

## **Pengaruh Variasi Jarak Tiang Bor Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dengan Metode Analisis**

**Dearman Hasiholan Saragih<sup>1</sup>; Dyah Pratiwi Kusumastuti<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Sipil-Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan

Institut Teknologi PLN

<sup>2</sup> dyah.pratiwi@itpln.ac.id

### **ABSTRACT**

*The location of the rigid clay layer that has sufficient bearing capacity is generally located at a considerable depth, so that the bored pile foundation is the choice that is often used. The bearing capacity of the bored pile foundation group is influenced by the pile-forming material, the distance between the piles, the number of piles used and the pile arrangement. The variation of the distance used in the bored pile group will cause a stress zone and can cause major collapse around the foundation. The analysis of the bearing capacity efficiency of the bored pile group used the Converse Labarre method with the variation of the distance between the bored piles being 2.5D and 3D and the calculation of settlement using the Vesic method. The results of the study using a bored pile diameter of 1 meter, the efficiency of bearing capacity at a distance of 2.5D and 3.0D was 4721,851 tons and 5057 tons, respectively. Based on these results, the distance of 2.5D is the arrangement of the selected bored pile group with a settlement of 267,199 meters..*

**Keywords:** *efficiency of bearing capacity, settlement, bored pile, distance*

### **ABSTRAK**

*Letak lapisan tanah lempung kaku yang memiliki daya dukung cukup umumnya terletak pada kedalaman yang cukup jauh, sehingga pondasi tiang bor menjadi pilihan yang sering digunakan. Daya dukung pada kelompok pondasi tiang bor dipengaruhi oleh bahan pembentuk tiang, jarak antar tiang, banyaknya tiang yang digunakan dan susunan tiang. Variasi jarak yang digunakan pada kelompok tiang akan menyebabkan zona tegangan serta dapat menimbulkan keruntuhan tanah disekitar pondasi. Analisis efisiensi daya dukung kelompok tiang bor digunakan metode Converse Labarre dengan variasi jarak antar tiangbor yang digunakan adalah 2,5D dan 3D serta perhitungan penurunan menggunakan metode Vesic. Hasil penelitian dengan menggunakan diameter tiang 1 meter didapatkan efisiensi daya dukung pada jarak 2,5D dan 3,0D berturut-turut adalah 4721,851 ton dan 5057 ton. Berdasarkan hasil tersebut maka jarak 2,5D merupakan susunan kelompok tiang bor yang dipilih dengan penurunan sebesar 267,199 meter.*

**Kata kunci:** *efisiensi daya dukung, penurunan, tiang bor, jarak*

## 1. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan infrastruktur pendukung pada bidang transportasi yang berfungsi menghubungkan satu wilayah dengan wilayah lain karena melalui sungai atau jalan. Pada perancangannya terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu keamanan, kenyamanan, tahan lama, estetika, mudah dikerjakan dan faktor ekonomis [1]. Faktor keamanan dilihat dari struktur jembatan, khususnya bagian bawah struktur jembatan atau fondasi. Hal tersebut karena bangunan atau struktur dinyatakan stabil jika tanah mampu mendukung dan menerima beban dari fondasi [2].

Kemampuan tersebut bergantung pada kuat geser dan perubahan bentuk atau deformasi tanah, jika fondasi tiang tunggal tidak mampu menerima beban maka kelompok fondasi tiang dapat menjadi alternatif solusi [3]. Salah satu fondasi yang sering digunakan jika beban bangunan di atasnya cukup besar adalah fondasi tiang bor. Beberapa keunggulan penggunaan fondasi tiang bor adalah mampu menahan beban struktur yang besar, biaya pekerjaan konstruksi yang ekonomis, dimensi yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan dan gangguan akibat getaran maupun suara saat pekerjaan cukup kecil [4].

Namun begitu, dalam pemilihan tipe fondasi juga harus memperhatikan besarnya penurunan dan kapasitas dukung terutama jika fondasi terletak pada lapisan tanah lempung. Untuk menentukan kapasitas dukung fondasi sangat bergantung pada jenis tanah dan jarak antar tiang. Pada penelitian ini, kapasitas dukung kelompok tiang akan dianalisis dengan menggunakan metode Converse-Labarre dengan variasi susunan jarak antar tiang yaitu 2,5D dan 3D. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui mengetahui jarak antar tiang yang efisien.

## 2. METODE PENELITIAN

Analisis dalam penelitian ini secara umum dibagi menjadi tiga tahapan yaitu tahap analisis kapasitas dukung, tahap analisis penurunan dan tahap analisis variasi jarak antar tiang. Sebelum memulai tahapan analisis, terdapat beberapa hal yang perlu dilengkapi yaitu data tanah baik dari hasil uji di lapangan maupun di laboratorium, data pembebanan struktur atas dan data rencana fondasi tiang bor.

Data tanah dari uji di lapangan menggunakan hasil uji SPT, sedangkan data tanah uji di laboratorium adalah uji berat jenis, gradasi butiran, indeks plastis, kohesi dan sudut geser. Namun beberapa data tanah yang tidak didapatkan dari hasil uji laboratorium, dilakukan korelasi dari nilai N-SPT. Untuk data pembebanan diambil dari perhitungan perencanaan struktur atas yaitu dari pier body, pier head dan penulangan. Data rencana fondasi tiang bor didapatkan dari gambar rencana, dimana diameter tiang bor yang digunakan adalah 1 meter.

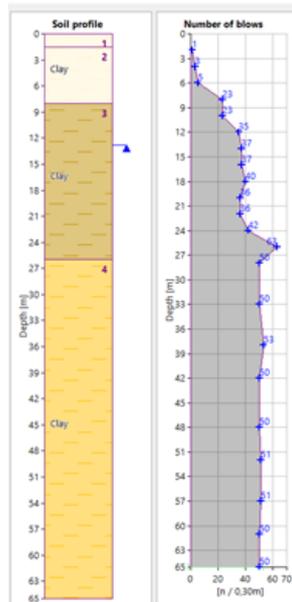
Setelah seluruh data yang diperlukan telah didapatkan, selanjutnya dilakukan analisis terhadap daya dukung tiang tunggal dengan metode SPT konvensional kemudian tiang kelompok dengan menggunakan metode Converse-Labarre sedangkan analisis penurunan dihitung dengan menggunakan metode Vesic. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung dan penurunan akan dipilih variasi jarak antar tiang yang efisien yang sesuai dengan rencana yaitu jarak 2,5D dan 3D.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Parameter Perhitungan

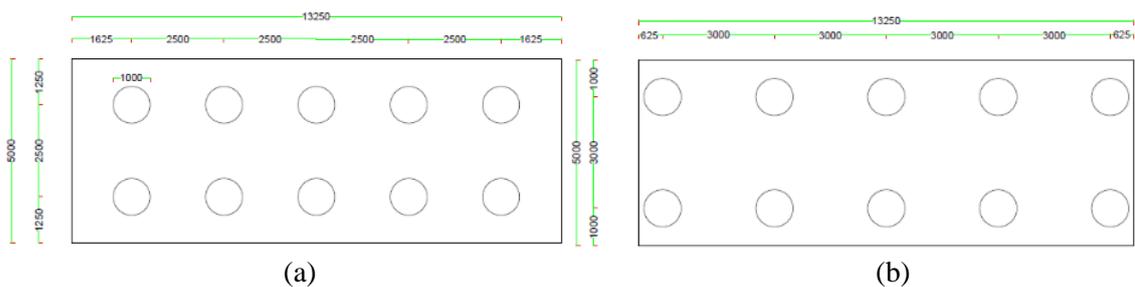
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data parameter tanah, data beban struktur atas dan data rencana fondasi tiang bor. Data parameter tanah yang didapatkan dari hasil uji SPT (Gambar 1) diketahui merupakan lapisan tanah lempung dengan konsistensi sangat lunak sampai sangat kaku. Pada kedalaman 0-8 m merupakan tanah lempung dengan konsistensi sangat lunak –

lunak, mulai kedalaman 8 – 65 m merupakan tanah lempung dengan konsistensi kaku sampai sangat kaku. Berdasarkan data uji SPT pada kedalaman 28 meter nilai N-SPT mulai stabil dimana nilai N-SPT sudah mencapai > 50, sehingga kedalaman tiang bor diambil sampai 49 meter karena rencana beban yang dipikul cukup besar.



Gambar 1. Nilai Sebaran N-SPT

Selain data N-SPT, data lainnya yang dibutuhkan dalam analisis adalah desain atau rencana susunan kelompok tiang dengan jarak 2,5D dan 3,0D (Gambar 2). Direncanakan jumlah tiang arah memanjang 5 (n = 5) dan arah melintang 2 (m = 2) dengan ukuran pile cap 13,250 m x 5,0 m. Setelah rencana susunan digambarkan, dengan spasi yang disesuaikan dengan ukuran pile cap maka analisis kapasitas dukung tiang tunggal dan kelompok tiang bor.



Gambar 2. Desain Susunan Tiang Bor dengan Jarak 2,5D (a) dan 3,0D (b)

3.2. Kapasitas Dukung

A. Kapasitas Tiang Tunggal

Kapasitas dukung tiang tunggal dihitung dengan menggunakan metode konvensional dan metode Meyerhoff dengan data-data perhitungan sebagai berikut :

- Panjang tiang bor (L) = 49 meter
- Diameter (D) = 1 meter

Perhitungan kapasitas dukung ( $Q_u$ ) tiang tunggal terdiri dari total perhitungan kapasitas ujung ( $Q_p$ ) tiang dan kapasitas gesek atau selimut ( $Q_s$ ) tiang dengan persamaan secara umum dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (1)$$

## 1. Metode Konvensional

Perhitungan nilai kapasitas ujung dengan menggunakan metode konvensional didapat sebagai berikut:

$$Q_p = A_p \times P_b$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times 1^2$$

$$A_p = 0,785 \text{ m}^2$$

$$P_b = 300 + 10 \left[ N \left( \frac{\text{blow}}{\text{feet}} \right) - 15 \right]$$

$$P_b = 300 + 10 \left[ 51 \left( \frac{\text{blow}}{\text{feet}} \right) - 15 \right]$$

$$P_b = 660 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_p = 0,785 \times 660$$

$$Q_p = 518,100 \text{ ton}$$

Nilai kapasitas gesek atau selimut tiang dengan menggunakan metode konvensional dihitung setiap interval 1 m lapisan tanah dan luasan selimut ( $A_s$ ) sebesar  $3,14 \text{ m}^2$ , sehingga total nilai  $Q_s = 764,358 \text{ ton}$ .

Sehingga nilai kapasitas dukung ultimit didapatkan sebesar:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = 518,100 + 764,358$$

$$Q_u = 1282,458 \text{ ton}$$

Sedangkan untuk nilai beban yang diijinkan dengan faktor keamanan = 2, maka didapat

$$Q_{ijin} = \frac{1282,458}{2} = 641,229 \text{ ton}$$

## 2. Metode Meyerhoff

Perhitungan nilai kapasitas ujung dengan menggunakan metode Meyerhoff didapat sebagai berikut:

$$Q_p = A_p \times q_p$$

$$Q_p = A_p \times (20 \times \overline{N - SPT})$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times 1^2$$

$$A_p = 0,785 \text{ m}^2$$

$$\overline{N - SPT} = \frac{(32.5 \times 6) + 32.52 + 32.56 + 32.596 + 32.64 + 32.67 + 32.712 + 32.75}{13}$$

$$\overline{N - SPT} = 32,572$$

$$q_p = 40 \times \overline{N - SPT}$$

$$q_p = 40 \times 32,572$$

$$q_p = 1302,88 \text{ ton/m}^2$$

$$Q_p = 0,785 \times 1302,88$$

$$Q_p = 1022,761 \text{ ton}$$

Nilai kapasitas gesek atau selimut tiang dengan menggunakan metode Meyerhoff dihitung setiap interval 1 m lapisan tanah dan luasan selimut ( $A_s$ ) sebesar 3,14 m<sup>2</sup>, sehingga total nilai  $Q_s = 382,179$  ton.

Sehingga nilai kapasitas dukung ultimit didapatkan sebesar:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$Q_u = 1022,761 + 382,179$$

$$Q_u = 1404,94 \text{ ton}$$

Sedangkan untuk nilai beban yang diijinkan dengan faktor keamanan = 2, maka didapat

$$Q_{ijin} = \frac{1404,94}{2} = 702,47 \text{ ton}$$

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas ultimit dan beban ijin untuk tiang tunggal dengan menggunakan metode konvensional dan metode Meyerhoff, maka untuk perhitungan selanjutnya yaitu perhitungan kapasitas dukung tiang kelompok dan penurunan digunakan hasil metode konvensional. Hal tersebut disebabkan karena hasil perhitungan metode Meyerhoff lebih besar dibandingkan dengan metode konvensional.

## B. Kapasitas Tiang Kelompok

Kapasitas dukung tiang kelompok dihitung dengan menggunakan metode Converse-Labarre dengan rencana susunan tiang dan variasi jarak seperti terlihat pada Gambar 2. Untuk beban yang diterima sebesar ( $P_1$ ) = 4036,248 ton dan nilai kapasitas (beban) ijin pada perhitungan tiang tunggal yaitu ( $Q_{ijin}$ ) = 641,229 ton maka besarnya kapasitas ijin tiang kelompok adalah:

### 1. Jarak 2,5D

$$S = 2,5 \text{ m}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{d}{S}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{1}{2,5}$$

$$\theta = 0,381 \text{ rad}$$

$$E_g = 1 - \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \theta$$

$$E_g = 1 - \left[ \frac{(5-1)2 + (2-1)5}{(90)(5)(2)} \right] (0,381)$$

$$E_g = 0,994$$

Kapasitas ijin tiang kelompok dengan jarak 2,5D yaitu:

$$Q_g = E_g \times n \times Q_{ijin}$$

$$Q_g = 0,994 \times 10 \times 641,229$$

$$Q_g = 6373,816 \text{ ton}$$

$$Q_g > P_t = 6373,816 \text{ ton} > 4036,248 \text{ ton (Ok)}$$

## 2. Jarak 3,0D

$$S = 3 \text{ m}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{d}{S}$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{1}{3}$$

$$\theta = 0,322 \text{ rad}$$

$$E_g = 1 - \left[ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \right] \theta$$

$$E_g = 1 - \left[ \frac{(5-1)2 + (2-1)5}{(90)(5)(2)} \right] (0,322)$$

$$E_g = 0,995$$

Kapasitas ijin tiang kelompok dengan jarak 3,0D yaitu:

$$Q_g = E_g \times n \times Q_{ijin}$$

$$Q_g = 0,995 \times 10 \times 641,229$$

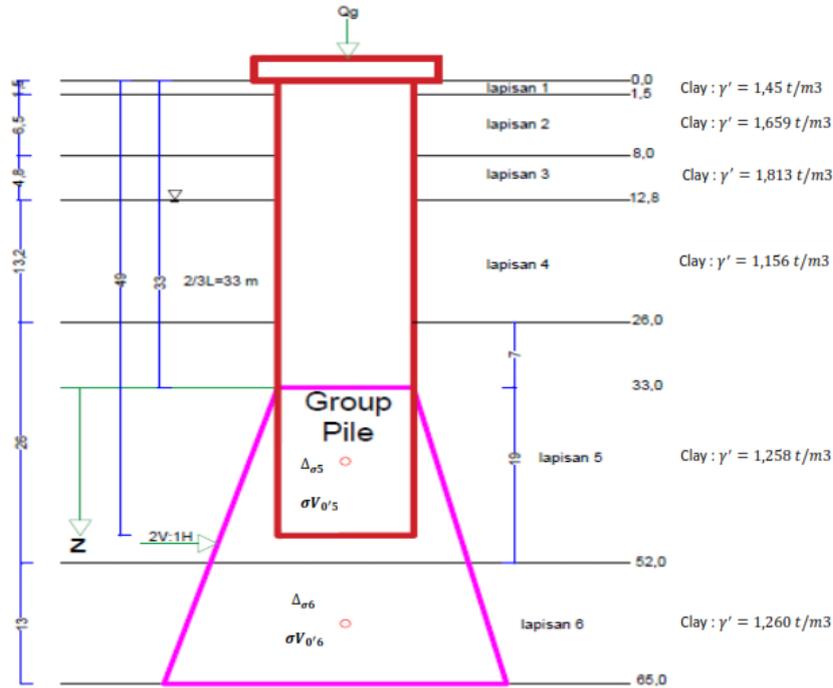
$$Q_g = 6380,228 \text{ ton}$$

$$Q_g > P_t = 6380,228 \text{ ton} > 4036,248 \text{ ton (Ok)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas ijin tiang kelompok dengan menggunakan metode Converse-Labarre dengan variasi jarak yaitu 2,5D dan 3,0D dapat digunakan, karena rencana beban yang akan diterima lebih kecil. Namun jarak yang dipilih sebagai rencana susunan tiang bor adalah dengan menggunakan jarak (spasi) 2,5D.

### 3.3. Penurunan Pondasi Tiang Bor

Perhitungan penurunan pada penelitian terdiri dari perhitungan penurunan elastis dan penurunan akibat konsolidasi. Untuk perhitungan penurunan elastis dilakukan dengan menggunakan metode Vesic, sedangkan perhitungan penurunan akibat proses konsolidasi dihitung dengan metode penyebaran 2V : 1H (Gambar 3) serta lapisan tanah lempung mengalami konsolidasi normal dengan hasil perhitungan pada Tabel 1.



Gambar 3. Penurunan Konsolidasi dengan Metode 2V : 1H

Tabel 1. Penurunan Kelompok Tiang Bor

Jarak antar Tiang	Penurunan Elastis (mm)	Penurunan Konsolidasi (mm)	Total Penurunan (mm)
2,5D	68,427	198,772	267,199
3,0D	68,427	211,493	279,919

Hasil perhitungan penurunan elastis, baik pada jarak 2,5D atau 3,0D memiliki nilai penurunan yang sama yaitu 68,427, hal ini dikarenakan perhitungan penurunan elastis menggunakan parameter yang sama yaitu berdasarkan hasil perhitungan penurunan tiang tunggal serta tidak memperhitungkan jarak antar tiang pada penurunan kelompok tiang. Untuk perhitungan penurunan konsolidasi didapatkan nilai penurunan terendah pada jarak 2,5D karena dalam perhitungan penurunan konsolidasi memperhitungkan besarnya beban ijin. Sehingga total penurunan yang terjadi memiliki nilai terendah pada jarak 2,5D sebesar 267,199 mm dan selisih sebesar 12,72 atau 4,76% dari total penurunan dengan jarak 3,0D.

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas ijin dan penurunan total kelompok tiang, maka dipilih rencana susunan tiang kelompok dengan menggunakan jarak (spasi) sebesar 2,5D. Hal tersebut karena beban ijin yang diberikan dengan jarak 2,5D mampu menerima rencana beban yang akan bekerja serta nilai penurunan yang terendah.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis dan pembahasan pada penelitian ini adalah perhitungan kapasitas (beban) ijin untuk tiang tunggal memiliki nilai yang dipilih sebagai acuan perhitungan selanjutnya adalah dengan menggunakan metode konvensional sebesar 641,229 ton.

Untuk perhitungan kapasitas (beban) ijin dengan menggunakan metode Converse Labarre dan total penurunan kelompok tiang dengan metode penyebaran 2V:1H dipilih susunan jarak 2,5D

karena nilai kapasitas ijin yang mampu menerima rencana beban bekerja yaitu 6373,816 ton > 4036,248 ton dengan total penurunan terendah sebesar 267,199 mm. Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah analisis dengan menggunakan aplikasi komputer yang dibandingkan dengan perhitungan secara manual serta memperhatikan besarnya penurunan ijin untuk beban jembatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. S. P. Andini, H. S. Masiran, and B. Piscesa, "Modifikasi Perencanaan Struktur Atas Jembatan Suramadu Menggunakan Konstruksi Jembatan Gantung dengan Side Span Suspended," *J. Tek. Its*, vol. 8, no. 2, pp. 136–142, 2019.
- [2] R. S and G. S. Sentosa, "Pengaruh Jarak Antar Tiang Terhadap Efisiensi Daya Dukung Tiang Kelompok Bor," *J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 4, no. 2, pp. 441–446, 2021.
- [3] R. Kurniawan, A. R. H. Sitepu, and S. Syuhada, "Studi Numerik Pengaruh Jarak Dan Konfigurasi Kelompok Tiang Terhadap Daya Dukung Aksial Tekan Fondasi Dalam," *FROPIL (Forum Prof. Tek. Sipil)*, vol. 8, no. 1, pp. 25–35, 2020, doi: 10.33019/fropil.v8i1.1720.
- [4] A. S. Nugraha and A. Refanie, "Analisis Beban-Penurunan pada Pondasi Tiang Bor Berdasarkan Hasil Uji Beban Tiang Terinstrumentasi dan Program Geo5," *J. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 2, pp. 155–167, 2019, doi: 10.28932/jts.v11i2.1408.