

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Struktur bagian bawah bangunan terdiri dari pondasi dan tanah pendukung untuk pondasi. Pondasi berfungsi untuk mendukung seluruh beban bangunan dan meneruskan beban bangunan tersebut ke dalam tanah di bawahnya. Suatu pondasi harus dapat menjamin dan mampu mendukung beban bangunan di atasnya, termasuk gaya-gaya luar seperti gaya angin, gempa, dan lain-lain. Untuk itu pondasi harus kuat, stabil, dan aman supaya tidak mengalami penurunan, karena akan sulit untuk memperbaiki suatu sistem pondasi.

Tanah lunak sangat berbahaya untuk konstruksi suatu bangunan. Hal ini diakibatkan karena tanah lunak yang jenuh air jika diberi beban timbunan atau struktur bangunan yang lainnya akan mengalami penurunan (*settlement*) yang akan menyebabkan kegagalan dalam perencanaan suatu struktur dan akan mengakibatkan kerugian yang besar. Penurunan tanah akibat penambahan beban itu sebenarnya sebagian besar disebabkan oleh proses keluarnya air yang berada pada pori-pori tanah akibat pemampatan yang terjadi oleh pembebanan. Proses ini biasanya disebut sebagai proses konsolidasi. Proses konsolidasi ini biasanya berlangsung sangat lama, karena panjangnya lintasan aliran yang harus ditempuh oleh air yang berada dalam pori-pori tanah.

Menurut Harry (1998), tanah tanah di alam terdiri dari campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Tanah berasal dari pelapukan batuan yang prosesnya dapat secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat

fisik tanah kecuali dipengaruhi oleh sifat batuan induk yang merupakan material asalnya, juga dipengaruhi oleh unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut.

Pondasi sebagai struktur bawah dapat di bagi menjadi dua yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pemilihan tipe pondasi tergantung kepada struktur atau beban yang di atasnya termasuk dengan beban ringan atau beban berat dan bergantung terhadap kondisi tanah sekitarnya. Maka untuk beban ringan atau beban relatif kecil dan secara langsung menerima beban bangunan biasanya digunakan pondasi dangkal dan untuk beban bangunan yang berat dan besar serta meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang sangat dalam digunakan pondasi dalam.

Sondir adalah alat berbentuk silindris dengan ujungnya berupa konus. Dalam uji sondir, stang alat ini ditekan ke dalam tanah dan kemudian memberikan perlawanan tanah terhadap ujung sondir dan gesekan pada selimut silinder diukur. Uji sondir saat ini merupakan salah satu uji lapangan yang telah diterima oleh praktisi dan pakar geoteknik. Uji sondir ini telah menunjukkan manfaat untuk pendugaan profil atau pelapisan tanah terhadap kedalaman karena jenis perilaku tanah telah dapat diidentifikasi dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung dan gesekan selimutnya. Besaran penting yang diukur pada uji sondir adalah perlawanan ujung yang diambil sebagai gaya penetrasi persatuan luas ujung sondir ( $q_c$ ). Besarnya gaya ini seringkali menunjukkan identifikasi dari jenis tanah dan konsistensinya. Pada tanah pasiran, tahanan ujung lebih besar daripada tanah butiran halus.

Wilayah kabupaten Deli Serdang memiliki perkembangan semakin pesat. Berkembangnya suatu wilayah kabupaten mempunyai indikator keberhasilan, salah satunya tersedianya sarana dan prasarana transportasi yang baik di daerah tersebut. Keberhasilan tersebut selain menunjang akses untuk kegiatan sosial, ekonomi juga akan menunjang pengembangan infrastruktur di daerah tersebut. Salah satu faktor pendukung keberhasilan tersebut adalah prasarana jembatan. Jembatan merupakan salah satu bangunan vital yang dibutuhkan oleh daerah. Penyediaan prasarana jembatan tersebut merupakan wujud pelayanan prima Pemerintah Kabupaten Deli Serdang melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang dalam membangun infrastruktur untuk menunjang pengembangan wilayah Kabupaten Deli Serdang khususnya Kecamatan Kutalimbaru.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun permasalahan yang ingin dijelaskan dalam penulisan ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi nilai beban terhadap pondasi jembatan tersebut?
2. Bagaimana kondisi tanah pada kedalaman yang didapatkan berdasarkan hasil sondir?
3. Berapakah nilai daya dukung jenis tanah granural dan clay ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang akan dijelaskan dalam pada penelitian ini antara lain :

1. Data penyelidikan tanah adalah hasil uji sondir atau CPT (*Cone Penetration Test*) dari data proyek jembatan kecamatan Kutalimbaru.

2. Variasi nilai beban adalah per 10% sampai mendapatkan angka tidak aman pada pondasi.
3. Jenis pondasi yang digunakan pada jembatan kecamatan Kutalimbaru adalah pondasi dangkal.

#### **1.4 Maksud dan Tujuan Penulisan**

Maksud dari penulisan skripsi ini adalah untuk mengetahui variasi nilai beban terhadap ketahanan pada pondasi dimana dapat diketahui tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui variasi nilai beban dalam menentukan ketahanan pondasi pada jembatan sampai nilai beban yang tidak bisa lagi ditopang oleh pondasi serta menentukan kisaran kedalaman kondisi tanah yang cocok untuk sebagai dasar pondasi, dan dimana juga dapat mengetahui nilai daya dukung jenis tanah granular dan clay.

#### **1.5 Manfaat Penulisan**

Manfaat dalam penulisan ini adalah :

1. Dapat mengetahui variasi nilai beban dalam menentukan ketahanan pondasi terhadap beban jembatan.
2. Dapat mengetahui kisaran kedalaman dan kondisi tanah yang cocok untuk dasar pondasi terhadap beban pondasi yang diatas.
3. Dapat mengetahui nilai daya dukung jenis tanah granular dan clay.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Untuk memahami dengan jelas tentang pembahasan dan penulisan skripsi ini, maka dalam penulisan harus tertata dengan baik dan benar. Penulisan skripsi ini

terdiri dari 5 Bab dimana setiap Bab terdapat beberapa sub-Bab pembahasan.

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

- **BAB I : PENDAHULUAN**

Bab ini berisikan tentang gambaran umum dari permasalahan yang akan dibahas. Dalam pendahuluan skripsi terdapat beberapa sub-Bab, yaitu latar belakang, rumusan masalah, dan batasan masalah.

- **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas tentang ringkasan tertulis atau pendapat para ahli dari jurnal, buku dan dokumen lain yang mendeskripsikan teori serta informasi baik yang lalu maupun saat ini yang berkaitan dengan pondasi mesin tipe blok.

- **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisikan tentang alur evaluasi data, mulai dari tahap awal pengumpulan data umum, data primer dan data sekunder.

- **BAB IV : EVALUASI DATA**

Bab ini akan membahas tentang hasil evaluasi data yang telah dilakukan untuk menghasilkan suatu kesimpulan.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan tentang kesimpulan yang didapat dari analisa beban centrifugal machine terhadap pondasi blok dan melampirkan saran dari penulisan selama skripsi ini.

- **DAFTAR PUSTAKA**

Daftar pustaka yang berisikan berbagai sumber bacaan dan tulisan ilmiah untuk dijadikan dasar informasi yang menjadi rujukan dalam melakukan penelitian.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Jembatan**

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan jalan melalui suatu rintangan yang berada lebih rendah. Rintangan ini biasanya jalan lain (jalan air atau jalan lalulintas biasa). Jika jembatan itu berada diatas jalan lalulintas biasa maka biasanya dinamakan viaduct. (Struyk dan Veen, 1984)

Sementara menurut (Supriyadi dan Muntohar,2007) jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai atau saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Dalam perencanaan dan perancangan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika arsitektural yang meliputi : aspek lalu lintas, aspek teknis, aspek estetika.

Menurut Peraturan Pemerintah No.34 Tahun 2006 tentang jalan menyebutkan bahwa yang dimaksud dengan “jembatan” adalah jalan yang terletak di atas permukaan air dan di atas permukaan tanah. Pengelompokkan jenis jembatan dapat dilihat dari berbagai macam, seperti berdasarkan pada fungsi, material konstruksi, lokasi yang akan dibangun, tipe struktur jembatan, dan kelas muatan jembatan.

A. Jembatan berdasarkan fungsinya :

- Jembatan jalan raya (*highway bridge*)
- Jembatan jalan kereta api (*railway bridge*)
- Jembatan pejalan kaki atau penyebrangan (*pedestrian bridge*)

B. Jembatan berdasarkan material konstruksinya :

- Jembatan baja (*steel bridge*)
- Jembatan beton (*concrete bridge*)
- Jembatan beton prategan (*prestressed concrete bridge*)
- Jembatan kayu (*log bridge*)
- Jembatan komposit (*composite bridge*)

C. Jembatan berdasarkan lokasinya :

- Jembatan di atas jalan yang ada
- Jembatan di atas sungai atau danau
- Jembatan di atas saluran irigasi atau drainase
- Jembatan di atas lembah
- Jembatan di dermaga

D. Jembatan berdasarkan pada tipe strukturnya :

- Jembatan kantilever (*cantilever bridge*)
- Jembatan kabel (*cable stayed bridge*)
- Jembatan gantung (*suspension bridge*)
- Jembatan pelengkung (*arch bridge*)
- Jembatan pelat (*slab bridge*)
- Jembatan rangka (*truss bridge*)
- Jembatan gelagar (*girder bridge*)

E. Jembatan berdasarkan pada kelas muatannya :

- Jembatan kelas standar (A/I)
- Jembatan kelas sub standar (B/II)

- Jembatan kelas low standar (C/III)

Jenis-jenis Jembatan Menurut Ir. Agus Iqbal Manu (1995) Jembatan bisa dibedakan berdasarkan pada kegunaan, jenis material, dan bentuk struktur.

Berdasarkan kegunaannya jenis jembatan dapat dibedakan sebagai berikut:

- a. Jembatan jalan raya
- b. Jembatan pejalan kaki
- c. Jembatan kereta api
- d. Jembatan jalan air
- e. Jembatan jalan pipa
- f. Jembatan penyebrangan

Berdasarkan jenis materialnya :

- a. Jembatan kayu
- b. Jembatan baja
- c. Jembatan beton bertulang dan pratekan
- d. Jembatan komposit

Berdasarkan jenis struktur :

- a. Jembatan dengan tumpuan sederhana
- b. Jembatan menerus
- c. Jembatan kantilever
- d. Jembatan rangka
- e. Jembatan gantung
- f. Jembatan pelengkung
- g. Jembatan kable



h. Jembatan integral

i. Jembatan semi integral

Bagian - Bagian Jembatan Ir. Agus Iqbal Manu (1995) menyatakan bahwa jembatan memiliki dua komponen utama yaitu :

a. Struktur Atas (*Super Structure*)

Struktur atas adalah bagian atas jembatan yang menumpu bagiannya sendiri dan menampung beban yang ditimbulkan dari lalu lintas orang, kendaraan, dan yang lainnya, kemudian menyalurkan ke struktur bawah. Bagian-bagian utama dari struktur atas jembatan antara lain adalah balok utama longitudinal atau stringer atau girder, plat lantai, dan pengaku (*bracing atau stiffner*), sedangkan bagian sekunder dari struktur atas antara lain adalah parapet, alat sambung dek, dan lain sebagainya.

b. Struktur Bawah (*Sub Structure*)

Struktur bawah adalah bagian bawah jembatan yang berfungsi untuk menerima beban dari struktur atas dan kemudian menyalurkan ke pondasi. Bebanbeban tersebut kemudian disalurkan ke tanah. Bagian-bagian dari struktur bawah jembatan antara lain adalah kepala jembatan (*abutment*), pilar, dan pondasi untuk kepala jembatan dan juga pilar.

Secara garis besar struktur jembatan dapat dibedakan menjadi dua bagian utama, yaitu struktur atas (*super structures*) dan struktur bawah (*sub structures*). Tiap – tiap komponen tersebut disusun oleh beberapa komponen yang terintegrasi menjadi sebuah kesatuan sistem. Setiap komponen tersebut memiliki fungsi yang spesifik dalam mendukung fungsi jembatan secara keseluruhan.

Bangunan atas atau struktur atas jembatan merupakan komponen utama yang berfungsi langsung menerima beban lalu lintas yang melewatinya yang kemudian disalurkan pada bangunan bawah/struktur bawah (*substructures*). Konstruksi struktur atas meliputi:

a. Gelagar Memanjang

Gelagar memanjang merupakan komponen utama yang berfungsi untuk mendistribusikan beban-beban secara longitudinal dan biasanya didesain untuk dapat menahan deformasi atau lendutan. Gelagar tersebut identik dengan penamaan berdasarkan tipe bangunan atas jembatan, seperti gelagar tipe rangka dikenal dengan istilah truss, tipe balok dikenal dengan istilah girder, dan lain-lain.

b. Gelagar Melintang

Gelagar melintang merupakan pengikat antar gelagar memanjang yang didesain untuk dapat menahan deformasi atau lendutan melintang dari rangka struktur atas dan membantu pendistribusian bagian dari beban vertikal antara gelagar memanjang.

c. Pelat Lantai

Pelat lantai merupakan komponen yang berfungsi sebagai tempat kendaraan untuk lewat. Secara fungsi, pelat lantai merupakan struktur pertama yang menerima beban dan mendistribusikan beban-beban tersebut ke gelagar.

d. Sambungan Siar Muai

Sambungan siar muai merupakan komponen jembatan yang berfungsi untuk menyambungkan bangunan atas dengan bagian ujung atas abutment atau pilar.

Selain itu juga berfungsi sebagai menahan pergerakan horizontal atau rotasi yang ditimbulkan oleh bangunan atas.

e. Perletakan

Perletakan merupakan komponen jembatan yang berfungsi untuk mendistribusikan beban dari bangunan atas/struktur atas ke bangunan bawah/struktur bawah. Perletakan pada jembatan dibedakan menjadi dua macam yaitu perletakan gerak dan perletakan tetap. Perletakan tetap memiliki fungsi untuk memfasilitasi gerakan rotasi, sedangkan perletakan gerak berfungsi untuk memfasilitasi gerakan rotasi dan translasi longitudinal.

Bangunan bawah/struktur bawah jembatan merupakan komponen struktur jembatan yang langsung berdiri di atas tanah dan menyangga bangunan atas/struktur atas jembatan. Struktur bawah berfungsi untuk memikul seluruh beban struktur atas dan beban lain yang ditimbulkan oleh tekanan tanah, aliran air, tumbukan, gesekan pada tumpuan, dan sebagainya yang kemudian akan didistribusikan ke bagian pondasi. Selanjutnya beban-beban yang diterima pondasi tersebut akan didistribusikan lagi ke tanah dasar. Konstruksi struktur bawah meliputi:

a. Pilar (Pier)

Pilar merupakan struktur yang mendukung bangunan atas pada pertengahan antara dua abutmen apabila diperlukan jika bentang jembatan terlalu panjang atau bentang lebih dari satu. Desain pilar perlu memperhatikan aspek estetika karena sangat mempengaruhi keindahan jembatan.

b. Abutment

Abutment merupakan struktur penahan tanah yang mendukung bangunan atas pada bagian ujung-ujung suatu jembatan dan berfungsi menahan gaya longitudinal dari tanah di bagian bawah ruas jalan yang melintas.

c. Piles

Apabila lapisan tanah yang berada di bawah bagian footing tidak dapat memberikan dukungan yang cukup terhadap bangunan bawah (bearings capacity, stabilitas, atau penurunan), maka diperlukan penggunaan piles footing yang merupakan penambahan kedalaman dari footing hingga mencapai kedalaman yang memadai.

d. Wingwall

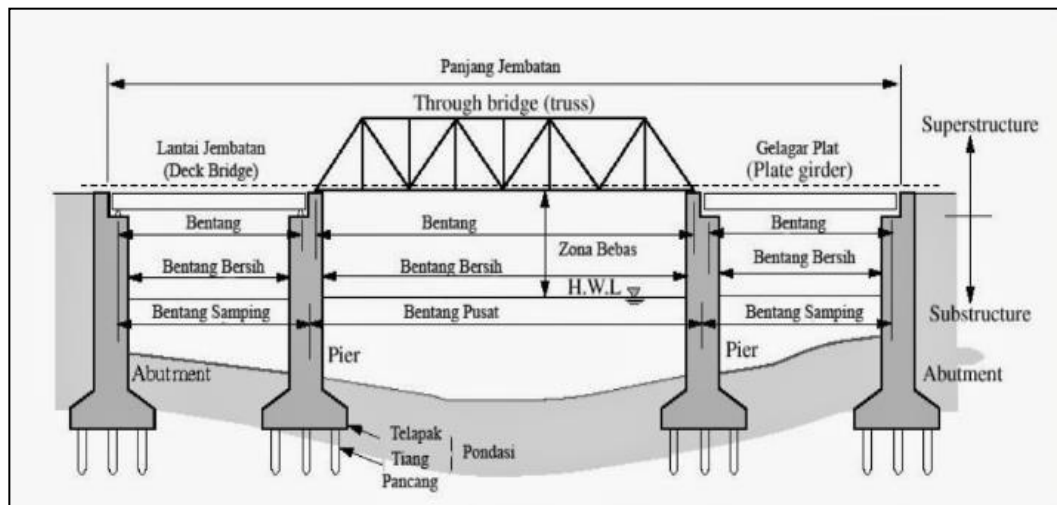
Wingwall merupakan suatu dinding samping pada dinding belakang abutment yang didesain untuk membantu atau menahan keutuhan atau stabilitas tanah di belakang abutment.

e. Backwall

Backwall merupakan komponen utama dari suatu abutment yang berfungsi sebagai struktur penahan tanah pada tiap-tiap jalan pendekat.

f. Pedestals

Pedestals merupakan kolom pendek yang berada di atas abutment atau pilar yang secara langsung menopang gelagar memanjang struktur atas.



Gambar 2.1 Bagian Bagian Jembatan

(Sumber: Chen dan Duab,2000)

Menurut Kusnadi (2010) bagian bagian jembatan secara umum dibagi menjadi

6 bagian utama yaitu :

1. Bangunan Atas

Merupakan bangunan yang berfungsi sebagai penampung beban-beban yang ditimbulkan oleh lalu lintas kendaraan maupun orang dan kemudian menyalurkan kepada bangunan bawah.

2. Landasan

Merupakan ujung bawah dari bangunan atas yang berfungsi menyalurkan gaya-gaya yang berasal dari bangunan atas menuju bangunan bawah. Biasanya 2 jenis yaitu landasan sendi dan landasan roll.

3. Bangunan bawah

Merupakan bangunan yang berfungsi menerima dan memikul beban yang diberikan oleh bangunan atas dan kemudian menyalurkan ke pondasi yang langsung berada di tanah.

4. Pondasi

Merupakan bagian pada jembatan yang berfungsi menerima beban-beban dari

bangunan bawah dan menyalurkan ke tanah.

#### 5. Oprit

Merupakan timbunan tanah dibelakang abutmen. Abutmen merupakan tiang yang berada di ujung jembatan, jika berada ditengah dan di apit oleh dua abutmen maka disebut pilar. Timbunan ini harus sepadat mungkin untuk menghindari terjadinya penurunan (*settlement*).

#### 6. Bangunan Pengaman Jembatan

Merupakan bangunan yang berfungsi sebagai pengaman terhadap pengaruh sungai yang bersangkutan baik secara langsung maupun tidak langsung.

### **2.2 Pembebanan**

Dalam perencanaan dan analisa suatu konstruksi bangunan, hal yang paling awal yang perlu diperhitungkan adalah pembebanan. Pembebanan sendiri pada struktur konstruksi bangunan dikelompokkan menjadi dua berdasarkan arah kerjanya yaitu beban vertikal dan beban horisontal. Beban vertikal merupakan beban yang bekerja pada struktur bangunan akibat dari berat sendiri bangunan (beban mati) dan beban hidup dari bangunan tersebut. Sedangkan beban horisontal merupakan beban yang diakibatkan oleh beban angin serta beban gempa.

#### 2.2.1 Beban Mati atau *Dead Load* (DL)

Beban mati merupakan berat dari seluruh bagian gedung yang bersifat tetap dan tak bisa dipisahkan baik berupa komponen utama struktur gedung maupun arsitekturalnya. Beban mati dapat dihitung dengan cara mengkalikan volume tiap komponen berdasarkan berat jenis komponen tersebut.

#### 2.2.2 Beban Hidup atau *Live Load* (LL)

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan

penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati (SNI 1727, 2013:18).

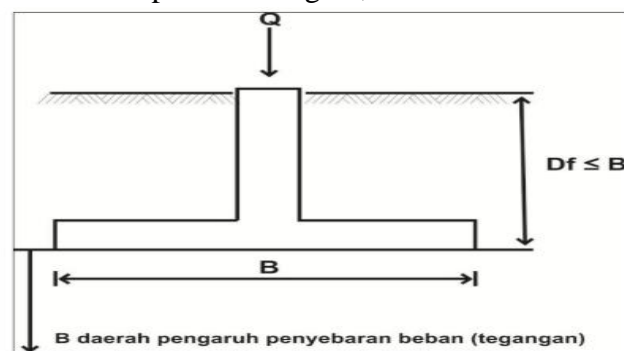
### 2.2.3 Beban Gempa atau *Earth Quake Load* (EL)

Beban gempa adalah beban dari aksi lingkungan yang diakibatkan oleh bergesernya atau Bergeraknya lapisan tanah yang berada di bawah struktur bangunan. Hal tersebut akan menyebabkan struktur atas bangunan menjadi bergoyang, sehingga diperlukan perencanaan struktur atas serta struktur bawah bangunan agar dapat menahan goyangan yang diakibatkan oleh pergerakan tanah.

## 2.3 Pondasi

Pondasi adalah bagian yang sangat penting dalam infrastruktur bangunan, di mana diperlukan memilih pondasi yang tepat ketika merencanakan bangunan. Pilihan pondasi tergantung pada beberapa aspek, termasuk berdasarkan fungsi bangunan, jenis tanah jumlah beban yang diterima, kedalaman tanah keras yang menopang pondasi serta biayanya.

Apabila perbandingan antara kedalaman pondasi dan lebar pondasi lebih kecil atau sama ( $D_f \leq B$ ), maka konstruksi pondasi yang diletakkan pada dasar tanah tersebut dapat dinamakan pondasi dangkal, lihat Gambar 2.2



Gambar 2.2 Pondasi Dangkal Menurut Terzaghi  
Sumber : Terzaghi, K. & Peck, R.B, (1967)

Dan apabila perbandingan antara kedalaman pondasi dan lebar pondasi lebih besar atau sama ( $D \geq B$ ), maka konstruksi pondasi yang diletakkan pada dasar tanah tersebut dapat dinamakan pondasi dalam.

Tegangan ke tanah dasar pondasi

$$\text{Max } \gamma_{\text{tanah}} = G_{\text{tot}}/A + M/w \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

$G_{\text{tot}}$  = Beban Vertikal (ton)

$A$  = Luas Dasar Pondasi (cm<sup>2</sup>)

$M$  = Momen (ton/meter)

$W$  = Tahanan Momen (cm<sup>3</sup>)

Berikut pengertian dan definisi pondasi dari beberapa sumber buku, diantaranya :

Menurut Sardjono (1988), pondasi adalah salah satu dari konstruksi bangunan yang terletak dibagian bawah sebuah konstruksi, pondasi mempunyai peran penting terhadap sebuah bangunan, dimana pondasi menanggung semua beban konstruksi bagian atas ke lapisan tanah yang berada di bagian bawahnya.

Menurut Gunawan (1991), pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas (upper structure/super structure) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya.

Menurut Hardiyatmo (2002), pondasi adalah komponen struktur terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan yang berada di bawahnya.



Berikut adalah beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan ketika memilih jenis struktur pondasi, menurut Sosrodarsono (1984:75).

a. Keadaan tanah pondasi

Syarat utama dalam pemilihan tipe pondasi adalah dengan mengetahui keadaan tanah dibawah pondasi. Dengan mengetahui keadaan tanah dapat digunakan untuk menentukan tipe pondasi karena setiap tipe pondasi memiliki bentuk serta mekanisme penyaluran beban yang berbeda. Faktor tanah yang perlu dipertimbangkan diantaranya adalah jenis tanah, parameter tanah, daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras dan sebagainya.

b. Batasan akibat struktur diatasnya

Batasan akibat struktur atas yang dimaksud adalah total keseluruhan beban akibat struktur atas, arah gaya beban baik beban horisontal maupun vertikal dan penyebaran beban serta sifat dinamis yang dimiliki oleh struktur tersebut. Hal tersebut tentunya sangat berpengaruh dengan pemilihan tipe pondasi karena pondasi yang akan memikul seluruh beban struktur diatasnya.

c. Batasan keadaan lingkungan dari sekitar

Yang dimaksud pada poin ini ialah kondisi atau keadaan lingkungan disekitar proyek. Dimana dalam mengerjakan suatu pembangunan harus memperhatikan keadaan lingkungan disekitarnya yang diharapkan tidak mengganggu dan membahayakan lingkungan sekitar ataupun bangunan yang berada disekitarnya.

d. Biaya dan waktu pekerjaan

Faktor biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan merupakan faktor yang perlu diperhatikan karena termasuk dalam manajemen konstruksi bangunan serta sangat berhubungan dengan pencapaian kondisi yang tepat dan ekonomis.

### 2.3.1 Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah struktur bangunan paling bawah yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah yang berada relatif dekat dengan permukaan tanah. Kategori pondasi dangkal adalah pondasi setempat (*spread footings*) dan pondasi plat jenuh (*mat foundations*). Bowles (1991) menjelaskan bahwa pondasi dangkal dinamakan sebagai alas, telapak, telapak tersebar atau pondasi rakit. Kedalaman pada umumnya  $D/B \leq 1$  tetapi mungkin agak lebih.

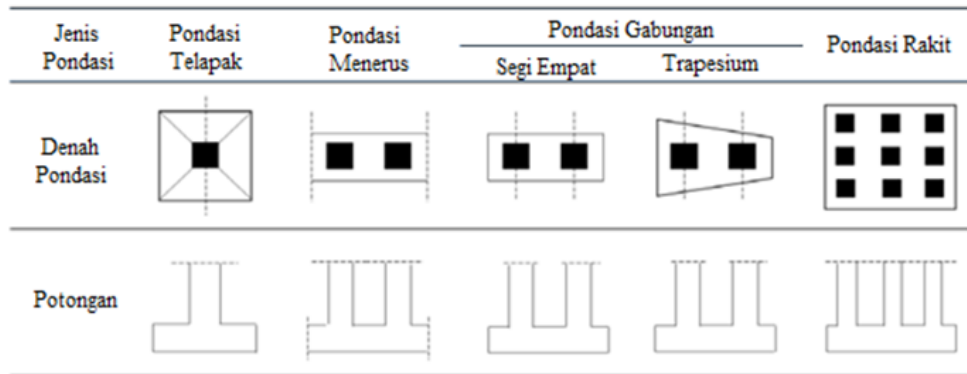
Menurut Terzaghi, pengertian pondasi dangkal adalah jika kedalaman pondasi lebih kecil lebar pondasi, maka pondasi tersebut dikatakan pondasi dangkal. Pada prinsipnya pondasi dangkal berupa pondasi telapak, yaitu pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah di pondasi tersebut.

Pengertian dari pondasi dangkal sampai sekarang ini masih sulit didefinisikan dengan jelas, karena dalam menginterpretasikannya tergantung dari masing-masing ahli tanah. Sebagai contoh pondasi dangkal menurut Terzaghi (1943) dalam Das (2004) adalah :

- 1) Apabila kedalaman pondasi lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi, maka pondasi tersebut bisa dikatakan sebagai pondasi dangkal.
- 2) Anggapan bahwa penyebaran tegangan pada struktur pondasi ke lapisan tanah di bawahnya yang berupa lapisan penyangga lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi ke lapisan tanah dibawahnya yang berupa lapisan penyangga lebih kecil atau sama dengan lebar pondasi.

### 2.3.2 Jenis-Jenis Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal merupakan salah satu jenis pondasi yang mendukung serta menahan beban bangunan secara langsung. Pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah keras berada relatif jauh dari permukaan tanah. Pondasi dangkal memiliki beberapa jenis dan bentuk. Pemilihan jenis pondasi dangkal juga tergantung pada kondisi tanah dan perencanaannya. Adapun jenis-jenis pondasi dangkal yang biasa digunakan ditunjukkan pada gambar 2.2.

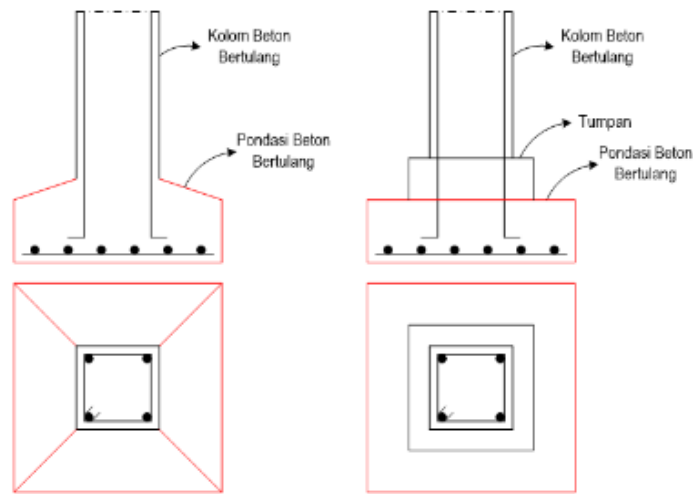


Gambar 2.3 Jenis-jenis pondasi dangkal

(Sumber : Setiawan, 2016:302)

#### a. Pondasi Telapak

Pondasi telapak adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung beban titik individual seperti kolom tunggal. Pondasi ini dapat dibuat dengan menggunakan beton tanpa tulangan atau dari batu yang disusun apabila memiliki beban struktur atas yang ringan. Untuk beban struktur atas yang besar atau bahkan memikul momen, maka pondasi ini harus dibuat dari beton bertulang.

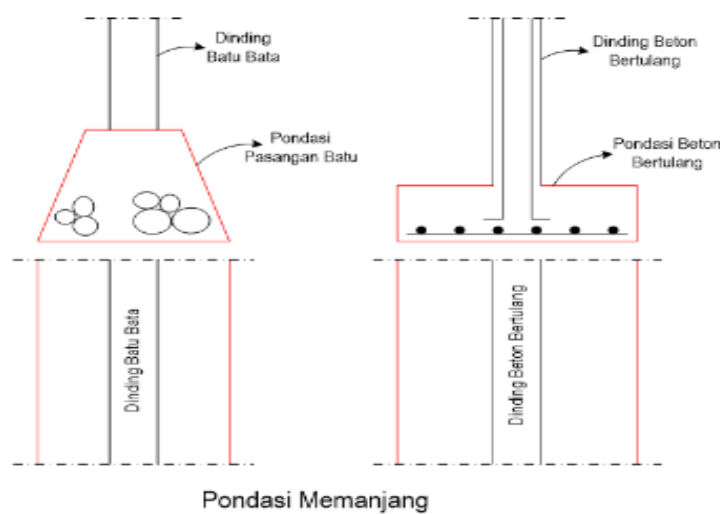


Gambar 2.4 Pondasi Telapak

(Sumber : Portal Rekayasa, 2016)

#### b. Pondasi Memanjang dan Menerus

Pondasi memanjang adalah pondasi telapak menerus yang mendukung beban dinding maupun beban kolom. Pondasi ini hampir sama dengan pondasi batu kali untuk memikul dinding, akan tetapi pada pondasi menerus terdapat kolom-kolom struktur pada setiap interval jarak tertentu dan juga pondasi ini berfungsi untuk menahan momen.

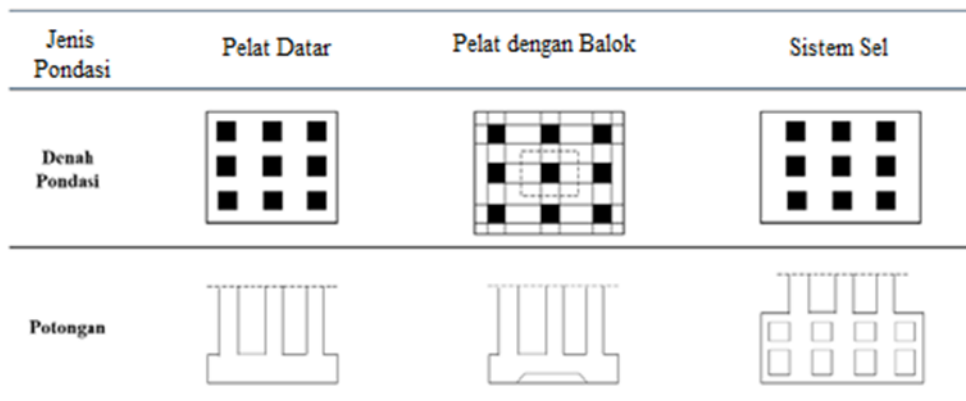


Gambar 2.5 Pondasi Menerus

(Sumber : Portal Rekayasa, 2016)

### c. Pondasi Rakit

Pondasi rakit adalah pondasi yang digunakan diatas tanah yang memiliki kapasitas daya dukung rendah. Pondasi ini berbentuk melebar sesuai dengan bagian dasar bangunan dimana beban setiap kolom akan disalurkan secara merata pada tanah dibawahnya. Sehingga besar penurunan pada pondasi tersebut akan sama besarnya.



Gambar 2.6 Jenis-jenis pondasi rakit

Sumber : (Setiawan, 2016:303)

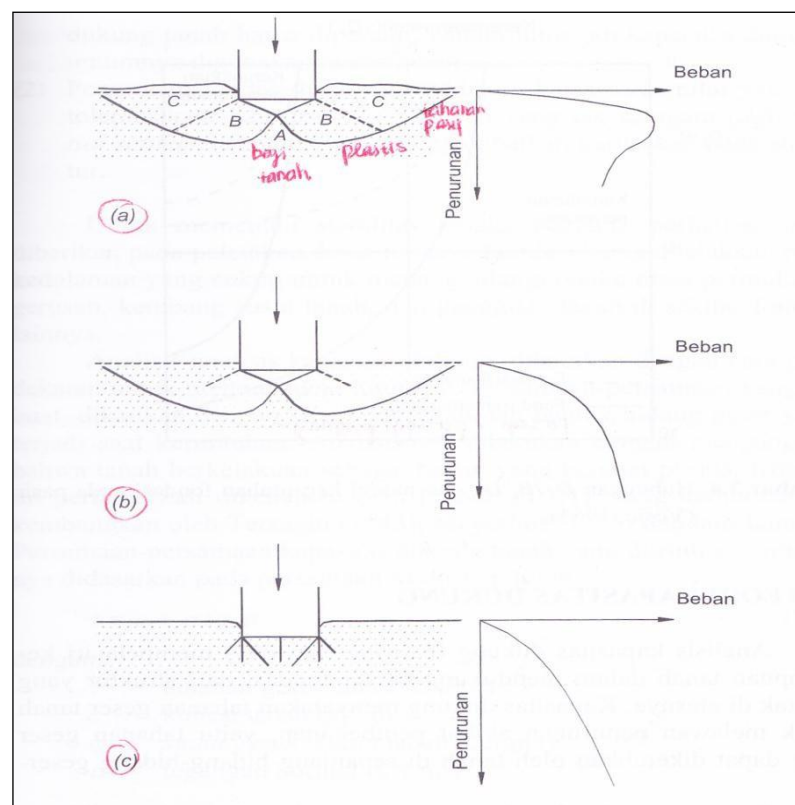
Secara umum, pondasi dangkal akan mengalami tiga jenis pola keruntuhan, tergantung dari jenis tanah dan kepadatannya. Ketiga pola keruntuhan pondasi tersebut sebagai berikut :

a. Keruntuhan geser umum (*general shear failure*). Keruntuhan ini biasanya terjadi pada lapisan padat (*dense sands*) atau lapisan lempung kaku (*stiff clays*). Bidang kelongsoran terjadi mulai dari dasar pondasi sampai ke permukaan tanah di sekitar pondasi dan keruntuhan terjadi secara tiba-tiba. (Gambar 2.7.a)

b. Keruntuhan geser lokal (*local shear failure*). Pola keruntuhan ini dapat terjadi pada pondasi yang terletak di atas lapisan pasir yang kurang padat atau lapisan tanah lempung yang tidak terlalu kaku. Bidang kelongsoran yang terjadi tidak

merambat sampai ke permukaan tanah, namun pondasi akan turun secara tiba-tiba bila beban pondasi melampaui kekuatan kritisnya. (Gambar 2.7.b)

c. Keruntuhan geser penetrasi (*Penetration failure*). Pola keruntuhan setempat ini ditandai dengan terjadinya penurunan yang cukup besar tanpa adanya kerusakan tanah di sekitar pondasi (Gambar 2.7.c). Keruntuhan ini dapat terjadi pada tanah jenis pasir lepas dan tanah lempung yang sensitif, yaitu tanah lempung yang memiliki rasio kekuatan maksimum dalam kondisi tidak terganggu (*undisturbed*) dan kekuatan residu (*residual*) relatif tinggi.



Gambar 2.7 Keruntuhan Geser

(Sumber: Hardiyatmo, 2014)

Keterangan Gambar 2.7 :

(a) Keruntuhan Geser Umum

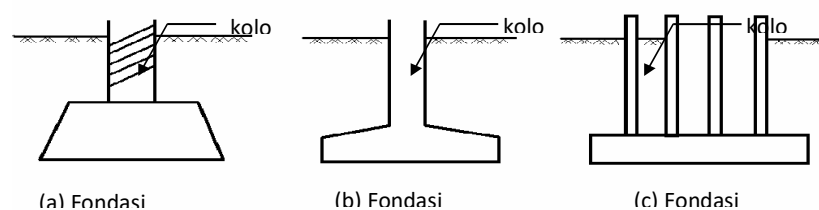
(b) Keruntuhan Geser Lokal

(c) Keruntuhan Geser Penetrasi

## 2.4 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah untuk menahan tekanan atau beban bangunan pada tanah dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan berlebihan. Daya dukung tanah merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan pondasi serta struktur di atasnya. Daya dukung yang diharapkan untuk mendukung pondasi adalah daya dukung yang mampu memikul beban struktur, sehingga pondasi mengalami penurunan yang masih berada dalam batas toleransi. Daya dukung yang aman terhadap keruntuhan tidak berarti bahwa penurunan pondasi akan berada dalam batas-batas yang diizinkan.

Oleh karena itu, analisis penurunan harus dilakukan karena umumnya bangunan peka terhadap penurunan yang berlebihan. Kapasitas nilai daya dukung dari suatu tanah didasarkan pada karakteristik tanah dasar dan dipertimbangkan terhadap kriteria penurunan dan stabilitas yang diisyaratkan, termasuk faktor aman terhadap keruntuhan (Ramli, 2014).



Gambar 2.8 Macam- Macam Tipe Pondasi Dangkal  
(Sumber : Hardiyatmo,2002)

### a. Analisis Daya Dukung Meyerhof

Meyerhof (1951, 1963) dalam Bowles (1992) menyarankan persamaan daya

dukung yang mirip dengan rumus Terzaghi tetapi memasukkan suatu faktor bentuk  $s_q$ , faktor kedalaman  $d_i$  dan faktor kemiringan  $i_i$ .

Maka, rumus nilai daya dukung tanah yang digunakan adalah Mayerhof, yaitu :

Dengan memakai data pengujian sondir

$$q_{ult} = q_c \cdot B \cdot (1 + D/B)^{1/4} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

- $q_{ult}$  = Daya Dukung Ijin Tanah (ton)
- $q_c$  = Nilai Conus
- $B$  = Lebar Pondasi (dianggap 1 meter)
- $D$  = Kedalaman Dasar Pondasi

Setelah mendapatkan nilai daya dukung ultimit tanah dilanjutkan dengan menghitung daya dukung ijin tanah yaitu :

$$q = q_{ult} / S_f \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

- $q$  = Daya Dukung Ijin Tanah
- $q_{ult}$  = Daya Dukung Tanah Ultimit
- $S_f$  = Faktor Keamanan biasanya nilainya diambil 3

b. Analisis Daya Dukung Tanah Schmertmann (1978) dan Awkati

Schmertmann (1978) dan Awkati, mengusulkan untuk pondasi telapak berbentuk bujur sangkar, dengan kedalaman pondasi /lebar pondasi  $(D/B) \leq 1.5$ , dan  $q_c$  adalah nilai rata-rata nilai  $q_c$  pada kedalaman  $B/2$  diatas design depth dan  $1.1B$  dibawah design depth, maka daya dukung ultimate :

pada tanah granular (berbutir/sand) :

$$q_u = 48 - 0.009 (300 \cdot q_c)^{1.5} \dots \dots \dots (2.6)$$



pada tanah lempung (clay):

$$q_u = 5 + 0.34 \cdot q_c \dots \dots \dots (2.7)$$

(disini bila  $q_c = 0$ , tanah masih punya daya dukungnya)

untuk selanjutnya , dalam mencari  $q_a$  (daya dukung izin atau gross allowable bearing capacity), maka nilai  $q_u$  harus dibagi dengan safety factor (SF) yang nilainya biasa diambil 3.

$$q_a = q_u / SF = q_u / 3 \dots \dots \dots (2.8)$$

### 2.5 Teori Uji Sondir

Uji penetrasi kerucut statis atau uji sondir banyak digunakan di Indonesia, di samping uji SPT. Pengujian ini sangat berguna untuk memperoleh nilai variasi kepadatan tanah pasir yang tidak padat. Pada tanah pasir yang padat dan tanah-tanah berkerikil dan berbatu, penggunaan alat sondir menjadi tidak efektif, karena mengalami kesulitan dalam menembus tanah. Nilai-nilai tahanan kerucut statis atau tahanan konus ( $q_c$ ) yang diperoleh dari pengujian, dapat dikorelasikan secara langsung dengan kapasitas dukung tanah dan penurunan pada pondasi dangkal dan fondasi tiang (*Hary Hardiyatmo, 2011: 72*).

Alat sondir (Dutch Penetrometer) adalah alat statis yang berasal dari Negeri Belanda. Dengan alat ini, ujungnya secara langsung ditekan ke dalam tanah. Pada waktu penekanan ini, bagian yang masuk kedalam tanah adalah yang berbentuk kerucut (conus). Pengujian sondir test merupakan salah satu pengujian penetrasi yang bertujuan untuk mengetahui daya dukung tanah pada setiap lapisan serta mengetahui kedalaman lapisan pendukung yaitu lapisan tanah keras. Diantaranya ditujukan untuk :

- a) Identifikasi, stratigrafi, klasifikasi lapisan tanah, kekuatan lapisan tanah.
- b) Kontrol pemadatan tanah timbunan.
- c) Perencanaan pondasi dan settlement.
- d) Perencanaan stabilitas lereng galian atau timbunan.

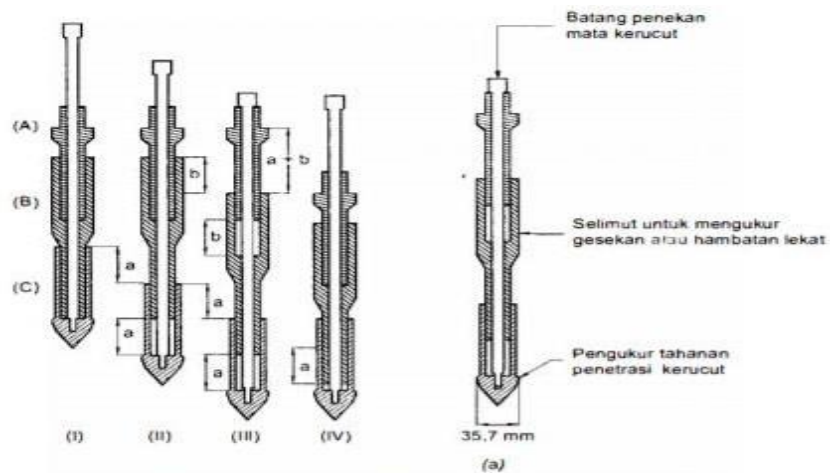
Ujung alat ini terdiri dari kerucut baja yang mempunyai sudut kemiringan  $60^\circ$  dan berdiameter 35,7 mm atau mempunyai luas tampang  $10 \text{ cm}^2$ . Bentuk skematis dan cara kerja alat ini dapat dilihat pada gambar. Salah satu macam alat sondir dibuat sedemikian rupa sehingga dapat mengukur tahanan ujung dan tahanan gesek dari selimut silinder mata sondirnya. Cara menggunakan alat ini, dengan menekan pipa penekan dan mata sondir secara terpisah, melalui alat penekan mekanis atau dengan tangan yang memberikan gerakan ke bawah. Kecepatan penetrasi kira-kira 10 mm/detik. Pembacaan tahanan kerucut statis atau tahanan konus dilakukan dengan melihat arloji pengukur. Nilai  $q_c$  adalah besarnya tahanan kerucut dibagi dengan luas penampangnya ( $10 \text{ cm}^2$ ). Pembacaan arloji pengukur, dilakukan pada tiap-tiap penetrasi sedalam 20 cm. Tahanan ujung serta tahanan gesek selimut alat sondir dicatat. Dari sini diperoleh grafik tahanan kerucut statis atau tahanan konus yang menyajikan nilai keduanya seperti pada Gambar 2.10.

Tahap-tahap pengukuran uji kerucut statis (sondir) adalah sebagai berikut:

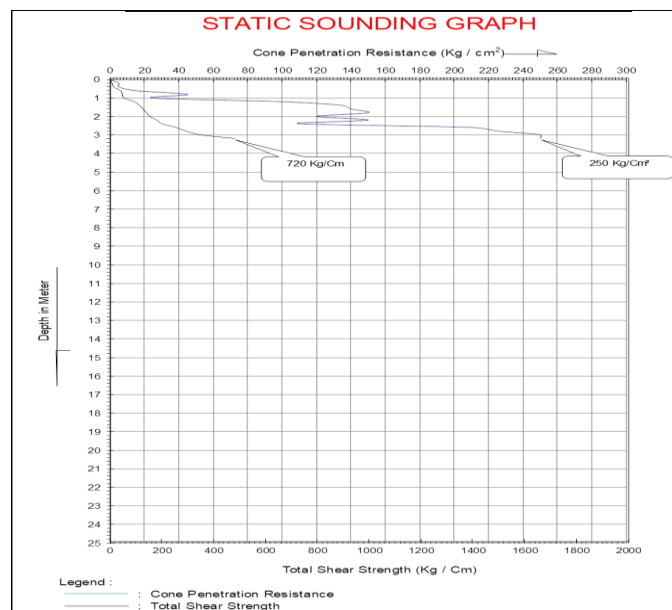
- 1) Posisi I = kerucut (konus) pada kedudukan belum bergerak.
- 2) Posisi II = ujung kerucut ditekan melalui batang penekan kerucut.
- 3) Posisi III = pipa luar pengukur lekatan digerakkan menekan kerucut bawah, menghasilkan gerakan pipa luar dan kerucut ke bawah. Tahap ini mengukur tahanan kerucut dan tahanan gesek pipa luar ( $q_c + f_s$ ).

- 4) Posisi IV = ujung kerucut dan pipa luar digerakkan menuju kembali seperti posisi I.

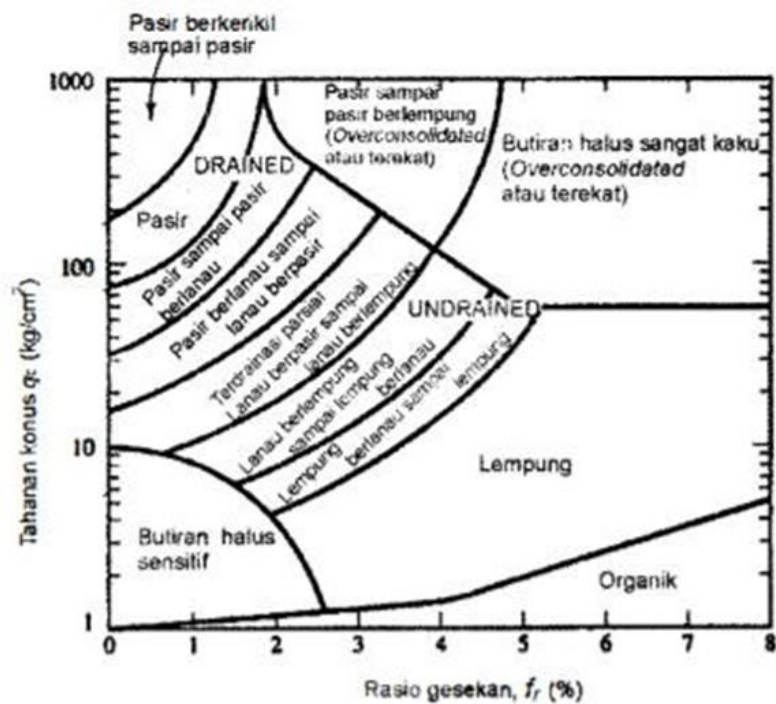
Hubungan sudut gesek dalam puncak ( $\phi'$ ) dan  $q_c$  yang diusulkan oleh Robertson dan Campanella (1983) untuk pasir lepas tidak rekat ditunjukkan dalam gambar dibawah ini.



Gambar 2.9 Skema Alat Kerucut Statis dan Cara Kerja Alat (Sumber : Bowles, 1997)



Gambar 2.10 Contoh Grafik Hasil Uji Sondir (Sumber : Bowles, 1997)



Gambar 2.11 Klasifikasi Tanah Didasarkan Pada Hasil Uji Kerucut Statis Sondir  
(Sumber : (Robertson dan Campanella, 1983).

Komponen utama sondir adalah konus yang dimasukkan ke dalam tanah dengan cara ditekan. Tekanan pada ujung konus pada saat konus bergerak kebawah sebab ditekan, d

apat dibaca pada manometer disetiap kedalaman 20 cm. Tekanan dari atas pada conus disalurkan melalui batang baja yang berada di dalam pipa sondir (yang dapat bergerak bebas, tidak tertahan pipa sondir).

Keuntungan uji sondir (Rahardjo, 2008) :

- a) Cukup ekonomis dan cepat.
- b) Dapat dilakukan ulang dengan hasil yang relatif hampir sama.
- c) Korelasi empirik yang terbukti semakin andal.

d) Perkembangan yang semakin meningkat khususnya dengan adanya penambahan sensor pada sondir listrik.

Kekurangan uji sondir :

a) Tidak didapat sampel tanah.

b) Kedalaman penetrasi terbatas.

c) Tidak dapat menembus kerikil atau lapis pasir yang padat.

Penggunaan CPT hasil ujinya dapat digunakan untuk menganalisa lapisan tanahnya sampai pada kedalaman tanah yang diambil datanya tersebut, karena jenis perilaku tanah setelah dilakukan test uji dapat diidentifikasi dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung dan gesekan selimutnya. Kapasitas/besaran gaya data tanah yang diukur pada uji sondir adalah berupa perlawanan ujung yang diambil sebagai gaya penetrasi persatuan luas ujung sondir ( $q_c$ ). Besarnya gaya ini seringkali menunjukkan identifikasi dari jenis tanah dan konsistensinya. Untuk tanah kepasiran, tahanan ujung lebih besar daripada tanah berbutir halus. Harga perlawanan konus hasil uji penetrasi sondir pada lapisan tanah dapat dihubungkan secara empiris dengan kekuatannya. Pada tanah berbutir halus (lempung–lanau) dapat ditentukan tingkat kekerasan relatif. Sedangkan pada tanah berbutir kasar (pasir–kerikil) dapat ditentukan tingkat kepadatan relatifnya terhadap kedalaman, karena jenis perilaku tanah telah dapat diidentifikasi dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung dan gesekan selimutnya.

Tabel 2.2 Konsistensi tanah lempung berdasarkan hasil sondir (Terzaghi dan Peck,1984)

Konsisten	Conus Resistance (qc) Kg/cm <sup>2</sup>	Friction Ratio (FR)
Sangat Lunak / very soft	< 5	3.5
Lunak / Soft	5-10	3.5
Teguh / Firm	10-35	4.0
Kaku / Stiff	30-60	4.0
Sangat Kaku / Very Stiff	60-120	6.0
Keras / Hassrd	>120	6.0