

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transportasi kereta api memiliki peranan penting dalam sistem transportasi nasional sebagai moda angkutan yang efisien dan berkapasitas besar. Peranan penting saat ini adalah dengan meningkatkan infrastruktur yaitu jembatan kereta api. Jembatan kereta api merupakan infrastruktur transportasi yang memiliki intensitas tinggi. Salah satu komponen penting dalam sistem jembatan adalah pondasi.

Pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang di topang oleh pondasi dan beratnya itu sendiri kepada dan kedalam tanah batuan yang terletak dibawahnya (Bowles,1977).

Pada proyek Peningkatan Jembatan Kereta Api BH 343 Kisaran – Tanjung Balai digunakan pondasi *bored pile*. *Bored pile* adalah suatu pondasi yang di bangun dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, kemudian di isi dengan tulangan dan dicor. dikarenakan pondasi ini harus memikul beban yang besar, maka diperlukan analisis daya dukung pada pondasi *bored pile*.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis daya dukung pondasi *bored pile* pada proyek Peningkatan Jembatan Kereta Api BH 343 Kisaran – Tanjung balai secara empiris dengan menggunakan data sondir dan SPT yang hasilnya akan di bandingkan dengan hasil uji beban statik (*Static Loading Test*)

Permasalahan utama yang sering dihadapi oleh para perencana geoteknik adalah perbedaan hasil penentuan daya dukung yang di hasilkan dari data sondir,

SPT dan *static loading test*. Hal ini menimbulkan ketidakpastian dalam desain pondasi yang berujung pada desain yang kurang ekonomis dan tidak aman.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan hasil daya dukung pondasi *bored pile* yang diperoleh dari hasil uji sondir, SPT dan *static loading test*. Dengan adanya perbandingan ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai metode metode tersebut. Hasil yang akan diberikan oleh pengujian dan metode tersebut akan berbeda dan dilihat sejauh mana hasil perbedaannya. Sehingga dapat di tarik kesimpulan dari nilai daya dukung pondasi *bored pile*.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah dalam skripsi ini adalah :

1. Belum adanya analisis perbandingan sistematis yang mengkaji tingkat selisih dan hubungan antara daya dukung berdasarkan data sondir, SPT, dan uji beban statik.
2. Adanya perbedaan hasil penentuan daya dukung pondasi *bored pile* yang diperoleh dari metode empiris menggunakan data sondir, SPT, dan hasil uji beban statik.
3. Risiko desain pondasi yang tidak optimal, baik terlalu konservatif (tidak ekonomis) maupun terlalu rendah (tidak aman), karena tidak adanya keseragaman hasil perhitungan daya dukung.
4. Tidak adanya acuan yang jelas mengenai metode mana yang paling tepat digunakan untuk kondisi tanah di proyek Jembatan Kereta Api BH 343 Kisaran–Tanjung Balai.

### **1.3 Batasan Masalah**

Dari identifikasi masalah yang ditetapkan dalam skripsi ini perlu dilakukan pembatasan masalah. Pada skripsi ini hanya membatasi masalah pada identifikasi masalah dengan nomor 1 dan 2 yaitu :

1. Untuk perhitungan analisis perhitungan perbandingan daya dukung pondasi *bored pile* untuk data sondir menggunakan metode Aoki de Aleencar, 1975 dan Mayerhoff, 1976 sedangkan data SPT menggunakan Metode Reese & Wreight, 1977
2. Untuk perbandingannya berdasarkan hasil uji daya dukung data Sondir dan SPT yang akan di bandingkan dengan hasil uji beban statik (*static loading test*) dengan Metode Chin dan Mazurkiewicz.

### **1.4 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari skripsi ini adalah :

1. Bagaimana perhitungan analisis daya dukung pondasi *bored pile* dengan menggunakan metode langsung berdasarkan data sondir dan SPT?
2. Bagaimana perbandingan hasil metode analitis dengan hasil pengujian beban statik (*static loading test*)?

### **1.5 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan akhir yang diharapkan penulis adalah :

1. Menghitung daya dukung *ultimate* pondasi *bored pile* dengan data sondir menggunakan metode Aoki de Aleencar, 1975 dan Mayerhoff, 1976.
2. Menghitung daya dukung *ultimate* pondasi *bored pile* dengan data SPT menggunakan Metode Reese & Wreight, 1977.

3. Menghitung daya dukung *ultimate* pondasi *bored pile* dengan data Uji beban statik (*static loading test*) menggunakan Metode Chin dan Mazurkiewicz.
4. Membandingkan hasil perhitungan daya dukung *bored pile* antara data sondir dan SPT dengan hasil dari uji beban statik (*static loading test*) Metode Chin dan Mazurkiewicz.

### **1.6 Manfaat Penelitian**

Manfaat penyusunan skripsi ini adalah :

1. Dapat membantu mengidentifikasi tingkat deviasi atau perbedaan daya dukung antara hasil perhitungan teoritis (menggunakan data sondir dan SPT) dengan hasil uji aktual di lapangan (*static loading test*).
2. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi pembelajaran dalam mendesain pondasi.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Pada skripsi ini, penulis melampirkan penelitian terdahulu dengan tujuan untuk sebagai referensi penulis dalam menyelesaikan skripsi. Adapun penelitian terdahulu yang akan penulis cantumkan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian yang dilakukan oleh aji aulia dan Handi Sudardja, (2019) dengan judul ‘ Analisis Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* dengan hasil uji pembebanan Langsung (*loading test*) ‘ berdasarkan penelitian tersebut hasil perhitungan daya dukung aksial ultimit pondasi *bored pile* dari data hasil penyelidikan tanah uji SPT sebesar 1413,06 ton, dari parameter tanah uji laboratorium sebesar 1041,21 ton, dan hasil pengujian pembebanan di lapangan (*loading test*) dengan metode Chin sebesar 1626 ton, dengan metode Van deer Veen sebesar 1500 ton, dengan metode Mazurkiewich sebesar 1354 ton. Daya dukung izin hasil pengujian pembebanan (*loading test*) lebih besar dari daya dukung izin hasil perhitungan berdasarkan data hasil penyelidikan tanah uji SPT Sehingga dapat disimpulkan bahwa pondasi yang telah dibangun sesuai dengan yang direncanakan.
2. Penelitian yang dilakukan oleh Khairul Ikhwan, Lydia Darmiyanti, Galipribadi (2020) dengan judul ‘ Perbandingan daya dukung dan penurunan *bored pile* Berdasarkan data SPT dan *Loading Test* ‘ Berdasarkan hasil analisis perhitungan daya dukung dan penurunan tiang bor yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:
  - a. Perhitungan daya dukung tiang bor dihitung dengan menggunakan metode Mayerrhoff (1976) berdasarkan data borlog (SPT). Pada kedalaman 30 m

hasil kapasitas daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) didapat sebesar 1.385,218 kN/m<sup>2</sup>, daya dukung selimur tiang ( $Q_s$ ) didapat sebesar 2.308,698 kN/m<sup>2</sup>, daya dukung ultimit tiang ( $Q_{ur}$ ) didapat sebesar 3.693,916 kN, daya dukung ijin tiang ( $Q_{all}$ ) didapat se besar 1.477,566 kN. Pada kedalaman 36 m hasil kapasitas daya dukung ujung tiang ( $Q_p$ ) didapat sebesar 1.505,849 kN/m<sup>2</sup>, daya dukung selimut tiang ( $Q_s$ ) didapat se besar 2.509,749 kN/m<sup>2</sup>, daya dukung ultimit tiang ( $Q_{ur}$ ) didapat sebesar 4.015,598 kN, daya dukung ijin tiang ( $Q_{all}$ ) didapat sebesar 1.606,239 kN. Hasil analisis kapasitas daya dukung ultimit tiang bor dihitung dengan menggunakan metode Chin berdasarkan uji *pile test (loading test)* adalah sebesar 2.598,76 kN dengan faktor keamanan 2,5.

b. Berdasarkan hasil analisis efisiensi tiang kelompok dengan metode Coverser - Labbare Formula adalah (Erg) didapat sebesar 0.852. Analisis penurunan (*settlement*) tiang tunggal dihitung dengan menggunakan metode Vesic. Pada kedalaman 30 m penurunan total (S) didapat sebesar 4,164 cm. Pada kedalaman 36 m penurunan total (S) didapat sebesar 4,254 cm. Berdasarkan hasil analisis penurunan tiang kelompok dihitung dengan menggunakan metode Vesic nilai ( $S_g$ ) didapat sebesar 7,212 cm, dan nilai ( $S_c$ ) didapat sebesar 1,965 cm. Sedangkan hasil perhitungan penurunan tiang kelompok dengan program Plaxis 2D didapat sebesar 10,81 cm dan nilai penurunan izin menurut(BSN SNI 8460, 2017) adalah sebesar <15cm,sehingga syarat penurunan tersebut terpenuhi (AMAN).

3. Penelitian yang dilakukan oleh Leonardo Marulitua Sihaloho 1), Isolda Apriaman Gea, Masriani Endayanti, Adventus Gultom, Khairul dengan judul “Analisis Daya Dukung Pondasi *bored pile* Terhadap Dimensi Tiang Berdasarkan

Analisa Hasil *Loading Test* Aksial Pada Proyek Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan Sta 39+000 – 39+475 (2024), Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Beban maksimum yang bekerja pada pondasi P3 C02 Pada Proyek Jalan Tol Binjai – Pangkalan Brandan Sta 39+000 – 39+475 dengan Dimensi tiang 150 cm dan kedalaman tiang 48 m dengan Desain Lapangan sebesar 512 Ton. Dan dibandingkan dengan kapasitas ijin tiang *bored pile* berdasarkan hitungan N SPT dengan metode Mayerhof sebesar 582,52 Ton dan dibandingkan terhadap hasil pembacaan *Loading Test* Aksial penurunan tiang pondasi *bored pile* P3 C02 dengan pembebanan 200% sebesar 1024 Ton. Maka dapat disimpulkan struktur pondasi aman, dan mampu menahan beban di atasnya.
  - b. Untuk beban Struktur Atas sebesar 12288 Ton < dari hasil analisa pembebanan *loading test* aksial P3C02 sebesar 1024 Ton di kali kan dengan 24 tiang dalam 1 *pile cap* sebesar 24576 Ton. Maka, *pile cap* tersebut mampu menahan beban maksimum dari struktur atas. (Aman).
  - c. Interpretasi beban ultimit di lakukan dengan tiga metode yang umum digunakan yaitu Davisson, Chin, dan Mazurkiewich. Hasil interpretasi memberikan beban ultimit yang bervariasi yaitu 1331 Ton, 1313 Ton dan 1325 Ton dengan rata- rata pada beban 1323 Ton. (Aman).
4. Penelitian yang dilakukan oleh fadhila Muhammad Libasut Taqwa1, Mardiaman, Feril Hariati, Redho MuktaDir dengan judul ‘Rasio Daya Dukung Aksial *Bored Pile* Berdasarkan Hasil Uji SLT Dan PDA (Studi Kasus: Tamansari Apartemen Bintaro Mansion Kota Tangerang Selatan)’ (2023), berdasarkan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa daya dukung aksial pada

tiang bor  $\varnothing 1000$  adalah 900 ton. Nilai daya dukung aktual berdasarkan hasil pengujian PDA adalah sebesar 565ton. Berdasarkan interpretasi uji PDA dan CAP-WAP nilai BCR berturut-turut adalah sebesar 62.8% dan 67.8%. Nilai BCR berdasarkan interpretasi hasil uji SLT dengan metode Davisson, Mazurkiewicz, dan Chin berturut-turut sebesar 42.8%, 48.0%, dan 25,5%. Dengan demikian, tiang bor tersebut berada dalam kondisi kinerja yang buruk. Nilai BCR yang tidak mendekati 100% kemungkinan terjadi karena kesalahan penentuan daya dukung rencana untuk pengujian SLT, sebesar 250 ton, jauh di bawah nilai daya dukung aktual berdasarkan uji PDA. Dengan membandingkan nilai BCR terhadap beban uji rencana, diperoleh nilai rasio daya dukung (BCR) berdasarkan interpretasi uji PDA dan CAP-WAP berturut-turut sebesar 226.0% dan 244.4%. Nilai BCR berdasarkan interpretasi hasil uji SLT dengan metode Davisson, Mazurkiewicz, dan Chin berturut-turut sebesar 154.0%, 172.8%, dan 91.9%. Dengan demikian, interpretasi menggunakan metode Davisson dan Mazurkiewicz menunjukkan nilai BCR lebih dari 1,5 yang berarti pemilihan beban rencana pada saat SLT cenderung konservatif. Namun, mengingat nilai faktor keamanan yang memadai diperlukan, maka pondasi tersebut dianggap berfungsi dengan baik. Sedangkan, berbeda dengan metode Chin yang nilai BCR-nya kurang dari 1 berarti pondasi menerima beban melebihi daya dukungnya. Hal ini perlu menjadi pertimbangan, apakah terdapat ketidaksesuaian metode yang diterapkan, kesalahan dalam proses penafsiran data, atau jika dan hanya jika analisis dengan metode Chin lebih akurat, maka perlu dilakukan perkuatan pada sistem pondasi.

## 2.2 Pendahuluan

Pada bagian pendahuluan, penulis akan melampirkan dan menguraikan pembahasan tentang teori – teori dan materi yang berkaitan dengan judul skripsi penulis.

### 2.2.1 Pengertian dan Fungsi 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.

Menurut Frick (1980), 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.

Menurut Bowles (1997), pondasi adalah bagian struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah atau terletak di bawah permukaan tanah, dan berfungsi memikul beban dari bagian bangunan di atasnya. Pondasi berfungsi:

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 stabil/tetap (Setiawan, 2001).

Secara umum, pondasi tiang adalah elemen struktur yang berfungsi meneruskan beban kepada tanah, baik beban dalam arah vertikal maupun horizontal. Namun demikian fungsi pondasi tiang lebih dari itu dan penerapannya untuk masalah-masalah lain cukup banyak, diantaranya:

1. Untuk memikul beban-beban dari struktur atas.
2. Untuk menahan gaya angkat (*up-lift force*) pada pondasi atau dok di bawah muka air.
3. Untuk memadatkan tanah pasiran dengan cara penggetaran. Tiang ini kemudian ditarik lagi.
4. Untuk mengurangi penurunan.
5. Untuk memperkaku tanah di bawah pondasi mesin, mengurangi amplitude getaran dan frekuensi alamiah dari sistem.
6. Untuk memberikan tambahan faktor keamanan, khususnya pada kaki jembatan yang dikhawatirkan mengalami erosi.
7. Untuk menahan longsor atau sebagai *soldier piles* (Rahardjo, 2000).

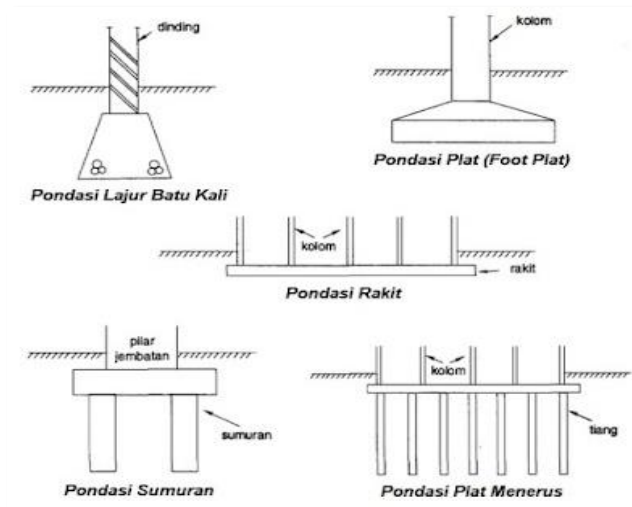
#### 2.2.2 Jenis – Jenis Pondasi

Bentuk pondasi ditentukan oleh berat bangunan dan keadaan tanah disekitar bangunan, sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah yang padat yang mendukung pondasi. Menurut Gunawan (1991), secara umum pondasi dibagi menjadi 2 jenis, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal merupakan pondasi yang hanya mampu menerima beban relatif kecil dan secara langsung menerima beban bangunan. Sementara pondasi dalam adalah pondasi yang mampu menerima beban bangunan yang besar dan meneruskan beban

bangunan ke tanah keras atau batuan yang sangat dalam. Adapun penjelasan dari masing masing klasifikasi pondasi adalah sebagai berikut:

### 1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal adalah (*shallow foundation*) adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung. Pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pendukung pada dasar pondasi terletak relatif jauh dari permukaan tanah / daya dukung tanah pada dasar bangunan lemah. Jika kedalaman dasar pondasi dari muka tanah adalah kurang atau sama dengan lebar pondasi ( $D = B$ ) maka disebut pondasi dangkal. sistem pondasi dangkal dipakai pada lapisan dasar yang baik letaknya tidak dalam serta gangguan air tanah atau air sungai dapat diatasi agar pondasi bisa di kerjakan dalam keadaan kering sehingga mutu pondasi akan lebih baik dan ekonomis.



Gambar 2. 1 Pondasi Dangkal

(sumber : Gunawan. 1991)

Jenis – jenis pondasi dangkal antara lain adalah sebagai berikut:

#### a. Pondasi Lajur Batu Kali

Pondasi lajur batu kali harus dibuat dengan pasangan batu kali dengan kualitas baik, tidak mudah retak atau hancur. 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>.

b. Pondasi Plat (*Foot Plat*)

Pondasi plat menopang beban struktural, maka diisyaratkan terbuat dari konstruksi beton bertulang dengan mutu minimal K175. Pondasi telapak digunakan untuk mendukung beban titik individual seperti kolom struktural. Pondasi plat ini dapat dibuat dalam bentuk melingkar, persegi. Jenis pondasi ini terdiri dari lapisan beton bertulang dengan ketebalan yang seragam, tetapi pondasi plat dapat juga dibuat dalam bentuk bertingkat jika pondasi ini dibutuhkan untuk menyebarkan beban dari kolom berat.

c. Pondasi Plat Menerus (*Continues Footing*)

Pondasi ini juga diisyaratkan 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 jaraknya, sehingga saling *overlap*, lebih baik antar kolom-kolom dihubungkan menjadi satu lewat pondasi plat menerus.

d. Pondasi Sumuran

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

e. Pondasi Rakit

Pondasi rakit adalah pondasi plat beton yang dibuat seluas bangunan di atasnya atau disebut pondasi plat setempat yang luas sekali. Pondasi ini digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat di semua arahnya, sehingga menggunakan pondasi telapak, sisinya berhimpit satu sama lain.

## 2. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah dasar atau tanah keras yang terletak jauh dari permukaan. Jika kedalaman pondasi dari muka tanah adalah lebih dari lima kali lebar pondasi ( $D > 5B$ ) maka disebut pondasi dalam. Pondasi dalam digunakan apabila tanah dasar sebagai tempat peletakan pondasi tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk menahan beban yang bekerja di atas, atau apabila tanah dasar tersebut letaknya sangat dalam. Jenis jenis pondasi dalam antara lain adalah sebagai berikut:

### a. Pondasi tiang bor

Pondasi *bored pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah terlebih dahulu (Hardiyatmo,2010) pemasangan pondasi *bored pile* ke dalam tanah dilakukan dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian di isi tulangan yang telah dirangkai dan di cor beton. Apabila tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau biasa disebut dengan *tempory casing* untuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran, pipa ini akan di keluarkan pada pengecoran beton.

### b. Pondasi Tiang Pancang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang pancang adalah jenis pondasi dalam yang biasa dijumpai pada konstruksi darat maupun laut, jenis pondasi ini digunakan apabila jenis

strukturnya bersentuhan langsung dengan rawa, air, dan juga tanah yang memiliki daya dukung yang rendah pula, pondasi ini bertujuan menopang beban di atasnya lalu meneruskan beban tersebut melalui tiang pancang tersebut, berdasarkan jenis perpindahan bebannya, ada yang meneruskan beban dengan tahanan ujung (*end bearing*), ada juga meneruskan beban melalui kulit dari tiang pancang itu sendiri (*friction pile*).

Berdasarkan jenis bahan yang digunakan, pondasi tiang pancang terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu sebagai berikut:

#### 1) Tiang Pancang Kayu

Tiang pancang kayu merupakan tiang pancang yang berbahan kayu, yang biasanya dapat diambil di hutan dan kualitas yang bagus, biasanya kayu akan diberi pengawet agar tidak mudah lapuk lalu ujungnya akan diruncingkan, agar ketika dipancang, dapat dengan mudah menembus lapisan tanah, dan ada pula yang memberikan sepatu pada pancang ini agar ketika bertemu dengan bebatuan yang keras, pancang ini masih bisa menembus bebatuan tersebut.

#### 2) Tiang Pancang Beton

Tiang pancang ini berbahan beton dan biasanya tiang pancang ini sudah dalam kondisi jadi, dimana kondisi awalnya di cor di tempat sentral, lalu di kirimkan ke tempat konstruksi, biasanya tiang pancang pra-cetak ini dibuat menggunakan penguatan biasanya dibuat untuk tegangan lentur selama proses distribusi.

#### 3) Tiang Pancang Baja

Selain kayu dan beton ada juga tiang pancang berbahan baja, dimana tiang pancang ini sangat cocok digunakan pada pondasi atau tanah keras di

kedalaman tertentu, tiang pancang baja biasanya berbentuk kotak dan ada juga yang berbentuk pipa, namun biasanya digunakan dalam bentuk pipa, dan juga tiang pancang baja ini juga dapat menahan benturan akibat proses pemancangan itu sendiri, dan pada tiang pancang ini proses penyambungan juga terbilang cukup mudah.

#### 4) Tiang Pancang Komposit

Tiang pancang ini merupakan tiang pancang tipe terakhir, dimana tiang pancang ini memadukan antara tiang pancang berbahan kayu, beton dan baja, contohnya ialah material kayu atau beton berada permukaan atas, dan material baja diletakkan pada permukaan bawah pondasi, seiring berjalannya waktu, tiang pancang jenis ini mulai ditinggalkan dikarenakan biayanya yang terbilang cukup mahal.

### **2.3 Pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)**

#### 2.3.1 Definisi pondasi Tiang Bor (*Bored Pile*)

Pondasi *bored pile* adalah pondasi tiang yang pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah terlebih dahulu, yang kemudian di isi tulangan yang telah di rangkai dan di cor beton. Apabila tanah mengandung air, maka dibutuhkan pipa besi atau biasa yang disebut dengan *temporary casing* unuk menahan dinding lubang agar tidak terjadi kelongsoran, dan pipa ini akan dikeluarkan pada pengecoran beton.



Gambar 2. 2 *Bored Pile*

Sumber: Dokumentasi PT. Limutu Sejahtera

### 2.3.2 Keuntungan dan Kerugian Tiang Bor (*Bored Pile*)

Adapun beberapa keuntungan dalam pemakaian pondasi Tiang Bor yaitu:

1. Pemasangan tidak menimbulkan gangguan suara dan getaran yang
2. membahayakan bangunan sekitarnya.
3. Mengurangi kebutuhan beton dan tulangan dowel pada pelat penutup tiang (*pile cap*). Kolom dapat secara langsung diletakkan di puncak *bored pile*.
4. Kedalaman tiang dapat divariasikan.
5. Tanah dapat diperiksa dan dicocokkan dengan data laboratorium.
6. *Bored pile* dapat dipasang menembus batuan, sedang tiang pancang akan kesulitan bila pemancangan menembus lapisan batuan.
7. Diameter tiang memungkinkan dibuat besar, bila perlu ujung bawah tiang dapat dibuat lebih besar guna mempertinggi kapasitas dukungnya.
8. Tidak ada risiko kenaikan muka tanah.

Kerugian menggunakan pondasi *bored pile* yaitu:

1. Pengecoran *bored 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 *bored pile* mengurangi kapasitas dukung *bored pile*, terutama bila *bored 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.

### 2.2.3 Jenis – Jenis Tiang Bor (*Bored pile*)

Ada beberapa jenis alat dan metode pengerjaan *bored pile*, namun pada dasarnya sama diantaranya:

#### 1. *Bored Pile Mini Crane*



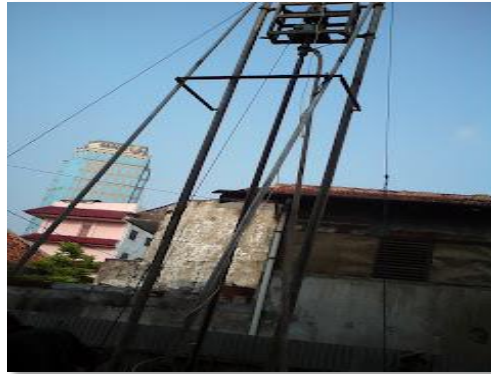
Gambar 2. 3 Pembuatan *bored pile mini crane*

Sumber : Jogjacamp, 2017

Menggunakan alat *bored pile* mesin *mini crane* ini bisa dilaksanakan pengeboran dengan pilihan diameter 30 cm, 40 cm, 50 cm, 60 cm hingga 80 cm. Umumnya menggunakan metode *bored pile* sistem bor basah, dibutuhkan air yang cukup untuk mendukung kelancaran pelaksanaan pekerjaan sehingga sumber air

harus diperhatikan debitnya. Bisa juga menggunakan metode bor kering namun hanya terbatas sampai dengan level kekerasan tanah tertentu

## 2. *Bored Pile* Mesin Gawang



Gambar 2. 4 Pembuatan *bored pile* gawangan

Sumber : Jogjacamp, 2017

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

## 3. *Bored Pile* Manual / *Strauss Pile*



Gambar 2. 5 Pembuatan *Bored Pile* Manual

Sumber : Jogjacamp,2017

Alat *strauss pile* ini menggunakan tenaga manual untuk memutar mata bornya, menggunakan metode *bored pile* kering. Alat *bored pile* yang simpel, ringkas dan mudah dioperasikan serta tidak bising saat pengerjaan menjadikan cara ini banyak

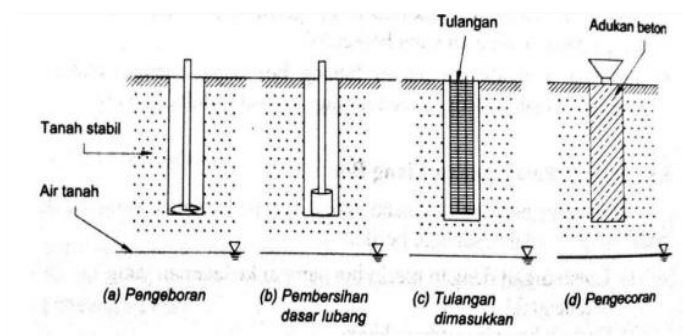
digunakan diberbagai proyek seperti perumahan, pabrik, gudang, pagar, dll. Kekurangannya terbatasnya pilihan diameter yakni hanya 20 cm,25 cm ,30 cm dan 40 cm. Tentu saja karena ini berhubungan dengan tenaga penggeraknya yang hanya tenaga manusia. Jadi cara ini kebanyakan digunakan untuk bangunan yang tidak begitu berat.

#### 2.2.4 Metode Pelaksanaan Pembuatan Tiang Bor (*Bored Pile*)

Terdapat tiga metode pelaksanaan pembuatan tiang bor:

##### 1. Metode Kering

Metode kering cocok digunakan pada tanah di atas muka air tanah yang ketika dibor dinding lubangnya tidak longsor, seperti lempung kaku. Tanah pasir yang mempunyai sedikit kohesi juga lubangnya tidak mudah longsor jika dibor. Metode kering juga dapat dilakukan pada tanah-tanah di bawah muka air tanah, jika tanahnya mempunyai permeabilitas rendah, sehingga ketika dilakukan pengeboran, air tidak masuk ke dalam lubang bor saat lubang masih terbuka. Pada metode kering, lubang dibuat dengan menggunakan mesin bor tanpa 16 pipa pelindung (*casing*). Setelah itu, dasar lubang bor yang kotor oleh rontokan tanah dibersihkan. Tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor dan kemudian di cor.

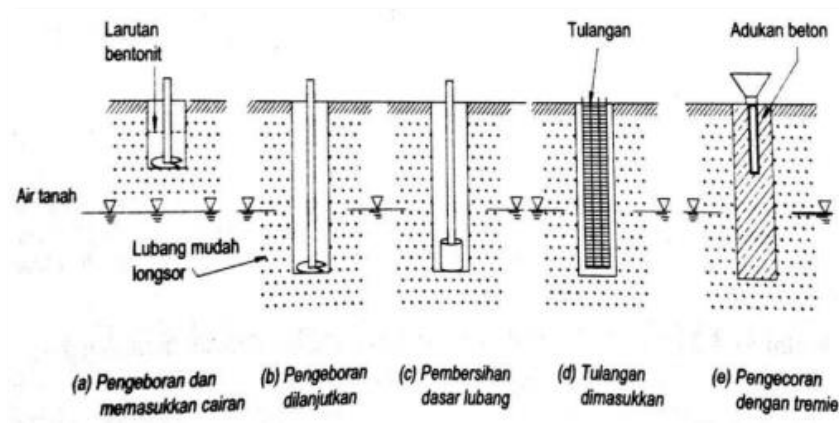


Gambar 2. 6 Langkah - Langkah pelaksanaan tiang bor metode kering

Sumber : Hardiyatmo,2015

## 2. Metode Basah

Metode basah umumnya dilakukan bila pengeboran melewati muka air tanah, sehingga lubang bor selalu longsor bila dindingnya tidak ditahan. Agar lubang tidak longsor, di dalam lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung/*bentonite* atau larutan polimer. Jadi, pengeboran dilakukan di dalam larutan. Jika kedalaman yang diinginkan telah tercapai, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi cairan *bentonite*. Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang bor dengan pipa *tremie*. Larutan *bentonite* akan terdesak dan terangkat ke atas oleh adukan beton. Larutan yang keluar dari lubang bor, ditampung dan dapat digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya.



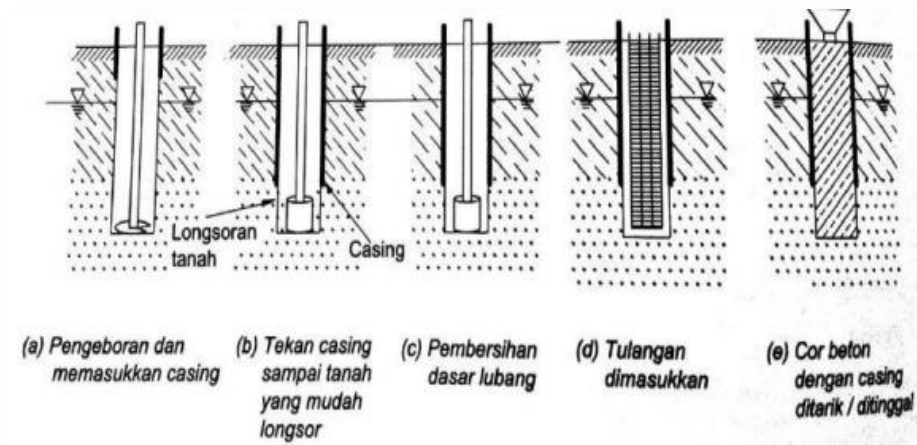
Gambar 2. 7 Langkah - Langkah pelaksanaan tiang bor dalam metode basah

Sumber : Hadiyatmo,2015

## 3. Metode *Casing*

Metode ini digunakan bila lubang bor sangat mudah longsor, misalnya tanah di lokasi adalah pasir bersih di bawah muka air tanah. Untuk menahan agar lubang tidak longsor digunakan pipa selubung baja (*casing*). Pemasangan pipa selubung ke dalam lubang bor dilakukan dengan cara memancang, menggetarkan atau menekan pipa baja sampai kedalaman yang ditentukan. Sebelum sampai menembus muka air

tanah, pipa selubung dimasukkan. Tanah di dalam pipa selubung dikeluarkan saat penggalian atau setelah pipa selubung sampai kedalaman yang diinginkan. Larutan *bentonite* kadang-kadang digunakan untuk menahan longsornya dinding lubang, bila penggalian sampai di bawah muka air tanah. Setelah pipa selubung sampai pada kedalaman yang diinginkan, lubang bor lalu dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam pipa selubung. Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang (bila pembuatan lubang digunakan larutan, maka untuk pengecoran digunakan pipa *tremie*), dan pipa selubung ditarik ke atas, namun kadang-kadang pipa selubung ditinggalkan di tempat (Hardiyatmo, 2015).



Gambar 2. 8 Langkah-Langkah pelaksanaan tiang bor dalam metode *Casing*

Sumber: Hardiyatmo,2015

#### 2.4 Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Pada bagian ini, penulis akan menjabarkan tentang bagian penyelidikan tanah (*Soil Investigation*) yang akan digunakan sebelum memulainya pekerjaan konstruksi.

#### 2.4.1 Definisi Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

Penyelidikan tanah adalah pekerjaan awal yang harus dilakukan sebelum memutuskan akan menggunakan jenis pondasi dangkal atau dalam. Penyelidikan tanah (*Soil Investigation*) bertujuan untuk:

1. Menentukan sifat – sifat tanah yang terkait dengan perencanaan struktur yang akan di bangun di atasnya.
2. Menentukan kapasitas daya dukung tanah menurut tipe pondasi yang dipilih.
3. Menentukan tipe dan kedalaman pondasi.
4. Untuk mengetahui posisi muka air tanah.
5. Untuk menentukan memprediksi besarnya penurunan.
6. Menentukan besarnya tekanan tanah.

#### 2.4.2 Jenis Penyelidikan tanah (*Soil Investigation*)

Penyelidikan tanah ada dua jenis yaitu:

1. Penyelidikan di lapangan (*in situ test*)

Jenis penyelidikan di lapangan seperti pengeboran (*handboring* ataupun *machine boring*), *Cone Penetrometer Test* (Sondir), *Standard Penetration Test* (SPT), *Sand Cone Test* dan *Dynamic Cone Penetrometer*.

2. Penyelidikan di laboratorium (*Laboratory Test*)

Jenis penyelidikan di laboratorium terdiri dari uji *index properties* tanah (*Atterberg Limit, Water Content, Spesific Gravity, Sieve Analysis*) dan *Engineering properties* tanah *direct shearn test, triaxial test, consolidation test, permeability test, compaction test*, dan CBR.

Dari hasil penyelidikan tanah diperoleh contoh tanah (*soil sampling*) yang dapat dibedakan menjadi dua yaitu:

a. Contoh Tanah Tidak Terganggu (*Undisturbed Soil*)

Suatu contoh tanah dikatakan tidak terganggu apabila contoh tanah itu dianggap masih menunjukkan sifat-sifat asli tanah tersebut. Sifat asli yang dimaksud adalah contoh tanah tersebut tidak mengalami perubahan pada strukturnya, kadar air, atau susunan kimianya. *Undisturbed soil* digunakan untuk percobaan *engineering properties*.

b. Contoh Tanah Terganggu (*Disturbed Soil*)

Contoh tanah terganggu adalah contoh tanah yang diambil tanpa adanya usaha – usaha tertentu untuk melindungi struktur asli tanah tersebut. *Disturbed soil* digunakan untuk percobaan *uji index properties* tanah.

### 2.4.3 Uji Penyelidikan Tanah (*Soil Investigation*)

1. *Cone Penetrometer Test* (CPT)

Pengujian *Cone Penetrometer Test* (CPT) atau sering disebut dengan sondir adalah proses memasukkan suatu batang tusuk dengan ujung berbentuk kerucut bersudut  $60^\circ$  dan luasan ujung  $1,54 \text{ inch}^2$  ke dalam tanah dengan kecepatan tetap  $2 \text{ cm/detik}$ . Dengan pembacaan manometer yang terdapat pada alat sondir tersebut, kita dapat mengukur besarnya kekuatan tanah pada kedalaman tertentu. Sehingga dapat diketahui dari berbagai lapisan tanah memikul kekuatan yang berbeda. Menurut kapasitasnya, alat sondir dibagi menjadi dua jenis yaitu:

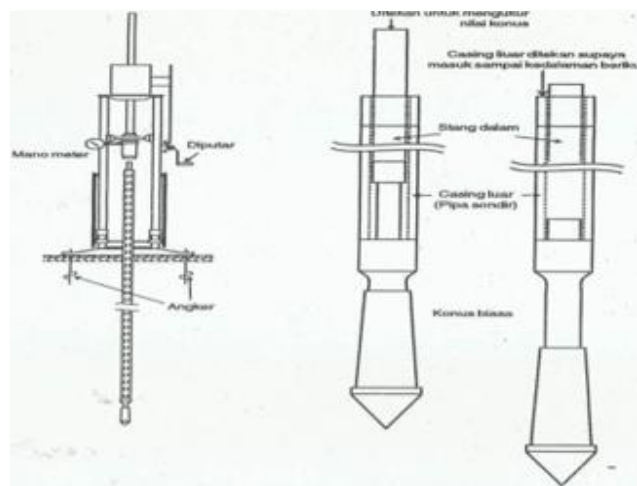
- a. Sondir ringan, dengan kapasitas dua ton. Sondir ringan digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai  $150 \text{ kg/cm}^2$  atau penetrasi konus telah mencapai kedalaman 30 m.

- b. Sondir berat, dengan kapasitas sepuluh ton. Sondir berat digunakan untuk mengukur tekanan konus sampai 500 kg/cm<sup>2</sup> atau penetrasi konus telah mencapai kedalaman 50 m.

Ada dua tipe ujung konus pada sondir mekanis:

- a. Konus biasa, yang diukur adalah perlawanan ujung konus dan biasanya digunakan pada tanah yang berbutir kasar dimana besar perlawanan lekatnya kecil.
- b. Bikonus, yang diukur adalah perlawanan ujung konus dan hambatan lekatnya dan biasanya digunakan untuk tanah berbutir halus. Tahanan ujung konus dan hambatan lekat dibaca setiap kedalaman 20 cm.

Cara pembacaan sondir dilakukan secara manual dan bertahap, yaitu dengan mengurangi hasil pengukuran (pembacaan manometer) kedua terhadap pengukuran (pembacaan manometer) pertama. Pembacaan sondir akan dihentikan apabila pembacaan manometer mencapai > 150 kg/cm<sup>2</sup> (untuk sondir ringan) sebanyak tiga kali berturut-turut atau penetrasi konus telah mencapai 30 m.



Gambar 2. 9 Alat sondir dengan konus biasa

(sumber : Soedarmono, 1993)

Tabel 2. 1 Harga - Harga empiris, Dr Pasir dan lumpur kasar berdasarkan sondir

Penetrasi konus PK = $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Densitas relatif Dr (%)	Sudut geser dalam (°)
20	-	25 – 30
20 – 40	20 – 40	30 – 35
40 – 120	40 – 60	35 – 40
120 – 200	60 – 80	40 – 45
>200	>80	>45

(sumber : soedarmono, 1993)

Tujuan dari sondir adalah :

1. Untuk mengetahui kedalaman dan kekuatan lapisan – lapisan tanah.
2. Untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus (penetrasi terhadap ujung konus yang dinyatakan dalam gaya persatuan luas.
3. Untuk mengetahui jumlah hambatan lekat tanah (perlawanan geser tanah terhadap selubung bikonus yang dinyatakan dalam gaya persatuan panjang).

Selain itu pengujian sondir ini memiliki kelebihan, yaitu:

- a. Baik untuk lapisan tanah lempung.
- b. Dapat dengan cepat menentukan lapisan tanah keras
- c. Dapat memperkirakan perbedaan lapisan tanah.
- d. Dapat menghitung daya dukung tanah dengan rumus empiris.
- e. Baik digunakan untuk menentukan letak muka air tanah.

Dan kekurangan dari percobaan sondir ini yaitu :

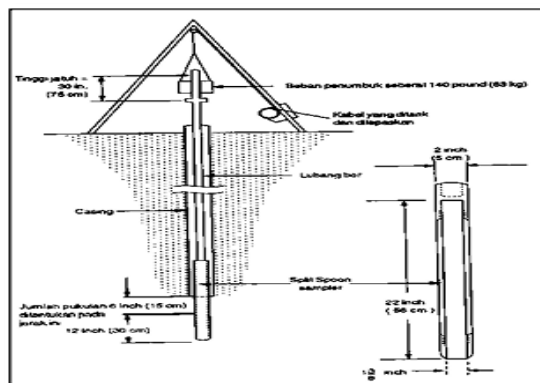
- a. Tidak cocok digunakan pada lapisan tanah berbutir kasar (keras).
- b. Hasil penyondiran diragukan apabila letak alat tidak vertikal atau konus dan bikonus bekerja tidak baik.
- c. Setiap penggunaan alat sondir harus dilakukan kalibrasi dan pemeriksaan

perlengkapan antara lain:

- 1) Manometer yang digunakan masih dalam keadaan baik sesuai dengan standard yang berlaku.
- 2) Ukuran konus yang akan digunakan harus sesuai dengan ukuran standard ( $d = 36 \text{ mm}$ ).
- 3) Jarum manometer harus menentukan awal nilai nol.
- 4) Dalam pembacaan harus hati – hati.

## 2. Pengujian dengan Standard Penetration Test (SPT)

*Standard Penetration Test* (SPT) sering digunakan untuk mendapatkan daya dukung tanah secara langsung di lokasi. Pengujian langsung dilapangan dengan metode *Standard Penetration Test* (SPT) dilakukan dalam satu lubang bor dengan memasukkan tabung sampel yang berdiameter 35 mm sedalam 305 mm, kedalam tanah pada dasar lubang bor dengan memakai suatu beban penumbuk dengan berat 140 lb (63 kg) yang dijatuhkan dari ketinggian 30 in (75 cm). Setelah memasuki kedalam tanah 6 in (15 cm) jumlah pukulan ditentukan untuk memasukkannya kedalam sedalam 12 in (30cm) berikutnya. Jumlah pukulan ini disebut nilai N (*N value*) atau *Number of blows*, dengan satuan pukulan/kaki (*blows per foot*). Pengujian *Standard Penetration Test* dilakukan setiap interval kedalaman pengeboran 2 meter. Percobaan SPT relatif lebih sederhana bila dibandingkan dengan percobaan sondir. Selain itu, contoh tanah terganggu dapat diperoleh untuk identifikasi jenis tanah, sehingga interpretasi kuat geser dan deformasi tanah dapat diperkirakan dengan baik.



Gambar 2. 10 Alat percobaan penetrasi standar  
(Sumber : Sosrodarsono & Nakazawa, 2005)

Pengamatan dan perhitungan SPT dilakukan sebagai berikut :

- a. Mula-mula tabung SPT dipukul ke dalam tanah sedalam 45 cm yaitu kedalaman yang diperkirakan akan terganggu oleh pengeboran.
- b. Kemudian untuk setiap kedalaman 15 cm dicatat jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk memasukkannya.
- c. Jumlah pukulan untuk memasukkan *split spoon* 15 cm pertama dicatat sebagai N1. Jumlah pukulan untuk memasukkan 15 cm kedua adalah N2 dan jumlah pukulan untuk memasukkan 15 cm ketiga adalah N3. Jadi total kedalaman setelah pengujian SPT adalah 45 cm dan menghasilkan N1, N2, dan N3.
- d. Angka SPT ditetapkan dengan menjumlahkan 2 angka pukulan terakhir (N2+N3) pada setiap interval pengujian dan dicatat pada lembaran *drilling log*.
- e. Setelah selesai pengujian, tabung SPT diangkat dari lubang bor ke permukaan tanah untuk diambil contoh tanahnya dan dimasukkan ke dalam kantong plastik untuk diamati di laboratorium.

Kemudian hasil dari pekerjaan bor dan SPT dituangkan dalam lembaran

*drilling log*. Uji SPT dapat dihentikan jika jumlah pukulan melebihi 50 kali sebelum penetrasi 30 cm tercapai. Tujuan percobaan SPT yaitu:

1. Untuk menentukan kepadatan relatif dan sudut geser ( $\phi$ ) lapisan tanah tersebut dari pengambilan contoh tanah dengan tabung.
2. Dapat diketahui jenis tanah dan ketebalan dari setiap lapisan tanah.
3. Untuk memperoleh data yang kumulatif pada perlawanan penetrasi tanah dan menetapkan kepadatan dari tanah yang tidak berkohesi yang biasanya sulit diambil sampelnya.

Tabel 2. 2 Hubungan Dr,  $\phi$  dan N dari pasir (Peck, Meyerhoff)

Nilai N	Relative Density (Dr)		Sudut Geser Dalam	
			Menurut Peck	Menurut Meyerhoff
<b>0-4</b>	0,00-0,20	Sangat lepas	<28,50	<30
<b>4-10</b>	0,20-0,40	Lepas	28,50-30	30-35
<b>10-30</b>	0,40-0,60	Sedang	30-36	35-40
<b>30-50</b>	0,60-0,80	Padat	36-41	40-45
<b>&gt; 50</b>	0,80-1,00	Sangat padat	> 41	> 45

(sumber : sosrodarsono, 2000)

Tabel 2. 3 Hubungan Dr,  $\phi$  dan N dari pasir (Terzaghi)

Relative Density (Dr)	N
Very Soft / Sangat Lunak	< 2
Soft / Lunak	2 – 4
Medium / Kenyal	4 – 8
Stiff / Sangat Kenyal	8 – 15
Hard / Keras	15 – 30
Padat	> 30

(Sumber : sosrodarsono, 2000)

Keuntungan pengujian SPT (*Standard Penetration Test*) adalah sebagai berikut :

- 1) Dapat diperoleh nilai N dan contoh tanah (terganggu).
- 2) Prosedur pengujian sederhana, dapat dilakukan secara manual.
- 3) Dapat digunakan pada sembarang jenis tanah dan batuan lunak.
- 4) Pengujian SPT pada pasir, hasilnya dapat digunakan secara langsung untuk memprediksi kerapatan relatif dan kapasitas daya dukung tanah.

Kerugian pengujian SPT (*Standard Penetration Test*) adalah sebagai berikut:

- 1) Sampel dan Tabung SPT diperoleh dalam kondisi terganggu.
- 2) Nilai N yang di peroleh merupakan data sangat kasar , apabila digunakan untuk tanah lempung.
- 3) Derajat ketidakpastian hasil uji SPT yang diperoleh bergantung pada kondisi alat dan operator.
- 4) Hasil tidak dapat dipercaya dalam tanah yang mengandung banyak kerikil.

## **2.5 Pengujian Beban Statis (*Static Loading Test*)**

Secara umum, *Static Loading Test* banyak diterapkan pada berbagai komponen struktur bangunan, seperti pondasi, kolom, balok, dan elemen-elemen lainnya, untuk memastikan bahwa komponen tersebut dapat menahan beban yang diharapkan dalam kondisi normal tanpa mengalami deformasi atau kegagalan yang berlebihan. Salah satu tujuan utama dari pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi faktor-faktor keselamatan, keandalan, dan efisiensi struktur bangunan.

### 2.5.1 Definisi Uji Beban Statik (*Static Loading Test*)

*Static Loading Test* (uji beban statis) adalah uji yang dilakukan untuk menilai kapasitas struktur atau komponen bangunan dalam menahan beban dengan cara memberikan beban yang bersifat tetap atau statis. Uji ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar beban yang dapat diterima oleh suatu elemen struktur sebelum terjadi kerusakan atau perubahan bentuk yang signifikan. Dalam uji ini, beban diterapkan secara perlahan hingga mencapai titik tertentu, baik itu kegagalan struktural atau batas elastisitas material yang diuji.

### 2.5.2 Tujuan Uji Beban Statik (*Static Loading Test*)

#### 1. Menilai Kapasitas Dukung Struktur

*Static Loading Test* digunakan untuk mengukur kapasitas struktur dalam menahan beban. Ini penting untuk memastikan bahwa struktur tersebut cukup kuat untuk menahan beban yang akan diterimanya selama umur bangunan.

#### 2. Menentukan Faktor Keamanan

Salah satu tujuan utama pengujian ini adalah untuk mengetahui faktor keamanan dari struktur. Beban yang diberikan pada struktur dapat digunakan untuk menilai seberapa besar kelebihan beban yang dapat ditahan sebelum terjadi kegagalan.

#### 3. Memverifikasi Desain Struktural

Dengan melakukan uji beban statis, dapat diketahui apakah desain struktur yang telah direncanakan dapat memenuhi kebutuhan dan syarat yang ditetapkan dalam peraturan dan standar yang berlaku.

#### 4. Identifikasi Kerusakan atau Kelemahan Struktur

Pengujian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi titik-titik kelemahan atau potensi kerusakan yang mungkin terjadi pada struktur. Hal ini penting untuk perbaikan atau penguatan sebelum bangunan digunakan.

### 2.5.3 Fungsi Uji Beban Statik (*Static Loading Test*)

#### 1. Menilai Kekuatan Struktur

*Static loading test* digunakan untuk mengetahui kapasitas daya dukung suatu struktur atau material. Hal ini membantu untuk memastikan bahwa struktur dapat menahan beban yang diterapkan tanpa mengalami kerusakan seperti deformasi permanen atau kegagalan struktural.

#### 2. Mengidentifikasi Titik Kelemahan

Dengan melakukan uji ini, kelemahan atau titik kritis dalam struktur atau material dapat teridentifikasi, yang memungkinkan insinyur untuk memperbaiki desain sebelum terjadi kegagalan nyata.

#### 3. Verifikasi Kesesuaian Spesifikasi Desain

*Static loading test* juga dapat digunakan untuk memverifikasi apakah struktur atau komponen sesuai dengan spesifikasi desain yang telah ditetapkan, baik itu beban maksimum, kapasitas material, atau batasan defleksi.

#### 4. Evaluasi Performa Material

Uji beban statik membantu dalam mengevaluasi performa material dalam kondisi beban tertentu, termasuk kekuatan tarik, kompresi, dan ketahanan terhadap deformasi.

## 5. Menjamin Keamanan

Salah satu tujuan utama dari *static loading test* adalah untuk memastikan bahwa struktur atau komponen yang diuji aman digunakan dalam aplikasi dunia nyata, mengurangi potensi kegagalan yang dapat menyebabkan kecelakaan.

## 6. Pemeliharaan dan Pemeriksaan Rutin

Uji beban statis sering digunakan dalam pemeliharaan dan inspeksi rutin untuk memastikan bahwa struktur atau material yang sudah beroperasi masih aman dan berfungsi dengan baik setelah sekian waktu penggunaan.

### 2.5.4 Metode Pelaksanaan Uji Beban Statik (*Static Loading Test*)

Untuk metode pelaksanaan pengujian *static loading test* pada Proyek Peningkatan Jembatan BH 343 Kisaran – Tanjung Balai di gunakan metode pengujian hasil *Static Loading Test* yaitu Metode Cell 2 arah.

Menurut (PT. Anugerah Pondasi Indonesia, 2023) metode pembebanan ini meletakkan langsung Cell ke dalam tiang bagi memberi daya kepada tiang sewaktu pengujian. Metode ini tidak memerlukan persiapan lapangan dan menghemat biaya 30% - 50% di samping sangat efektif dari segi persiapan, waktu dan keselamatan. Dalam metode dengan Cell 2 Arah YJACK, dongkrak hidrolik diposisikan pada titik tahan kesetimbangan (ditentukan berdasarkan hasil penyelidikan tanah).

Pengujian pondasi menggunakan metode cell 2 arah merupakan suatu teknik canggih yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja dan daya dukung pondasi suatu struktur. Metode ini melibatkan penerapan beban horizontal pada pondasi dan pengukuran respons terhadap beban tersebut dalam dua arah, horizontal dan vertikal. Pada umumnya, pengujian dilakukan dengan menggunakan perangkat

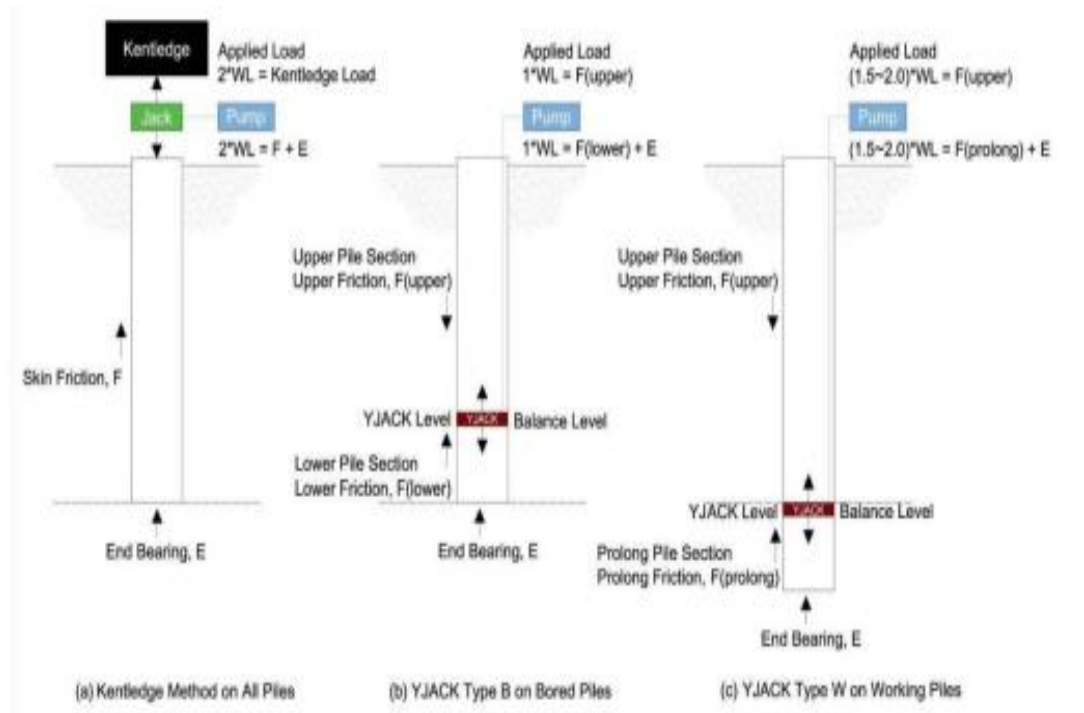
pengukur deformasi seperti *strain gauge* atau alat pengukur pergeseran yang terpasang pada pondasi.



Gambar 2. 11 Pra - fabrikasi Yjack

Sumber: Muhammad Erwin Rahmawan 23-8561 *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*

Pada saat pengujian, beban horizontal diterapkan secara bertahap pada pondasi untuk mereproduksi tekanan lateral yang mungkin terjadi selama kondisi gempa atau beban lateral lainnya. Sementara itu, sensor sensor yang terpasang secara strategis memonitor deformasi dan pergeseran pondasi secara akurat. Pada saat yang sama, beban vertikal juga dapat diterapkan untuk menilai kemampuan daya dukung pondasi terhadap beban aksial.



Gambar 2. 12 Uji beban menggunakan Cell 2 arah

Sumber: Muhammad Erwin Rahmawan 23-8561 *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*

Pengujian YJACK akan dilakukan ketika tiang bor telah memperoleh kekuatan beton yang dibutuhkan. Setelah dibeton setidaknya selama 14 hari (atau dengan persetujuan insinyur), pengujian dapat dilakukan. YJACK akan diberi tekanan internal menggunakan sistem hidraulik umum, menciptakan gaya ke atas pada poros pada gesekan atas dan gaya ke bawah yang sama pada gesekan poros bawah ditambah bantalan ujung. Seperti disebutkan, beban dongkrak hidraulik ditentukan dengan menghubungkan tekanan hidraulik yang diterapkan dengan kalibrasi beban. Pengukur tekanan terkalibrasi rentang tinggi akan digunakan untuk membaca tekanan pada saluran pompa dengan minimum 400Bar.



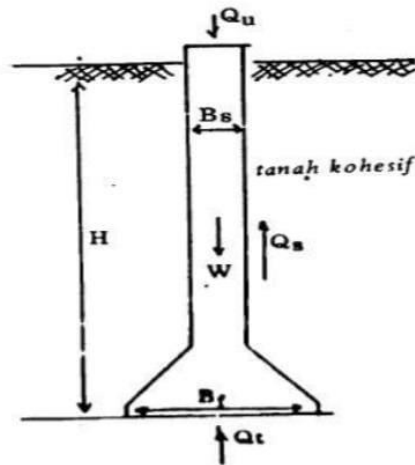
Gambar 2. 13 Instalasi Yjack pada pondasi bored pile

Sumber: Muhammad Erwin Rahmawan 23-8561 *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*

Keunggulan utama dari metode cell 2 arah adalah kemampuannya untuk menyediakan data yang mendalam tentang perilaku pondasi di bawah beban lateral dan vertikal secara bersamaan. Ini memberikan pemahaman yang lebih komprehensif tentang kapasitas pondasi dalam mengatasi tekanan lateral dan beban aksial yang mungkin terjadi selama umur struktur. Hasil pengujian ini membantu insinyur dalam menilai keandalan pondasi, memvalidasi desain struktural, dan membuat keputusan yang lebih informasional dalam perencanaan konstruksi.

## 2.6 Kapasitas Daya Dukung Pondasi *Bored Pile*

Kapasitas daya dukung suatu pondasi adalah kemampuan tanah Sebagai menopangnya berupa beban maksimum dari bangunan di atasnya. Daya dukung alas kuat terhadap gaya lateral dan melindungi terhadap geser yang akan segera terjadi. Jumlah dari tahanan gesek sisi permukaan dan ujung tiang adalah kapasitas maksimum tiang yang di pancang ke dalam tanah kohesif (Yusti & Fahriani,2014). Pondasi juga harus diletakan pada tanah keras agar daya dukungnya lebih stabil. Daya Dukung Pondasi berasal dari *frictionend bearing* nya.



Gambar 2. 14 Daya dukung tanah  
 Sumber : (Pamungkas, 2013 : 42)

### 2.6.1 Daya Dukung Ultimit Pondasi

Rumus perhitungan daya dukung pondasi (Ningrum,2022) :

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

$$Q_{all} = Q_u / SF \quad (2.2)$$

Dimana :

$Q_u$  = Daya Dukung Ultimit (ton)

$Q_p$  = Daya dukung Ujung Tiang (ton)

$Q_s$  = Daya dukung Tahanan kulit (ton)

$Q_{all}$  = Daya dukung tanah yang di izinkan

$SF$  = Angka keamanan 3 dan 5 (Wesley untuk Indonesia), untuk data loading test nilai angka keamanan nya adalah 2 dikarenakan pada saat pengujian dilakukan beban uji 2 kali lipat dari beban rencana.

## 2.6.2 Kapasitas Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Berdasarkan Hasil Sondir

CPT/Sondir adalah uji lapangan sangat cepat, sederhana, murah dan andal dengan pengukuran bawah permukaan yang berkelanjutan. CPT atau sondir juga dapat mengklasifikasikan lapisan tanah dan memperkirakan kekuatan dan sifat tanah. dalam perencanaan tiang pondasi, data tanah sangat penting untuk perencanaan daya dukung tiang pondasi, data tanah sangat penting untuk perencanaan daya dukung tiang pondasi sebelum memulai konstruksi untuk menentukan daya dukung akhir tiang pondasi (Pagehgiri, 2015).

Kapasitas daya dukung kulit pondasi *bored pile* ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

$Q_s$  = kapasitas Tahanan kulit (ton)

$F$  = Satuan tahanan kulit persatuan luas ( $kg/cm^2$ ).

$A_s$  = Luas kulit tiang pondasi ( $cm^2$ )

Untuk menghitung kuat dukung pondasi berdasarkan hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode penulis lakukan yaitu :

### 1. Metode *Aoki de Alencar*

Daya dukung ujung pondasi menurut Aoki de Alencar dinyatakan dengan rumus berikut :

$$Q_p = q_p \cdot A_p \quad (2.4)$$

Dimana :

$Q_p$  = Kapasitas daya dukung pondasi (kN)

$q_p$  = Tahanan ujung sondir (kN/m<sup>2</sup>)

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

*Aoki de Alencar* mengusulkan membuat memperkirakan Kapasitas dukung ujung persatuan luas ( $q_p$ ) diperoleh sebagai berikut :

$$q_p = \frac{q_c}{F_b} \quad (2.5)$$

Dimana :

$q_c$  (base) = perlawanan konus rata rata 1,5D diatas ujung tiang 1,5D dibawah ujung tiang

$F_b$  = faktor empiric tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tiang(kg/cm<sup>2</sup>).

Tahanan kulit persatuan luas ( $F$ ) diprediksi sebagai berikut :

$$F = q_c \frac{\alpha_s}{F_s} \quad (2.6)$$

Dimana :

$q_c$  = perlawanan konus rata rata pada masing lapisan sepanjang tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

$F_s$  = faktor empiric tahanan kulit yang tergantung pada tipe tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

$\alpha_s$  = nilai faktor empiric tanah

Tabel 2. 4 Faktor Empiris  $F_b$  dan  $F_s$

Tipe Tiang Pancang	$F_b$	$F_s$
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

(Sumber : Titi dan Farsakh, 1999)

Tabel 2. 5 Nilai faktor empiric tanah

Tipe Tanah	$\alpha_s$	Tipe Tanah	$\alpha_s$	Tipe Tanah	$\alpha_s$
Pasir	1,4	Pasir berlanau	2,2	Lempung berpasir	2,4
Pasir kelanauan	2,0	Pasir berlanau dengan lempung	2,8	Lempung berpasir dengan lanau	2,8
Pasir kelanauan dengan lempung	2,4	Lanau	3,0	Lempung berlanau dengan dengan pasir	3,0
Pasir berlempung dengan lanau	2,8	Lanau berlempung dengan pasir	3,0	Lempung berlanau	4,0
Pasir berlempung	3,0	Lanau berlempung	3,4	Lempung	6,0

(Sumber : Titi dan Farsakh, 1999)

Nilai faktor empiric  $\alpha_s$  untuk tipe tanah pada umumnya nilai  $\alpha_s$  untuk pasir +1,4%, nilai  $\alpha_s$  untuk lanau = 3,0% dan untuk nilai  $\alpha_s$  untuk tanah lempung = 1,4%.

## 2. Metode Mayerhoff (1976)

Metode mayerhoff dapat digunakan untuk mencari daya dukung tiang bor berdasarkan data sondir.

Daya dukung *ultimate* menurut Mayerhoff dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Q_p = (q_c \times A_p) + (JHL \times K) \quad (2.7)$$

Dimana :

$Q_p$  = daya dukung ujung tiang (kg/tiang).

$q_c$  = Tahanan ujung sondir (kg/cm<sup>2</sup>)

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

$JHL$  = Tahanan friksi dari selimut tiang rata-rata (kg/cm<sup>2</sup>)

$K$  = Keliling tiang (cm)

Daya dukung ijin pondasi tiang dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :

$$Q_{Ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K}{5} \quad (2.8)$$

Dimana :

Q Ijin	= Kapasitas daya dukung ijin tiang (kg/tiang)
qc	= Tahanan ujung sondir ( $kg/cm^2$ )
Ap	= Luas selimut tiang ( $cm^2$ )
JHL	= Tahanan friksi dari selimut tiang rata-rata ( $kg/cm^2$ )
K	= Keliling tiang (cm)
3	= factor keamanan untuk daya dukung tiang.
5	= factor keamanan untuk gesekan pada selimut tiang

### 2.6.3 Kapasitas Daya Dukung Tiang *Bored Pile* Berdasarkan Hasil SPT

*Standart Penetration Test* (SPT) telah memperoleh popularitas Dimana mana sejak tahun 1927 dan telah diterima sebagai uji tanah rutin di lapangan. SPT dapat dilakukan dengan cara relatif mudah sehingga membutuhkan keterampilan khusus dari pemakainya.

Metode pengujian tanah dengan SPT termasuk cara yang cukup ekonomis untuk memperoleh informasi mengenai kondisi dibawah permukaan tanah dan diperkirakan 80% dari desain pondasi untuk Gedung bertingkat menggunakan cara ini. Karena banyak data SPT, korelasi empiris telah banyak memperoleh kemajuan.

Alat uji ini terdiri dari beberapa komponen yang sederhana, mudah ditransportasikan, dipasang dan mudah memeliharanya. Pandangan para ahli masih sama yaitu bahwa alat ini akan terus dipakai untuk penyelidikan tanah rutin karena relatif masih ekonomis dan dapat diandalkan (Rahardjo, 2000).

*Standart Penetration Test* (SPT) adalah sejenis percobaan dinamis dengan memasukan suatu alat yang dinamakan split spoon ke dalam tanah. Dengan percobaan ini akan diperoleh kepadatan relatif (*relative density*), sudut geser tanah

(θ) berdasarkan nilai jumlah pukulan (N). Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi bore pile pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data uji lapangan SPT, ditentukan dengan perumusan Meyerhoff. Perkiraan kapasitas daya dukung pondasi *bored pile* pada tanah pasir dan silt didasarkan pada data uji lapangan SPT, ditentukan dengan perumusan dengan menggunakan metode Reese & Wright (1977).

a. Daya dukung ujung tiang (*end bearing*), (Reese & Wright, 1977)

$$Q_p = q_p \cdot A_p \quad (2.9)$$

Dimana :

$$A_p = \text{Luas penampang tiang bor (m}^2\text{)}$$

$$q_p = \text{Tahanan ujung persatuan luas (ton/m}^2\text{)}$$

$$Q_p = \text{Daya dukung ujung tiang (ton)}$$

Untuk mencari daya dukung ujung tiang untuk tanah kohesif digunakan persamaan berikut :

$$q_p = 9 \cdot C_u \quad (2.10)$$

Untuk Mencari daya dukung ujung tiang untuk tanah non kohesif digunakan persamaan berikut :

Untuk  $N \leq 60$  maka,

$$q_p = 7 \cdot N \cdot A_p \text{ (t/m}^2\text{)} < 400 \text{ (t/m}^2\text{)} \quad (2.11)$$

Untuk  $N > 60$  maka nilai  $q_p$  nya adalah  $400 \text{ (t/m}^2\text{)}$

Untuk mencari kohesi tanah :

$$C_u = 2/3 \cdot N_{spt} \cdot 10 \quad (2.12)$$

Dimana :

$$N_{spt} = \text{Nilai pukulan SPT (kN/m}^2\text{)}$$

b. daya dukung selimut (*skin friction*), (Reese & Wreight, 1977)

$$Q_s = f \cdot L \cdot P \quad (2.13)$$

Dimana :

f = tahanan satuan *skin friction*, (ton/m<sup>2</sup>)

L = Panjang lapisan tanah (m)

P = Keliling tiang (m)

Q<sub>s</sub> = daya dukung selimut tiang (ton)

Pada tanah kohesif :

$$f = \alpha \cdot C_u \quad (2.14)$$

di mana:

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

$$\alpha = 0,55$$

C<sub>u</sub> = kohesi tanah (ton/m<sup>2</sup>)

Pada tanah non kohesif :

N < 53 maka,

$$f = 0,32 N(\text{ton/m}^2) \quad (2.15)$$

N < 53 < N ≤ 100 maka,

$$F = (N - 53 / 450) \times (1 / 0,3048^2) \quad (2.16)$$

#### 2.6.4 Kapasitas Daya Dukung Tiang *Bored Pile* Berdasarkan Hasil uji beban statik (*Static Loading Test*)

##### 1. Daya dukung perhitungan (*Static Loading Test*) metode chin

Metode chin didasarkan dengan asumsi bahwa tiang mengalami keruntuhan, pola kuat beban – penurunan akan berbentuk hiperbolis (Darianto,

2006). Oleh karena itu formula pada metode ini menggunakan *failure load* model persamaan hiperbolis kodner (1963) dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = \frac{S}{a+b.s} \quad (2.17)$$

Dengan :

P = beban

S = Penurunan

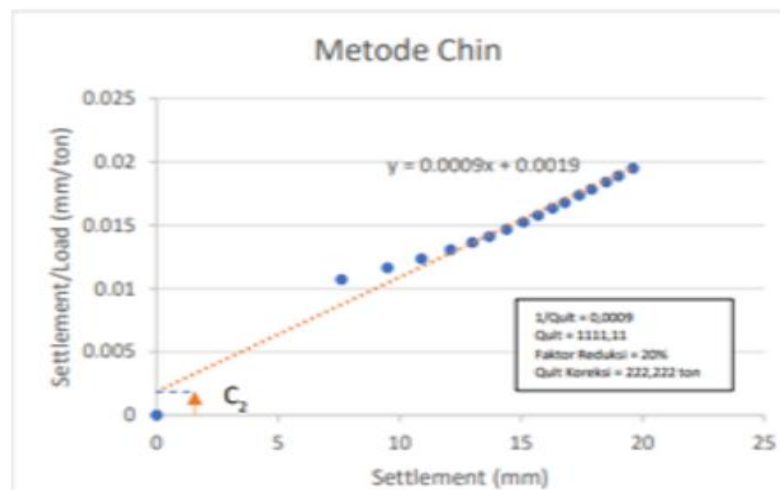
a = Koefisien korelasi antara P dan S

b = konstanta

Dari persamaan 2.14 Chin (1970) mengubah persamaan tersebut menjadi persamaan linier untuk memudahkan dalam penentuan kondisi *failure*. Persamaan garis linier yang di buat oleh sebagi berikut :

$$\frac{S}{P} = b. S + a \quad (2.18)$$

Persamaan garis linier dari hubungan S/P – S dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 2. 15 Grafik metode chin

Sumber : estimasi kuat dukung tiang bor metode chin dari hasil SLT

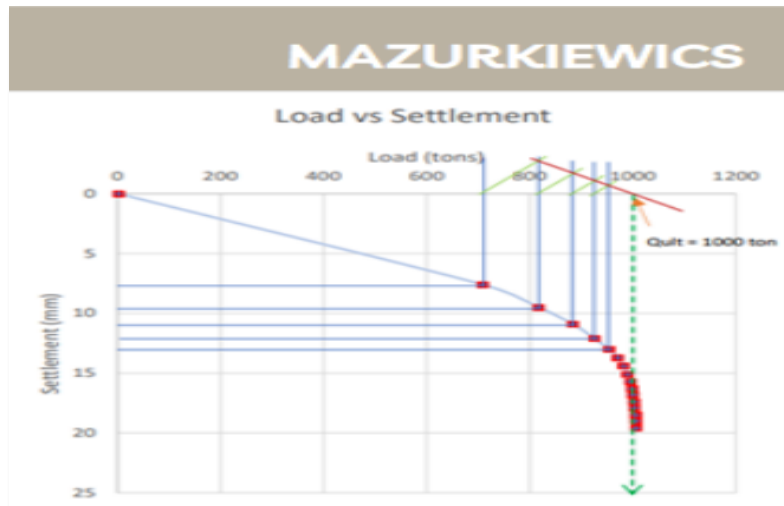
Prosedur penentuan daya dukung ultimate menggunakan metode chin berdasarkan (Darjanto,2006) adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung nilai S/P dari data penurunan (S) dan beban (P)
- b. Menggambarkan harga S pada sumbu x dan harga S/P pada sumbu y untuk mendapatkan titik seperti gambar itu
- c. Menghubungkan kedua titik yang telah dibuat untuk mendapatkan suatu garis linear
- d. Menghitung persamaan garis linear tersebut dengan Analisa regresi.
- e. Menentukan Qult sebesar  $(1/b)$ .

## 2. Daya dukung perhitungan (*Static Loading Test*) metode Mazurkiewicz

Metode mazurkiewicz (1972) diasumsikan berdasarkan kapasitas tahanan ultimit didapatkan dari beban yang berpotongan , diantaranya beban yang searah sumbu tiang untuk dihubungkan beban dengan titik titik dari garis terhadap sudut  $45^\circ$  pada beban sumbu yang berbatasan dengan beban (Prakash,2008). Menurut (Girsang P.,2010) interpretasi pengujian *static loading test* dengan metode mazurkiewicz adalah sebagai berikut :

- a. Plot kurva – Beban – penurunan
- b. Pilih sejumlah penurunan dan gambaran garis vertical yang memotong kurva. Kemudian gambar garis horizontal dari titik perpotongan ini pada kurva sampai memotong sumbu beban
- c. Dari setiap perpotongan masing masing kurva , diambil 45 derajat sampai memotong garis beban selanjutnya.
- d. Perpotongan ini jatuh kira kira pada satu garis lurus. Titik yang di peroleh dari perpotongan perpanjangan garis ini pada sumbu vertikal (beban) adalah beban *ultimate*



Gambar 2. 16 Grafik metode Mazurkiewicz

Sumber : analisis perbandingan daya dukung hasil *SLT* pada *bored pile*