

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dalam dunia konstruksi, pondasi memegang peranan penting sebagai elemen struktur bawah yang berfungsi menyalurkan beban bangunan ke lapisan tanah. Secara umum, pondasi terbagi menjadi dua kelompok, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam, yang pemilihannya bergantung pada letak lapisan tanah keras. Apabila lapisan tanah keras terletak jauh di bawah permukaan bumi, penggunaan pondasi dalam seperti tiang pancang menjadi solusi utama. Tiang pancang sering digunakan untuk menopang beban bangunan di atas tanah yang memiliki daya dukung rendah pada lapisan permukaannya.

Permasalahan pada pondasi dalam biasanya melibatkan solusi yang lebih rumit dibandingkan dengan pondasi dangkal. Oleh karena itu, diperlukan desain yang matang untuk menentukan daya dukung pondasi guna memastikan bahwa pondasi tersebut mampu menahan beban bangunan yang diantisipasi dan mencegah terjadinya penurunan (*settlement*) yang berlebihan. Keandalan daya dukung tiang pancang menjadi aspek krusial dalam menjamin stabilitas dan keamanan suatu struktur bangunan, terutama pada proyek-proyek skala menengah hingga besar.

Salah satu proyek yang menerapkan penggunaan pondasi tiang pancang adalah pembangunan Ruko Citraland City Sampali. Dalam menentukan daya dukung tiang

pondasi pada proyek ini, terdapat dua faktor penentu utama, yaitu daya dukung gesekan (gaya adhesi antara tiang dan tanah) dan daya dukung ujung (tekanan ujung tiang). Untuk menghitung daya dukung ultimit pondasi tiang pancang tersebut, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan, di antaranya adalah metode Meyerhof dan metode Aoki & De Alencar

Kedua metode ini memiliki pendekatan yang berbeda metode Mayerhof dihitung menggunakan teori mekanika tanah, sedangkan metode Aoki & De Alencar didasarkan pada data lapangan yang dikumpulkan selama konstruksi. Mengingat pentingnya akurasi dalam perencanaan pondasi, perlu dilakukan evaluasi kemampuan daya dukung pondasi tiang secara manual berdasarkan informasi dari pengujian lapangan, seperti Sondir.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbandingan antara hasil perencanaan teoritis dengan realisasi di lapangan. Hal inilah yang mendasari penulis mengangkat judul "Analisis Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang Antara Pelaksanaan Dan Perencanaan Pada Pembangunan Ruko Citraland City Sampali".

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil daya dukung tanah berdasarkan data uji sondir di lokasi pembangunan Ruko Citraland city Sampali?

2. Berapa besar daya dukung tiang pancang yang diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan metode Meyerhof dan metode Aoki De Alencar berdasarkan data sondir?
3. Bagaimana perbandingan daya dukung tiang pancang antara metode Meyerhof dan metode Aoki & De Alencar, dan data sondir terhadap hasil pelaksanaan di lapangan?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang hendak di capai dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis perbandingan hasil perhitungan antara metode Meyerhof dan metode Aoki & De Alencar dan Data pelaksanaan terhadap daya dukung tanah di lokasi penelitian.

### **1.4 Batasan Masalah**

Untuk menghindari terjadinya kesalahan dalam pembuatan penelitian, maka peneliti membatasi ruang lingkup masalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian berada di Ruko Citraland city Sampali
2. Data tanah yang digunakan berasal dari hasil uji sondir (Cone Penetration Test/CPT).
3. Metode analisis daya dukung tanah yang digunakan metode Meyerhof dan metode Aoki & De Alencar.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang diharapkan penulis ini adalah :

1. Bagi Pemerintah

Sebagai referensi dalam pengembangan kawasan perumahan baru yang berkelanjutan dan berbasis data geoteknik.

2. Bagi Perencana

Sebagai perbandingan antara metode Meyerhof dan metode Aoki & De Alencar, sehingga perencana dapat memilih metode yang paling sesuai dengan kondisi tanah dan kebutuhan proyek.

3. Bagi Penulis

Sebagai ilmu pengetahuan, memahami cara menggunakan metode Mayerhoff dan Aoki De Alencar dengan menggunakan data sondir (CPT)

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Tanah**

Menurut Dr. Ir. H. Darwis, M.Sc. (2018) Tanah adalah kumpulan butiran mineral alami (agregat) yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanis bila agregat tersebut diaduk dalam air. Sedangkan batuan adalah agregat yang mineralnya satu sama lain diikat oleh gaya-gaya kohesif yang permanen dan kuat, dan tidak bisa dipisahkan dengan cara mekanis sederhana. Akan tetapi di kalangan Insinyur Geologi istilah “batuan” dimaksudkan untuk semua materi penyusun kerak bumi tanpa mempersoalkan derajat keterikatan partikel-partikel mineralnya (batu, tanah, air). Dan yang dimaksudkan oleh para ahli geologi sebagai “tanah” hanyalah bagian kerak bumi yang menopang tumbuhan. Sedangkan menurut ahli pertanian bahwa yang dimaksud dengan tanah adalah medium alam tempat tumbuhnya tumbuhan dan tanaman yang tersusun dari bahan padat, gas dan cair.

Tanah merupakan lapisan teratas lapisan bumi. Tanah memiliki ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda antara tanah di suatu lokasi dengan lokasi yang lain. Menurut Dokuchaev (1870) dalam Fauizek dkk (2018), Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Tingkat perubahan terlihat pada komposisi, struktur dan warna hasil pelapukan.

Menurut Das (1995), dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruangruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Menurut Hardiyatmo (1992) dalam Apriliyandi (2017), tanah adalah ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap-ngendap di antara partikel-partikel. Ruang di antara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya.

## **2.2 Penyelidikan Tanah (soil investigation)**

Berdasarkan Bowles, Joseph E. (1984) Uji Penyelidikan tanah adalah kegiatan untuk mengetahui daya dukung dan karakteristik tanah serta kondisi geologi, seperti mengetahui susunan lapisan tanah/sifat tanah, mengetahui kekuatan lapisan tanah dalam rangka penyelidikan tanah dasar untuk keperluan pondasi bangunan, jalan, dll, kepadatan dan daya dukung tanah serta mengetahui sifat korosivitas tanah

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyelidikan tanah adalah :

1. Menentukan karakteristik tanah
2. Menentukan kedalaman dan ketebalan lapisan tanah
3. Menentukan muka air tanah
4. Menilai potensi bahaya geoteknik
5. Merencanakan pondasi yang sesuai

Dapat diketahui kedalaman lapisan tanah keras yang dapat dijadikan hasil-hasil penyelidikan tanah harus memberikan informasi yang cukup memadai, misalnya untuk menentukan pilihan jenis pondasi, daya dukungnya, dan untuk menentukan metode konstruksi yang efisien. Tuntutan penyelidikan tanah tergantung dari besarnya beban bangunan, Tingkat keamanan yang diinginkan, kondisi lapisan tanah, dan yang tersedia untuk penyelidikan. Oleh karena itu untuk bangunan sederhana atau ringan, kadang tidak dibutuhkan penyelidikan tanah, karena kondisi tanahnya dapat diketahui berdasarkan pengalaman setempat.

#### 2.2.1 Sondir Test (CPT)

Pengujian sondir adalah pengujian dengan menggunakan alat sondir yang ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut 60° dan dengan luasan ujung 1,54 in<sup>2</sup> (10 cm<sup>2</sup>). Alat ini digunakan dengan cara ditekan ke dalam tanah terus menerus dengan kecepatan tetap 20 mm/detik, sementara itu besarnya perlawanan tanah terhadap kerucut penetrasi ( $q_c$ ) juga terus diukur.

Tes sondir adalah uji lapangan untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah. Perlawanan penetrasi konus adalah resistensi tanah terhadap ujung konus yang diukur dalam satuan gaya per luas area. Hambatan lekat adalah resistensi geser tanah terhadap selubung bikonus yang juga diukur dalam satuan gaya per luas area. Berdasarkan kapasitasnya, alat sondir dibagi menjadi dua jenis: sondir ringan (2 ton) dan sondir berat (10 ton). Sondir ringan digunakan untuk mengukur tekanan konus hingga 150 kg/cm<sup>2</sup> atau kedalaman 30 meter, terutama pada



### 2.2.2 Boring SPT (Standard Penetration Test)

Standar penetration test atau lebih sering dikenal sebagai SPT merupakan suatu cara yang dilakukan dilapangan atau lokasi pekerjaan yang bertujuan untuk mengetahui atau mendapatkan daya dukung tanah secara langsung di proyek. Selain itu test ini juga bertujuan untuk mengetahui baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh tanah dengan teknik penumbukan. Uji SPT ini merupakan percobaan dinamis yang dilakukan dalam suatu lubang bor dengan memasukkan tabung sampel yang berdiameter dalam 35 mm sedalam 305 mm dengan menggunakan masa pendorong (palu) seberat 63,5 kg yang jatuh bebas dari ketinggian 760 mm.

Banyaknya pukulan palu tersebut untuk memasukkan tabung sampel sedalam 305 dinyatakan sebagai nilai N pelaksanaan dilakukan dalam tiga tahap yang mana tahap pertama merupakan dudukan sementara. Jumlah pukulan untuk memasukkan tahap kedua dan ketiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan SPT dinyatakan dalam pukulan per 30 cm.

Keuntungannya menggunakan test SPT :

- a. Dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis tanah secara visual,
- b. Dapat digunakan untuk mendapatkan parameter secara kualitatif melalui korelasi empiris
- c. Test ini dapat dilakukan dengan cepat dan operasinya sederhana,
- d. Biaya yang digunakan relative murah,

- e. Prosedur pengujian sederhana dapat dilakukan secara manual,
- f. Dapat digunakan pada sembarang jenis tanah dan batuan lunak,
- g. Sampel tanah terganggu dapat diperoleh untuk identifikasi jenis tanah,
- h. Uji SPT pada pasir, hasilnya dapat langsung digunakan untuk memprediksi kerapatan relatif dan kapasitas daya dukung tanah.

Kekurangan menggunakan test SPT :

- a. Profil kekuatan tanah tidak menerus,
- b. Perlu ketelitian dalam pelaksanaan test ini,
- c. Hasil yang didapat merupakan contoh tanah terganggu,
- d. Interpretasi hasil SPT bersifat empiris,
- e. Ketergantungan pada operator dalam menghitung,
- f. Nilai N yang diperoleh merupakan data sangat kasar bila digunakan tanah lempung.

### **2.3 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. Suatu pondasi akan aman

apabila :

- a. penurunan (settlement) tanah yang disebabkan oleh beban masih dalam batas yang diperbolehkan.
- b. keruntuhan geser dari tanah dimana pondasi berada tidak terjadi.

Berdasarkan struktur beton bertulang, pondasi berfungsi untuk:

1. Menyalurkan Beban: Pondasi berfungsi untuk menyalurkan beban dari struktur bangunan ke tanah. Beban ini meliputi beban mati (berat bangunan itu sendiri), beban hidup (beban yang ditimbulkan oleh penghuni dan perabot), serta beban lainnya seperti beban angin dan gempa.
2. Menjaga Stabilitas: Pondasi membantu menjaga stabilitas bangunan dengan memastikan bahwa beban yang diterima tidak menyebabkan pergeseran atau penurunan yang tidak merata pada struktur. Ini penting untuk mencegah kerusakan pada bangunan.
3. Mencegah Penurunan: Dengan mendistribusikan beban secara merata ke tanah, pondasi mencegah penurunan yang berlebihan yang dapat menyebabkan retakan atau kerusakan pada dinding dan elemen struktural lainnya.

### 2.3.1 Jenis-Jenis Pondasi

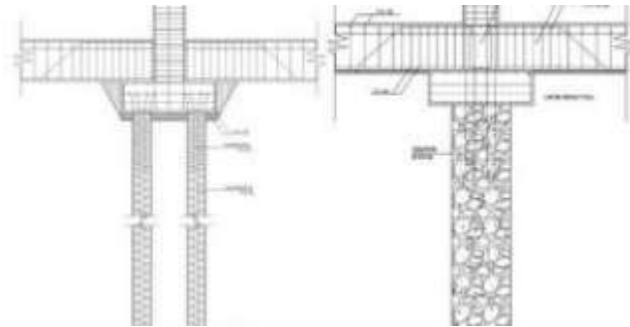
Menurut Nusa Setiani, (2022) dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam jenis pondasi. Pemilihan tipe pondasi harus disesuaikan dengan beberapa kriteria, diantaranya fungsi bangunan atas yang



b. Pondasi dalam

Pondasi dalam merupakan jenis pondasi yang terletak pada kedalaman lebih dari 3 meter di bawah permukaan tanah. Pondasi ini digunakan untuk mendukung bangunan yang lebih berat dan untuk meneruskan beban struktur ke lapisan tanah yang lebih kuat atau ke batuan dasar. Pondasi dalam sangat penting ketika lapisan tanah permukaan tidak memiliki daya dukung yang memadai untuk menahan beban bangunan.

Adapun jenis pondasi dalam yaitu Pondasi Sumuran, Pondasi Bored Pile, Pondasi Tiang Pancang.



Gambar 2.3 pondasi dalam

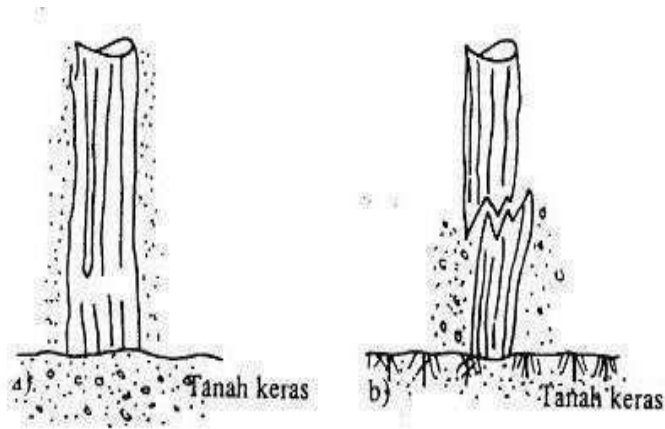
*Sumber : Herman Wahyudi (1999)*

### 2.3.2 Klasifikasi Pondasi Tiang

1. Tiang Pancang Kayu

Tiang pancang kayu dibuat dari kayu yang biasanya diberi pengawet dan dipancangkan dengan ujungnya yang kecil sebagai bagian yang runcing. Tapi biasanya apabila ujungnya yang besar dipancangkan, dimaksudkan untuk tanah yang sangat lembek dimana tanah tersebut akan bergerak kembali melawan poros. Kadang

kala ujungnya runcing dilengkapi dengan sebuah sepatu pemancangan yang terbuat dari logam bila tiang pancang harus menembus tanah keras atau tanah kerikil. Tiang kayu akan tahan lama dan tidak mudah busuk apabila tersebut dalam keadaan selalu terendam penuh di bawah muka air tanah.



Gambar 2.4 Tiang Pancang kayu

*Sumber : Hardiyatmo, H.C. (2020).*

Untuk pengawetan kayu yang bersifat lunak harus menggunakan instalasi peresapan bertekanan. Bilamana instalasi semacam ini tidak tersedia, maka dilakukan pengawetan dengan tangki terbuka secara panas dan dingin. Pada pemakaian tiang pancang ini biasanya tidak diijinkan untuk menahan muatan lebih dari 25 ton sampai 30 ton untuk tiap tiang. Adapun keuntungan pemakaian tiang pancang kayu adalah sebagai berikut :

- a. Tiang pancang kayu relatif ringan sehingga mudah dalam pengangkutan.
- b. Kekuatan tarik besar sehingga pada waktu pengangkatan untuk pemancangan

tidak menimbulkan kesulitan misalnya pada tiang pancang beton precast.

- c. Mudah untuk pemotongan apabila sudah tidak dapat masuk lagi ke dalam tanah.
- d. Tiang pancang kayu ini lebih baik untuk friction pile dari pada untuk end bearing pile sebab tegangan tekanannya terbatas di banding beton.

Adapun kekurangan dari pemakaian tiang pancang kayu adalah sebagai berikut :

- a. Tiang pancang ini harus selalu terletak di bawah muka air tanah yang terendah agar dapat tahan lama, jika air tanah yang terendah itu letaknya sangat dalam, maka menambah biaya untuk penggalian.
- b. Tiang pancang yang di buat dari kayu mempunyai umur yang relatif kecil jikadibandingkan dengan tiang pancang dari beton atau baja, terutama di daerah yang muka air tanahnya sering naik turun
- c. Pada waktu pemancangan pada tanah yang berbatu (gravel) ujung tiang pancang kayu dapat berbentuk berupa sapu atau dapat pula ujung tiang tersebut merenyuk, apabila tiang kayu tersebut kurang lurus maka pada waktu di pancang akan menyebabkan penyimpangan terhadap arah yang telah di tentukan.
- d. Tiang pancang kayu tidak tahan terhadap benda-benda yang agresif dan jamur yang menyebabkan kebusukan.

## 2. Tiang Pancang Beton

Tiang Pancang Beton ini elemen struktural yang terbuat dari beton bertulang dan digunakan sebagai pondasi dalam untuk mendukung beban bangunan dengan cara memindahkan beban tersebut ke lapisan tanah yang lebih dalam dan kuat. Tiang pancang ini dipancang ke dalam tanah menggunakan alat berat dan sering

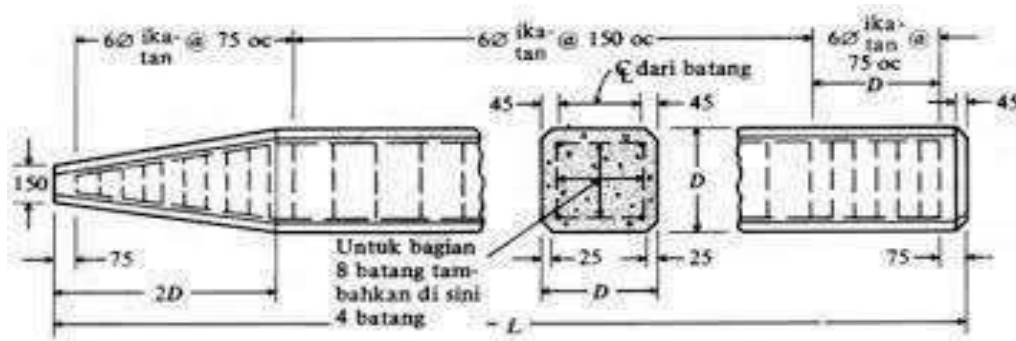
digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi, termasuk gedung bertingkat, jembatan, dan lainnya.

Tiang pancang beton terdiri dari beberapa jenis. Adapun jenis- jenisnya adalah sebagai berikut :

a. Precast Reinforced Concrete Pile

Precast Reinforced Concrete Pile adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan di pancangkan. Karena tegangan tarik beton adalah kecil dan praktis dianggap sama dengan nol, sedangkan berat sendiri dari pada beton adalah besar, maka tiang pancang ini harus diberi penulangan yang kuat untuk menahan momen

lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan dan pemancangan. tiang pancang jenis ini dicetak dan dicor di tempat pekerjaan, jadi tidak ada kesulitan dalam pengangkutan tiang, tiang pancang ini dapat memikul beban yang besar (>50 ton untuk setiap tiang) tergantung dari dimensinya.



Gambar 2.5 Tiang Pancang Precast Concrete Pile

Sumber : Hardiyatmo, H.C. (2020).

Keuntungan pemakaian Precast Concrete Reinforced Pile :

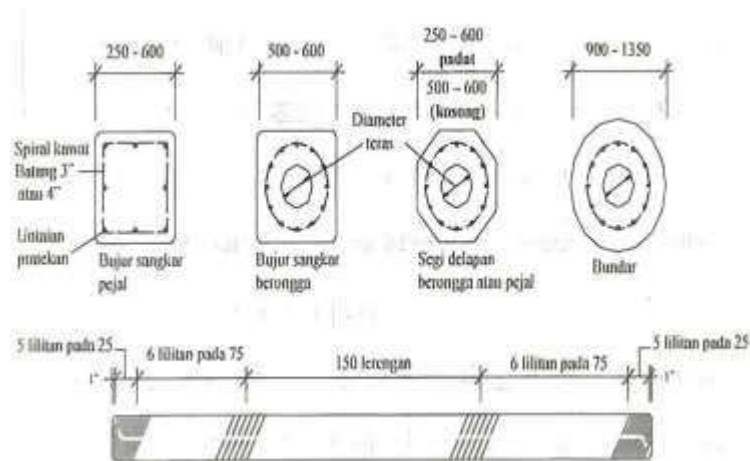
- Precast Concrete Reinforced Pile ini mempunyai tegangan tekan yang besar, hal ini tergantung dari mutu beton yang di gunakan.
- Tiang pancang ini dapat dihitung baik sebagai end bearing pile maupun friction pile.
- Karena tiang pancang beton ini tidak berpengaruh oleh tinggi muka air tanah seperti tiang pancang kayu, maka disini tidak memerlukan galian tanah yang banyak untuk poernya.
- Tiang pancang beton dapat tahan lama sekali, serta tahan terhadap pengaruh air maupun bahan-bahan yang korosif asal beton dekkingnya cukup tebal untuk melindungi tulangnya.

Kerugian pemakaian Precast Concrete Reinforced Pile :

- Karena berat sendirinya maka transportnya akan mahal, oleh karena itu Precast reinforced concrete pile ini di buat di lokasi pekerjaan.
- Tiang pancang ini dipancangkan setelah cukup keras, hal ini berarti memerlukan waktu yang lama untuk menunggu sampai tiang beton ini dapat dipergunakan. Bila memerlukan pemotongan maka dalam pelaksanaannya akan lebih sulit dan memerlukan waktu yang lama.
- Bila panjang tiang pancang kurang, karena panjang dari tiang pancang ini tergantung dari pada alat pancang (Pile Driving) yang tersedia maka untuk melakukan penyambungan adalah sukar dan memerlukan alat penyambung khusus.

## b. Precast Prestressed Concrete Pile

Precast Prestressed Concrete Pile adalah tiang pancang dari betonprategang yang menggunakan baja penguat dan kabel kawat sebagai gaya prategangnya



Gambar 2.6 Tiang Pancang Precast Prestressed Concrete Pile

*Sumber : Hardiyatmo, H.C. (2020).*

Keuntungan pemakaian Precast Prestressed Concrete Pile :

- Kapasitas beban pondasi yang dipikulnya tinggi.
- Tiang pancang tahan terhadap karat.
- Kemungkinan terjadinya pemancangan keras dapat terjadi.

Kerugian pemakaian Precast Prestressed Concrete Pile :

- Pondasi tiang sukar untuk ditangani.
- Biaya permulaan dari pembuatannya tinggi
- Pergeseran cukup banyak sehingga prategang sukar untuk disambung.

### c. Bored Pile

Pondasi tiang pancang tipe ini adalah pondasi yang di cetak di tempat dengan jalan dibuatkan lubang terlebih dahulu dalam tanah dengan cara mengebor tanah seperti pada pengeboran tanah pada waktu penyelidikan tanah.

Keuntungan pemakaian Cast In Place :

- Pembuatan tiang tidak menghambat pekerjaan.
- Tiang ini tidak perlu diangkat, jadi tidak ada resiko rusak dalam transport.
- Panjang tiang dapat disesuaikan dengan keadaan dilapangan.

Kerugian pemakaian Cast in Place adalah :

- Pada saat penggalian lubang, membuat keadaan sekelilingnya menjadi
- kotor akibat tanah yang diangkut dari hasil pengeboran tanah tersebut.
- Pelaksanaannya memerlukan peralatan yang khusus.
- Beton yang dikerjakan secara Cast in Place tidak dapat dikontrol.

### 3. Tiang Pancang Baja

Kebanyakan tiang pancang ini berbentuk profil H dan berbentuk bulat, karena terbuat dari baja maka kekuatan daari tiang ini sendiri sangat besar. Sehingga dalam pengangkutan dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah. Jadi pemakaian tiang pancang baja ini akan sangat bermanfaat apabila kita memerlukan tiang pancang yang panjang dengan tahanan ujung yang besar. Pada umumnya tiang pancang baja akan berkarat di bagian atas yang dekat dengan permukaan tanah. Hal ini disebabkan karena Aerated- Condition (keadaan udara pada pori-pori tanah) pada lapisan tanah

tersebut dan adanya bahan- bahan organis dari air tanah. Hal ini dapat ditanggulangi dengan memoles tiang baja tersebut dengan (coal tar) atau dengan sarung beton sekurang- kurangnya 20” ( $\pm$  60 cm) dari muka air tanah terendah. Karat/ koros yang terjadi karena udara (Atmosphere Corrosion) pada bagian tiang yang terletak di atas tanah dapat dicegah dengan pengecatan seperti pada konstruksi baja biasa.

Keuntungan penggunaan tiang pancang baja adalah :

- a. Tiang pancang baja memiliki daya dukung tinggi
- b. Tiang pancang baja mudah dalam penyambungan.
- c. Dalam hal pengangkatan dan pemancangan tidak ada resiko bahaya patah.

Kerugian pemakaian tiang pancang baja adalah :

- a. Tiang pancang baja mudah korosi.
- b. Tiang pancang baja terutama profil H mudah bengkok akibat pengaruh luar.

#### 4. Tiang Pancang Komposit

Tiang pancang komposit (composite pile) merupakan tiang pancang yang terdiri dari dua bahan yang berbeda yang bekerja bersama-sama sehingga merupakan satu tiang. Tiang ini dibentuk dengan menghubungkan bagian atas dan bagian bawah tiang dengan bahan yang berbeda, misalnya bahan beton di atas muka air dan bahan kayu tanpa perlakuan apapun di sebelah bawahnya. Biaya dan kesulitan yang timbul dalam pembuatan menyebabkan cara ini diabaikan.

Keuntungan Tiang Komposit :

- a. Kekuatan Tinggi: Tiang komposit menggabungkan material seperti baja Dan beton, memberikan kekuatan yang lebih baik.
- b. Daya Tahan: Tiang ini umumnya lebih tahan lama dan dapat bertahan dalam

kondisi lingkungan yang keras.

c. **Fleksibilitas Desain:** Desain tiang komposit dapat disesuaikan dengan kebutuhan spesifik proyek.

**Kekurangan Tiang Komposit :**

- a. **Biaya Tinggi:** Penggunaan material komposit sering kali lebih mahal dibandingkan dengan tiang konvensional.
- b. **Proses Pembuatan yang Lama:** Pembuatan dan pemasangan tiang komposit dapat memakan waktu lebih lama.
- c. **Keterbatasan Material:** Terkadang, ketersediaan material yang diperlukan untuk tiang komposit bisa menjadi kendala.

## **2.4 Daya Dukung Tanah**

Daya dukung tanah adalah kemampuan tanah dalam menahan beban konstruksi di atasnya tanpa mengalami keruntuhan geser maupun penurunan berlebihan. Menurut Terzaghi (1943), daya dukung tanah didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas yang dapat didukung oleh tanah dasar sehingga pondasi tetap stabil.

Daya dukung sangat berpengaruh terhadap stabilitas bangunan, sehingga perhitungan yang tepat diperlukan untuk mencegah keruntuhan struktur. Faktor-faktor yang memengaruhi daya dukung tanah antara lain: jenis tanah, kadar air, kepadatan, serta kondisi lapisan tanah di bawah permukaan.

## 2.5 Kapasitas Daya Dukung

Berdasarkan cara mendukung beban, tiang dapat dibagi menjadi dua jenis utama: tiang dukung ujung (end bearing pile) dan tiang geser (friction pile). Tiang dukung ujung mengandalkan tahanan pada ujung tiang untuk mendukung beban, sedangkan tiang geser mengandalkan gesekan antara sisi tiang dan tanah di sekitarnya. Berikut adalah penjelasan lebih detail:

1. Tiang Dukung Ujung (End Bearing Pile) Adalah jenis pondasi dalam yang mengandalkan daya dukung ujung tiang untuk menahan beban struktur. Tahanan ujung ini diperoleh dari kontak langsung tiang dengan lapisan tanah atau batuan yang lebih kuat dan padat di bagian bawah.
2. Tiang gesek (friction pile) adalah jenis tiang pancang yang daya dukungnya diperoleh dari gesekan antara permukaan tiang dengan tanah di sekitarnya, bukan hanya dari tahanan ujung seperti pada tiang tumpu ujung (end bearing pile).

### 2.5.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang

Berdasarkan Data Lapangan Menurut Erna Dachy Wati, (2024) Di antara perbedaan tes di lapangan, sondir atau Cone Penetration Test (CPT) seringkali sangat dipertimbangkan berperan dari geoteknik. CPT atau sondir ini merupakan tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis, dan dapat dipercaya di lapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah dasar. CPT dapat juga mengklasifikasi lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan dan karakteristik dari tanah. Di dalam perencanaan pondasi tiang pancang (Pile), data tanah sangat

diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (Bearing Capacity) dari tiang pancang sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari tiang pancang. Dalam rekayasa geoteknik, daya dukung adalah kapasitas tanah untuk mendukung beban yang diterapkan ke tanah. Daya dukung tanah adalah tekanan kontak rata-rata maksimum antara fondasi dan tanah yang seharusnya tidak menghasilkan kegagalan geser di tanah. Kapasitas daya dukung ultimit ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f \cdot A_s \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$Q_u$  = Kapasitas daya dukung aksial ultimit tiang pancang.  $Q_b$  = Kapasitas tahanan di ujung tiang.

$Q_s$  = Kapasitas tahanan kulit.

$Q_b$  = Kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas.

$A_b$  = Luas di ujung tiang.

$F$  = Satuan tahanan kulit persatuan luas.

$A_s$  = Luas kulit tiang pancang.

Perencanaan pondasi tiang pancang dengan sondir dapat diklasifikasikan dalam beberapa metode, di antaranya :

### 2.5.2 Metode Aoki dan De Alencar

Dalam merencanakan pondasi tiang pancang, dibutuhkan data tanah geser sebelum pembangunan dilaksanakan hal tersebut dilakukan untuk mencari daya

dukung ultimit pada tiang pancang. Rumus daya dukung ultimit seperti persamaan berikut (Aoki dan De Alencar,1975 dalam sugesti,Titin,2017)

$$Q_U = Q_p + Q_s = q_b \cdot A_p + f \cdot A_s \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

$Q_U$  = Daya dukung ultimit (kN)

$Q_p$  = Kapasitas tahanan ujung tiang (kN)

$Q_s$  = Kapasitas tahanan kulit (kN)

$q_b$  = Kapasitas dukung ujung tiang persatuan luas ( $kg/cm^2$ )

$A_p$  = Luas ujung tiang ( $m^2$ )

$f$  = Satuan tahanan kulit persatuan luas ( $kN/m^2$ )

$A_s$  = Luas kulit tiang pancang ( $m^2$ )

Metode Aoki dan Alencar untuk mencari daya dukung aksial ultimit dari data CPT harus menentukan daya dukung ujung tiang persatuan luas ( $q_b$ ) dan tahanan kulit persatuan luas pada persamaan berikut :

Kapasitas dukung ujung persatuan luas ( $q_b$ ) :

$$q_b = \frac{qc(base)}{f_b} \dots\dots\dots (2.3)$$

Tahanan kulit persatuan luas (f) :

$$F = qc(side) \frac{\sigma_s}{f_s} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

$q_b$  = Kapasitas dukung ujung tiang persatuan luas ( $kg/cm^2$ )

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

ujung tiang ( $kg/cm^2$ )

$f_b$  = Faktor empirik tahanan ujung tiang tergantung pada jenis tanah

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

$qc(side)$  = perlawanan konus pada masing lapisan sepanjang tiang ( $kg/cm^2$ )

$\sigma$  = Nilai faktor empirik tipe tanah

$f_s$  = Faktor empirik tahanan kulit tergantung pada jenis tanah

Tabel 2.1 Faktor empirik  $F_b$  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 2.2 Nilai faktor empirik untuk tipe tanah yang berbeda

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 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*

Menghitung faktor empiric untuk tipe tanah (Titi dan Farsakh,1999) Pada umumnya nilai  $\alpha s$  untuk pasir = 1,4 persen, nilai  $\alpha s$  untuk lanau = 3,0 persen dan nilai  $\alpha s$  untuk lempung = 1,4 persen.

### 2.5.3 Metode Mayerhoff

Metode Mayerhoff (1976) telah menyempurnakan teorinya dengan mempertimbangkan beberapa faktor dalam menentukan daya dukung tanah.

a. Kuat Dukung Ujung Tiang

$$Q_b = f_b \times A_b \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan

$Q_b$  = Tahanan dukung ujung tiang (Ton)

$A_b$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

$f_b$  = Tahanan ujung per satuan luas (kg/cm<sup>2</sup>)

b. Tahanan ujung satuan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$f_b = w_1 \times w_2 \times q_{ca} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

$w_1 = (d+0,5)/2d$  ; koefisien modifikasi pengaruh skala, jika  $d < 0,5$   $w_1 = 1$

$w_2 = L < 10d$  ; koefisien modifikasi untuk penetrasi tiang dalam lapisan tanah pasir saat  $L < 10d$ , jika  $L > 10d$  maka  $w_2 = 1$

$d$  = Diameter tiang (m)

$q_{ca}$  = perlawanan konus rata-rata  $1d$  di bawah ujung tiang dan  $4d$  di atasnya

c. Kuat Dukung Selimut Tiang

$$f_s = k_f \times q_f \dots\dots\dots (2.7)$$

Atau

$$f_s = k_c \times q_c \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

$f_s$  = Tahanan geser satuan (kg/cm<sup>2</sup>)

$k_f$  = Koefisien modifikasi tahanan gesek sisi konus  $k_f = 1$

$k_c$  = Koefisien modifikasi tahanan konus

$$q_c = 0,005 \dots\dots\dots (2.9)$$

Untuk bored pile, mayerhof menyarankan menggunakan faktor reduksi 70% dan 50% dalam menghitung tahanan ujung tiang dan tahanan gesek tiang.

d. Kapasitas Daya Dukung Ijin

$$Q_{all} = Q_{ijin} = \frac{Q_u}{SF} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

$Q_{all}$  = Kapasitas daya dukung ijin (ton)

$SF$  = Faktor keamanan daya dukung tiang pancang (3)