Beban hidup tidak termasuk beban angin dan beban gempa.

Beban hidup berdasarkan fungsi ruangan dari Tabel 3.1 Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983) :

1. Parkir = 400 kg/m<sup>2</sup>
2. Parkir lantai bawah = 800 kg/m<sup>2</sup>
3. Lantai kantor = 250 kg/m<sup>2</sup>
4. Lantai sekolah = 250 kg/m<sup>2</sup>
5. Ruang pertemuan = 400 kg/m<sup>2</sup>
6. Ruang dansa = 500 kg/m<sup>2</sup>
7. Lantai olahraga = 400 kg/m<sup>2</sup>
8. Tangga dan bordes = 300 kg/m<sup>2</sup>

## **2.5 Pondasi Bored Pile (Tiang bor)**

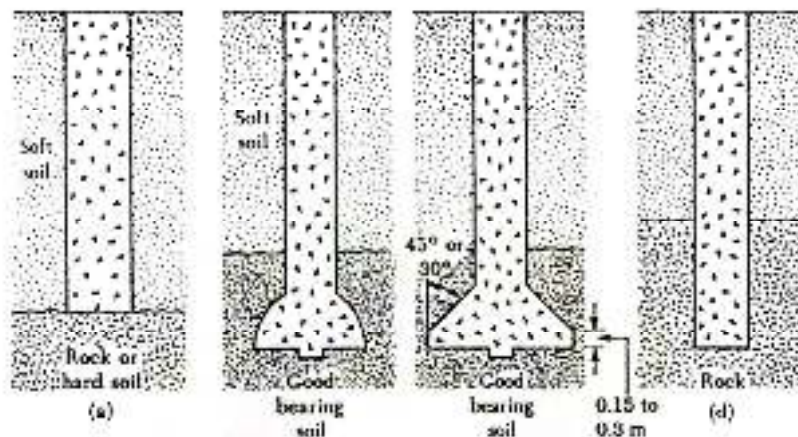
Pondasi berfungsi untuk meneruskan/mendistribusikan beban dari super struktur ke tanah agar keseluruhan bangunan dapat berdiri kokoh di atas tanah. Sedangkan pondasi bored pile digunakan untuk menjaga kestabilan lereng dinding penahan tanah termasuk pada pondasi bangunan ringan yang dibangun di atas tanah lunak serta struktur yang membutuhkan gaya lateral yang cukup besar. Pondasi *bored pile* digunakan apabila tanah dasar yang kokoh yang mempunyai daya dukung besar terletak sangat dalam, yaitu kurang lebih 15 m. Pondasi tiang suatu konstruksi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan cara menyerap lenturan. Pondasi tiang dibuat dengan satu kesatuan yang monolot dengan menyatukan pangkal tiang yang terdapat di bawah konstruksi, dengan tumpuan pondasi (*Nakazawa. K, 1983*). Perencanaan pondasi bored pile mencakup rangkaian kegiatan yang dilaksanakan dengan berbagai tahap yang meliputi studi kelayakan dan perencanaan teknis, semua itu dilakukan supaya menjamin hasil akhir suatu konstruksi yang kuat, aman serta ekonomis.

Daya dukung *bored pile* diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yang diperoleh dari tekanan ujung tiang dan daya dukung geser yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya *adhesi* antara bored pile dan tanah di sekelilingnya. *Bored pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan daya dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Untuk menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan

suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Ada dua metode yang biasa digunakan dalam penentuan kapasitas daya dukung *bored pile* yaitu dengan menggunakan metode statis dan metode dinamis. Tiang ini biasanya dipakai pada tanah yang stabil dan kaku, sehingga memungkinkan untuk membentuk lubang yang stabil dengan alat bor. Jika tanah mengandung air, pipa besi dibutuhkan untuk menahan dinding lubang dan pipa ini ditarik ke atas pada waktu pengecoran beton. Pada tanah yang keras atau batuan lunak, dasar tiang dapat dibesarkan untuk menambah tahanan daya dukung ujung tiang.

Ada berbagai jenis pondasi bore pile yaitu:

1. Bore pile lurus untuk tanah keras;
2. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk bel;
3. Bore pile yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium;
4. Bore pile lurus untuk tanah berbatu-batuan.



Gambar 2.30 Jenis-jenis Bored Pile (sumber: Braja M. Das,1941)

Ada beberapa jenis alat dan metode pengerjaan bor pile namun pada dasarnya sama diantara-Nya

1. Bored Pile mini crane

Dengan alat bored pile mesin ini bisa dilaksanakan pengeboran dengan pilihan diameter 30 cm,40 cm,50 cm ,60 cm hingga 80 cm. Metode bored pile menggunakan sistem wet boring (bor basah),dibutuhkan air yang cukup untuk mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan sehingga sumber air harus diperhatikan jika menggunakan alat bor pile ini.





Gambar 2.31 Pembuatan bored pile mini crane

*(Sumber: [www.arsitur-pengertian-pondasi-bored-pile.com](http://www.arsitur-pengertian-pondasi-bored-pile.com))*

## 2. Bored Pile Gawangan

Alat bor pile ini memiliki sistem kerja yang mirip dengan bored pile mini crane, perbedaan hanya pada desain sasis dan tiang tempat gearbox, kemudian juga diperlukan tambang pada kanan dan kiri alat yang dikaitkan ke tempat lain agar menjaga keseimbangan alat selama pengeboran.



Gambar 2.32 Bored pile gawangan  
(Sumber: [www.arsitur-pengertian-pondasi-bored-pile.com](http://www.arsitur-pengertian-pondasi-bored-pile.com))

### 3. Bored Pile Manual / Strauss Pile

Alat strauss pile ini menggunakan tenaga manual untuk memutar mata bornya, menggunakan metode bor pile kering (dry boring). Alat bor pile manual yang simpel, ringkas dan mudah dioperasikan serta tidak bising saat pengerjaan menjadikan cara ini banyak digunakan di berbagai proyek seperti perumahan, pabrik, gudang, pagar dll. Kekurangannya terbatasnya pilihan diameter yakni hanya 20 cm, 25 cm, 30 cm dan 40 cm. Tentu saja karena ini berhubungan dengan tenaga penggerak yang hanya tenaga manusia. Jadi cara ini kebanyakan digunakan untuk bangunan yang tidak begitu berat.



Gambar 2.33

### Bored pile manual

(Sumber: [www.arsitur-pengertian-pondasi-bored-pile.com](http://www.arsitur-pengertian-pondasi-bored-pile.com))

Ditinjau dari segi pelaksanaannya pondasi bore pile dapat dibedakan menjadi 3 macam sistem, yaitu :

#### 1. Sistem *Augering*

Pada sistem ini selain augernya sendiri, untuk kondisi lapangan pada tanah yang mudah longsor diperlukan casing atau bentonite slurry sebagai penahan longsor. Penggunaan bentonite slurry untuk kondisi lapisan tanah yang permeabilitynya besar tidak disarankan, karena akan membuat bentonite slurry menjadi banyak dan mengakibatkan terjadinya perembesan melalui lapangan permeable tersebut.

#### 2. Sistem *Grabbing*

Pada penggunaan sistem ini diperlukan casing (continuous semirotary motion casing) sebagai penahan ke longsor. Casing tersebut dimasukkan ke dalam tanah dengan cara ditekan sambil diputar. Sistem ini sebenarnya cocok untuk semua kondisi tanah, tetapi yang paling sesuai adalah kondisi tanah yang sulit ditembus.

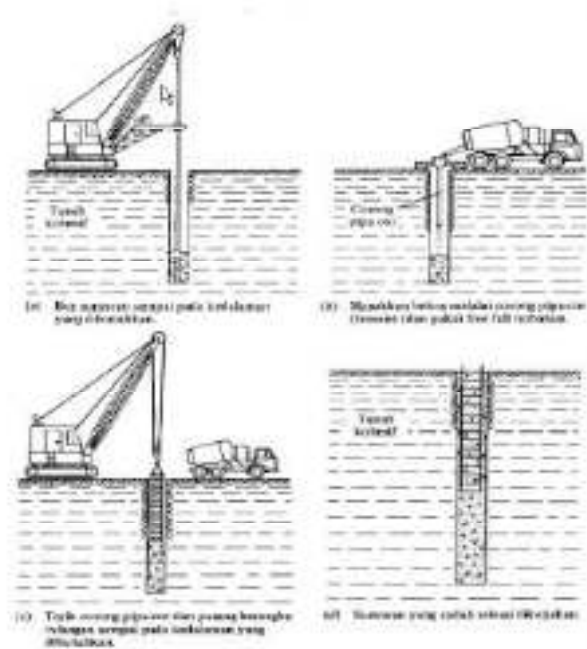
#### 3. Sistem *Wash Boring*

Pada sistem ini diperlukan casing sebagai penahan ke longsor dan juga pompa air untuk sirkulasi airnya yang dipakai untuk pengeboran. Sistem ini cocok untuk kondisi tanah pasir lepas. Untuk jenis bore pile ini perlu diberikan tambahan tulangan praktis untuk penahan gaya lateral yang terjadi. Penulangan minimum 2% dari luas penampang tiang.

Pada saat ini ada tiga metode dasar pengeboran (jika diperlukan perpaduan dari ketiganya), yaitu :

## 1. Metode Kering

Pertama sumuran digali (dan dasarnya dibentuk lonceng jika perlu). Kemudian sumuran diisi sebagian dengan beton dan kerangka tulangan dipasang dan setelah itu sumuran telah selesai dikerjakan. Harap diingat bahwa kerangka tulangan tidak boleh dimasukkan sampai mencapai dasar sumuran karena diperlukan pelindung beton minimum, tetapi kerangka tulangan boleh diperpanjang sampai akhir mendekati kedalaman penuh dari pada hanya mencapai kira – kira setengahnya saja. Metode ini membutuhkan tanah tempat proyek yang tak berlekuk (kohesif) dan permukaan air di bawah dasar sumuran atau jika permeabilitasnya cukup rendah, sumuran bisa digali (mungkin juga dipompa) dan dibeton sebelum sumuran terisi air cukup banyak sehingga bisa mempengaruhi kekuatan beton.

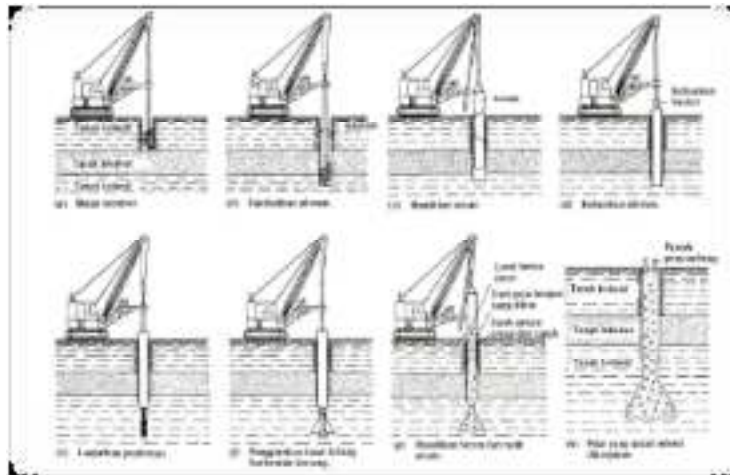


Gambar 2.34 Metode kering konstruksi pilar yang dibor

## 2. Metode Acuan

Pada metode ini, acuan dipakai pada tempat-tempat proyek yang mungkin terjadi lekukan atau deformasi lateral yang berlebihan terhadap rongga sumur (*shaft cavity*). Metode ini juga dipakai sebagai sambungan-perapat (*seal*) lubang terhadap masuknya air tanah tetapi hal ini membutuhkan lapisan tanah yang tak bisa ditembus (kedap) air di bawah daerah lekukan tempat acuan bisa dipasang (disok). Perlu kita ingat bahwa sebelum casing dimasukkan, suatu adonan spesi encer (*slurry*) digunakan untuk mempertahankan lubang. Setelah acuan dipasang, adonan dikeluarkan dan sumur diperdalam hingga pada kedalaman yang diperlukan dalam keadaan

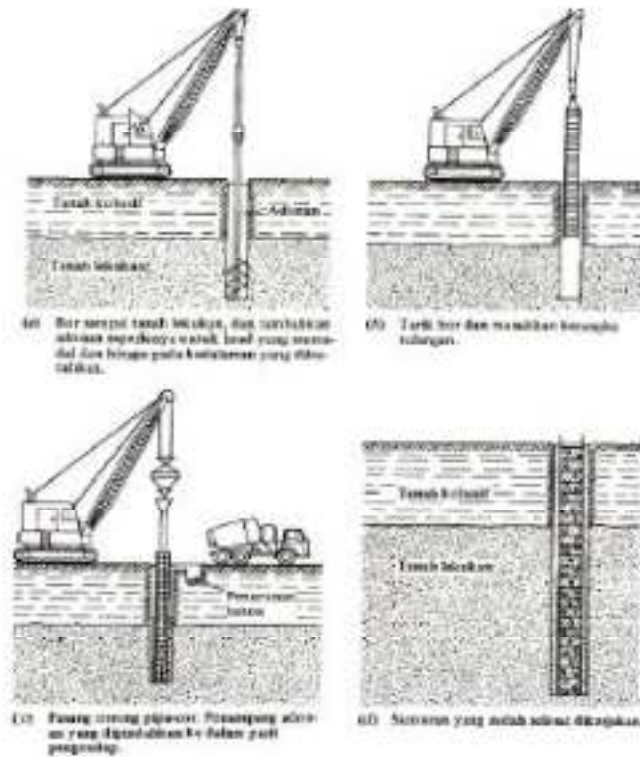
kering. Bergantung pada kebutuhan site dan proyek, sumuran di bawah acuan akan dikurangi paling tidak sampai ID acuan kadang-kadang 25 sampai pada 50 mm kurangnya untuk jarak ruang bor tanah (*auger*) yang lebih baik. Acuan bisa saja ditinggalkan dalam sumuran atau bisa juga dikeluarkan jika dibiarkan di tempat, maka ruangan melingkar antara OD acuan dan tanah (yang diisi dengan adonan atau lumpur hasil pengeboran) diganti dengan adukan encer (*grout*) maka adonan akan dipindahkan ke atas puncak sehingga rongga tersebut diisi dengan adukan encer. Gambar 2.35 memperlihatkan rangkaian pekerjaan dengan metode acuan.



Gambar 2.35 Metode acuan konstruksi pilar yang dibor

### 3. Metode Adonan

Metode ini bisa diterapkan pada semua keadaan yang membutuhkan acuan. Hal ini diperlukan jika tidak mungkin mendapatkan penahan air (*water seal*) yang sesuai dengan acuan untuk menjaga agar air tidak masuk ke dalam rongga sumuran (*shaft cavity*).



Gambar 2.36 Metode adonan konstruksi pilar yang dibor

Ada beberapa alasan digunakannya pondasi bore pile dalam konstruksi :

1. Bore pile tunggal dapat digunakan pada tiang kelompok atau pile cap
2. Kedalaman tiang dapat divariasikan
3. Bore pile dapat didirikan sebelum penyelesaian tahapan selanjutnya
4. Ketika proses pemancangan dilakukan, getaran tanah akan mengakibatkan kerusakan pada bangunan yang ada di dekatnya, tetapi dengan penggunaan pondasi bore pile hal ini dapat dicegah
5. Pada pondasi tiang pancang, proses pemancangan pada tanah lempung akan membuat tanah bergelombang dan menyebabkan tiang pancang sebelumnya bergerak ke samping. Hal ini tidak terjadi pada konstruksi pondasi bore pile
6. Selama pelaksanaan pondasi bore pile tidak ada suara yang ditimbulkan oleh alat pancang seperti yang terjadi pada pelaksanaan pondasi tiang pancang
7. Karena dasar dari pondasi bore pile dapat diperbesar, hal ini memberikan ketahanan yang besar untuk gaya ke atas
8. Permukaan di atas dimana dasar bore pile didirikan dapat diperiksa secara langsung

9. Pondasi bore pile mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap beban lateral

Beberapa kelemahan dari pondasi bore pile :

1. Keadaan cuaca yang buruk dapat mempersulit pengeboran dan pengecoran, dapat diatasi dengan cara menunda pengeboran dan pengecoran sampai keadaan cuaca memungkinkan atau memasang tenda sebagai penutup.
2. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah berkerikil maka menggunakan bentonite sebagai penahan longsor.
3. Pengecoran beton sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik maka diatasi dengan cara ujung pipa tremie berjarak 25-50 cm dari dasar lubang pondasi.
4. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tanah terhadap tiang, maka air yang mengalir langsung dihisap dan dibuang kembali ke dalam kolam air.
5. Akan terjadi tanah runtuh (ground loss) jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang casing untuk mencegah ke longSORan.
6. Karena diameter tiang cukup besar dan memerlukan banyak beton dan material untuk pekerjaan kecil mengakibatkan biayanya sangat melonjak maka ukuran tiang bore disesuaikan dengan beban yang dibutuhkan.
7. Walaupun penetrasi sampai ke tanah pendukung pondasi dianggap telah terpenuhi, kadang-kadang terjadi bahwa tiang pendukung kurang sempurna karena adanya lumpur yang tertimbun di dasar, maka dipasang pipa paralon pada tulangan bore pile untuk pekerjaan base grouting.

Adapun cara pembuatan bored pile ada tiga macam, yaitu :

1. Bor kering

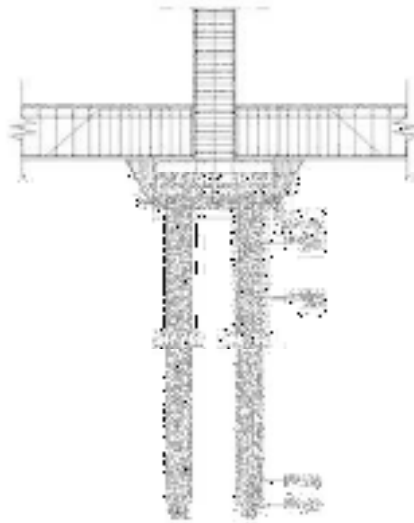
Pengerjaannya menggunakan mata bor biasa (spiral plat) yang diputar sambil dimasukkan ke dalam tanah dengan menggunakan alat *bored pile mini crane*, yang terdiri atas mesin diesel dan mata as yang sudah diatur dan dikendalikan, lalu kaki tripod sebagai penyangga untuk menaikkan dan menurunkan mata bor.

2. Bor basah

Sistem ini memerlukan pompa air untuk sirkulasi dan airnya yang dipakai untuk pengeboran. Persediaan air harus cukup untuk mencapai kedalaman pengeboran yang direncanakan.

### 3. Strauss pile

*Strauss pile*/bor mini adalah pekerjaan pembuatan pondasi dengan cara tanah dibor secara manual atau penggerak mata bornya digerakkan oleh tenaga manusia. Pondasi ini digunakan pada kondisi tanah lunak/buruk yang mana letak tanah kerasnya jauh di bawah permukaan tanah. Pondasi ini biasanya digunakan pada bangunan rumah tinggal sederhana hingga rumah tinggal 2 lantai. Kedalaman berkisar antara 2 – 8 m. Ukurannya berkisar antara diameter 20-40 cm. Di atasnya terdapat blok beton/*pile cap* untuk mengikat kolom dengan sloof.



Gambar 2.37 Pondasi Bor Mini/Strauss Pile (*sumber: www.boredpile.co.id*)

#### 2.5.1 Perencanaan dan Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Berdasarkan Data Sondir

Di antara perbedaan tes di lapangan, sondir atau *cone penetration test* (CPT) sering kali sangat dipertimbangkan berperan dari geoteknik. CPT atau sondir merupakan tes yang cepat, sederhana, ekonomis, dan tes sondir dapat dipercaya di lapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah dasar. CPT atau sondir dapat juga mengklasifikasikan lapisan tanah dan dapat memperkirakan

kekuatan dan karakteristik dari tanah. Di dalam perencanaan pondasi tiang, data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) tiang sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari pondasi tiang.



Untuk Perencanaan pondasi perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data hasil pengujian sondir dihitung dengan menggunakan metode *Aoki dan De Alencer*.

### 1. Daya Dukung Ultimit Tiang

Di antara perbedaan tes di lapangan, sondir atau *cone penetration test* (CPT) sering kali sangat dipertimbangkan berperan dari geoteknik. CPT atau sondir merupakan tes yang cepat, sederhana, ekonomis, dan tes sondir dapat dipercaya di lapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah dasar. CPT atau sondir dapat juga mengklasifikasikan lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah. Di dalam perencanaan pondasi tiang, data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) tiang sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari pondasi tiang.

Untuk Perencanaan pondasi perhitungan daya dukung tiang berdasarkan data hasil pengujian sondir dihitung dengan menggunakan metode *Aoki dan De Alencer*.

#### a. Metode Aoki dan De Alencer

Untuk daya dukung ultimit pondasi tiang menggunakan metode ini dinyatakan dengan rumus :

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (2.1)$$

$$Q_b = q \cdot A_p \quad (2.2)$$

$$Q_s = A_s \cdot F_s \quad (2.3)$$

Dimana :

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung tiang (kg)

$Q_b$  = Kapasitas daya dukung ujung tiang (kg)

$Q_s$  = Kapasitas daya dukung gesekan tiang (kg)

$q_b$  = Tahanan ujung sondir (kg/cm)

$A_p$  = Luas penampang tiang (cm)  $A_s$  = Luas selimut tiang (cm<sup>2</sup>)

$F_s$  = Tahanan gesekan tiang berdasarkan data sondir (kg)

Aoki dan De Alencer mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data sondir. Kapasitas dukung ujung persatuan luas ( $q_b$ ) diperoleh sebagai berikut:

$$q_b = \frac{q_{ca}(base)}{F_b} \quad (2.4)$$

Dimana :

$q_c(base)$  = perlawanan konus rata-rata 1,5 D di atas ujung tiang sampai 1,5 D di bawah ujung tiang

Tabel 2.2. Faktor Empirik  $F_b$

<b>Tipe Tiang Pancang</b>	<b>Fb</b>
Bored Pile	3,5
Baja	1,75
Beton Praktakan	1,75

Perhitungan kapasitas daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ), didapat dari perkalian antara:

$$A_s = \pi \times \text{diameter tiang} \times \text{tinggi tiang} \quad (2.5)$$

$$F_s = 0,012 \times q_s \quad (2.6)$$

Dimana :

$q_s$  = Nilai rata-rata hambatan pelekak konus

Besarnya beban yang bekerja atau kapasitas ijin tiang bor dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan maka nilai ultimit ( $Q_u$ ) dibagi dengan faktor keamanan yang sesuai. Variasi faktor keamanan yang digunakan untuk pondasi tiang bor maupun tiang pancang sangat tergantung pada jenis tanah yang ditentukan berdasarkan data laboratorium yaitu:

a. Untuk dasar tiang bor yang dibesarkan dengan diameter  $d < 2$  m, maka

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} \quad (2.7)$$

b. Untuk dasar tiang bor tanpa pembesaran di bawah, maka:

$$Q_a = \frac{Q_u}{2} \quad (2.8)$$

c. Untuk tiang bor dengan diameter lebih dari 2 meter, kapasitas tiang bor perlu dievaluasi dengan pertimbangan terhadap penurunan tiang.

## b. Metode Meyerhoff

Untuk daya dukung ultimit pondasi tiang menggunakan metode ini dinyatakan dengan rumus :

$$Q_u = (q \cdot A_p) + (JHL \cdot K_{11}) \quad (2.9)$$

Dimana :

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung ultimit tiang

$q_c$  = Tahanan ujung sondir

$A_p$  = Luas penampang tiang

JHL = Jumlah hambatan lekat

$K_{11}$  = Keliling tiang

Adapun daya dukung ijin pondasi menggunakan metode ini dinyatakan dengan rumus:

$$Q_a = \frac{(q_c \cdot A_p)}{3} + \frac{(JHL \cdot K_{11})}{5} \quad (2.10)$$

## 2. Daya Dukung Ijin Untuk Kelompok Tiang

Jarang terjadi bahwa suatu bangunan hanya cukup menggunakan sebuah tiang tunggal, biasanya tiang dipasang dalam kelompok seperti misalnya dalam hal tiang- tiang yang menyangga suatu bangunan, maka biasanya suatu pondasi merupakan kelompok yang terdiri lebih dari satu tiang. Kelompok tiang ini secara bersama-sama memikul beban tersebut.

Daya dukung sebuah tiang dalam kelompok adalah sama dengan daya dukung tiang tersebut dikalikan faktor efisiensi :

$$Q_{pg} = E_g \cdot n \cdot Q_u \quad (2.11)$$

Dimana :

$Q_{pg}$  = daya dukung yang diizinkan untuk kelompok tiang (ton)

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang

$n$  = Jumlah tiang

$Q_u$  = Daya dukung ultimit untuk tiang tunggal (kg)

- Menghitung efisiensi dari sebuah kelompok tiang ( $E_g$ )

Rumus yang digunakan untuk menghitung efisiensi dari sebuah kelompok tiang adalah tiang adalah diambil dari rumus *Converse Labarre*, yaitu:

$$Eg = 1 - \theta \left\{ \frac{(n-1).m+(m-1).n}{90.m.n} \right\} \quad (2.12)$$

Dimana:

m = Jumlah barisan tiang

n = Jumlah tiang per baris

$\theta = -1$  (dalam derajat)

S = Jarak tiang pusat ke pusat (m)

## 2.5.2 Penulangan Pondasi Bored Pile

Jika dimensi/penampang pondasi ditentukan oleh gaya aksial/berat bangunan yang dipikul masing-masing kolom, maka penulangan pondasi ditentukan oleh gaya momen dan gaya geser yang bekerja pada pondasi tersebut. Dengan perhitungannya sebagai berikut.

### 1. Hitung Tulangan Utama :

Untuk menentukan presentasi tulangan kolom menggunakan grafik interaksi kolom dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menentukan momen nominal ( $M_n$ )

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (2.13)$$

Dimana:

$\phi$  = faktor reduksi kekuatan tekan dengan tulangan spiral 0,70

$M_n$  = Momen nominal yang bekerja

$M_u$  = Momen maksimum yang bekerja pada tiang

2. Menghitung  $\rho_{min}$ ,  $\rho$  dan  $\rho_{max}$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{F_y} \quad (2.14)$$

$$\rho_b = \frac{0.85 \times \beta \times F_c'}{F_y} \cdot \left( \frac{600}{600 + F_y} \right) \quad (2.15)$$

$$\rho = 0.75(\rho_b) \quad (2.16)$$

Dimana :

$\rho_{min}$  = rasio tulangan minimum

$\rho_b$  = rasio tulangan seimbang (*balance*)

$\rho_{max}$  = rasio tulangan maksimum

3. Menghitung  $\rho$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2m.Rn)}{F_y}} \right) \quad (2.17)$$

$$m = \frac{F_y}{0.85F_c'} \quad (2.18)$$

$$Rn = \frac{Mn}{bd^2} \quad (2.19)$$

Dimana :

$\rho$  = rasio tulangan yang digunakan

4. Menghitung Luas Tulangan

$$As = \rho \times b \times d \quad (2.20)$$

$$As_{tul} = \frac{1}{4} \pi^2 (\text{diameter tulangan}) \quad (2.21)$$

Dimana :

As = luas tulangan yang dipakai

B = diameter pondasi

d = lebar efektif pondasi

As tul. = Luas tulangan

5. Menghitung jumlah tulangan

$$n \frac{As}{As_{tulangan}} \quad (2.22)$$

Dimana :

$n$  = jumlah tiang yang digunakan

## 2. Jumlah tiang yang diperlukan

Perhitungan jumlah tiang yang diperlukan pada suatu titik kolom menggunakan beban aksial dengan kombinasi beban DL + LL (beban tak ter faktor).

Jumlah tiang yang diperlukan dihitung dengan membagi gaya aksial yang terjadi dengan daya dukung tiang.

$$np = \frac{P}{P_{all}} \quad (2.23)$$

Dimana:

$np$  = jumlah tiang

$P$  = gaya aksial yang terjadi

$P_{all}$  = daya dukung ijin tiang.

## 2.6 Pondasi Telapak

Secara garis besar, pondasi telapak dapat dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu:

### 1. Pondasi telapak dinding

Pondasi dinding sering juga disebut pondasi lajur. Pondasi ini bertugas mendukung dinding, baik yang menumpu secara konsentris ataupun tidak (lihat Gambar 2.23). Pelimpahan beban kepada pondasi telapak dinding pada umumnya konsentris, kecuali pondasi untuk dinding penahan tanah.



Gambar 2.38 Pondasi Telapak dinding

### 2. Pondasi telapak tunggal

Pondasi telapak tunggal sering disebut dengan fondasi kolom tunggal, artinya setiap kolom mempunyai pondasi sendiri-sendiri. Untuk menjamin keseimbangan dan efisiensi umumnya pondasi telapak tunggal dapat berbentuk bujur sangkar, lingkaran, dan persegi panjang (lihat Gambar 2.19).



Gambar 2.39. Fondasi Telapak Tunggal

### 3. Pondasi telapak gabungan

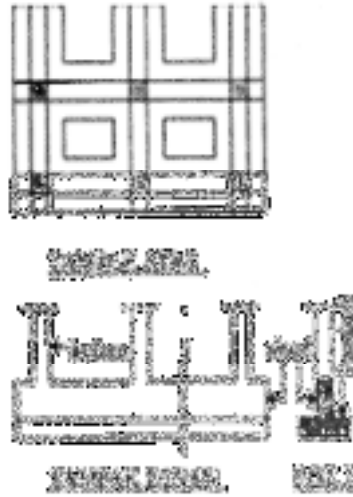
Jika letak kolom relatif dekat, fondasinya digabung menjadi satu. Pondasi ini memikul beban-beban melalui dua atau lebih kolom-kolom. Bentuk atau tipe pondasi berupa persegi panjang atau trapesium atau kantilever (lihat Gambar 2.20).



Gambar 2.40. Pondasi Telapak gabungan

### 4. Pondasi telapak menerus

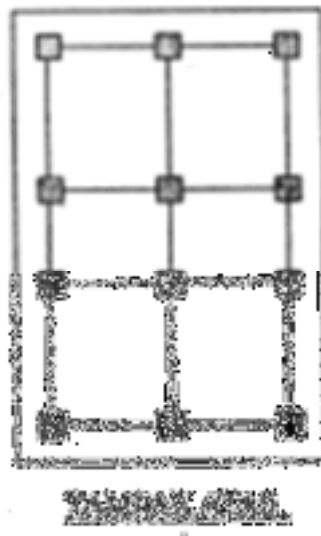
Jika letak kolom berdekatan dan daya dukung tanah relatif kecil, lebih baik dibuat pondasi telapak menerus. Agar kedudukan kolom lebih kokoh dan kuat, maka antara kolom satu dengan yang lainnya dijepit oleh balok sloof. Balok sloof dicor bersamaan dengan pondasi. (lihat Gambar 2.21)



Gambar 2.41. Pondasi Telapak menerus

#### 5. Pondasi mat

Pondasi mat sering juga disebut fondasi pelat, dipasang di bawah seluruh bangunan, dengan telapak sangat luas dan mendukung semua kolom dan dinding struktur bangunan. Umumnya digunakan apabila bangunan harus didirikan di atas tanah dasar lembek atau dengan kata lain karena daya dukung tanahnya sangat kecil. (lihat Gambar 2.22)

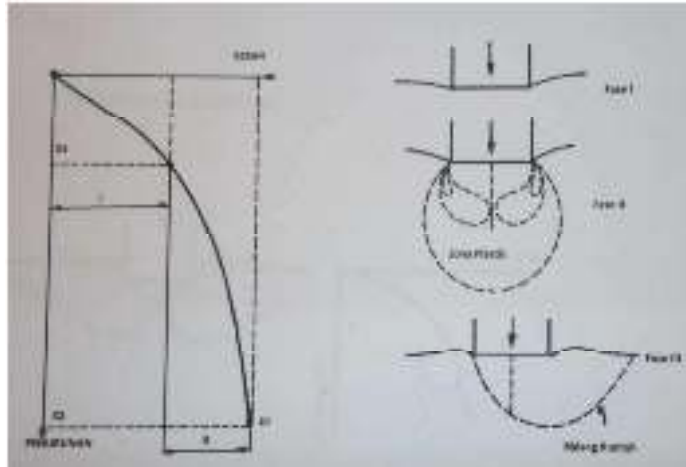


Gambar 2.42. Fondasi mat



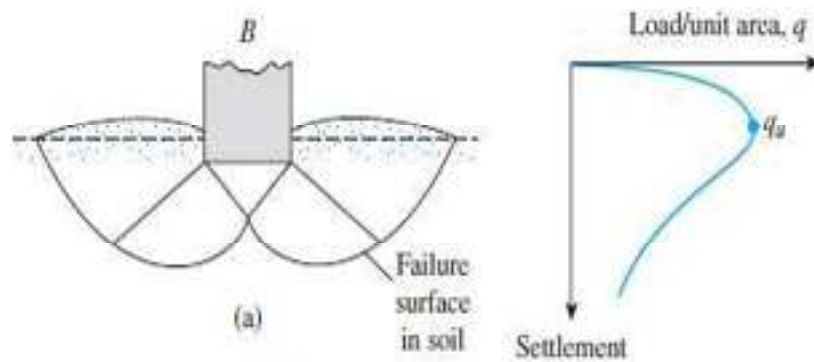
## 2.6.1 Daya Dukung Tanah untuk Pondasi Dangkal

### 1. Tipe Keruntuhan Pondasi



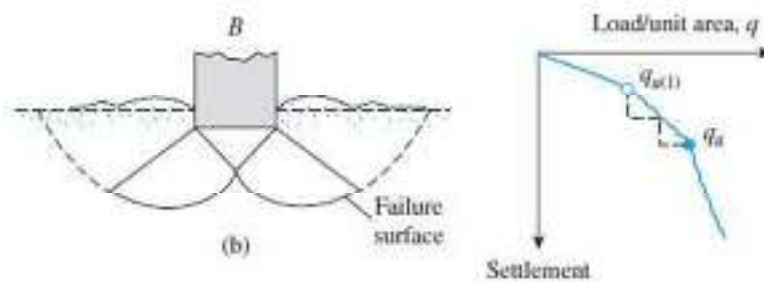
Gambar 2.43. Fase-fase keruntuhan pondasi ( Sumber: Hardiyatmo, 1996)

a. Keruntuhan geser umum



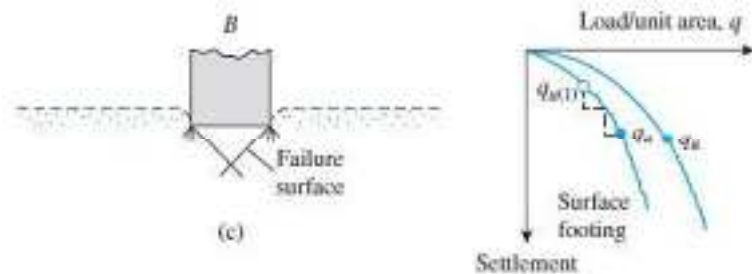
Gambar 2.44. Keruntuhan geser umum pondasi

b. Keruntuhan geser lokal



Gambar 2.45 Keruntuhan geser lokal

c. Keruntuhan penetrasi



Gambar 2.46. Keruntuhan geser penetrasi

Menurut Conduto (1994) :

- Pondasi pada pasir padat cenderung runtuh pada keruntuhan geser umum. Dalam hal ini, pasir padat adalah pasir yang mempunyai keruntuhan relatif  $Dr > 67\%$ .
- Pondasi pada pasir tidak padat sampai pada kepadatan sedang ( $30\% < Dr < 67\%$ ), cenderung runtuh pada keruntuhan geser local.
- Pondasi pada pasir sangat longgar ( $Dr < 30\%$ ), runtuh menurut model keruntuhan penetrasi.

## 5. Teori Daya Dukung Tanah

Analisis daya dukung tanah mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur yang terletak di atasnya. Daya dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah di sepanjang bidang-bidang gesernya.

Persyaratan yang harus dipenuhi dalam perancangan pondasi:

1. Faktor aman terhadap keruntuhan akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah harus dipenuhi. Dalam hitungan kapasitas daya dukung, umumnya digunakan faktor aman 3.
2. Penurunan pondasi harus masih dalam batas-batas nilai yang ditoleransikan.

Analisis-analisis kapasitas 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 yang bersifat plastis. Konsep ini pertama kali dikenalkan oleh Prandtl (1921), yang kemudian dikembangkan oleh Terzaghi (1943),

Meyerhof (1955), De Beer dan Vesic (1958) dan lain-lainnya.

## 6. Analisis Daya Dukung Terzaghi

Terzaghi (1943) melakukan analisis kapasitas daya dukung tanah dengan beberapa anggapan, sebagai berikut:

1. Pondasi berbentuk memanjang tak terhingga
2. Tanah di bawah dasar pondasi homogen
3. Berat tanah di atas dasar pondasi digantikan dengan beban terbagi rata sebesar  $p_o = D_f \gamma$ , dengan  $D_f$  adalah kedalaman dasar pondasi dan  $\gamma$  adalah berat volume tanah di atas dasar pondasi.
4. Tahanan geser tanah di atas dasar pondasi diabaikan
5. Dasar pondasi kasar
6. Bidang keruntuhan terdiri dari lengkung spiral logaritma dan linear
7. Baji tanah yang berbentuk di dasar pondasi dalam kedudukan elastis dan bergerak sama-sama dengan dasar pondasi.
8. Pertemuan antara sisi baji dan dasar pondasi membentuk sudut sebesar sudut gesek dalam tanah  $\varphi$
9. Berlaku prinsip superposisi.

Superposisi yang didapat dari penurunan rumus yaitu jika pengaruh- pengaruh kohesi, beban terbagi rata, dan berat volume tanah, semua diperhitungkan, maka akan diperoleh:

$$q_u = q_c + q_q + q_\gamma \quad (2.24)$$

Dari sini diperoleh persamaan umum kapasitas daya dukung Terzaghi untuk pondasi memanjang:

$$q_u = c N_c + p_o N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma \quad (2.25)$$

dengan:

$q_u$  = kapasitas daya dukung ultimit untuk pondasi memanjang (kN/m<sup>2</sup>)

$c$  = kohesi (kN/m<sup>2</sup>)

$D_f$  = kedalaman pondasi (m)

$\gamma$  = berat volume tanah (m)

$p_o$  =  $D_f$

$\gamma$  = tekanan overburden pada dasar pondasi ( $\text{kN/m}^2$ )

Persamaan (2.25) diturunkan dengan anggapan bahwa jenis keruntuhan tanah di bawah pondasi adalah keruntuhan geser menyeluruh (General shear failure). Untuk kondisi keruntuhan geser setempat (local shear failure) kita dapat menganggap bahwa:

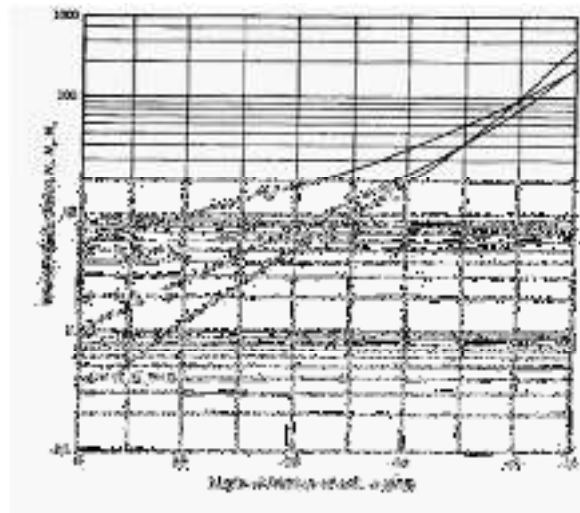
$$c' = \frac{2}{3}c \quad (2.26)$$

$$\tan \varphi' = \frac{2}{3} \tan \varphi \quad (2.27)$$

Persamaan umum untuk daya dukung ultimit pada pondasi memanjang pada kondisi keruntuhan geser local, dinyatakan oleh:

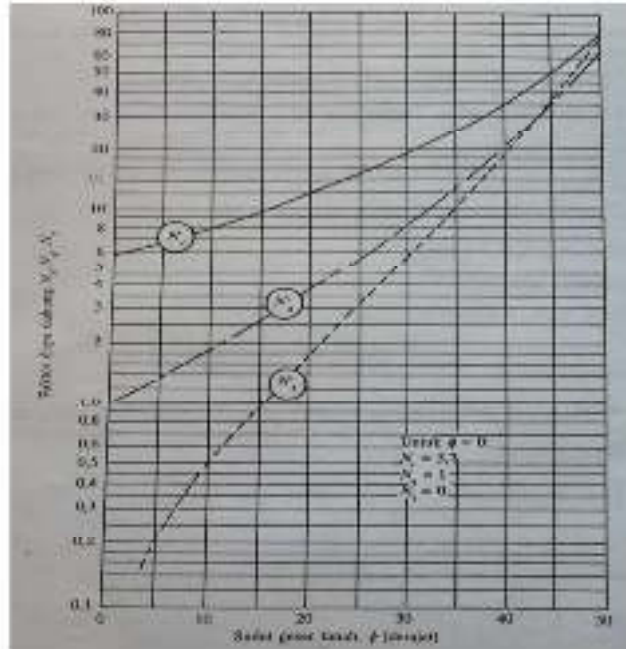
$$q_u = \frac{2}{3} c N_c' + p_o N_q' + 0,5\gamma B N_\gamma' \quad (2.28)$$

Nilai-nilai faktor-faktor kapasitas daya dukung  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  dan  $N_c'$ ,  $N_q'$ ,  $N_\gamma'$  dapat dilihat pada Gambar 2.47, Gambar 2.48 dan Tabel 2.2.



Gambar 2.47. Faktor daya dukung untuk keruntuhan geser menyeluruh menurut Terzaghi

(Sumber: Braja M.Das, 1994)



Gambar 2.48 Faktor daya dukung untuk keruntuhan geser setempat menurut Terzaghi  
(Sumber: Braja M. Das, 1994)

Tabel 2.2 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung Terzaghi (Hardiyatmo,1994)

$\phi$	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c'$	$N_q'$	$N_\gamma'$
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

**a. Pengaruh bentuk pondasi**

Persamaan kapasitas daya dukung di atas hanya berlaku untuk menghitung kapasitas daya dukung ultimit pondasi memanjang. Untuk pondasi yang lain Terzaghi memberikan pengaruh

faktor bentuk terhadap kapasitas daya dukung sebagai berikut:

i. Pondasi bujur sangkar:

$$q_u = 1,3 cN_c + p_o N_q + 0,4 \gamma BN_\gamma \quad (2.29)$$

ii. Pondasi lingkaran:

$$q_u = 1,3 cN_c + p_o N_q + 0,3 \gamma BN_\gamma \quad (2.30)$$

iii. Pondasi empat persegi panjang

$$q_u = cN_c(1 + 0,3B/L) + p_o N_q + 0,5 \gamma BN_\gamma(1 + 0,2B/L) \quad (2.31)$$

dengan:

B = lebar atau diameter pondasi (m)

L = panjang pondasi (m)

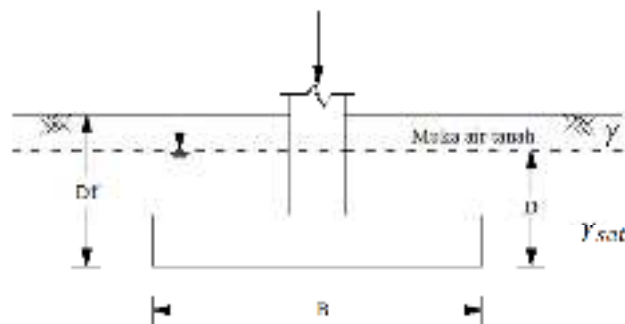
### b. Pengaruh muka air tanah

1) *Keadaan I* (Gambar 2-12a): Apabila permukaan air tanah terletak pada jarak D di atas dasar pondasi, harga  $q$  dalam suku kedua dari persamaan daya dukung harus dihitung sebagai berikut:

$$P_o = \gamma (D_f - D) + \gamma' D \quad (2.32)$$

dengan

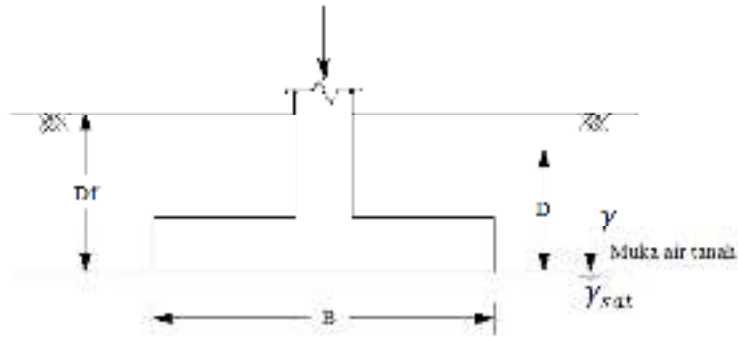
$\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w =$  berat volume efektif tanah. Demikian juga, berat volume tanah  $\gamma$  yang ada dalam suku ketiga persamaan daya dukung harus diganti dengan  $\gamma'$ .



Gambar 2-49a Keadaan I

2) *Keadaan II* (Gambar 2-12b): Apabila permukaan air tanah berada tepat di dasar pondasi, maka harga  $P_o$  akan sama dengan  $\gamma D_f$ . Akan tetapi, berat volume  $\gamma$ , dalam suku

ketiga dari persamaan daya dukung harus diganti dengan  $\gamma'$ .

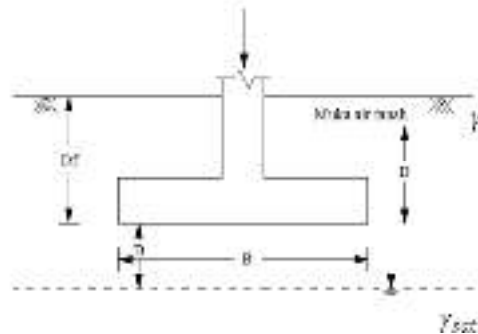


Gambar 2-49b Keadaan II

3). Keadaan III (Gambar 2-12c): Apabila permukaan air tanah berada pada kedalaman  $D$  di bawah dasar pondasi, maka  $P_o = \gamma D_f$ . Besaran  $\gamma$  dalam suku ketiga dari persamaan daya dukung harus diganti dengan  $\gamma_{rata-rata}$ .

$$\gamma_{rata-rata} = \frac{1}{B} [\gamma D + \gamma' (B - D)] \quad (\text{untuk } D \geq B) \quad (2.33)$$

$$\gamma_{rata-rata} = \gamma \quad (\text{untuk } D > B) \quad (2.34)$$



Gambar 2-49c. Keadaan III

### c. Definisi-definisi dalam perancangan pondasi

- Tekanan overburden total (total overburden pressure),  $p$  adalah intensitas tekanan total yang terdiri dari berat maksimal di atas dasar fondasi total, yaitu berat tanah dan air sebelum pondasi dibangun.

- Kapasitas dukung ultimit neto (net ultimate bearing capacity) ( $q_{un}$ ) adalah nilai intensitas beban pondasi saat tanah akan mengalami keruntuhan geser, yang secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$q_{un} = q_u + Df \gamma \quad (2.35)$$

Dari persamaan (2.2), kapasitas dukung ultimit neto menjadi:

$$q_u = cN_c + Df \gamma (N_q - 1) + 0,5 \gamma BN_\gamma \quad (2.36)$$

- Tekanan pondasi total (total foundation pressure) atau intensitas pembebanan kotor ( $q$ ), adalah intensitas tekanan total pada tanah di dasar pondasi, sesudah struktur selesai dibangun dengan pembebanan penuh. Beban-beban termasuk berat pondasi, berat struktur atas, dan berat tanah urug termasuk air di atas dasar pondasi.

- Tekanan pondasi neto (net foundation pressure),  $q_n$  untuk suatu pondasi tertentu adalah tambahan tekanan pada dasar pondasi, akibat beban hidup dan beban mati dari strukturnya. Secara umum  $q_n$  dapat dinyatakan oleh persamaan:

$$q_{un} = q - Df\gamma \quad (2.37)$$

- Kapasitas daya dukung izin (allowable bearing capacity),  $q_a$  adalah tekanan pondasi maksimum yang dapat dibebankan pada tanah, sedemikian hingga kedua persyaratan keamanan terhadap kapasitas dukung dan penurunan terpenuhi.

- Faktor aman ( $F$ ) dalam tinjauan kapasitas dukung ultimit neto, didefinisikan sebagai

$$F = \frac{q_{un}}{q_u} = \frac{q_u - Df\gamma}{q_u - Df\gamma} \quad (2.38)$$

- Dari persamaan (2.15), untuk faktor aman  $F$  tertentu yang sesuai, kapasitas daya dukung aman (Safe bearing capacity)  $q_s$ , didefinisikan sebagai tekanan pondasi total ke dalam tanah maksimum yang tidak mengakibatkan risiko keruntuhan kapasitas dukung, yaitu:

$$q_s = \frac{q_{un}}{F} + Df\gamma \quad (2.39)$$

jadi untuk Persamaan (2.2), kapasitas daya dukung aman pondasi memanjang dinyatakan oleh:

$$q_s = \frac{1}{F} [cN_c + Df \gamma (N_q - 1) + 0,5 \gamma BN_\gamma] + Df\gamma \quad (2.40)$$

### 2.6.2 Pondasi Telapak Bujur Sangkar ( Square Footing )

Jenis pondasi yang juga dinamakan *pondasi telapak terpisah* ini mungkin merupakan jenis yang sering dipakai, karena paling sederhana dan ekonomis dibandingkan berbagai jenis pondasi lainnya. Pada dasarnya pondasi tersebut berupa suatu plat yang langsung menyangga sebuah kolom.

Dalam menyangga beban konsentris, pondasi telapak berlaku dan diperhitungkan sebagai



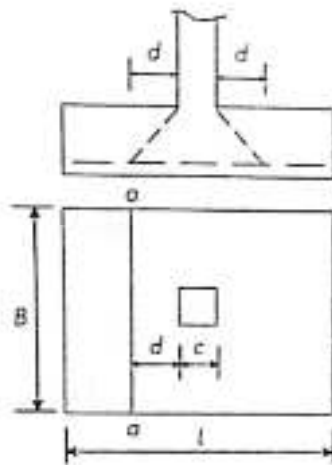
struktur kantilever dua arah (x dan y) dengan beban tekanan arah ke atas pada telapak pondasi. Tegangan tarik terjadi pada kedua arah di bagian bawah pondasi telapak. Pondasi ditulangi dengan dua lapis batang baja yang saling tegak lurus dan arahnya sejajar dengan tepi pondasi. Luas bidang singgung antara pondasi dan tanah yang diperlukan dan merupakan fungsi dari tekanan tanah ijin dan beban dari kolom.

### 1. Geser Satu Arah

Melakukan tinjauan terhadap kemungkinan kegagalan geser satu arah, maka dapat diambil potongan kritis penampang yang terletak sejauh  $d$  dari muka kolom. Pemeriksaan terhadap geser pada potongan a-a dapat dilakukan seperti berikut:

$$\phi V_n = \phi (0.17 \lambda \sqrt{f'c} b d) \quad (2.41)$$

Dengan  $\phi = 0.75$  dan  $b$  adalah sama dengan lebar potongan a-a

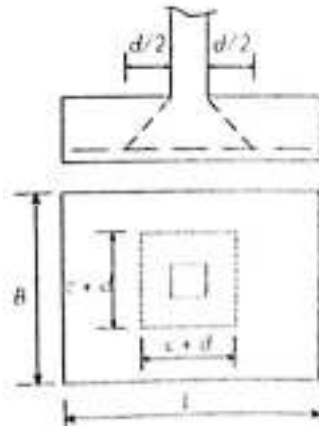


Gambar 2.50 Geser satu arah pada pondasi tapak (Sumber: Perancangan struktur beton bertulang)

### 2. Geser Dua Arah

keruntuhan geser dua arah dapat timbul sebagai akibat munculnya tegangan Tarik diagonal yang disebabkan oleh beban kolom yang disalurkan ke pondasi. Lokasi pemampang kritis untuk peninjauan geser dua arah diambil sejauh  $d/2$  dari muka kolom. Kuat geser pondasi akibat geser dua arah diperoleh dari:

$$\phi V_n = 0.75(0.33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d) \quad (2.42)$$



Gambar 2.51 Geser dua arah pada pondasi tapak (Sumber: Perancangan struktur beton bertulang)

### 3. Momen dan penyaluran batang tulangan

Penentuan ukuran dan jarak spasi tulangan baja terutama merupakan fungsi momen lentur yang timbul akibat tekanan tanah ke atas (setelah dikurangi dengan berat pelat fondasi. Pelat pondasi telapak berlaku sebagai balok kantilever pada dua arah dengan beban tekanan tanah arah ke atas. Untuk menentukan letak pangkal jepit kantilever atau penampang kritis momen lentur, sesuai dengan ketentuan dalam SK SNI 03-2847-2002 Pasal 17.4.2 ditetapkan sebagai berikut:

1. Untuk pondasi yang menopang kolom atau pedestal adalah pada muka kolom atau pedestal.

2. Untuk pondasi yang menopang kolom dengan menggunakan umpak pelat baja adalah setengah dari jarak yang diukur dari bagian tengah muka kolom ke tepi pelat baja.

#### 4. Pelimpahan beban dari kolom ke pondasi

Semua beban yang disangga oleh kolom (termasuk berat sendiri kolom) dilimpahkan ke pondasi melalui umpak pedestal (bila ada) berupa desakan dari beton dan tulangan baja. Seperti yang diarahkan oleh SK SNI 03-2847-2002 Pasal 12.17.1, kuat tumpuan rencana pada beton tidak boleh melebihi  $\phi (0,85 f'_c A_1)$ .

Apabila bidang tumpuan lebih luas atau lebih panjang baik ke arah panjang maupun lebarnya terhadap bidang yang bertumpu, perencanaan kuat tumpuan untuk bidang yang bertumpu dikalikan dengan:

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (2.44)$$

dimana,  $A_1$  = luas maksimum bagian bidang tumpuan yang secara geometris serupa dan konsentris terhadap bidang tumpu yang bertumpu.

$A_2$  = bidang yang bertumpu.

Selanjutnya, sesuai SK SNI 03-2847-2002 Pasal 12.17.1.1,

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 \quad (2.45)$$

Oleh karena itu, dalam keadaan bagaimanapun rencana kuat tumpuan untuk bidang yang bertumpu tidak boleh lebih dari:

$$\phi (0,85 f'_c A_1)(2)$$

Dimana, untuk tumpuan beton digunakan nilai  $\phi = 0,70$ .

Disebabkan oleh situasi dan kondisi teknis pelaksanaan, umumnya dipakai kuat beton pondasi lebih rendah dari kuat beton yang ditumpu, sehingga dalam menentukan pelimpahan beban yang berlangsung di antara keduanya harus benar-benar mempertimbangkan keadaan bahan dua komponen struktur.

Apabila kolom bertulang tidak dapat melimpahkan seluruh beban hanya melalui bidang singgung tumpuan beton, kelebihan dilimpahkan melalui penulangan dengan memperhitungkan kemampuan penyaluran tegangan batang tulangan baja. Pelaksanaannya dengan cara memasang tulangan pasak (dowel), bilamana perlu untuk setiap batang tulangan memanjang kolom dipasang satu batang pasak. Apabila cara tersebut belum juga mencukupi, dapat dipasang pasak tambahan atau menggunakan tulangan pasak dengan diameter yang lebih

besar dari batang tulangan pokok kolom, asalkan tidak lebih dari D36 (SK SNI 03- 2847-2002 Pasal 17.8.2.3). Panjang penyaluran tulangan pasak (dowel) harus cukup memenuhi panjang penyaluran batang tulangan desak yang diperlukan untuk kedua belah pihak bidang tumpuan. Apabila pasak diperhitungkan menyalurkan beban lebih ke dalam pondasi, hubungan antara pasak dengan tulangan pokok kolom harus disambung dengan sambungan lewat desak.

Untuk struktur kolom baja profil atau kolom dengan menggunakan pelat baja (pelat landas) pada tumpuannya, biasanya pelimpahan beban total diperhitungkan seluruhnya pada bidang singgung tumpuan beton. Sebagaimana yang telah dibahas di atas, perencanaan kuat tumpuan juga diberlakukan pada kasus ini. Apabila ukuran umpak kolom (pelat baja) tidak mencukupi untuk melimpahkan beban total, harus dilakukan penyesuaian dengan melaksanakan beberapa ketentuan sebagai berikut:

1. ukuran umpak pelat baja (pelat landas diperluas)
2. gunakan kuat beton yang lebih tinggi untuk umpak pedestal atau pondasi.
3. berdasarkan pada luas pelat baja, luas tumpuan diperbesar sedemikian rupa sehingga rasio antara keduanya mencapai nilai maksimum.

Penggunaan umpak pedestal beton antara kolom dan fondasi merupakan hal yang umum dalam praktik perencanaan bangunan. Umpak pedestal bertugas untuk menebarkan beban kolom ke bidang yang lebih luas pada pondasi sehingga akan memberikan pondasi yang lebih ekonomis. Apabila rasio dari tinggi terhadap ukuran terpendek arah lateral lebih dari tiga, digolongkan sebagai umpak pedestal yang secara teoritis diperhitungkan tidak memerlukan tulangan. Seberapa luas penampang lintang umpak pedestal yang diperlukan, pada umumnya ditentukan dengan mendasarkan pada kuat tumpuan beton seperti yang ditentukan pada SK SNI 03-2847-2002 Pasal 12.17, atau dengan menyesuaikan terhadap ukuran pelat baja umpak kolom, atau sesuai dengan kebutuhan untuk maksud menebarkan beban kolom pada bidang yang lebih luas pada pondasi. Dalam praktik merencanakan umpak pedestal diberlakukan cara yang biasanya digunakan pada perencanaan kolom, ialah dengan menjangkar minimum empat tulangan sudut (untuk kolom persegi) ke dalam pondasi dan diperpanjang ke atas masuk ke dalam umpak pedestal, dan menggunakan tulangan sengkang sebagai pengikat.

Pada pondasi telapak bujur sangkar setempat (terpisah), penulangan tersebar merata ke seluruh lebar pondasi untuk kedua arah. Karena besarnya momen lentur sama untuk kedua arah, maka baik ukuran maupun jarak spasi batang tulangan baja untuk kedua arah juga sama. Akan

tetapi, harap diperhatikan bahwa tinggi efektif beton untuk masing-masing arah tidak sama, karena seperti diketahui batang tulangan baja saling bertumpukan untuk kedua arah. Meskipun demikian, perhitungan perencanaan di dalam praktik kadang-kadang

menggunakan tinggi efektif rata-rata yang ditentukan sama untuk kedua arah. Di samping itu, pada pondasi telapak dengan dua arah kerja juga berlaku syarat rasio penulangan minimum  $1,4/f_y$ , dan diterapkan untuk masing-masing arah kerja

### 2.6.3 Perhitungan Tulangan Pondasi Telapak

Peraturan untuk perencanaan pondasi telapak mengacu pada Pasal 13.12 dan Pasal 17 SNI 03 – 2847 – 2002. Perencanaan pondasi harus mencakup segala aspek agar terjamin keamanannya sesuai dengan persyaratan yang berlaku, dan jumlah/jarak tulangan yang harus dipasang pada pondasi. Menurut Pasal 17.4.3 SNI 03 – 2847 – 2002, untuk pondasi telapak satu arah dan pondasi telapak bujur sangkar, tulangan harus tersebar merata pada seluruh lebar pondasi telapak. Untuk pondasi telapak persegi panjang (lihat Pasal 17.4.4 SNI 03-2847-2002), tulangan yang sejajar sisi panjang harus tersebar merata pada seluruh lebar pondasi, sedangkan tulangan yang sejajar sisi pendek dibagi menjadi dua bagian, yaitu tulangan pada jalur pusat (dipasang lebih rapat) dan tulangan pada jalur tepi (dipasang lebih renggang).

Dalam praktik di lapangan, biasanya pondasi dicor langsung di atas tanah, jadi selalu berhubungan dengan tanah. Menurut Pasal 9.7.1 SNI 03-2847-2002, selimut beton yang selalu berhubungan dengan tanah diambil minimal 75 mm.

Pada pondasi telapak bujur sangkar, cukup dihitung tulangan satu arah saja, dan untuk arah lainnya dibuat sama dengan arah pertama. Perhitungan tulangan sebaiknya dilaksanakan pada tulangan yang menempel di atas, yaitu

dengan nilai  $d_s = 75 + D + D/2$ . Pada pondasi telapak persegi panjang, perhitungan tulangan dilaksanakan sebagai berikut:

1. Hitungan tulangan sejajar sisi panjang, dilaksanakan dengan urutan:

a. Dihitung tegangan tanah ultimit akibat beban terfaktor

$$P_{ult} = \frac{P_u}{Luas\ pondasi} \quad (2.46)$$

b. Dihitung momen yang terjadi pada fondasi ( $M_u$ )

$$M_u = \frac{P_{ult} \cdot b \cdot l^2}{2} \quad (2.47)$$

c. Dihitung rasio tulangan

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0.85 f'c}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{(2.Rn)}{0.85 f'c}} \right) \quad (2.48)$$

d. Dihitung  $A_{S_{\text{perlu}}}$  dengan rumus:

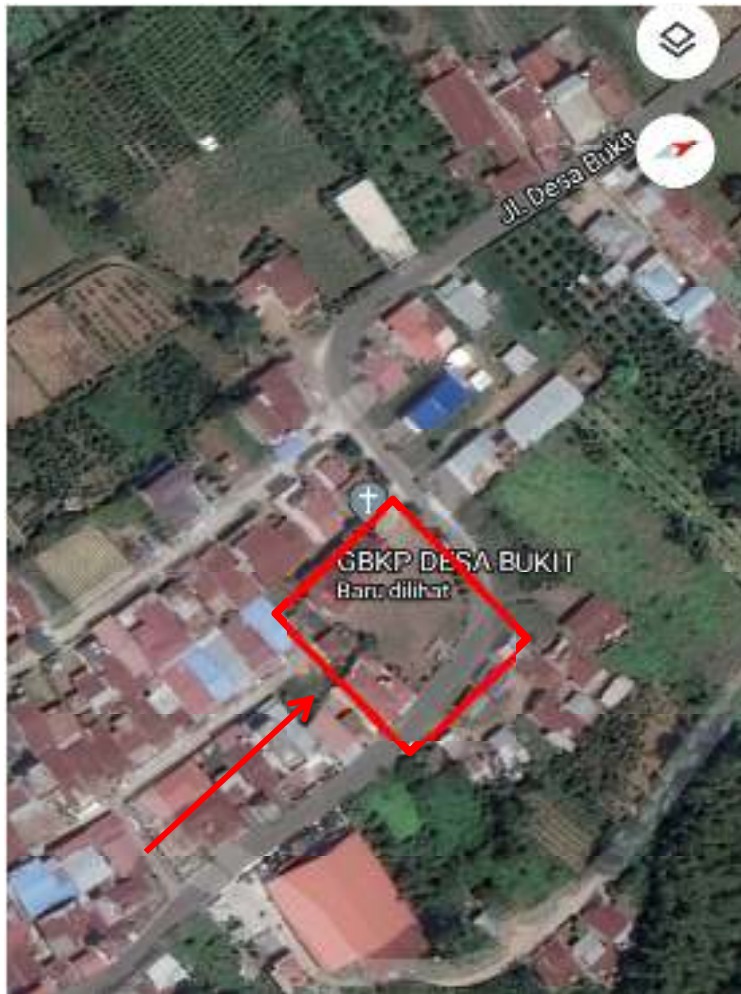
$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d \quad (2.49)$$

### **BAB III**

#### **Metode Penelitian**

### 3.1 Lokasi Penelitian

Data proyek yang dibahas pada penelitian ini adalah proyek pembangunan Gereja Inkulturatif GBKP Bukit, Jl. Desa Bukit, Kec. Dolat Rayat, Kabanjahe- Sumatra Utara, yang terdiri dari 3 lantai dengan mengangkat konsep bentuk bangunan rumah adat Karo. Dengan data sebagai berikut :



Gambar 3.1 Peta Lokasi pembangunan Gedung gereja Inkulturatif GBKP Bukit  
(Sumber : PT. Archa Studio Arsitektur)

### 3.2 Gambaran Umum Proyek

Berikut data umum proyek pekerjaan Pembangunan Gereja GBKP BUKIT adalah:

Nama Proyek : Proyek Pembangunan Gedung Gereja Inkulturatif GBKP Bukit

Lokasi Proyek	: Jl. Desa Bukit, Kec.Dolat Rayat, Kabanjahe-Sumatra Utara
Pemilik proyek	: Gereja Inkulturatif GBKP Bukit
Kontraktor Pelaksana	: CV. ARTHAKASIH
Konsultan Pengawas	: PT. Archa Studio Arsitektur
Penyelidikan Tanah	: PT. Parastya Lasgrama
Jenis Konstruksi	: Konstruksi Gedung
Lingkup Pekerjaan	: Struktur
Jumlah Lantai	: 3 Lantai
Nilai Kontrak	: Rp. ± 4. 852.000.000,00

### 3.3. Metode Pengumpulan data

Untuk meninjau kembali perhitungan perencanaan pondasi bored pile pada proyek pembangunan Gedung Crystal Square ini penulis memperoleh data antara lain dari Kontraktor Pelaksana PT. Parastya Lasgrama diperoleh berupa data hasil sondir dan gambar gambar struktur.

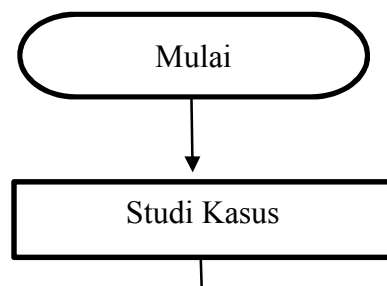
### 3.4 Cara Analisis

Dalam perhitungan perencanaan alternatif pondasi ini penulis melakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Perancangan pondasi bore pile
  - a. Menghitung kapasitas daya dukung bore pile
  - b. Menghitung dimensi pondasi bore pile
  - c. Menghitung tulangan pondasi bore pile
2. Perancangan pondasi tapak
  - d. Menghitung kapasitas daya dukung tapak
  - e. Menghitung dimensi pondasi tapak
  - f. Menghitung tulangan pondasi tapak

### 3.5 Bagan Alir Penelitian

Berikut bagan alir penelitian memperlihatkan urutan atau perhitungan yang dilakukan.





Pengumpulan Data

Pondasi Tapak

- Perhitungan pembebanan
- Perhitungan daya dukung tanah
- Penentuan dimensi pondasi tapak
- Penulangan Pondasi Telapak