

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian dari sistem struktur yang berfungsi meneruskan beban dari struktur bagian atas, kelapisan tanah bagian bawah, tanpa mengakibatkan keruntuhan geser tanah dan penurunan tanah (*settlement*) yang berlebihan. penentuan jenis pondasi yang akan digunakan bergantung pada hasil investigasi awal penyelidikan tanah. Pekerjaan penyelidikan tanah (*Soil Investigation*) Tujuan penyelidikan tanah dilapangan dan laboratorium untuk memperoleh parameter-parameter tanah dan sifat tanah dari pengujian bor, serta *indeks properties* dan *engineering propertis* dari hasil pengujian laboraorium (*laboratorium Test*).

Dalam pembangunan proyek Jalur Layang Rel Kereta Api Lintas Medan-Binjai (JKLMB -3) (Km 2+850) (P-38) pear 38 jenis pondasi yang digunakan jenis pondasi borpile yang digunakan sebanyak 8 buah kemudian disatukan dengan (*pile group*) diameter borpile Ø1200 mm, disatukani dengan pile cap ukuran lebar 11 m dan Panjang 5 meter. Untuk memenuhi hasil perencanaan maka dilakukan penyelidikan tanah yang dilakukan dengan pengeboran tanah (*borelog test*) sedalam 40 m, ditemukan rata-rata lapisan terhadap tanah pasir memiliki *Consistency dense to very dense*. hasil pengujian dilaboratorium sampel bor 38 Depth 6,50 – 7,00 m, merupakan tanah Lanau berlempung dengan kapasitas tinggi, rekomendasi tiang borepile berdasarkan perbandingan nilai daya dukung hasil *soil investigestion* terhadap nilai daya dukung sesuai DED diperoleh sampel bor 38 Depth 35. untuk pondasi tiang pancang atau bore pile kelompok (*pile group*) perlu dihitung efisiensi kelompok tiang, daya dukung tarik dan daya dukung literal/horizontal.

Analisa perhitungan daya dukung tiang tunggal menggunakan data hasil pengujian dilapangan yaitu pengujian N-SPT (*Standart Penetration Test*) dari nilai “N” dipakai 3 metode *Mayerhoff*, (1976) , *Reese dan Wright* (1977) ,*Luciano Decourt* (1967). kemudian

dari hasil Analisa tiang tunggal dilakukan Analisa perhitungan daya dukung tiang kelompok (*pile Group*) menggunakan metode *Converse Laberre* (1968). Untuk kapasitas daya dukung tiang tunggal, hasil ini akan dibandingkan dengan analisa daya dukung tiang menggunakan metode *Reese dan Wright* (1977), metode *Luciano Decourt* (1967), dan metode *Mayerhoff*, (1976). Untuk dapat memperoleh hasil yang paling mendekati data dari hasil pengujian PDA(*Penetrasi Driving Analizyer*). Pengujian PDA dimaksud untuk memperoleh daya dukung tiang tunggal intergitas atau keutuhan tiang dan joint (sambungan pada tiang pancang) efisiensi dari transfer energi hammer ke tiang pancang dan sebagainya dari hasil analisa output. Analisa data PDA dilakukan dengan prosedur Method, yang meliputi pengukuran data kecepatan (*Velocity*) dan gaya (*force*) selama pelaksanaan pengujian (*re-strike*) dan perhitungan variabel dinamik secara real time untuk mendapatkan gambaran tentang daya dukung pondasi tiang tunggal.

## **1.2 Rumus Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka perumusan masalah yang akan dibahas dalam studi ini antara lain :

1. Studi penyelidikan Sampel tanah (*Soil Investigation*) pengujian lapangan (*Borelog Test*) dan pengujian Laboratorium
2. Studi daya dukung tiang tunggal menggunakan metode *Mayerhoff* (1976), *Reese dan Wright* (1977), dan *Luciano Decourt* (1987), dan perhitungan daya dukung tiang kelompok (*pile Group*) menggunakan metode *Converse Laberre* (1968).
3. Memperoleh hasil analisa menggunakan 3 metode yang paling mendekati dengan data hasil pengujian PDA (*Penetrasi Driving Analizyer*).

### **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batas masalah pada Pembahasan studi ini antara lain :

1. Pembahasan penyelidikan tanah (*soil investigation*), pengujian bor mesin (*borelog test*) dan SPT (*Standart Penetration Test*) dan pengujian laboratorium
2. Menghitung daya dukung tiang tunggal menggunakan metode *Mayerhoff* (1976), *Reese dan Wright* (1977), dan *Luciano Decourt* (1987) dan daya dukung tiang kelompok (*Pile Group*) menggunakan metode *Converse Laberre* (1968).
4. Memperoleh hasil analisa yang paling mendekati dengan data pengujian PDA (*Penetrasi Driving Analzyer*). menggunakan metode *Mayerhoff* (1976), *Reese dan Wright* (1977), dan *Luciano Decourt* (1987),

### **1.4 Tujuan Penulisan**

Adapun tujuan yang akan dicapai dari studi ini adalah memperoleh hasil daya dukung tiang tunggal menggunakan metode *Mayerhoff* (1976), *Reese dan Wright* (1977), dan *Luciano Decourt* (1987), dan daya dukung tiang kelompok menggunakan metode metode *Converse Laberre* (1968), kemudian hasil analisa daya dukung tiang tunggal dari ke-3 metode akan dibandingkan untuk mendapatkan hasil yang paling mendakati hasil pengujian PDA (*Penetrasi Driving Analzyer*).

### **1.5 Manfaat Penulisan**

Adapun tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah ;

1. Bagi universitas, untuk mempererat dan meningkatkan kerja sama antara universitas sebagai lembaga pendidikan dengan industri konstruksi.
2. Bagi mahasiswa manfaat Skripsi sebagai berikut:
  - Memperoleh pengetahuan dan menambah cakrawala pandang dalam dunia industri konstruksi sipil secara nyata sebelum akhirnya terjun kedunia kerja

- Menambah informasi aktual mengenai dunia konstruksi dengan pengembangan ilmu pengetahuan dan keterampilan.
3. Bagi pihak perusahaan, dengan adanya penelitian ini akan mendapatkan masukan-masukan yang dapat diterima dilapangan dan berguna untuk industri konstruksi.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Fondasi**

Dalam ilmu teknik sipil, fondasi diartikan sebagai suatu bagian dari struktur bangunan yang mana secara langsung bersentuhan dengan tanah serta membantu mentransfer beban dari struktur bagian atas ke lapisan tanah. Fondasi suatu struktur biasanya terdiri dari satu atau lebih elemen fondasi. Elemen fondasi adalah elemen transisi antara bebatuan atau tanah dengan bangunan atas (*upper structure*). Saat ini, banyak formula dan perangkat lunak (*software*) telah ditemukan untuk membantu para profesional teknik dalam menentukan jenis dan ukuran fondasi yang lebih rasional dan efisien (Setiawan, 2016).

#### **2.2 Klasifikasi Fondasi**

Ada dua kategori fondasi; fondasi dangkal dan dalam. Fondasi dangkal adalah fondasi yang menopang beban secara langsung, misalnya fondasi rakit, fondasi memanjang, dan fondasi telapak. Sedangkan fondasi dalam adalah fondasi di mana penyaluran beban bangunan atas ke tanah keras dan batuan yang relatif jauh dari permukaan, seperti fondasi sumuran dan fondasi tiang (Hary Christiandy Hardiyatmo, 2018). Fondasi dalam (*deep foundation*) adalah suatu unit fondasi yang memberikan dukungan untuk struktur yang memindahkan beban dengan end bearing dan/atau dengan resistensi shaft pada kedalaman yang cukup di bawah tanah. Secara umum, kedalaman setidaknya lima kali dimensi paling kecil dari fondasi (Kurniawan & Hadimuljono, 2020).

Fondasi yang digunakan dalam proyek ini ialah fondasi dalam. Jenis fondasi ini memiliki kedalaman yang signifikan pada lapisan kompeten (mampu mendukung) sesuai kapasitas yang diminta lateral loading kapasitas besar tekanan lateral yang sangat diperlukan (Kurniawan & Hadimuljono, 2020).

## 2.3 Jenis-Jenis Pondasi

Bentuk pondasi ditentukan oleh berat bangunan dan keadaan tanah disekitar bangunan, sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah padat yang mendukung pondasi.

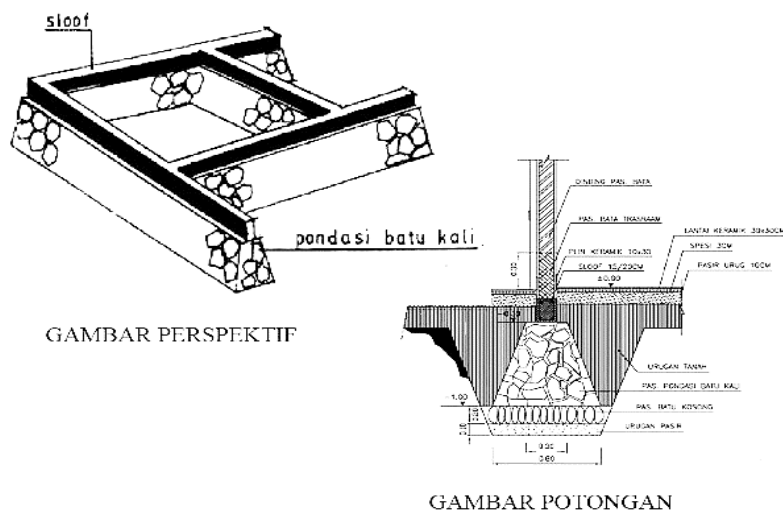
Pondasi dibagi menjadi dua jenis yaitu : (Hardiyatmo, Hary Christady. 2010).

### 2.3.1 Pondasi Dangkal

Sistem pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah dasar yang baik letaknya tidak dalam, dimana gangguan air tanah atau air sungai dapat diatasi agar pondasi bisa dikerjakan dalam keadaan kering sehingga mutu pondasi akan lebih baik dan ekonomis. Macam-macam pondasi dangkal adalah ;

#### 2.3.1.1 Pondasi Lajur Batu Kali

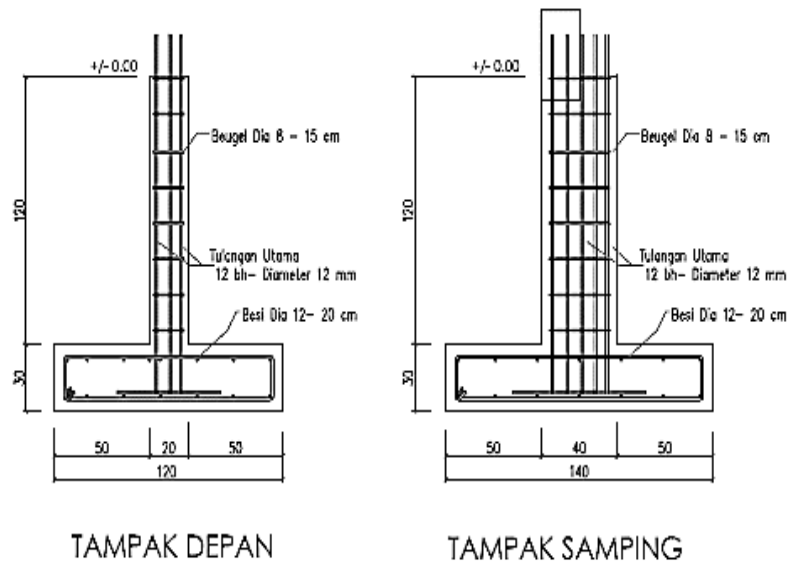
Pondasi lajur batu kali harus dibuat dengan pasangan bata dengan kualitas baik, tidak mudah retak atau hancur, dimana adukan yang dipakai minimal 1 bagian semen dan 6 bagian pasir (1:6) dan harus mempunyai kekuatan tekan pada umur 28 hari minimal 30 kg/cm<sup>2</sup>.



Gambar 2.1 Pondasi Lajur Batu Kali  
Sumber : Hardiyatmo, H.C. 1992. Mekanika Tanah

#### 2.3.1.2 Pondasi Plat (*Foot Plat*)

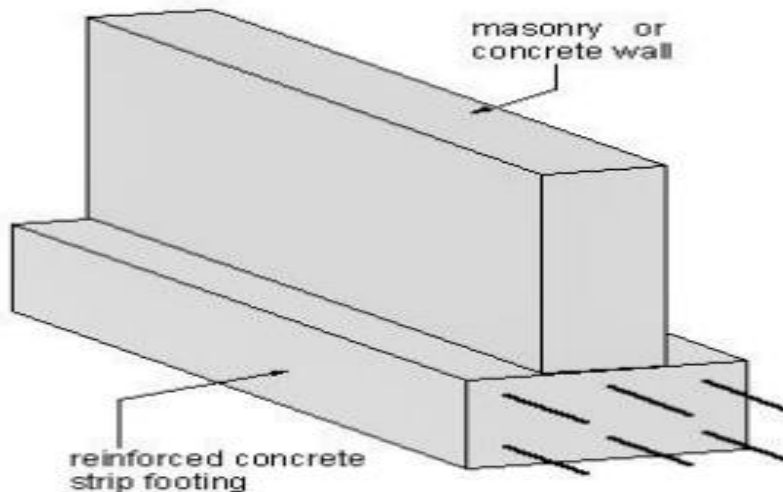
Pondasi plat menopang beban struktural maka disyaratkan terbuat dari konstruksi beton bertulang dengan mutu minimal K175.



Gambar 2.2 Pondasi Plat  
 Sumber : Hardiyatmo, H.C. 1992. *Mekanika Tanah*

### 2.3.1.3 Pondasi Plat Menerus (*Continues Footing*)

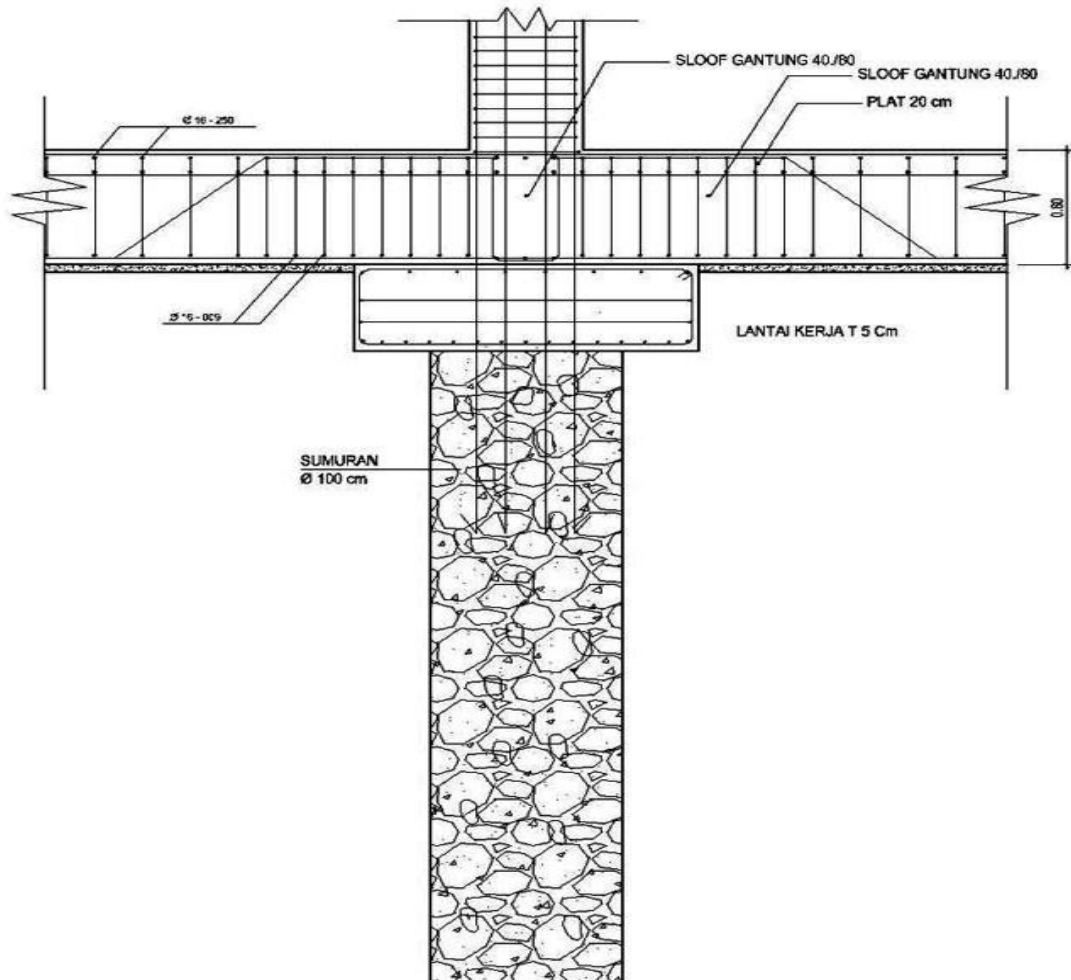
Pondasi ini juga disyaratkan terbuat dari konstruksi beton bertulang dengan mutu minimal K175. Bentuk pondasi ini merupakan pengembangan dari pondasi plat karena antara pondasi plat yang satu dengan yang lainnya terlalu dekat sehingga saling overlap, sehingga lebih baik antar kolom-kolom dihubungkan menjadi satu lewat pondasi plat menerus.



Gambar 2.3 Pondasi Plat Menerus  
 Sumber : Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (PrinsipPrinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*

### 2.3.1.4 Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran digunakan apabila tanah dasar yang baik agak dalam letaknya serta di dalam tanah tidak terdapat gangguan yang menghalangi pelaksanaan pembuatan pondasi sumuran. Pondasi sumuran juga dapat digunakan jika ada bahaya penggerusan tanah di bawah dasar pondasi oleh arus air dimana dasar sumuran harus benarbenar pada lapisan tanah keras.

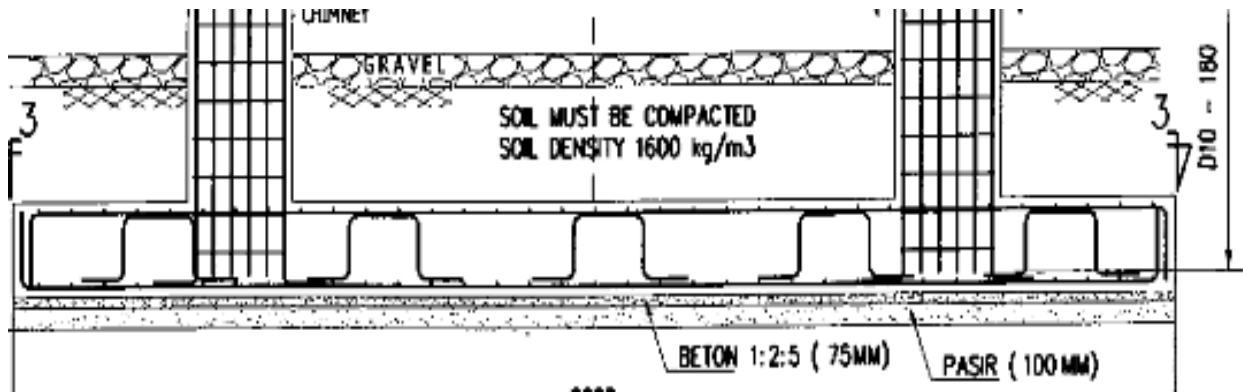


Gambar 2.4 Pondasi Sumuran.  
*Sumber : Hardiyatmo, H.C. 1992. Mekanika Tanah*

### 2.3.1.5 Pondasi Rakit

Pondasi rakit adalah pondasi plat beton yang dibuat seluas bangunan di atasnya, atau disebut pondasi plat setempat yang luas sekali.





Gambar 2.5 Pondasi Rakit

Sumber : Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*

### 2.3.2 Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah dasar atau tanah keras yang terletak jauh dari permukaan. Macam-macam pondasi dalam adalah :

#### 2.3.2.1 Pondasi Tiang Pancang

Tiang pancang menggunakan beton jadi yang ditancapkan langsung ke tanah dengan menggunakan mesin pemancang. Karena ujung tiang pancang lancip menyerupai paku, tiang pancang tidak memerlukan proses pengeboran. Pondasi tiang pancang dipergunakan pada tanah-tanah lembek, tanah berawa, dengan kondisi daya dukung tanah kecil, kondisi air tanah tinggi dan tanah keras pada posisi sangat dalam.

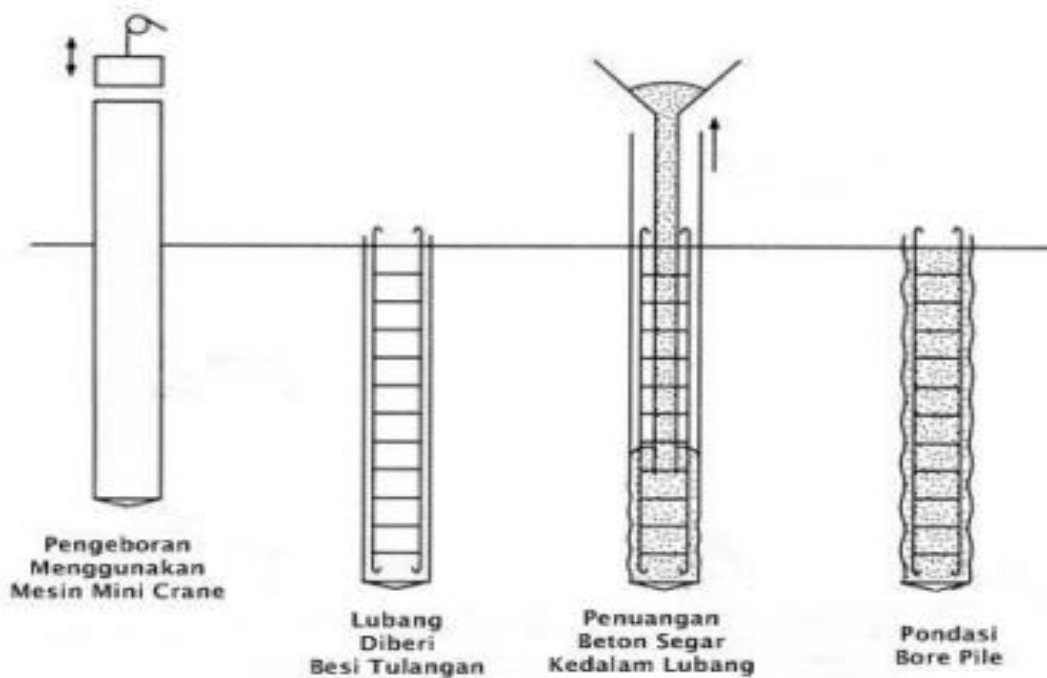


Gambar 2.6 Tiang Pancang.

Sumber : Azis, Aswandi A. Islan, Miki. 2009. *Perencanaan Pondasi Tiang*

### 2.3.2.2 Pondasi Tiang Bore Pile

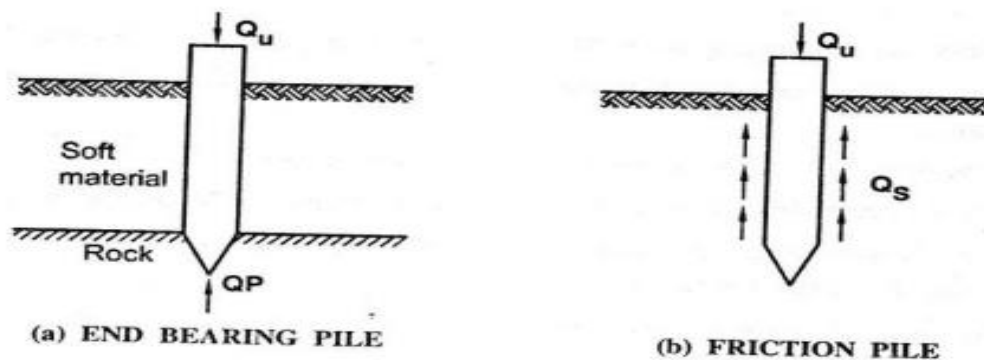
Pondasi bore pile adalah bentuk pondasi dalam yang dibangun di dalam permukaan tanah, pondasi di tempatkan sampai ke dalaman yang dibutuhkan dengan cara membuat lobang dengan sistim pengeboran atau pengerukan tanah. Setelah kedalaman sudah didapatkan kemudian pondasi pile dilakukan dengan pengecoran beton bertulang terhadap lobang yang sudah di bor.



Gambar 2.7 Tiang Bore Pile

Sumber : Basah K Suryolelono, 1994, Teknik Fondasi Bagian II

Pondasi tiang memperoleh daya dukungnya dari gesekan antara selimut tiang dengan tanah dan dari tahanan ujungnya. Kedua komponen tersebut dapat bekerja bersama maupun terpisah, namun demikian pada suatu pondasi tiang umumnya salah satu dari komponen tersebut dapat lebih dominan. Tiang yang memiliki tahanan ujung lebih tinggi dari tahanan selimutnya disebut tiang tahanan ujung (*end bearing piles*) sebaliknya bila tahanan selimutnya lebih tinggi maka disebut tiang gesekan (*friction piles*).



Gambar 2.8 Tiang Tahanan Ujung dan Tiang Tahanan Gesek  
 Sumber : Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*

## 2.4 Pondasi Bore Pile

Pondasi bore pile adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah lebih dahulu (Hardiyatmo, Hary Christady. 2010). Pemasangan pondasi bore pile ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian diisi tulangan yang telah dirangkai dan dicor beton. Apabila tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau yang biasa disebut dengan temporary casing untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran, dan pipa ini akan dikeluarkan pada waktu pengecoran beton.

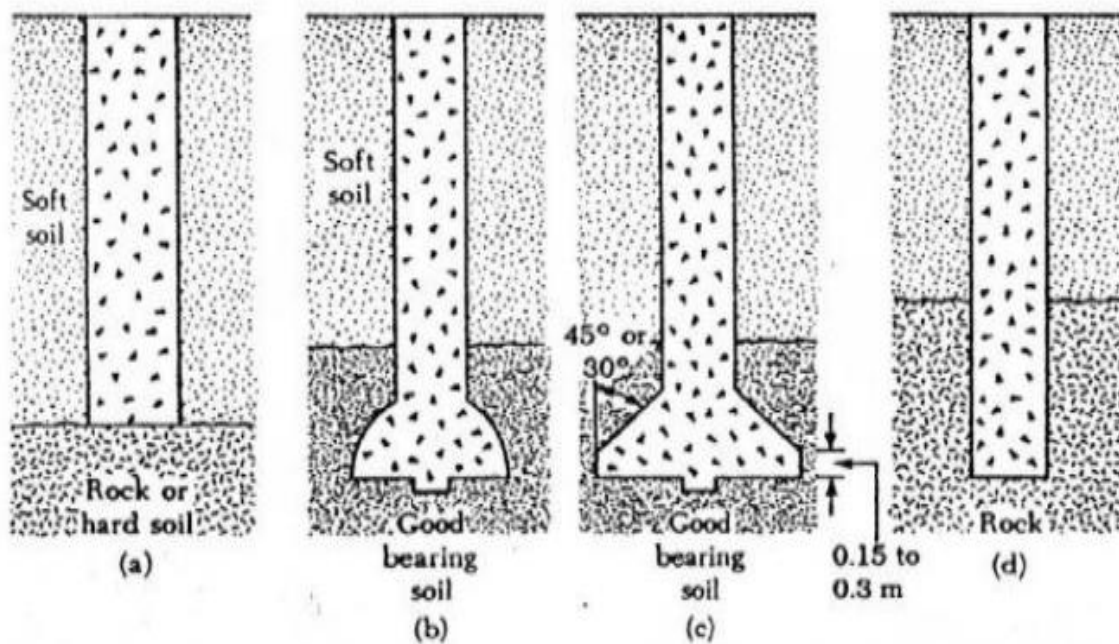
Ada beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi bore pile jika dibandingkan dengan tiang pancang, yaitu:

- a) Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang membahayakan bangunan sekitarnya.
- b) Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan dowel pada pelat penutup tiang (pile cap). Kolom dapat secara langsung diletakkan di puncak bore pile.
- c) Kedalaman tiang dapat divariasikan.
- d) Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.

- e) Bore pile dapat dipasang menembus batuan, sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batuan.
- f) Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
- g) Tidak ada risiko kenaikan muka tanah. Kerugian menggunakan pondasi bore pile yaitu:
  - 1. Pengecoran bore pile dipengaruhi kondisi cuaca.
  - 2. Pengecoran beton agak sulit bila dipengaruhi air tanah karena mutu beton tidak dapat dikontrol dengan baik.
  - 3. Mutu beton hasil pengecoran bila tidak terjamin keseragamannya di sepanjang badan bore pile mengurangi kapasitas dukung bore pile, terutama bila bore pile cukup dalam.
  - 4. Pengeboran dapat mengakibatkan gangguan kepadatan, bila tanah berupa pasir atau tanah yang berkerikil.
  - 5. Air yang mengalir ke dalam lubang bor dapat mengakibatkan gangguan tanah, sehingga mengurangi kapasitas dukung tiang.
  - 6. Akan terjadi tanah runtuh jika tindakan pencegahan tidak dilakukan, maka dipasang temporary casing untuk mencegah terjadinya kelongsoran.

Adapun jenis-jenis pondasi bored pile adalah sebagai berikut :

- a. Bored pile lurus untuk tanah keras
- b. Bored pile yang ujungnya diperbesar berbentuk bel
- c. Bored pile yang ujungnya diperbesar berbentuk trapezium
- d. Bored pile lurus untuk tanah batuan



Gambar 2.9 Jenis-Jenis Bore Pile

Sumber : Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*

Fungsi pondasi tiang bor pada umumnya dipengaruhi oleh besar atau bobot dan fungsi bangunan yang hendak didukung dan jenis tanah sebagai pendukung konstruksi seperti :

1. Transfer beban dari konstruksi bangunan atas (*upper structure*) ke dalam tanah melalui selimut tiang dan perlawanan ujung tiang.
2. Menahan daya desak ke atas (*up live*) maupun guling yang terjadi akibat kombinasi beban struktur yang terjadi.
3. Memampatkan tanah, terutama pada lapisan tanah yang lepas (*non cohesive*).
4. Mengontrol penurunan yang terjadi pada bangunan terutama pada bangunan yang berada pada tanah yang mempunyai penurunan yang besar.

## 2.5 Pengujian Pengeboran dan SPT

Pengujian pengeboran bertujuan untuk membuat lobang pada lapisan tanah untuk :

- Mengetahui susunan lapisan tanah pendukung secara visual dan terperinci.

- Mengambil sampel tanah terganggu (*disturbed sample*) lapis demi lapis sampai kedalaman yang diinginkan untuk deskripsi dan klasifikasi tanah (*visual soil clasification*) dan juga digunakan sebagai bahan pengujian laboratorium.
- Mengambil sampel tanah tak terganggu (*undistrubed sample*) untuk bahan pengujian di laboratorium.
- Mengamati dan melaksanakan pengukuran kedalaman muka air tanah (*Ground Water Level*) disingkat *GWL*).

Pemboran dilakukan dengan kedalaman pemboran hingga 40 m atau sampai dijumpai lapisan tanah dengan nilai  $N-SPT > 60$ . Penyelidikan tanah dengan pengeboran ini dilakukan dengan peralatan dan bahan yang digunakan sebagai berikut :

- Bor
- Mata bor (lengkap dengan core single/core barel)
- Tabung sample
- Batang/pipa bor
- Kunci-kunci
- Parafin dan perlengkapan serta bahan lainnya

Tanah hasil pemboran selanjutnya disimpan dalam core box agar terhindar dari gangguan. Kotak penyimpanan contoh (*core box*) harus kuat dan mampu menahan berat contoh batuan yang tersimpan di dalamnya. Kemudian contoh inti pemboran yang diambil dari tiap lubang bor akan disusun secara urut serta diberi tanda kedalaman yang sesuai dan jelas.

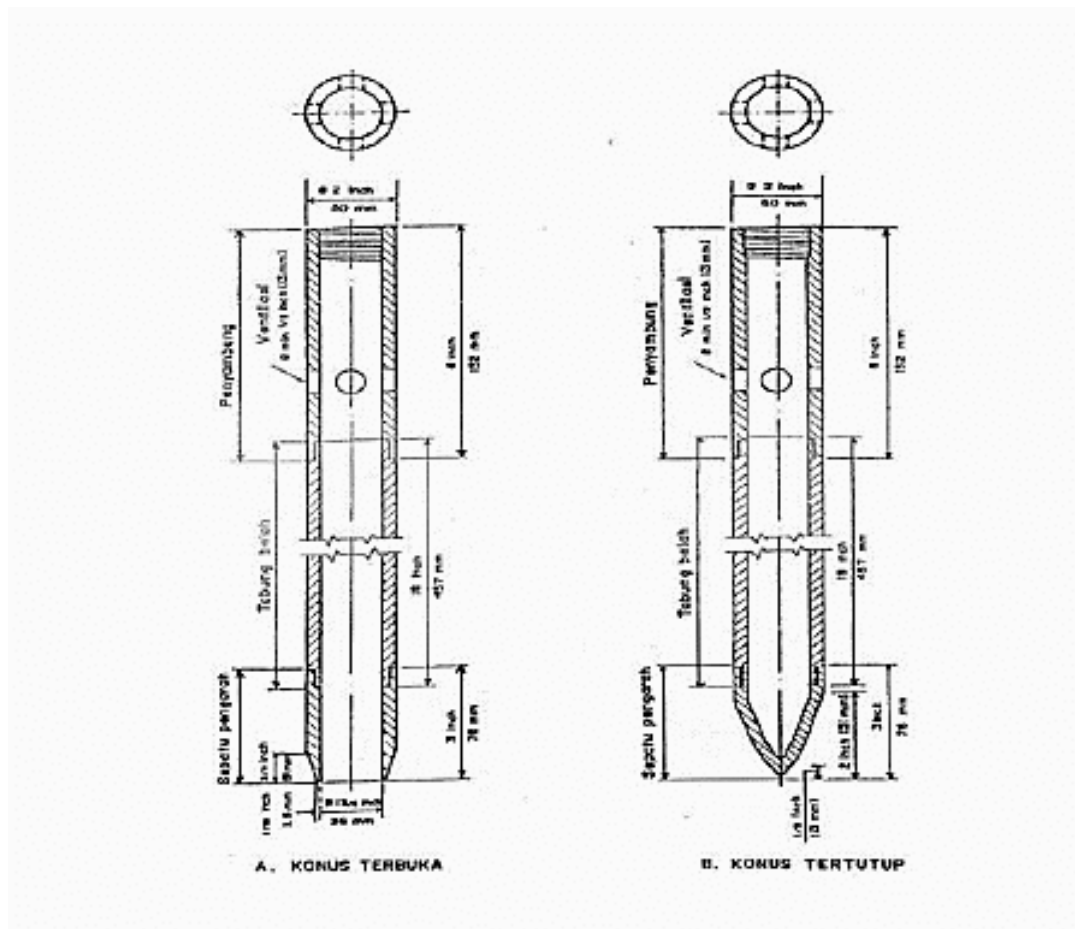


Gambar 2.10 Core Box

*Sumber : Foto dokumentasi sampel pengujian borelog*

Pengambilan sampel tak terganggu dilakukan dimana setelah pengambilan contoh tanah, tabung (*tube sample*) ditutup dengan parafin untuk mencegah penguapan pada contoh tanah tersebut dan pada tabung diberi kode titik bor dan kedalaman pengujian. Contoh tanah ini dibawa ke laboratorium untuk bahan pengujian laboratorium. Tabung contoh tanah yang digunakan adalah stainless tubesample ukuran OD (outer diameter) 3 inch dan ID (internal diameter) 2 7/8 inch, tebal tabung 1/16 inch dan panjang 50 cm. Tabung contoh tanah yang digunakan adalah stainless tubesample ukuran OD (outer diameter) 3 inch dan ID (internal diameter) 2 7/8 inch, tebal tabung 1/16 inch dan panjang 50 cm.

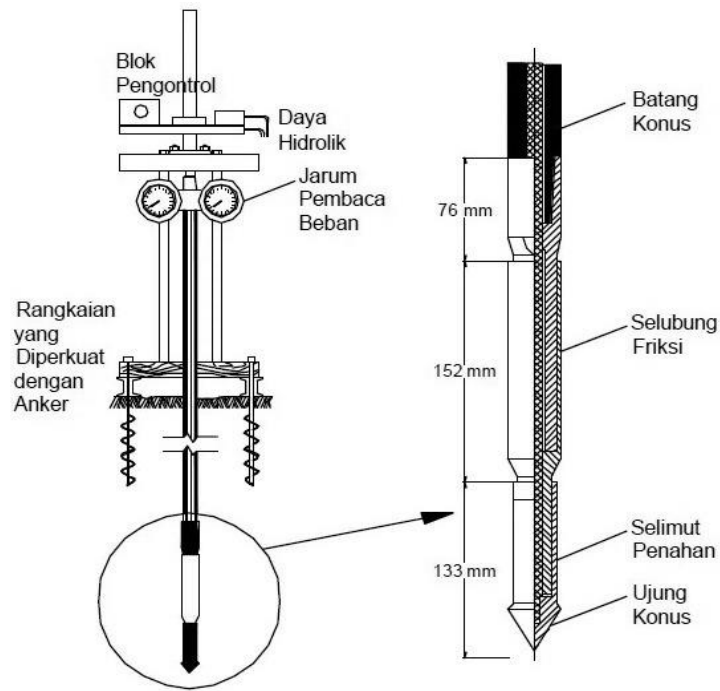




Gambar 2.11 Tabung Belah  
 Sumber : Basah K Suryolelono, 1994, Teknik Fondasi Bagian II

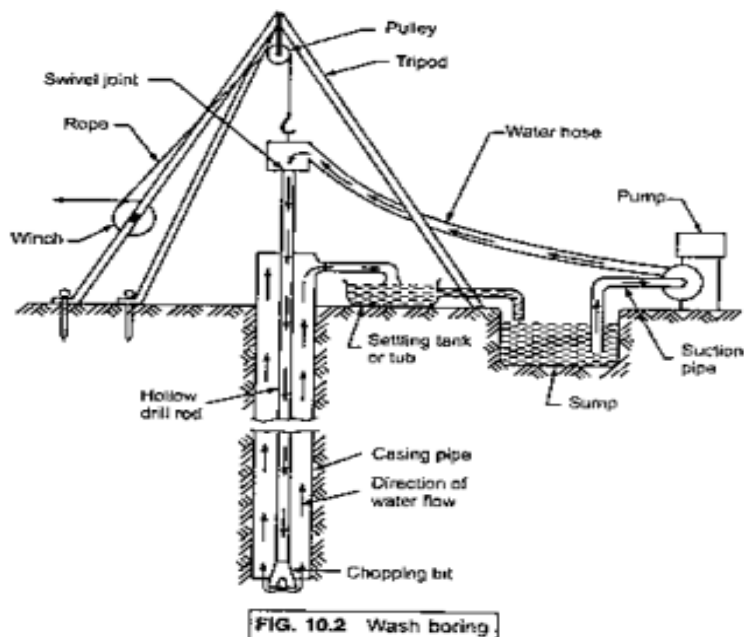
Pengujian Standard Penetration Test (SPT) dilakukan setiap interval kedalaman pemboran 2 meter. Tabung SPT harus mempunyai ukuran OD 2 inch, ID 1 3/8 inch dan panjang 24 inch dengan tipe split spoon sample. Hammer yang dipakai mempunyai berat 140 lbs (63,5 kg) dan tinggi jatuh bebas hammer adalah 30 inch (75 cm). Tabung SPT ditekan kedalaman dasar lobang sedalam 15 cm, kemudian untuk setiap interval 15 cm dilakukan pemukulan dan perhitungan jumlah pukulan untuk memasukkan split spoon sample ke dalam tanah sedalam (3 x 15) cm. Jumlah pukulan tersebut merupakan angka N dari pelaksanaan SPT dimana nilai N yang diperhitungkan adalah jumlah pukulan pada 15 cm kedua dan 15 cm ketiga (2 x 15 cm = 30 cm).





Gambar 2.12 Alat Uji SPT

Sumber : Basah K Suryolelono, 1994, Teknik Fondasi Bagian II



Gambar 2.13 Alat Uji Pengeboran SPT

Sumber : Das, Braja M. 1998. Mekanika Tanah (PrinsipPrinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2

Hasil uji SPT sangat bergantung pada tipe alat yang digunakan dan pengalaman operator yang melakukan pengujian. Suatu hal yang penting supaya data yang diperoleh baik,

adalah dengan memperhatikan efisiensi energi dari sistem. Dalam praktek, terdapat beberapa tipe pemukul, hampir tidak ada yang efisiensinya 100%. Secara teoritis, energi jatuh bebas dari sistem pemukul dan tinggi jatuh yang diberikan adalah 48 kg/m, tapi ternyata energy sebenarnya lebih kecil dari nilai tersebut akibat dari gesekan dan eksentrisitas, yang nilainya bergantung pada tipe pemukulnya. Pada saat ini, banyak digunakan alat pengerek naik-turun pemukul secara otomatis, karena hasilnya lebih mendekati kenyataan.

## **2.6 Uji Laboratorium**

Contoh tanah tidak terganggu (*undisturbed sample*) yang diambil dari lapangan kemudian dibawa ke laboratorium untuk dilaksanakan pengujian laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat tanah yaitu sifat index properties dan sifat engineering properties. Metode pengujian laboratorium menggunakan metode dan standar American Society for Testing Material (ASTM) yang meliputi pengujian sebagai berikut.

### **2.6.1 Pengujian Index Properties**

Metode pengujian laboratorium menggunakan metode dan standar American Society for Testing Material (ASTM) yang meliputi pengujian sebagai berikut.

#### **2.6.1.1 Pengujian Kadar Air (*Moisture Content Test*)**

Kadar Air didefinisikan sebagai perbandingan antara berat air dengan berat butir tanah. Prosedur pengujian tanah untuk menentukan kadar air dilaksanakan dengan tahapan berikut:

- a. Persiapan Bahan Uji Bahan tanah untuk benda uji diambil dari contoh tanah tidak terganggu yang telah diambil dari lapangan.
- b. Persiapan Peralatan Peralatan yang digunakan antara lain neraca dengan ketelitian 0.1 gram, krus atau cawan kecil, oven dan peralatan tambahan lainnya berupa alat tulis dan tabel pencatat data dan hasil pengujian.

- c. Penentuan Kadar Air Benda uji yang telah di persiapkan dimasukkan kedalam cawan yang telah diketahui berat dan tanda cawannya, kemudian dimasukkan kedalam oven pengering. Selam 24 jam dengan suhu  $\pm 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Setelah tanah dalam cawan kering ditimbang dan beratnya dicatat. Misalkan :

Berat cawan + tanah basah, = W1 gram

Berat cawan + tanah kering, = W2 gram

Berat cawan kosong, = W3 gram

Maka kadar air

$$Mc = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_3} \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

**2.6.1.2 Pengujian Berat Jenis (*Spesific Gravity Test*)**

Berat Jenis (*Spesific Gravity Test*) adalah perbandingan anatara berat isi tanah dengan berat isi air. Prosedur penentuan berat jenis tanah di laboratorium dilaksanakan sebagai berikut:

- a. Persiapan Benda Uji Bagian dari sampel tanah tidak terganggu dikeringkan.
- b. Persiapan Bahan dan Peralatan Peralatan yang digunakan antara lain timbangan dengan ketelitian 0.1 gram, tabung piknometer, bak air, air suling, alat tulis dan tabel pencatat hasil pengujian
- c. Penentuan Berat Jenis
  - Piknometer dalam keadaan bersih ditimbang = W1 gram
  - Piknometer yang bersih diisi dengan air suling sampai batas yang ditentukan dan ditimbang = W4 gram
  - Piknometer yang bersih diisi benda uji tanah = W2 gram
  - Piknometer yang berisi benda uji tanah diisi dengan air suling sampai proses vori tanah terisi air suling sampai batas = W3 gram

$$GS = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Tabel 2.1 Batas-batas besaran Berat Jenis tanah

Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lanau tak organik	2,62 - 2,68
Lempung organik	2,58 - 2,65
Lempung tak organik	2,68 - 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

*Sumber : Hardianyatmo, C.H, 2003*



Gambar 2.14 Alat Uji Berat Jenis Tanah

*Sumber : Laboratorium Pengujian Tanah PT. Marta Bangun Technoconsult*

### 2.6.1.3 Analisa Saringan (*Sieve Analysis Test*)

Sifat-sifat tanah tergantung kepada ukuran butirannya, besar butiran tanah juga merupakan dasar untuk mengklasifikasikan dan mendeskripsikan tanah. Biasanya suatu macam tanah tertentu terdiri dari butir-butir yang termasuk beberapa golongan tanah yang ukuran butirannya kecil dikatakan bergradasi baik. Bila mana terdapat kekurangan atau kelebihan salah satu ukuran butir tertentu maka dikatakan bergradasi buruk. Sedangkan bila mana besar butirannya hampir semua sama dikatakan tanah tersebut bergradasi seragam. Untuk lapisan

tanah berbutir halus seperti lempung dan lanau sifatnya lebih baik ditunjukkan oleh besaran indeks plastisnya dari pada distribusi ukuran butirannya. Prosedur pengujian analisa saringan di laboratorium dilaksanakan sebagai berikut :

- a. Persiapan Benda Uji Benda uji ini dikeringkan dan dipisahkan butiran tanahnya dengan cara memukul gumpalan butiran dengan martil karet (tetap dijaga agar butiran tanah tidak hancur). Setelah ditimbang siap dimasukkan pada susunan saringan tertentu, sesuai dengan Amerika Society for Testing Material (ASTM).
- b. Persiapan Peralatan Peralatan yang digunakan adalah saringan dengan susunan nomor saringan yang dipersyaratkan, timbangan, dan mesin penggetar saringan.
- c. Penentuan Gradasi Butiran Benda uji yang telah dipersiapkan dimasukkan kedalam satu susunan saringan selanjutnya susunan saringan dimasukkan ke alat penggetar untuk diadakan penggetaran  $\pm 15$  menit. Setelah penyaringan diadakan kemudian benda uji yang tertahan untuk setiap nomor saringan tersusun ditimbang dan dicatat.

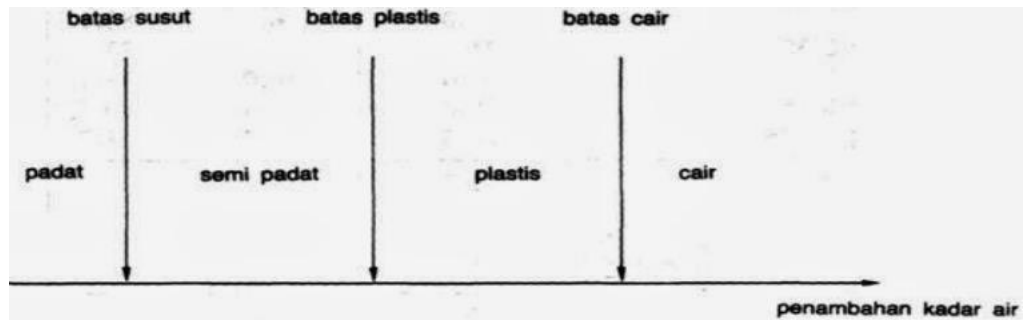


Gambar 2.15 Alat Uji Analisa Saringan

Sumber : Laboratorium Pengujian Tanah PT. Marta Bangun Technoconsult

#### 2.6.1.4 Pengujian Batas Konsistensi Atterberg (*Atterberg Limit Test*)

Suatu contoh tanah berbutir halus dicampur air sehingga mencapai keadaan cair, jika campuran ini dikeringkan secara perlahan-lahan maka tanah ini akan melalui beberapa keadaan tertentu.



Gambar 2.16 Skema Batas Atterberg  
Sumber : Sumber : Hardianyatmo, C.H, 2003

Batas-batas Atterberg yang paling penting adalah Batas Cair dan Batas Plastis. Batas-batas Atterberg dapat menggambarkan secara garis besar sifat-sifat tanah. Tanah yang mempunyai batas cair tinggi biasanya mempunyai sifat teknik yang buruk yaitu kekuatannya rendah, compressibilitynya tinggi, sulit dipadatkan. Pengujian Batas-batas atterberg yang dilakukan adalah pengujian batas cair dan pengujian batas plastis.

##### A. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair didefinisikan sebagai kadar air tanah pada keadaan batas antara cair dan plastis, untuk menentukan besaran ini diadakan pengujian sebagai berikut :

- a. Persiapan Benda Uji Benda uji tanah untuk menentukan besaran batas cair diambil seberat 100 gram (untuk benda uji batas cair dan batas plastis), lolos saringan No. 40.
- b. Persiapan Peralatan Peralatan yang digunakan adalah timbangan dengan ketelitian 0.1 gram, alat batas Atterberg standard, Grooving Tool, Spatula, Cawan, Plat kaca 30 x 30 x 0,9 cm<sup>3</sup> , oven pengering, scop pengaduk dan alat pembersih dan pengering peralatan.

c. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*) Benda uji yang telah dipersiapkan dibagi dua (untuk dua jenis pengujian). Sebagian dari tanah ini diletakkan diatas plat kaca dan diaduk agar keadaannya homogen. Benda uji yang telah homogen ini disendok sebagian dimasukkan kedalam cawan alat batas cair, permukaan benda uji dalam cawan diratakan sejajar dengan bidang horizontal, pembuatan alur dilakukan membagi dua benda. uji dalam cawan dengan grooving tool kemudian diadakan pengetukan dengan cara memutar engkol sampai alur yang membagi dua benda uji diatas cawan bertemu. Setelah keadaan ini dicapai jumlah ketukan dicatat dan diperiksa kadar air benda uji. Hal yang sama diulang hingga terdapat minimal lima jumlah ketukan/pukulan yang berbeda dengan kadar air yang berbeda pula. Hasil ini digambarkan dalam grafik, kadar air (ordinat) versus jumlah pukulan (absis). Besar batas cair diambil dari jumlah n dua puluh lima pukulan.



Gambar 2.17 Alat Uji Atterberg

*Sumber : Laboratorium Pengujian Tanah PT. Marta Bangun Technoconsult*

### **B. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*)**

Bagian benda uji yang telah dipersiapkan pada saat pengujian batas cair diletakkan diatas plat kaca dibentuk dengan cara mengulung hingga berdiameter  $\pm 3.0$

mm dengan panjang  $\pm 7$  cm sampai keadaan permukaan retak-retak. Untuk mencapai kondisi ini benda uji tanah digeleng-gelengkan diatas plat kaca dengan telapak tangan. Kadar air yang diperoleh merupakan besaran batas plastis.

## **2.6.2 Pengujian Engineering Properties**

### **2.6.2.1 Pengujian Tekan Bebas (*Unconfined Compression Test*)**

Pengujian ini dilakukan untuk tanah lempung atau lanau bila mana lempung tersebut mempunyai derajat kejenuhan ( $S_r$ ) 100% maka kekuatan geser dapat ditentukan langsung dari nilai Unconfined. Jika Unconfined Compression Strength =  $q_u$ , maka kekuatan geser  $c_u = q_u/z$ . Sedangkan  $q_u$  didapat dari hasil pengujian yaitu besar beban aksial persatuan luas pada saat benda uji mengalami keruntuhan atau pada saat tegangan axial mencapai 20%. Pengujian tekan bebas ini dikerjakan dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Persiapan Benda Uji Benda uji yang digunakan adalah benda uji tanah yang tidak terganggu yang telah dibawa dari hasil pengeboran dilapangan.
- b. Persiapan Peralatan dan Pelaksanaan Pengujian Peralatan yang digunakan adalah satu set alat uji tekan bebas yang dilengkapi dengan proving ring dan dial pengukur tekanan bebas  $q_u$ , dial pengukur regangan dan alat penggerak serta dua buah plat penghantar tekanan. Penentuan besaran tekanan bebas ( $q_u$ ) dilakukan dengan memasukkan benda uji yang telah dipersiapkan ke antara plat penghantar beban, kemudian tekanan dibiarkan dengan kecepatan konstan sampai mencapai regangan maksimum. Besar gaya yang diberikan dibaca pada dial proving ring dan besar  $q_u$  diperoleh dari gaya axial yang diberikan dibagi luas penampang benda uji yang ditekan.





Gambar 2.18 Alat Uji Tekan Bebas

*Sumber : Laboratorium Pengujian Tanah PT. Marta Bangun Technoconsult*

#### **2.6.2.2 Pengujian Konsolidasi (*Consolidation Test*)**

Untuk menentukan sifat pemampatan dari suatu jenis tanah yaitu sifat perubahan-perubahan isi dan proses keluarnya air dari dalam pori tanah yang diakibatkan adanya perubahan tekanan pertikal yang bekerja pada tanah tersebut. Mencari besaran-besaran dalam perhitungan yaitu kecepatan konsolidasi dan besarnya penurunan tanah akibat adanya perubahan tekanan. Meramalkan besarnya penurunan dilapangan (sebagai pendekatan) akibat struktur bangunan di atasnya.

- a. Persiapan Benda Uji Bahan uji yang digunakan untuk pengujian ini adalah benda uji tanah tidak terganggu yang telah diambil dari titik kedalaman tertentu dilapangan.
- b. Persiapan Peralatan Satuset konsolidasi yang terdiri dari alat pembebanan dan alat konsolidasi
  - Dial denganketelitian 0,01 mm
  - Beban-beban sebagai pemberat

- Stopwatch
- Alat pengeluaran sample (*extruder*)
- Alat-alat pemotong, minyak pelumas
- Pemegang cincin sample
- Kertas saring
- Neraca dengan ketelitian 0,1 gr
- Oven untuk mengeringkan sample

c. Prosedur Pengujian

- Cincin dikeringkan dan dibersihkan kemudian ditimbang.
- Batu pori dipasang pada bagian atas dan bawah dari cincin, sehingga benda uji yang telah dilapisi kertas saring terapat oleh kedua batu pori tersebut.
- Cincin berisi sample dimasukkan kedalam sel konsolidasi.
- Pasang alat penumpu diatas batu pori.
- Letakkan sel konsolidasi yang telah berisi sample pada alat konsolidasi sehingga bagian yang runcing dari pelat penumpu menyentuh tempat pada alat penumpu.
- Atur kedudukan dial pengukur agar menunjukkan angka nol.
- Pasang beban I (1 kg), kemudian arloji dibaca dan dicatat pada waktu pada skala waktu detik, menit dan jam.
- Pasang beban II (2x beban I) kemudian catat penunjukan arloji pengukur.
- Dengan cara yang sama dilakukan untuk beban yang berbeda-beda.
- Setelah pembacaan maksimum dan pembacaan sudah tetap, beban secara bertahap dikurangi.
- Kemudian benda uji beserta cincinnya dikeluarkan dari sel konsolidasi.
- Benda uji dikeluarkan dan ditimbang, kemudian dikeringkan didalam oven untuk mengetahui kadar airnya.

d. Perhitungan

- Menghitung berat tanah basah, berat isi dan kadar airnya, sebelum dan sesudah pengujian.
- Menggambar grafik hasil konsolidasi yaitu, grafik penurunan terhadap tekanan dan grafik angka pori terhadap tekanan.
- Untuk grafik penurunan terhadap tekanan, maka pembacaan terakhir pada setiap pembebanan digambarkan terhadap tekanan.
- Untuk grafik angka pori terhadap tekanan, dilakukan beberapa perhitungan.
- Menghitung tinggi efektif benda uji

$$H_t = \frac{B_k}{AxG} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana,

H<sub>t</sub> = tinggi efektif benda uji (tinggi butiran tanah jika dianggap menjadi satu)

A = luas penampang benda uji B<sub>k</sub> = berat tanah kering

G = berat jenis tanah Dihitung besar penurunan total (H) yang terjadi pada tiap pembebanan

H = pembacaan arloji pada permulaan pengujian dikurangi pembacaan pada akhir pembebanan

- Menghitung angka pori mula (angka pori asli = e<sub>0</sub>)

$$e_0 = \frac{H_0 - H_t}{H_t} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana,

H<sub>0</sub> = tinggi contoh semula

- Menghitung perubahan angka pori (e) pada setiap pembebanan

$$e = \frac{H}{H_t} \dots\dots\dots(2.5)$$

- Menghitung angka pori (e) pada setiap pembebanan

$$e = e_0 - \Delta e \dots\dots\dots(2.6)$$

- Menghitung derajat kejenuhan sebelum dan sesudah pengujian

$$S_r = \frac{WxG}{e} \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana,

Sr = derajat kejenuhan

W = kadar air

- Menghitung harga koefisien konsolidasi (Cv)

$$C_v = \frac{0,848Hm^2}{t_{90}} \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana,

Cv = koefisien konsolidasi

Hm = tinggi benda uji rata-rata pada pembebanan yang bersangkutan

T90 = waktu untuk mencapai konsolidasi 90%

- Aplikasi Data

Dari hasil pengujian diperoleh data-data Gs, Cv, e, Sr ,Cc Data ini dipergunakan pada perhitungan penurunan suatu bangunan Misalnya pada pondasi langsung, untuk menghitung

$$\gamma_{\text{tanah}} = \frac{G_s + e.S_r}{1 + e} \gamma_a \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan memperoleh Cv maka waktu penurunan dapat dicari

$$t = \frac{T.H^2}{C_v} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana,

t = waktu penurunan

T= time factor yang tergantung pada persentase penurunan yang ditinjau

H = tebal lapisan Adanya ruangan antara angka pori dengan tegangan P, maka

$$C_c = \frac{\Delta e}{\Delta \log P} \dots\dots\dots(2.11)$$

di mana,

Cc = compression index



Gambar 2.19 Alat Uji Konsolidasi  
*Sumber : Laporan Pengujian Tanah PT. Marta Bangun Technoconsult*

### 2.6.2.3 Pengujian Triaxial (Triaxial Test)

- a. Persiapan Benda Uji Bahan uji yang digunakan untuk pengujian ini adalah benda uji tanah tidak terganggu dengan diameter kira-kira 3,5 cm dan tinggi 2 kali diameter.
- b. Persiapan Peralatan Sel triaksial dengan dinding transparan dan perlengkapannya
  - Alat untuk memberikan tekanan yang konstan pada cairan dalam sel dengan ketelitian 0,1 atau 0,05 kg/cm<sup>2</sup>
  - Alat kompresi untuk menekan benda uji secara aksial dengan kecepatan yang dapat diatur antara 0,05 -7,5 mm/menit
  - Arloji ukur untuk mengukur pemeriksaan pemadatan aksial benda uji

- Membran karet yang sesuai dengan ukuran benda uji, alat peregang membran dan gelang pengikat
- Cetakan tanah
- Alat pengeluaran sample (*extruder*)
- Neraca dengan ketelitian 0,1 gr
- Oven untuk mengeringkan sampel Benda uji mendapatkan tegangan sel ( $\sigma_3$ ), dengan jalan memberikan tekanan pada cairan dalam tabung. Alat pengujian dihubungkan dengan pengatur drainase ke dalam maupun ke luar dari benda uji. Gaya aksial diberikan melalui bagian atas benda ujinya.



Gambar 2.20 Alat Uji Triaxial

*Sumber : Laporan Pengujian Tanah PT. Marta Bangun Technoconsult*

Tegangan  $\sigma_1$  disebut tegangan utama mayor, tegangan  $\sigma_3$  disebut tegangan utama minor. Tegangan utama tengah  $\sigma_2 = \sigma_3$ , merupakan tegangan keliling atau tegangan sel. Karena tinjauan hanya dua dimensi, tegangan  $\sigma_2$  sering tidak diperhitungkan. Tegangan yang terjadi dari selisih  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$  disebut tegangan deviator atau beda tegangan. Regangan aksial diukur selama pemberian tegangan deviatornya. Selama proses penambahan regangan akan mendeformasikan tampang melintang benda uji, untuk itu dilakukan koreksi penampang

## 2.7 Perhitungan Daya Dukung Tanah

Untuk mengetahui keawetan tanah sebagai konstruksi/penggunaan pondasi, perlu dilakukan perhitungan daya dukung tanah. Perhitungan daya dukung tanah diperlukan untuk melihat kemampuan tanah dalam menopang baik berat sendiri struktur pondasi ataupun beban struktur atas. Daya dukung tanah dipengaruhi oleh jumlah air didalamnya, kohesi tanah, sudut geser dalam dan tegangan normal tanah. Daya dukung ultimit dapat diartikan sebagai sejumlah kecil tegangan yang akan mengakibatkan keruntuhan geser tanah pendukung yang berada tepat dibawah dan sekitar pondasi.

Teori kapasitas daya dukung tanah dikembangkan berdasar teori plastisitas, dimana tanah dianggap plastis. Teori ini pertama kali dikemukakan oleh *Prandtl* (1921). Yang selanjutnya dikembangkan dengan persamaan dari analisis kondisi aliran, Teori yang dikemukakan oleh *Prandtl* (1921) ini selanjutnya dikembangkan lagi oleh *Mayerhoff* (1976), *Reese and Wright* (1977), dan *Terzaghi dan peck* (1967) dan lain lain. Untuk menggunakan tegangan dalam desain pondasi, beban dibagi dengan factor keamanan nilai yang diperoleh disebut tegangan tanah yang diizinkan.

$$\text{Tegangan tanah yang diizinkan } q_{\text{all}} = \frac{\text{Daya Dukung Batas (qult)}}{\text{Faktor Keamanan (SF)}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Untuk memenuhi persyaratan keselamatan, disarankan faktor keamanan terhadap keruntuhan akibat beban maksimum adalah 3. Untuk struktur yang kurang penting, factor keamanan dapat diasumsikan dibawah 3. Factor keamanan sangat penting untuk mengatasi fundamental ketidakpastian.

Teori daya dakung mengemukakan tahanan geser tanah untuk melakukan perlawanan terhadap penurunan yang diakibatkan oleh pembebanan, merupakan tahanan geser yang bekerja pada tanah mengikuti bidang-bidang gesernya. Pada umumnya factor keamanan yang digukan ialah 3. Penurunan pondasi yang didapatkan harus lebih kecil dari pada penurunan yang telah diizinkan.

Struktur pondasi ditinjau berdasarkan data tanah yang dimiliki yaitu data bore log dan data profil tanah. Daya Dukung Berdasarkan N-SPT Pada peninjauan proyek Jalur Kereta Api Lintas Medan Binjai, perhitungan pondasi menggunakan hasil uji bor atau standard penetration test (SPT) untuk mengetahui daya dukung ijin pondasi dengan metode persamaan berikut :

**2.7.1 Analisa Mayerhoff (1976)**

Mayerhoff (1976) membagi teori daya dukung tanah menjadi 2 bagian yaitu persamaan tanah kohesif dan persamaan tanah non kohesif. Oleh karena itu perlu dilakukan studi kohesi tanah sebelum masuk ketahap perhitungan. Tanah dibagi menjadi tanah kohesif dan tanah non kohesif berdasarkan sifat pengikatnya.

1. Tanah dengan sifat lekatan antar butir – butirannya disebut tanah kohesif, (contohnya tanah lempung = yaitu mengandung lempung yang banyak), dan
2. Tanah yang sedikit sekali lekatan antar butir – butirannya atau tidak memiliki lekatan antar butirannya disebut tanah non kohesif ( contoh pasir yang hampir tidak mengandung lempung ).

Dengan ini persamaan mayerhoff untuk tanah non kohesif dapat dilihat dengan persamaan sebagai berikut :

- Menghitung Tahanan Ujung Ultimit Tiang Tanah non kohesif (Qb)

$$Q_p = 40 \cdot N_r \cdot A_p \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan:

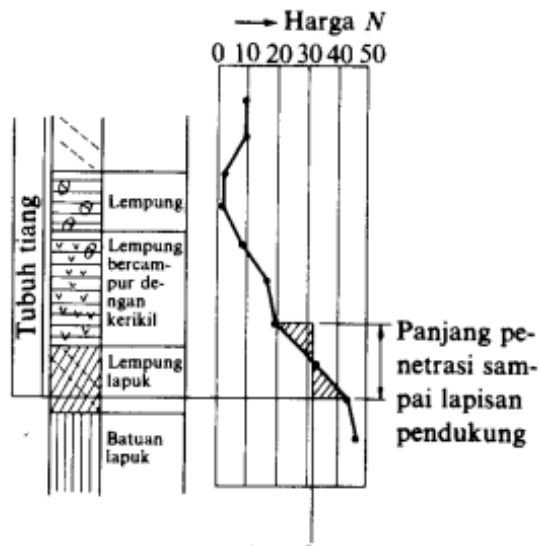
Luas permukaan tiang ( $A_p$ ) =  $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$

$$N_r = \frac{N_1 + N_2}{2} \dots\dots\dots(2.14)$$

N1 = nilai N rata-rata disekitar ujung tiang, 8d di atas ujung tiang

N2 = nilai N rata-rata disekitar ujung tiang, 4d di bawah ujung Tiang





Gambar 2.21 Nilai N yang digunakan untuk design tahanan ujung untuk tanah non kohesif  
 (sumber : Mekanika tanah dan Teknik pondasi Dr. Ir. Suyono sosrodarsono)

❖ Untuk tanah jenis tanah kohesif dengan persamaan :

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \dots\dots\dots(2.15)$$

$$C_u = \frac{2}{3} \times NSPT \dots\dots\dots(2.16)$$

Dengan :

Nspt = Nilai rata-rata Nspt dari 10 D sampai 4 D

Cu = Undrained Shear Strenght

Qp = Daya dukung tiang (Ton)

Ap = Luas penampang tiang (m<sup>2</sup>)

❖ Mayerhoff (1976) mengusulkan nilai koefisien tahanan gesek tiang tanah non kohesif adala 0,2 yang dapat dicari menggunakan persamaan berikut :

$$Q_s = 2 \times Nspt \times A_s \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan :

Nspt = Nilai rata-rata SPT sepanjang tiang

As = Luas selimut tiang

Sedangkan untuk tanah kohesif ;

$$Q_s = \alpha \times C_u \times P \times L_i \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan :

$L_i$  = Panjang lapisan tanah (m)

$P$  = Keliling tiang (m)

$Q_s$  = Daya dukung selimut tiang (ton)

$\alpha$  = Faktor adhesi

- Berdasarkan penelitian Reese dan Wright (1977),  $\alpha = 0,55$
- Metode *kulhaway* (1984), berdasarkan grafik *Undrained Shearing Restotance vs Adhesion Factor*

$C_u$  = Kohesi Tanah (Ton/m<sup>2</sup>)

Daya dukung ultimit dapat dirumuskan sebagai berikut

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \dots\dots\dots(2.19)$$

Daya dukung izin tiang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{ijin} = Q_{ult} / S_f \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana ;  $S_f$  = faktor keamanan (2,5 – 3)

### 2.7.2 Analisa Reese & Wright (1977)

Kapasitas daya dukung pondasi tiang pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data SPT, ditentukan dengan perumusan Reese & Wright berikut :

Untuk tanah kohesif:

$$Q_p = 9 \times C_u \cdot A_p \dots\dots\dots(2.21)$$

$C_u$  = Kohesi tanah (t/m<sup>2</sup>)

$$= \frac{2}{3} \times N_{spt}$$

Dimana ;

$N_{spt}$  = Nilai rata – rata  $N_{spt}$  4D kebawah 8-10 D Keatas

$A_p$  = Luas penampang tiang bor (m<sup>2</sup>)

$Q_p$  = Daya Dukung Ujung Tiang

$C_u$  = Undrained Shear Strength

Untuk tanah tidak kohesif:

$$Q_p = 7 \cdot N \cdot A_p \dots \dots \dots (2.22)$$

Dimana ;

$A_p$  = Luas penampang tiang bor ( $m^2$ )

$N_{-spt}$  = Nilai N-Spt pada elevasi dasar tiang

$Q_p$  = Daya Dukung Ujung Tiang

korelasi antara  $q_p$  dan  $NSPT$  menurut (Reese & Wright)

Untuk  $N \leq 60$  maka

$$q_p = 7 N \text{ (t/ m}^2\text{)} < 400 \text{ (t/ m}^2\text{)} \text{ untuk } N > 60$$

maka  $q_p = 400 \text{ (t/m}^2\text{)}$

$$N = \text{Nilai rata – rata SPT} = N_1 + N_2$$

Daya dukung ultimit dapat dirumuskan sebagai berikut

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s \dots \dots \dots (2.23)$$

Daya dukung izin tiang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{ijin} = Q_{ult} / S_f \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana ;  $S_f$  = faktor keamanan (2,5 – 3)

❖ Daya dukung selimut (skin friction), (Reese & Wright, 1977)

Untuk tanah kohesif ;

$$Q_s = a \cdot c_u \cdot P \cdot L \dots \dots \dots (2.24)$$

Dimana:

$Q_s$  = Daya dukung selimut tiang

$a$  = faktor adeshi berdasarkan penelitian Reese & wreighth (1977)  $a = 0,55$

$P$  = Luas permukaan tiang

L = kedalam tiang tertanam

Pada tanah non kohesif:

$$Q_s = 2 \cdot N\text{-spt} \cdot \text{Parimeter} \cdot L_i \dots \dots \dots (2.25)$$

$Q_s$  = Daya dukung selimut tiang

$N\text{-Spt}$  = Nilai  $N\text{-Spt}$  pada elevasi Dasar Tiang

$P$  = Luas penampang tiang bor ( $m^2$ )

$L_i$  = Panjang lapisan tanah

Dimana :

$\alpha$  = faktor adhesi berdasarkan penelitian *Reese & Wright* (1977)

$\alpha$  = 0,55

$C_u$  = Kohesi tanah

Dimana : Untuk  $N < 53$  maka  $f_s = 0,32 N_{spt}$  ( $ton/m^2$ )

Untuk  $53 < N < 100$  maka diperoleh dari koreksi langsung dengan  $N\text{-spt}$  *Reese & Wright* (1977) mengenai tanah geser.

Untuk mendapatkan daya dukung ijin maka daya dukung ultimate yang didapat dibagi dengan faktor aman yaitu 2-3.

### 2.7.3 Analisa metode *Luciano Decourt*

faktor keamanan atau safety factor (SF) sebesar 3.

❖ Untuk menghitung daya dukung ujung tiang menggunakan persamaan berikut ;

$$Q_{ult} = ( \alpha \cdot (N_p \cdot k) \times A_p ) + ( B \times (N_s/3 + 1) \cdot A_s ) \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana :

$N_p$  = Harga rata-rata tiang  $4B$  keatas dan kebawah dasar tiang

$B$  = Diameter Pondasi

$K$  = Koefisien karakteristik tanah untuk :

a. Lempung  $K = 12 t/m^2$

b. Lanau Berlempung  $K = 20 \text{ t/m}^2$

c. Lanau Berpasir  $K = 25 \text{ t/m}^2$

d. Pasir  $K = 40 \text{ t/m}^2$

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$N_s$  = Harga rata-rata sepanjang tiang tertanam ( $D$ ) dengan Batasan  $3 \leq N \leq 50$

$A_s$  = Luas selimut tertanam

$S_f$  = Safety faktor, diambil 3.

Daya dukung ultimate pada ujung bored pile tanah kohesif

$$Q_p = (N_p \cdot k) \times A_p \dots\dots\dots(2.27)$$

Daya dukung selimut (skin friction) bored pile

$$Q_s = (N_s/3 + 1) \cdot A_s \dots\dots\dots(2.28)$$

## 2.8 Daya Dukung Kelompok Tiang (*Pile Group*) Menurut *Converse-Labarre*

Perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang kelompok berdasarkan pada data perhitungan pada data perhitungan pondasi satu tiang diatas menggunakan rumus dari Converse-Laberre sebagai berikut :

a. Menentukan Jumlah tiang bored pile ( $n$ )

$$n = \frac{P}{Q_a} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana ;

$P$  = Beban bangunan Pada Joint

$Q_a$  =  $Q_{allowable}$

b. Menentukan Jarak Tiang

$$2,5 D < s < 3 D$$

Dimana ;

$D$  = Diameter Tiang (Cm)

$s/n d/d = \text{Jarak pusat ke pusat tiang (Cm)}$

c. Perhitungan Daya Dukung

$$\eta = \frac{(n_1-1) \cdot n_2 + (n_2-1) \cdot n_1}{90 \times n_1 \times n_2} \times \theta ; ; \text{dimana ; } \theta = \tan^{-1} \left( \frac{D}{d} \right) \dots \dots \dots (2.30)$$

Dimana ;

$\eta$  = Efisiensi kelompok tiang

$n_1$  = Jumlah baris tiang

$n_2$  = jumlah tiang dalam satu baris diagram

**2.9 Uji Pembebanan Dinamik (*PILE DRIVING ANALYZER – PDA*)**

Pengujian Tinggi Strain Pile Load of Piles (HSPLT-Testing, atau populer disebut sebagai HS-Testing atau PDA) menggunakan High Strain Pile Load Tester (HSPLT) dan post analysis oleh Wave Analysis Program (WAP). Pengujian HSPLT dilakukan sesuai dengan American Society of Testing Material, ASTM/D4945-2012 Metode Uji untuk Pengujian Tiang Dinamis Regangan Tinggi. Pengujian telah sesuai dengan SNI 8460.2017: 9.8.4 : Perencanaan Pemsyaratan Geoteknik.

Tujuan dari High Strain Pile Load Testing (HSPLT-Testing) adalah untuk mengevaluasi kapasitas tiang statis yang dimobilisasi/diaktifkan dengan Metode CASE (RSP, RMX atau RSU), tegangan penggerak pada kompresi & tarik (CSX & TSX), energi palu (EMX) dan untuk menilai integritas struktural tiang. Untuk mencapai tujuan ini, pengukuran gaya dan percepatan (atau kecepatan) puncak tiang dievaluasi dengan Metode CASE menggunakan High Strain Pile Load Tester (HSPLT) untuk hasil langsung.

Analisis selanjutnya dilakukan pada pukulan palu yang dipilih untuk lebih akurat menentukan kapasitas tiang statis yang dimobilisasi. Analisis ini termasuk Program Analisis Gelombang (WAP) yang digunakan untuk menghitung karakteristik dinamis tanah dan distribusi tahanan di sepanjang poros dan kaki tiang.

Pada dasarnya, hasil lapangan HS berdasarkan Metode CASE adalah:

- i. Estimasi kapasitas tiang aktif (akan dikonfirmasi dengan Metode WAP)
- ii. Energi maksimum yang dikirim ke tumpukan

- iii. Tegangan kompresi & tegangan maksimum selama pemancangan tiang
- iv. Estimasi kerusakan dengan rumus sederhana nilai BTA Metode CASE (dikonfirmasi dengan Metode WAP)

Selain itu, hasil Metode WAP hilir berdasarkan data HS adalah:

- i. Konfirmasi kapasitas tiang aktif yang diperkirakan dengan Metode CASE
- ii. Konfirmasi integritas tiang dengan pemodelan tiang WAP
- iii. Selubung distribusi ketahanan gesekan kulit
- iv. Rasio gesekan dan bantalan ujung (mungkin kurang akurat untuk tiang pendek)
- v. Simulasi beban statis ~ kurva perilaku perpindahan
- vi. Kapasitas tiang angkat atau tarik (analisis opsional)

Simbol, anotasi & terminologi berikut digunakan dalam laporan pengujian.

#### I. Info Tiang dan “Hammer”

LTL = Total panjang tiang

LGG = panjang tiang di bawah ‘gauges’ diukur dari pengukur ke ujung tiang

LPI = panjang penetrasi, yaitu diukur dari platform kerja sampai ujung kaki

LEX = kedalaman galian / tingkat suara dari permukaan laut ke permukaan dasar laut

LEB = panjang tiang yang tertanam di tanah

ARP = luas penampang tiang (pada tingkat ‘gauges’)

DNP = kepadatan material tiang (pada tingkat ‘gauges’)

WSP = kecepatan gelombang tiang =  $\sqrt{EMP/DNP}$  (pada level ‘gauges’)

#### II. Laporan Metode Case

LAN analisis panjang tiang yang digunakan dalam analisis Metode CASE

JCC Faktor redaman CASE

RMX maks. Resistensi statis Case-Goble dengan faktor redaman, JCC

RSU maks. Resistensi statis Case-Goble dengan koreksi ‘unloading’

FMX maks. kekuatan pemancangan terukur pada level 'gauges'

CSX maks. tegangan penggerak kompresi pada level 'gauges' (= FMX/ARP)

TSX maks. ketegangan mengemudi stres (hanya untuk 'monitoring test')

EMX maks. energi yang ditransmisikan melewati level 'gauges'

WRM berat ram (yaitu piston 'hammer')

HRM pukulan ram untuk 'hammer'; HRM = maks. stroke untuk 'hammer' diesel

ERM energi terukur (= berat ram x 'stroke' ram = WRM x HRM)

FRM efisiensi 'hammer' =  $(EMX / ERM) * 100$

SET perpindahan permanen tiang diukur/dihitung untuk 10 pukulan / kalendering

### III. Laporan Metode Wap

RSF bantalan tiang statis disumbangkan oleh gesekan kulit

REB bantalan tiang statis disumbangkan oleh bantalan dasar (atau umumnya dianggap sebagai

bantalan ujung)

RPI bantalan tiang statis tiang berdasarkan analisis WAP

DWL penurunan kepala tiang sementara pada beban kerja, @WL

DTL penurunan kepala tiang sementara pada beban uji, @TL

RUP kapasitas statis angkat/tarik tiang berdasarkan analisis WAP

INT tumpukan Integritas diklasifikasikan sebagai (1) Utuh; (2) Dapat diterima; (3) Rusak; (4)

Rusak

BTA nilai integritas tumpukan Beta ( $\beta$ ); berdasarkan rekomendasi Pile Dynamic, Inc (PDI)

### IV. Simbol

Ø Diameter tiang



□ tiang petak

△ tiang segi tiga

V. Jenis Tiang

RC tiang beton bertulang

SC tiang beton spun

BP tiang bored

MP micropile

SP tiang baja

CP tiang komposit

TABEL RINGKASAN UJI HSPLT Rangkuman hasil pengujian High Strain Pile Load Testing (HSPLT) disajikan di bawah ini. Rincian hasil pengujian HSPLT ditampilkan di halaman selanjutnya

Tabel 2.2 Rangkuman hasil pengujian High Strain Pile Load Testing (HSPLT)

<b>Nama Tiang @ Lokasi</b>	<b>Jenis Tiang &amp; Ukuran (mm)</b>	<b>CAPWAP Kapasitas (tn)</b>	<b>CAPWAP <math>\beta</math>-value (%)</b>	<b>CAPWAP Keterangan (-)</b>	<b>Integritas Tiang (-)</b>
P37-BP05	1200mmØ BP	934,3	100%	No modeling	Intact
P38-BP04	1200mmØ BP	1171,1	100%	No modeling	Intact

(Sumber : Laporan Pengujian Tanah PT. Marta Bangun Technoconsult)