

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Umum

Pondasi adalah struktur perantara yang berfungsi meneruskan beban bangunan di atasnya (termasuk beban sendiri) ke tanah tempat pondasi tersebut tanpa berpijak menyebabkan kerusakan tanah yang diikuti dengan terjadinya penurunan bangunan di luar batas toleransinya. Pondasi yang digunakan adalah tiang pancang yang merupakan pondasi dalam. Dasar pertimbangan pemilihan jenis pondasi ini adalah dari hasil data sondir yang menunjukkan bahwa daya dukung tanah dan lapisan tanah keras. Karena jenis tanah adalah tanah rawa sehingga pondasi yang cocok digunakan adalah penggunaan pondasi *pile slab*. Pondasi *pile slab* merupakan struktur pondasi yang ditumpu oleh sistem kelompok tiang pancang yang digunakan untuk menahan dan meneruskan beban dari struktur atas ke dalam tanah yang mempunyai daya dukung untuk menahannya. sebuah pondasi harus mampu memenuhi beberapa persyaratan stabilitas dan deformasi sebagai berikut:

1. Kedalaman harus memadai untuk menghindarkan pergerakan tanah lateral dari bawah pondasi, khusus untuk pondasi tapak dan rakit.
2. Kedalaman harus berada di bawah daerah perubahan volume musiman yang disebabkan oleh pembekuan, pencairan, dan pertumbuhan tanaman.

3. Sistem harus aman terhadap penggulingan, rotasi, penggelinciran atau pergeseran tanah.
4. Sistem harus aman terhadap korosi atau kerusakan yang disebabkan oleh bahan berbahaya yang terdapat di dalam tanah.

## 2.2 Jenis – jenis tiang pancang

Pondasi tiang pancang digunakan apabila tanah pada kedalaman normal tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup sehingga tidak mampu memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya terletak pada kedalaman yang sangat dalam.

Tiang pancang adalah suatu pondasi yang memanfaatkan tiang yang dipancang ke dalam tanah sebagai penyangga beban utamanya. Pembuatan pondasi tiang pancang dikerjakan dengan menyatukan pangkal yang terletak di bawah konstruksi dan tumpuan pondasi.

Biasanya metode pelaksanaan pondasi tiang pancang dilakukan dengan memanfaatkan *hammer diesel*. Ini merupakan alat semacam palu/martil yang digerakkan memakai tenaga diesel. Sistem kerjanya yakni alat ini akan melakukan pemukulan terhadap tiang pancang selama beberapa kali sampai tiang tersebut tertancap sempurna ke dalam lapisan tanah yang keras. Sayangnya proses ini juga menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan sekitar seperti menyebabkan getaran dan suara berisik. Berbagai jenis pondasi tiang yang digunakan dalam konstruksi

pondasi sangat tergantung pada beban yang bekerja pada pondasi tersebut. Jenis pondasi tiang pancang yang sering digunakan untuk pembangunan jembatan terbagi menjadi 2 (dua) yaitu:

1. Pondasi tiang pancang baja

Umumnya berbentuk pipa dan tiang jenis ini ringan, kuat, mampu menahan beban yang berat dan penyambungan tiang dapat dilakukan dengan sangat mudah, yaitu dengan metode pengelasan. Tiang pancang baja pipa dapat dipancang dengan bagian ujung yang tertutup maupun terbuka. Pемancangan dengan bagian ujung yang terbuka lebih menguntungkan dari segi kedalaman. Pемancangan tiang baja dapat dikombinasikan dengan pengeboran bila diperlukan, misalnya bila penetrasi tiang pada tanah yang berbatu. Gambar tiang pancang baja dapat dilihat pada gambar 2.1



**Gambar 2.1 Tiang pancang baja**

Sumber: <https://asiacon.co.id>

2. Pondasi Tiang Beton

Tiang pancang beton terbagi 2 yaitu:

a. Pondasi tiang beton pracetak

Pondasi tiang beton pracetak tentunya pencetakan dan penyimpanan tiang pancang beton pracetak telah dilakukan di pabrik sebelum dipancang. Ada berbagai bentuk penampang tiang jenis ini mulai dari bentuk lingkaran, bujur sangkar, segitiga. Beberapa hal yang harus diperhatikan ketika memilih beton pracetak sebagai tiang pancangnya adalah:

- a. Kemampuan beton pracetak dalam menahan gaya dan momen lentur pada tiang yang timbul pada saat pengangkatan;
- b. Kemampuan beton pracetak dalam menahan tegangan yang timbul saat pemancangan; dan
- c. Kemampuan beton pracetak terhadap beban rencana yang harus dipikul saat pemancangan.

b. Tiang beton pratekan

Memiliki kekuatan yang lebih tinggi karena terbuat dari dua buah bahan konstruksi modern berkekuatan tinggi, yaitu beton dan baja. Tiang beton pratekan mampu memperkecil kemungkinan kerusakan pada saat pengangkatan dan pemancangan. Tiang jenis ini tidak memerlukan biaya pemeliharaan dan sangat cocok untuk kondisi dimana dibutuhkan tiang yang panjang, dan kelebihan lainnya beton pratekan ini memiliki daya dukung yang tinggi. Pada bagian tengah tiang dapat dibuat berlubang untuk menghemat berat tiang itu sendiri. Gambar tiang pancang beton dapat dilihat pada gambar 2.2



**Gambar 2.2 Tiang Pancang Beton**

Sumber: <https://megaconconcrete.com>

### **2.3 Perhitungan Pembebanan**

Analisa penggunaan *Pile Slab* pada ruas jalan Sungai Malang - Pamintangan dapat diawali dengan menghitung beban – beban yang bekerja pada konstruksi tersebut. Untuk menghitung pembebanan struktur pada *pile slab* yaitu mengacu pada SNI T-02-2005 (Standar Pembebanan Untuk Jembatan). Beban – beban yang dihitung sebagai berikut:

1. Berat sendiri

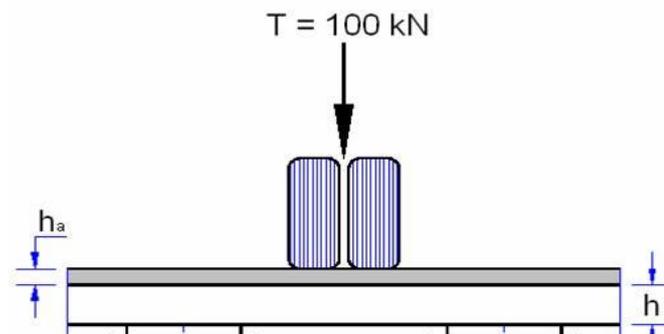
Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktur lainnya yang dipikul. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap.

2. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan merupakan berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan.

### 3. Beban truk

Pada perencanaan ini yaitu perencanaan jembatan *pile slab* dengan kelas jalan kelas 1. Jalan Kelas I, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2,5 m, ukuran panjang tidak melebihi 18 m, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton. Beban T merupakan beban kendaraan truk yang mempunyai beban roda ganda sebesar 10 ton, yang bekerja pada seluruh lebar bagian jembatan yang digunakan untuk lalu lintas kendaraan.



**Gambar 2.3 beban kendaraan**

Sumber: <http://ilmusipil21.blogspot.com>

## 2.4 Kapasitas daya dukung tiang pancang

Kapasitas dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban. Kapasitas ultimit tiang yang dipancang dalam tanah kohesif, adalah jumlah tahanan gesek sisi tiang dan tahanan ujungnya. Besar tahanan gesek tiang tergantung dari bahan dan bentuk tiang. Untuk mengetahui kemampuan daya

dukung tiang pancang di dalam memikul beban-beban yang ada. Daya dukung tiang pancang dihitung berdasarkan data sondir (CPT) dan data NSPT yang didapat dari di lapangan.

#### 1.4.1 Kapasitas daya dukung tiang tunggal berdasarkan NSPT

*Standard Penetration Test* (SPT) adalah salah satu metode pengujian yang dilakukan langsung di lapangan dengan cara pengeboran titik-titik yang telah ditentukan atau biasa disebut dengan *Bor Hole* (BH), yang bertujuan untuk mengetahui lapisan-lapisan tanah apa saja yang ada di titik pengeboran itu, dimana dari lapisan-lapisan tanah tersebut akan memberikan sebuah data sebagai acuan untuk mengetahui kapasitas daya dukung tanah yang akan kita bangun sebagai pondasi tersebut. Perhitungan daya dukung tunggal menggunakan metode mayerhoff sebagai berikut:

$$Q_p = 40 \times \text{NSPT} \times A_p$$

$$Q_s = 0,3 \times \text{NSPT} \times p \times \Delta L$$

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_a = \frac{Q_u}{SF}$$

Dimana:

$Q_p$  = kapasitas daya dukung batas pondasi tiang pancang

$Q_s$  = kapasitas daya dukung selimut tiang

$Q_u$  = kapasitas daya dukung aksial untimit tiang pancang

$Q_a$  = beban maksimum tiang tunggal

$A_p$  = Luas ujung tiang

$p$  = keliliang selimut tiang

$\Delta L$  = panjang tiang

SF = faktor keamanan

#### 2.4.2 Kapasitas daya dukung kelompok berdasarkan data NSPT

Mayerhof (1956) menyarankan kapasitas beban daya dukung ultimit ujung tiang ( $Q_p$ ) yang diperoleh dari hasil data *Standard Penetration Test* (SPT).

- a. daya dukung ujung tiang

$$Q_p = 40 + N_b + A_p$$

Keterangan:

$Q_p$  = kapasitas daya dukung batas pondasi tiang pancang

$N_b$  = jumlah nilai SPT rata – rata diujung tiang.

$A_p$  = Luas penampang tiang

- b. Daya dukung gasek tiang

$$Q_s = NSPT \times A_s$$

$$A_s = \pi \times D \times \Delta L$$

Keterangan :

$Q_s$  = daya dukung gesek tiang

$$\pi = 3,14$$

$D$  = diameter tiang

$\Delta L$  = bentang kedalaman pondasi

- c. Daya dukung ijin tiang

$$Q_{all} = Q_p + Q_s$$

Keterangan:

$Q_{all}$  = Daya dukung ijin tiang (kN)

$Q_p$  = daya dukung ujung tiang (kN)

$Q_s$  = daya dukung gesek tiang (kN)

d. Kapasitas kelompok dan efisiensi tiang

Kapasitas ultimit kelompok tiang dengan memperhatikan faktor efisiensi tiang dinyatakan dengan rumus.

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

Keterangan:

$Q_g$  = beban maksimum

$n$  = jumlah tiang dalam kelompok

$Q_a$  = beban maksimum tiang tunggal

$$E_g = 1 - c \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n}$$

Keterangan :

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang

$\theta$  = arc tg d/s, dalam derajat

$m$  = jumlah baris tiang

$n$  = jumlah tiang dalam satu baris

$d$  = diameter tiang

$s$  = jarak pusat ke pusat tiang

### 2.4.3 Kapasitas daya dukung tunggal berdasarkan data sondir (CPT)

Mayerhoff telah menghasilkan persamaan untuk menghitung daya dukung berdasarkan data hasil pengujian sondir (*cone penetration test*).

Sehingga daya dukung pondasi tiang tunggal berdasarkan data sondir dinyatakan sebagai berikut :

$$Qa = Qa_1 + Qa_2$$

$$Qa_1 = \frac{qc \times Ab}{SF_1}$$

$$Qa_2 = \frac{JHP \times U}{SF_2}$$

Dimana:

$Qa$  = Daya dukung ijin satu buah pondasi tiang

$Qa_1$  = Daya dukung ijin ujung tiang

$Qa_2$  = Daya dukung ijin friksi tiang

$qc$  = Tahanan ujung sondir

$Ab$  = Luas dasar tiang

$JHP$  = Jumlah hambatan pelekat

$U$  = Keliling penampang tiang

$SF_1$  = Faktor keamanan = 3

$SF_2$  = Faktor keamanan = 5

#### **2.4.4 Kapasitas Daya dukung Tiang Kelompok Berdasarkan Data Sondir (CPT)**

Pada umumnya pondasi tiang dipasang secara berkelompok. Disebut berkelompok karena tiang tersebut dipasang relatif berdekatan dan biasanya diikat menjadi satu bagian dengan menggunakan *pile cap*. Untuk menghitung kapasitas kelompok tiang, ada beberapa hal yang harus diperhatikan terlebih dahulu yaitu jumlah tiang dalam satu kelompok. Untuk menentukan jumlah

tiang yang akan didasarkan beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin tiang, maka rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$n = \frac{Pu}{Qa}$$

Dimana:

$Pu$  = Beban yang bekerja

$Qa$  = Daya dukung ijin satu buah pondasi tiang

Kapasitas kelompok tiang bisa dianggap sebagai jumlah desain beban dari beberapa tiang individual. Jika kapasitas tersebut merupakan jumlah dari beberapa tiang individual. Persamaan umum untuk daya dukung tiang kelompok ditentukan sebagai berikut :

$$Qg = m \cdot n \cdot Qa$$

Dimana :

$Qg$  = Beban maksimum kelompok tiang

$m$  = Jumlah baris tiang

$n$  = Jumlah tiang dalam baris

$Qa$  = Daya dukung ijin satu buah pondasi tiang

## 2.5 Perhitung Penurunan (*Settlement*)

Setelah didapatkan jumlah pondasi dan dimensi yang dapat memikul beban yang ada dari hasil analisis daya dukung pondasi, langkah selanjutnya yaitu

menghitung *settlement*/penurunan dan defleksi yang dapat terjadi pada tanah akibat beban yang bekerja. Untuk menghitung penurunan (*settlement*) terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Penurunan pada tiang tunggal

Penurunan pada pondasi tiang tunggal menggunakan persamaan Vesic 1970 sebagai berikut :

$$S = \frac{D}{100} + Q \cdot \frac{L}{A_p} \cdot E_p$$

Dimana:

S = Penurunan pondasi tiang tunggal

D = Diameter tiang

Q = Daya dukung tiang tunggal

$A_p$  = Luas penampang tiang

$E_p$  = Modulus elastisitas bahan tiang beton

2. Penurunan pada tiang kelompok

Pada tiang yang dipancang dalam lapisan pendukung yang relatif keras dan tidak mudah mampat, penurunan yang terjadi adalah akibat pemendekan badan tiangnya sendiri ditambah penurunan tanah yang berada dibawah dasar tiang. Pada keadaan ini, penurunan kelompok tiang akan kurang lebih sama dengan penurunan tiang tunggal . Perhitungan penurunan tiang kelompok menggunakan persamaan Vesic (1977) sebagai berikut :

$$S_g = \sqrt{\frac{B_g}{D}} \cdot S$$

Dimana:

$S_g$  = Penurunan tiang kelompok

$B_g$  = Lebar tiang kelompok

$D$  = Diameter suatu tiang dalam kelompok

$S$  = Penurunan tiang tunggal

## 2.6 Faktor Keamanan

Untuk memperoleh kapasitas ujung tiang, maka diperlukan suatu angka pembagi kapasitas ultimate yang disebut dengan faktor aman (keamanan) tertentu. Maksud dari faktor keamanan ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.
2. Untuk memberikan keamanan terhadap variasi kuat geser dan kompresibilitas tanah.
3. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
4. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas – batas toleransi.
5. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batasbatas toleransi.

Rumus perhitungan faktor keamanan pada tiang pancang adalah:

$$SF = \frac{Pu}{Qg}$$

Dimana:

SF = Faktor keamanan

Qg = Daya dukung tiang kelompok

Pu = Beban yang bekerja

## 2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini mengacu pada beberapa penelitian yang telah dilakukannya sebelumnya, penelitian-penelitian tersebut, antara lain adalah :

Claudio Daniel Sorongan , Fabian J. Manoppo , Steeva G. Rondonuwu Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado (2018), melakukan penelitian pada perencanaan infrastruktur jalan tol Manado – Bitung dengan penggunaan konstruksi *pile slab*. Jalan Tol Manado-Bitung yang mempunyai panjang 39,9 km adalah infrastruktur jalan yang dibangun oleh pemerintah untuk mengurai kemacetan yang terjadi antara kota manado dan kota bitung akibat terjadinya peningkatan volume kendaraan serta interaksi dikedua kota tersebut. Akan tetapi, saat pembangunan terdapat suatu kendala yaitu trase jalan harus melewati daerah dengan kondisi tanah yang sangat lunak/tanah rawa. Dimana jenis tanah ini diketahui memiliki daya dukung yang sangat rendah. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dibuat jalan dengan menggunakan struktur *Pile slab*. Standar pembebanan pada struktur mengacu pada SNI T-02-2005 (Standar Pembebanan Untuk Jembatan).

Akbar Kurniadi, Imam Faizal Rosyidin, Himawan Indarto Indrastono Dwi Atmono Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro (2015),

melakukan penelitian pada perencanaan Jalan Sebelimbingan – Martadipura mempunyai panjang 2,8 km, dibangun di Kecamatan Kota Bangun, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Trase jalan harus melewati daerah dengan kondisi tanah yang sangat lunak. Pada saat musim penghujan, lokasi trase jalan ini tergenang air. Untuk mengatasi masalah tersebut maka dibuat jembatan dengan menggunakan struktur Slab on Pile. Struktur Slab on Pile terdiri dari slab, pile head dan pondasi tiang pancang. Standar pembebanan pada struktur mengacu pada SNI T-02-2005 (Standar Pembebanan Untuk Jembatan). Permodelan pondasi tiang pancang menggunakan model tumpuan pegas elastis, yang dapat merepresentasikan daya dukung pondasi tiang pancang.

Ega Julia Fajarsari (2020) melakukan penelitian yaitu perbandingan daya dukung tiang tunggal berdasarkan bentuk pondasi menggunakan data SPT dan sondir. Apabila pada suatu struktur bangunan, tanah dibawahnya tidak mampu memikul beban pondasi atau memiliki daya dukung yang rendah, maka akan terjadi penurunan yang tinggi sehingga dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur bangunan yang ada diatasnya. Dalam merencanakan pondasi untuk suatu konstruksi bangunan sangatlah penting untuk menganalisis daya dukung dari pondasi tersebut. Untuk dapat menghasilkan daya dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Penyelidikan tanah terbagi menjadi dua yaitu penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium. Ada beberapa penyelidikan tanah lapangan diantaranya yaitu penyelidikan Sondir dan *Standard Penetration Test* (SPT). Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis perbandingan nilai daya

dukung berdasarkan bentuk pondasinya yaitu persegi dan spun pile menggunakan data Standard Penetration Test (SPT) dan data Sondir.

Bagasianari Tarigan, suradji Gandi, Mohammad Ikhwan Yani (2020) melakukan perencanaan pada jembatan layang jalan bukit rawi Kalimantan tengah. Pada saat musim penghujan, lokasi jalan bukit rawi Kalimantan tengah sering mengalami banjir dan mengakibatkan kemacetan yang sangat panjang. Sehingga untuk mengatasi masalah tersebut maka dibangun jembatan layang dengan menggunakan struktur *Slab on Pile*. Pada saat pembangunan ditemukan beberapa kendala salah satunya adalah lokasi tersebut memiliki jenis tanah rawa yang memiliki daya dukung sangat rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas daya dukung pile slab yang terjadi pada jembatan layang di jalan Bukit Rawi berdasarkan data SPT dan CPT, dan mengetahui beberapa besar penurunan yang terjadi pada *pile slab* Bukit Rawi.

Ayu Fithrosyam Sulistia , Didi Supriadi Agustawijaya , Tri Sulistyowati (2018) melakukan penelitian yaitu analisa daya dukung tanah pondasi tiang pancang dengan metode mayerhoff. Pondasi tiang pancang merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur ke lapisan tanah yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi pada kedalaman tertentu. Tujuan dari studi ini untuk menghitung daya dukung tiang pancang dari hasil Sondir, *Standar Penetrasi Test* (SPT) dan parameter kuat geser tanah, membandingkan hasil daya dukung tiang dan menghitung penurunan yang terjadi pada tiang. Pada perhitungan daya dukung tiang dilakukan dengan menggunakan metode Meyerhoff.