

# ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI DAN STABILITAS TOWER (SEKSI-A) T/L 275 KV GALANG-SIMANGKUK 151 KMR, 2 CCT, TWIN ZEBRA, PROVINSI SUMATERA UTARA

Oleh:

Eka Permata Sari Simarmata <sup>1)</sup>

Mudo Parulian Pardede <sup>2)</sup>

Masriani Endayanti <sup>3)</sup>

Nelson Hutahaeon <sup>4)</sup>

Teknik Universitas Darma Agung, Medan <sup>1,2,3,4)</sup>

E-mail:

[ekapermata0@gmail.com](mailto:ekapermata0@gmail.com) <sup>1)</sup>

[mudopardede28@gmail.com](mailto:mudopardede28@gmail.com) <sup>2)</sup>

[endayanti22@gmail.com](mailto:endayanti22@gmail.com) <sup>3)</sup>

[nhutahaeon.14@gmail.com](mailto:nhutahaeon.14@gmail.com) <sup>4)</sup>

## ABSTRACT

*The installation of the Galang-Semangkuk tower aims at improving the quality of service to PT. PLN customers. Tower Galang-Semangkuk is located on the geographical contours of hills, mountains, valleys and very far distances between subsystems in the Sumatra region, so the Sumatra interconnection system needs to be developed at extra high system voltage or called the Sumatran 275 KV transmission system. There are obstacles in the field, namely swampy, watery land, valleys, hills and mountains. So that the design changes from shallow foundations to bored pile foundations are made at several points of work locations. Due to the limited method of testing in the field, the soil investigation used the Sondir/DCPT test. Soil investigation aims to determine the resistance of cone penetration and soil adhesive resistance which is an indication of the bearing strength of the soil layer by using an empirical formula. This study aims at determining the bearing capacity of the bored pile foundation and the stability of the tower. From the results of calculations and discussions obtained as follows: 1). The result of the calculation of the efficiency of the pile group is 0.714, which means that the bearing capacity of the foundation soil is 71.4% from the calculation of  $Q_g$ , 2). The results of the calculation of the carrying capacity of the pile group based on the efficiency of the tower are obtained by  $Q_g = 484.456$  tons, 3). The load carried by the foundation is 110.13 tons (obtained from the manufacturer), 4). So that the load carried by the bore pile foundation is 484.456 tons where the value is greater than the working force, which is 110.13 tons.  $484,456 \text{ tons} > 110,13 \text{ tons}$ . So the bearing capacity of the foundation is able to withstand the load on it and is safe.*

**Key words : Bearing Capacity, Bore Pile Foundation, Stability**

## ABSTRAK

Pemasangan tower Galang-Simangkuk bertujuan untuk meningkatkan kualitas pelayanan terhadap pelanggan PT. PLN. Tower Galang-Simangkuk berada pada kontur geografis daerah perbukitan, pegunungan, lembah dan jarak yang sangat berjauhan antar subsistem di wilayah Sumatra, maka sistem interkoneksi Sumatra perlu dikembangkan pada tegangan sistem ekstra tinggi atau disebut dengan sistem transmisi 275 KV Sumatra. Terdapat kendala dilapangan yaitu tanah yang berawa, berair, lembah, bukit dan pegunungan. Sehingga dilakukan Perubahan desain dari pondasi dangkal ke pondasi *bored pile* di beberapa titik lokasi pekerjaan. Karena terbatasnya cara pengujian dilapangan maka penyelidikan tanah yang digunakan uji sondir/DCPT. Penyelidikan tanah bertujuan mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah yang merupakan indikasi dari kekuatan dukung lapisan tanah dengan menggunakan rumus empiris. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui daya dukung pondasi bored pile dan stabilitas tower. Dari hasil perhitungan dan pembahasan didapat sebagai berikut: 1). Hasil perhitungan efisiensi kelompok tiang diperoleh sebesar 0,714 yang berarti

bahwa kemampuan daya dukung tanah pondasi sebesar 71,4% dari perhitungan  $Q_g$ , 2). Hasil perhitungan daya dukung tiang group berdasarkan efisiensi pada tower diperoleh sebesar  $Q_g = 484,456$  ton, 3). Beban yang dipikul pondasi sebesar 110,13 ton (Diperoleh dari pabrikan), 4). Sehingga beban yang dipikul pondasi bore pile sebesar 484,456 ton dimana nilai lebih besar dari gaya yang bekerja yaitu 110,13 ton.  $484,456 \text{ ton} > 110,13 \text{ ton}$ . Maka daya dukung pondasi sanggup menahan beban di atasnya dan aman.

**Kata kunci : Daya Dukung, Pondasi Bore Pile, Stabilitas**

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam pembangunan, transmisi listrik memiliki beberapa tower penghubung yang dibangun sesuai dengan ketinggian tertentu pada beberapa titik yang sudah ditentukan. Dalam pembangunan tower listrik, tahapan yang cukup penting adalah perencanaan pondasi dan stabilitas tower listrik. Pada Proyek Pengadaan Dan Pemasangan Tower Dan Pondasi Tower (Seksi A) TL 275 kV Galang-Simangluk 151 KMR, 2 CCT, Twin Zebra. *Bored pile* berinteraksi dengan tanah untuk menghasilkan kuat dukung yang mampu memikul dan memberikan keamanan pada struktur atas. Perencanaan pondasi *bored pile* mencakup rangkaian kegiatan yang dilaksanakan dengan berbagai tahapan yang meliputi studi kelayakan dan perencanaan teknis. Semua ini dilakukan supaya menjamin hasil akhir suatu konstruksi yang kuat, aman serta ekonomis. Untuk menghasilkan daya dukung tanah pondasi yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Data tanah yang digunakan dalam perhitungannya menggunakan data DCPT (*Duct Cone Penetration Test*).

Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang berfungsi meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi.

Berdasarkan kedalamannya, pondasi dibagi menjadi dua yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras atau batuan berada pada posisi yang dalam. Jenis pondasi dalam secara garis besar ada 2 (dua) yaitu pondasi tiang pancang dan pondasi *Bored Pile* (Bowless, 1997).

Dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas pelayanan terhadap pelanggannya PT. PLN akan merencanakan pembangunan transmisi 275 KV pada Proyek Pengadaan Dan

Pemasangan Tower, Dan Pondasi Tower (Seksi A) T/L 275 KV Galang-Simangluk 151 Kmr, 2 CCT, Twin Zebra, Provinsi Sumatra Utara. Daya dan energi yang akan di salurkan sangat besar dan perlunya memperbaiki fleksibilitas transfer dari satu area ke area lainnya serta kontur geografis seperti terdiri dari daerah perbukitan, pegunungan, lembah dan jarak yang sangat berjauhan antar subsitem di wilayah Sumatra, maka sistem interkoneksi Sumatra perlu dikembangkan pada tegangan sistem ekstra tinggi atau disebut sistem transmisi 275 KV Sumatra. Dan PT. Sabungan Jaya Teknik, mengerjakan proyek pembangunan transmisi 275 KV Galang-Simangluk 151 Kmr, 2 CCT, Twin Zebra di Sumatra Utara Namum dalam tahap pekerjaannya di temui kendala dilapangan yaitu seperti tanah yang berawa, berair, lembah, bukit dan pegunungan. Sehingga dilakukan Perubahan desain dari pondasi dangkal ke pondasi *bored pile* di beberapa titik lokasi pekerjaan.

Untuk menghasilkan kuat dukung yang akurat maka diperlukan suatu penyelidikan tanah yang akurat juga. Penyelidikan tanah yang umum digunakan dalam proyek melalui uji sondir atau *Dutch Cone Penetration Test* (DCPT). Karena terbatasnya cara pengujian dilapangan, maka hanya digunakan uji sondir (DCPT) untuk penyelidikan tanah yang bertujuan mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan lekat tanah yang merupakan indikasi dari kekuatan dukung lapisan tanah dengan menggunakan rumus empiris. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui daya dukung pondasi *bored pile* dan stabilitas tower. Dari kasus di atas, penulis tertarik untuk menjadi bahan penulisan dari skripsi yang berjudul "Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile dan Stabilitas Tower (Seksi-A) T/L 275 KV Galang-Simangluk 151 Kmr, 2 CCT, Twin Zebra, Provinsi Sumatra Utara", skripsi ini penulis ingin mengevaluasi perhitungan

daya dukung berdasarkan dari test sondir (DCPT) di lapangan

## 1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan Latar Belakang Masalah yang ada, permasalahan yang akan di bahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bagaimana Perhitungan Daya Dukung Pondasi Bored Pile dan Stabilitas Tower berdasarkan Data Sondir Pada Pengadaan Tower (Seksi-A) T/L 275 KV Galang-Simangkuk 151 Kmr, 2 CCT, Twin Zebra, Provinsi Sumatera Utara?

## 1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Menghitung daya dukung pondasi bored pile
2. Menghitung efisiensi grup tiang
3. Menghitung beban-beban yang bekerja pada tower
4. Menghitung stabilitas tower

## 1.4. Pembatasan Masalah

Adapun pembatasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Titik yang ditinjau hanya pada tower transmisi 275 kV pada titik TW-GLG 19, TW-GLG 20 dan TW-GLG 21 pada Seksi A.
2. Menganalisis daya dukung Pondasi Bored Pile dari data Sondi (DCPT).
3. Perhitungan hanya pada analisa daya dukung Pondasi Bored Pile.
4. Stabilitas yang dimaksud adalah stabilitas pondasi Tower.

## 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat adanya penelitian ini adalah :

1. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan tambahan pengetahuan dan dapat menjadi bahan referensi khususnya mengenai Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile dan Stabilitas Tower (Seksi-A) T/L 275 KV Galang-Simangkuk 151 Kmr, 2 CCT, Twin Zebra, Provinsi Sumatera Utara.
2. Menambah wawasan dan pengetahuan mahasiswa dibidang Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile dan Stabilitas

Tower (Seksi-A) T/L 275 KV Galang-Simangkuk 151 Kmr, 2 CCT, Twin Zebra, Provinsi Sumatera Utara.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tanah Sebagai Dasar Bangunan

Tanah merupakan dasar pondasi suatu bangunan yang sangat penting dalam konstruksi, baik untuk konstruksi jalan ataupun konstruksi struktur. Namun dalam kenyataannya tidak semua jenis tanah mempunyai sifat baik yang digunakan dalam konstruksi jalan ataupun konstruksi struktur. Sifat-sifat dan perilaku tanah akan menjadi bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu pekerjaan. Besarnya pengaruh tanah terhadap perencanaan konstruksi, maka tanah menjadi komponen yang sangat diperhatikan dalam perencanaan konstruksi. Dalam sistem klasifikasi, tanah dikelompokkan kedalam tanah butir kasar dan tanah butir halus. Tanah berbutir halus ada dua jenis yaitu tanah lempung (kohesif) dan tanah lanau (non kohesif). Ada beberapa cara stabilisasi tanah, antara lain mencampur tanah dengan material lain, metode pembebanan, metode vertical drain (kolom pasir) dan lain sebagainya. Pondasi adalah bagian terbawah dari suatu struktur yang berfungsi menyalurkan beban dari struktur di atasnya ke lapisan tanah pendukung. Dalam struktur apapun, beban yang terjadi baik yang disebabkan oleh berat sendiri ataupun beban rencana harus disalurkan kedalam suatu lapisan pendukung dalam hal ini adalah tanah yang ada dibawah struktur tersebut.

### Macam-Macam Pondasi

1. Pondasi Telapak (untuk Rumah Panggung)
2. Pondasi Rollag Bata (untuk penahan lantai)
3. Pondasi Batu Kali (untuk Bangunan Seberhana 1-2 lantai)
4. Pondasi Batu Bata (untuk Bangunan Sederhana)
5. Pondasi Tapak atau Cakar Ayam (untuk Bangunan bertingkat 2-3 Lantai)
6. Pondasi Sumuran (untuk Bangunan Bertingkat)

7. Pondasi Bored Pile atau Strauss Pile (untuk Bangunan Bertingkat)
8. Pondasi Tiang Pancang atau Paku Bumi (untuk bangunan brtingkat)

### 3. METODE PELAKSANAAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi Proyek Pembangunan Tower Transmisi 275 kV Galang-Simangkuk (Seksi A)

#### 3.2. Data Umum

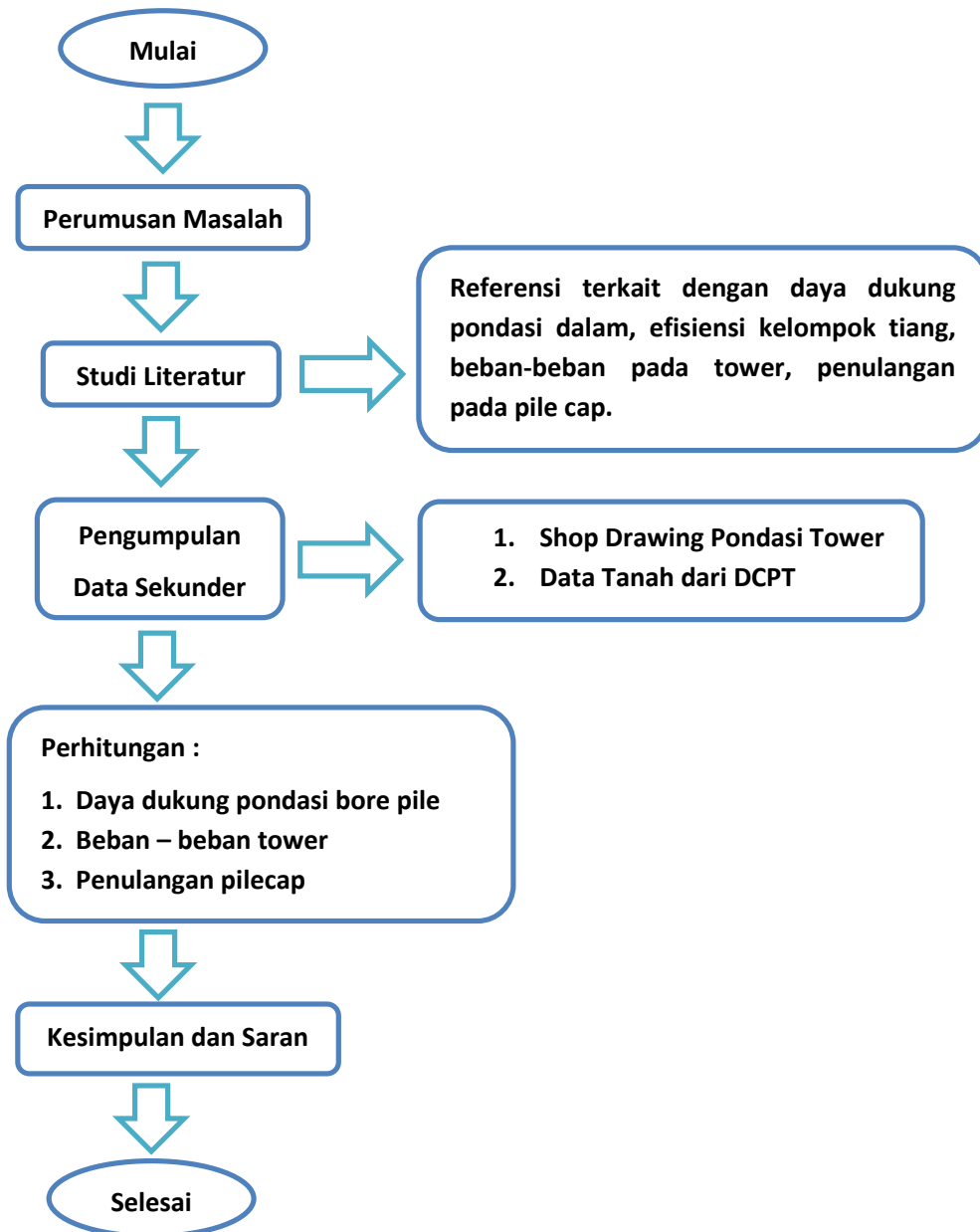
Adapun data umum proyek Pembangunan Tower Transmisi 275 kV Galang-Simangkuk (Seksi A) adalah sebagai berikut:

1. Nama Proyek : Galang-Simangkuk 275 kV 2CCT
2. Lokasi : Galang, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara
3. Pemilik Proyek : PT. PLN (Persero)
4. Konsultan Pengawas: PT. RAJASA ABADI JAYA

5. Nomor Kontrak : 015.PJ.PLN.2008/131 /PIKITRING/SUAR/2008
6. Tanggal Kontrak : 12 Februari 2008
7. Item Pekerjaan :1.Pekerjaan Pondasi  
2. Erection  
3. Striting
8. Sumber Dana : APLN
9. Pemeberi Pekerjaan  
a.Perusahaan : PT. PLN (Persero) Unit Induk  
b.Alat : Jl. Dr. CIPTO NO. 12, MEDAN
10. Pelaksana Pekerjaan  
a.Perusahaan: PT. SABUNGAN JAYA TEKNIK  
b.Alat: JL. STM DAMAI NO.14 BLOK A/22A, Kel, SITIREJO II, MEDAN

#### 3.3. Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian dalam tugas akhir adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

### 3.4. Struktur Pondasi

Pondasi adalah bagian terendah dari suatu struktur tower yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur kelapisan tanah keras yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang letaknya cukup dalam di dalam tanah dibawahnya. Dimana beban struktur ini sangat dipengaruhi oleh semua beban yang terjadi akibat beban angin, tarikan konduktor, beban gempa dan berat tower itu sendiri. Dari semua pembebanan diatas akan menghasilkan pembebanan aksial dan akan ditransfer seluruhnya kepondasi.

Dengan adanya pembebanan struktur ( $Q$ ) ini pada tiang pondasi, maka pondasi akan bergerak kebawah sedangkan tanah relatif diam. Pada keadaan ini baik tahanan ujung tiang  $Q_b$  dan tahanan gesek tiang  $Q_s$  akan bekerja keatas, yaitu sebagai gaya perlawanan beban  $Q$  yang bekerja pada tiang. Kapasitas ultimit tiang ( $Q_u$ ) adalah jumlah dari tahanan ujung bawah ultimit dan tanah disekitarnya. Dengan kata lain, agar struktur dikatakan aman, maka pembebanan struktur ( $Q$ ) harus lebih kecil atau sama dengan kapasitas ultimit tiang ( $Q_u$ ).

### 3.5. Data Teknis Bored Pile

Data ini di peroleh dari perhitungan dari pihak konsultan perencana dengan data sebagai berikut :

Tipe	: Tiang Bor ( <i>Bored Pile</i> )
Panjang	: 4.8 m
Diameter	: 600 mm
Tebal Beton	: 1 m
Mutu Beton	: K.225
Mutu Baja	: U-24, U-32
Denah Titik Bored Pile	: Dapat dilihat Pada lampiran
Detail Titik Pancang	: Dapat dilihat Pada lampiran

### 3.6. Metode Pekerjaan Bored Pile

Data ini di peroleh dari perhitungan dari pihak konsultan perencana dengan data sebagai berikut :

1. Nomor Tower	: TW-GLG-20/5 A
2. Tipe Tower	: Tower BB
3. Tinggi Tower	: 50 m
4. Standart Tower	: Standart PT.PLN (Pesero)
5. Luas Area	: 22 x 22 m
6. Lebar Access Road	: 3 m
7. Jarak Access Road	: 50 m
8. Diameter Bore Pile	: Ø 60 cm
9. Berat Jenis Beton	: 2400 kg/m

### 3.7. Lokasi Titik Sondir

Sondir yang dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Tower Transmisi 275 kV Galang-Simangku yang terletak di Galang, Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara, Seksi A terdiri data 1 (satu) titik per tower.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Bor Pile Dengan Menggunakan Data Hasil Sondir.

Dalam merencanakan suatu pondasi terlebih dahulu dihitung besarnya beban yang akandidukung oleh pondasi, kemudian dihitung kekuatan tanah yang akan mendukung pondasi tersebut. Apabila beban yang dipikul oleh pondasi lebih besar dari daya dukungnya maka

akan mengakibatkan penurunan dan pondasi dikatakan tidak aman. Pada Bab ini akan diaplikasikan metode perhitungan daya dukung pondasi bore pile dengan menggunakan data Sondir.

Perhitungan kapasitas daya dukung *bore pile* per lapisan dari data Sondir memakai metode Meyerhof.

#### 1. Kapasitas Tower 5 A :

- Kedalaman	: 16,20 m
- Mutu Beton	: K.225
- Panjang Tiang	: 15 m
- qc	: 144 Kg/cm <sup>2</sup>
- Luas Tiang Bor (Ap)	: $\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$ : $\frac{1}{4} \times 3,14 \times 60^2$ : 2826
- Keliling Tiang (K)	: $\pi \cdot d$ : 3,14 x 60 cm : 188,4 cm <sup>2</sup>

#### a. Kapasitas daya dukung ultimate

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JLH \times K)$$

$$Q_{ult} = (144 \times 2826) + (1,432 \times 188,4)$$

$$= 406944 + 269788,8 \text{ kg}$$

$$= 676,7328 \text{ Ton}$$

#### b. Kapasitas daya dukung ijin

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \cdot A_p}{3} + \frac{JLH \cdot K}{5}$$

$$Q_{ijin} = \frac{144 \cdot 2826}{3} + \frac{1,432 \cdot 188,4}{5}$$

$$= 135701,9578 \text{ kg}$$

$$= 135,701958 \text{ Ton}$$

### 4.2. Menghitung Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok Berdasarkan Efisiensi

Efisiensi kelompok tiang (Eg)

Efisiensi kelompok tiang dihitung menggunakan rumus *Los Angeles Group*.

Untuk Bored Pile Tower 5 A 14.4932

$$E_g = 1 - \frac{0,60}{3,14 \times 1,10 \times 3 \times 3} (3 \times (3-1) + 3(3-1) + \sqrt{2(3-1)(3-1)})$$

$$E_g = 0,714$$

$$E_g = 71,4 \%$$

Kapasitas ijin kelompok tiang (Qg)

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

$$Q_g = 0,714 \times 5 \times 135.702 = 484,456 \text{ ton}$$

### 4.3. Menghitung Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Pondasi Bore Pile

Gaya yang bekerja pada pondasi bore pile

$$V = 110,13 \text{ ton}$$

(Diperoleh dari pabrikan)

$$M_x = 18,46 \text{ ton}$$

(Diperoleh dari pabrikan)

$$M_y = 20,80 \text{ ton}$$

(Diperoleh dari pabrikan)

$$F_u = 70,36 \text{ ton}$$

(Diperoleh dari pabrikan)

$$X_u = 12,85 \text{ ton}$$

(Diperoleh dari pabrikan)

$$Y_u = 14,99 \text{ ton}$$

(Diperoleh dari pabrikan)

#### 4.4. Evaluasi Daya Dukung Dan Stabilitas Pondasi

##### 4.4.1 Evaluasi daya dukung bore pile.

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \times n \times Q_{ijin} \\ &= 0,714 \times 5 \times 135,702 \\ &= 484,456 \text{ ton} \end{aligned}$$

##### 4.4.2 Evaluasi stabilitas pondasi bore pile.

Kapasitas tiang dihitung berdasarkan rumus berikut :

$$\begin{aligned} P_{com} &= P_a + T_a & P_a &= P_u/SFB \\ P_{up} &= T_a & T_a &= T_u/SFf \\ P_{com} &= \text{Kapasitas tiang compression} \\ P_{up} &= \text{Kapasitas tiang uplift} \\ P_a &= \text{Kapasitas tumpu ijin (allow, bearing cap)} \\ T_a &= \text{Kapasitas friksi (allow, friction cap)} \\ P_{com} &= \text{Kapasitas tiang compression} \\ P_{up} &= \text{Kapasitas tiang uplift} \\ P_a &= \text{Kapasitas tumpu ijin (allow, bearing cap)} \\ T_a &= \text{Kapasitas friksi (allow, friction cap)} \\ P_u &= A_p \times q_{cav} \\ T_u &= F \times l_p \times f_s \\ \text{Dimana :} \\ Q_{cav} &= \text{nilai rata - rata } q_c \text{ dari 3 } D_p \text{ dibawah dasar tiang 8 } D_p \text{ diatas dasar tiang (Meyerhof; Bowles)} \\ f_s &= \text{friksi sepanjang selimut tiang} \\ A_p &= \text{Luas potongan tiang} \\ D_p &= \text{Lebar tiang} \\ F &= \text{Panjang keliling tiang} \\ l_p &= \text{Panjang tiang} \\ SF_b &= \text{Faktor keamanan thd tumpu (bearing) = 3,00 terhadap unfactored loading} \\ SF_f &= \text{Faktor keamanan thd friksi = 5,00} \end{aligned}$$

Maka diperoleh :

Gaya angkat (uplift) pada bore pile

$$\begin{aligned} P_u &= A_p \times Q_{cav} \\ &= 2.826 \times 105.81 \\ &= 299,019 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_u &= F \times l_p \times f_s \\ &= 2.826 \times 15 \times 718 \\ &= 30436,02 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_a &= P_u/SF_b \\ &= 299,019/3 \\ &= 99,673 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_a &= T_u/SF_f \\ &= 30436,02/5 \\ &= 6087,204 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{up} &= T_a \\ &= 6087,204 \text{ ton} > 70,36 \text{ (Data beban uplift dari pabrikan) .... ok!!!} \end{aligned}$$

Gaya Tekan (compress) pada bore pile

$$\begin{aligned} P_{com} &= P_a + T_a \\ &= 99,673 + 6087,204 \\ &= 6186,877 > 110,13 \text{ (Data beban tekan dari pabrikan)....Ok!!!} \end{aligned}$$

Maka diperoleh gaya lateral :

$$\begin{aligned} \text{Kekuatan lateral } H_u &= 9 C_u D_o f \\ \text{Momen ultimate Pile Cap} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 0,5 H_u (1,5 D_o + 0,5 f)(2,25 C_u D_o) \\ f^2 + (6,75 C_u D_o^2) f - M_u &= 0 \\ f &= \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang Pile} &= 15,00 \text{ m} \\ \text{Diameter Pile (} D_o \text{)} &= 0,60 \text{ m} \\ \text{Kuat geser Undrained (} C_u \text{)} &= 146,89 \text{ kPa} \\ \text{Ultimate moment cap. Of pile (} M_u \text{)} &= 24,92 \text{ ton.m (Data dari pabrikan)} \\ a &= 2,25.C_u.D_o = 198,302 \\ b &= 6,75.C_u.D_o^2 = 356,943 \\ c &= M_u = -24,92 \end{aligned}$$

$$f = \frac{-356,943 \pm \sqrt{356,943^2 - 4.27,97 - 10,22}}{2.27,87}$$

$$\begin{aligned} f &= 0,51 \\ H_u &= 9 C_u D_o f \\ &= 9 \times 146,89 \times 0,6 \times 0,51 \\ &= 404,535 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kapasitas lateral ultimate ( $H_u$ ) = 404,535 ton > 110,13 ton (Data lateral dari pabrikan)

#### 4.5. Perhitungan Pembebanan

Ditinjau dua kondisi pembebanan yaitu kondisi normal dan kondisi abnormal

##### 4.5.1 Kondisi Normal

Kondisi normal adalah kondisi dimana tower tidak mengalami penambahan beban yang ekstrim, akibat adanya kawat yang putus

#### 1. Beban Vertikal

Untuk beban vertikal, beban-beban adalah sebagai berikut :

a. Beban sendiri menara

Total berat sendiri menara adalah sebesar 10247 Kg.

b. Berat kawat penghantar per jarak menara = Jarak menara (SPLN 1996) x berat kawat penghantar (konduktor)

$$= 265 \times 0,537$$

$$= 152,03 \text{ kg}$$

c. Berat kawat penangkal petir

= Jarak menara x berat kawat penangkal petir (ground wire)

$$= 265 \times 0,44$$

$$= 117,66 \text{ kg}$$

d. Berat isolator, alat-alat dan orang per kawat

$$= 100 + 70$$

$$= 170 \text{ kg}$$

#### 2. Beban horizontal

Untuk beban horizontal diperhitungkan beban-beban yang terdiri dari

a. Tekanan angin pada konduktor dan *ground wire*;

= jarak menara x diameter kawat penghantar (konduktor) x W

$$= 265 \times 0,0161 \times W = 4,267W \text{ kg}$$

b. Tekanan angin pada *ground wire*

= jarak menara x diameter kawat penangkal petir x W

$$= 265 \times 0,0096 \times W = 2,544W \text{ kg}$$

Untuk satu bidang menara =  $2,544W/2 = 1.272W \text{ kg}$

#### 4.5.2 Kondisi Abnormal

Kondisi abnormal adalah tower mengalami beban ekstrem, yaitu adanya kawat putus baik kawat penghantar ataupun kawat penangkal petir.

#### 1. Beban Vertikal

Untuk beban vertikal, diperhitungkan beban-beban yang terdiri dari sebagai berikut :

a. Berat sendiri menara sama dengan kondisi normal = 10239,2652 kg

b. Berat Kawat ACSR per jarak menara

= jarak menara x berat kawat penghantar (konduktor)

$$= 265 \times 0,5737$$

$$= 152,0305 \text{ kg}$$

c. Berat kawat penangkal petir

= jarak menara x berat kawat penangkal petir (*ground wire*)

$$= 265 \times 0,444 = 117,66 \text{ kg}$$

d. Berat isolator, alat-alat dan orang per kawat

$$= 100 + 70$$

$$= 170 \text{ kg}$$

e. Kondisi Tidak Setimbang,

Diperhitungkan 1 (satu) buah konduktor putus:

Resultan gaya-gaya pada bidang tranverse adalah :

$$Q = 477,2 \text{ kg}$$

Kawat penangkal petir putus :

$$P = 500 \text{ kg}$$

#### 2. Beban Horizontal

Tekanan angin pada menara, tekanan angin pada kawat penghantar dan kawat penangkal petir, dan komponen horizontal akibat putusnya kawat penghantar dan kawat penangkal petir telah ikut diperhitungkan dalam perhitungan beban vertikal kondisi abnormal.

#### 3. Perhitungan Beban Pada Batang Transverse

Ditinjau dua pembebanan yaitu Beban vertical dan Beban horizontal

a. Beban vertical

Beban vertikal telah diperhitungkan pada perhitungan berat sendiri menara

b. Beban horizontal

- Tekanan angin pada kawat penghantar ( $W_a$ ) digunakan rumus 4

$W_a = \text{jarak menara} \times \text{diameter kawat penghantar} \times W$

$$= 265 \times 0,061 \times W = 4.267 W$$

- Akibat kawat ACSR putus ( $P_b$ ) Tabel 3

$$P_b = 1300 \text{ kg}$$

- Tekanan angina pada isolator : Setiap 1 potong porcelain, angin yang bekerja sebesar 3 kg. Untuk isolator menara penegang dipakai rangkaian porselin 12 potong (1 set). Untuk menara penegang dipakai sebanyak 2 set, maka besarnya :

$$W_c = 2 \times 12 \times 3$$

$$= 72 \text{ kg}$$

#### 4.6. Perhitungan Beban Yang Bekerja Pada Pondasi



Adanya akibat beban-beban yang bekerja pada pondasi, yaitu :

1. Akibat Gaya Kawat ACSR dan Ground Wire

P akibat kawat ACSR = 1300 kg = 1,3 Ton  
Diperhitungkan kemungkinan 2 kawat putus. Letak transverse pada ketinggian: +20,5; +25; +29,5; +33,6

Keadaan gaya-gaya pada suatu tranverse dengan 1 kawat putus :

a. Pada Ketinggian +29,5 m

Gaya-gaya kabel diteruskan ke pondasi melalui bidang-bidang yang tegak adalah gaya-gaya yang tidak dapat diimbangi oleh batang-batang transverse P = 1,3 Ton

$$Q = (P \times 4,65) / (2 \times 1,9) = 1,59 \text{ Ton}$$

$$P1 = Q = 1,59 \text{ Ton}$$

$$P2 = P/2 + Q = 1,3/2 + 1,59 = 2,24 \text{ Ton}$$

$$P3 = Q = 1,59 \text{ Ton}$$

$$P4 = Q - P/2 = 1,59 - 0,65 = 0,94 \text{ Ton}$$

Reaksi tekan maksimum pada pondasi adalah di pondasi Rb

Reaksi tarik maksimum pada pondasi adalah di pondasi LA.

Reaksi di pondasi RB :

$$R_{RB} = \frac{29,5 \times P1 - (29,5 \times P4)}{8} = \frac{29,5 \times 1,59 - (29,5 \times 0,94)}{8} = 2,39 \text{ Ton}$$

Reaksi di pondasi LA :

$$R_{LA} = \frac{29,5 \times P3 - (29,5 \times P2)}{8} = \frac{29,5 \times 1,59 - (29,5 \times 2,24)}{8} = -2,39 \text{ Ton}$$

b. Pada Ketinggian + 25 m

Gaya-gaya kabel diteruskan ke pondasi melalui bidang-bidang yang tegak adalah gaya-gaya yang tidak dapat diimbangi oleh batang-batang transverse P = 1,3 Ton

$$Q = (P \times 4,825) / (2 \times 2,0) = 1,568 \text{ Ton}$$

$$P1 = Q = 1,568 \text{ Ton}$$

$$P2 = P/2 + Q = 1,3/2 + 1,568 = 2,218 \text{ Ton}$$

$$P3 = Q = 1,568 \text{ Ton}$$

$$P4 = Q - P/2 = 1,568 - 0,65 = 0,918 \text{ Ton}$$

Reaksi tekan maksimum pada pondasi adalah di pondasi Rb

Reaksi tarik maksimum pada pondasi adalah di pondasi LA.

Reaksi di pondasi RB :

$$R_{RB} = \frac{25 \times P1 - (25 \times P4)}{8} = \frac{25 \times 1,568 - (25 \times 0,918)}{8} = 2,03 \text{ Ton}$$

Reaksi di pondasi LA :

$$R_{LA} = \frac{25 \times P3 - (25 \times P2)}{8} = \frac{25 \times 1,568 - (25 \times 2,218)}{8} = -2,03 \text{ Ton}$$

2. Akibat Ground Wire Putus dan Satu Kawat Penghantar ACSR Putus

Gaya akibat ground wire,

$P_{gw} = 1000 \text{ kg} = 1 \text{ ton}$

Ketinggian ground wire + 33,6 m

Reaksi di pondasi Rb

$$R_{RB} = \frac{29,5 \times (P1 - P2)}{8} + \frac{33,6 \times P_{gw}}{16} = \frac{29,5 \times (1,359 - 0,709)}{8} + \frac{33,6 \times 1}{16} = 2,4 + 2,1 = 4,5 \text{ ton } (\uparrow)$$

Reaksi di pondasi LA

$$R_{LA} = \frac{29,5 \times (P3 - P2)}{8} - \frac{33,6 \times P_{gw}}{16} = \frac{29,5 \times (1,359 - 2,009)}{8} + \frac{33,6 \times 1}{16} = -2,4 - 2,1 = -4,5 \text{ ton } (\downarrow)$$

3. Gaya Akibat Angin Pada Kawat

Panjang kawat = 265 m

Tekanan angin pada kawat ACSR = 161 kg

Tekanan angin pada ground wire = 96 kg

Reaksi di pondasi RB

$$R_{RB} = \frac{(20,5 + 25 + 29,5) \times 2 \times 161 + (33,6 \times 96)}{2 \times 8} = 1710,975 = 1,711 \text{ ton } (\uparrow)$$

Reaksi di pondasi LA

$$R_{LA} = -R_{RB} = 1,711 \text{ ton } (\downarrow)$$

$$R_H = \frac{(161 \times 6) + 96}{8} = 132,75 \text{ kg} = 0,132 \text{ Ton}$$

4. Akibat Angin Pada Menara

Beban angin pada bidang depan = 1,6 W kg/m<sup>2</sup>

Beban angin pada bidang belakang = 1,2 kg/m<sup>2</sup>

Luas bidang menara yang diperhitungkan menerima angin = 30 %

Luas 1 bidang menara

$$= \frac{(1,7+2) \times 13 \times 1}{2} + \frac{(8+2) \times 20,5}{2}$$

$$= 24,235 + 102,5$$

$$= 126,735 \text{ m}^2$$

$$P_{\text{bidang depan}} = 30\% \times 126,735 \times 1,6$$

$$W = 60,833 \text{ W kg}$$

$$P_{\text{bidang belakang}} = 30\% \times 126,735 \times 1,2$$

$$W = 45,625 \text{ W kg}$$

$$P_{\text{total}} = 60,833 \text{ W} + 45,625$$

W

$$= 106,458 \text{ W kg}$$

P total dianggap bekerja pada 0,4 Tinggi menara :

$$= 0,4 \times 33,6 \text{ m}$$

$$= 13,44 \text{ m}$$

Reaksi di pondasi RB

$$R_{RB} = \frac{106,458 \text{ W} \times 13,44}{2 \times 8}$$

$$= 89,425 \text{ W Ton (}\uparrow\text{)}$$

Reaksi di pondasi LA

$$R_{LA} = -R_B$$

$$= -89,425 \text{ W ton (}\downarrow\text{)}$$

Akibat berat sendiri menara adalah sebesar 10,240 ton. Maka reaksi total pada pondasi adalah

RHmaks

$$= \sqrt{(1,568 + 1,59 + 0,1328)^2 + (2,2408 + 2,218)^2}$$

$$= 10,648 \text{ Ton}$$

Nilai W adalah besar tekanan angin rencana. Sesuai standar digunakan W= 40 Kg/m<sup>2</sup>. Maka besar Gaya tekan maksimum pada pondasi adalah :

$$R_{\text{tekan}} = 16,45 + 563,55 \text{ W}$$

$$= 16,45 + 563,55 \times 40 \text{ kg}$$

$$= 16,45 + 22,61$$

$$= 39,06 \text{ Ton}$$

Besar gaya tarik pada tiang adalah :

$$R_{\text{tarik}} = 10,377 + 563,5 \text{ W}$$

$$= 10,377 + (563,5 \times 40)$$

$$= 32,917 \text{ Ton}$$

#### 4.7. Kesetabilan Pondasi Terhadap Gaya Tekan (Beban Vertikal)

Angka keamanan

$$= \frac{\text{Daya dukung ijin bore pile kelompok (pile grup)}}{\text{Beban vertikal}}$$

$$> 1,25$$

$$= \frac{913,982}{39,06} > 1,25$$

$$= 23,4 > 1,25 \text{ ..... Aman}$$

#### 4.8. Perencanaan Pile Cap

Diketahui :

Dimensi Pile Cap (Dari Lampiran)

$$\text{Lebar pile cap (b)} = 3500 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang pile cap (h)} = 3500 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal pile cap (ht)} = 850 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton (d')} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal efektif pile cap (d)} = \text{ht} - \text{d}' = 850 - 50 = 800 \text{ mm}$$

Dimensi Kolom

$$\text{Panjang kolom (h)} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar Kolom (b)} = 600 \text{ mm}$$

Untuk spesifikasi material yang digunakan :

$$\text{Tulangan } f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$\text{Beton } f'_c = 18,68 \text{ Mpa}$$

#### 4.8.1 Perhitungan Gaya Geser Terhadap Satu Arah dan Dua Arah Untuk Arah X

Perhitungan Gaya Geser Terhadap Satu Arah :

$$P = 110,13 \text{ Ton}$$

$$A = 3,50 \times 3,50 = 12,25 \text{ m}^2$$

$$Q_u = \frac{P}{A} = \frac{110,13}{12,25} = 8,990 \text{ T/m}^2$$

$$\text{Selimut beton (d')} = 50 \text{ mm} = 0,050 \text{ m}$$

$$\text{Tebal efektif pile cap (d)} = 850 - 50 = 800 \text{ mm} = 0,800 \text{ m}$$

$$\text{Lebar penampang kritis } x = (3,5/2) - (0,800/2) - 0,800 = 0,55 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang kritis (A}_{\text{kritis}}) = 0,55 \times 3,5 = 1,925 \text{ m}^2$$

Maka gaya geser 1 arah yang bekerja pada pile cap adalah

$$V_u = q_u \times A_{\text{kritis}}$$

$$= 8.990 \times 3,50$$

$$= 31,465 \text{ ton}$$

Perhitungan Kuat Geser Terhadap Satu Arah :

$$\phi V_c = \phi 2 \sqrt{f'_c b d}$$

$$= 1,2 \times 2 \times \sqrt{18,68 \times 3500 \times 800}$$

$$= 29044,085 \text{ ton}$$

$$\text{Syarat : } V_u < \phi V_c$$

$$V_u = 31,465 \text{ ton} < \phi V_c = 29044,085 \text{ ton.}$$

(Pondasi memenuhi syarat geser)

Kontrol terhadap Geser Dua Arah

$$P = 110,13$$

$$A = 3,50 \times 3,00 = 10,50 \text{ m}^2$$

$$q_u = \frac{110,13}{10,50} = 10,488 \text{ T/m}^2$$

Selimit beton ( $d'$ ) = 50 mm = 0,050 m

Tebal efektif pile cap ( $d$ ) = 850 - 50 = 800 mm = 0,800 m

Lebar penampang kritis  $x = 2,4 + d = 2,4 + 0,800 = 3,200$  m

Lebar penampang kritis  $y = 2,4 + d = 2,4 + 0,800 = 3,200$  m

Luas penampang kritis ( $A_{kritis}$ ) =  $(3,50 \times 3,50) - (3,200 \times 3,200) = 2,010 \text{ m}^2$

Maka gaya geser 2 arah yang bekerja pada pile cap :

$$\begin{aligned} V_u &= q_u \times A_{kritis} \\ &= 10,488 \times 2,010 \\ &= 21,081 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Perhitungan Kuat Geser Beton terhadap Dua Arah :

Kuat geser beton ( $V_c$ ) berdasarkan SNI 03-2847-2002 adalah nilai terkecil dari :

$$\begin{aligned} B_o &= 2x + 2y \\ &= (2 \times 3,200) + (2 \times 3,200) \\ &= 12,8 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\beta_c = 0,800/0,800 = 1$$

$$\begin{aligned} 1. \quad V_c &= \left(1 + \frac{2}{c}\right) \times \sqrt{\frac{f'c \cdot b_o \cdot d}{6}} \\ V_c &= \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times \sqrt{\frac{18,68 \times 12,8 \times 0,800}{6}} \\ &= 16,939 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad V_c &= 4\sqrt{f'c \cdot b_o \cdot d} \\ V_c &= 4\sqrt{18,68 \times 12,80 \times 0,800} \\ &= 55,322 \text{ ton} \end{aligned}$$

Digunakan nilai terkecil dari ketiga nilai  $V_c$  diatas yaitu :

$$V_c = 16,939 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 1,2 \times 16,939 = 20,327 \text{ ton}$$

Syarat :  $V_u < \phi V_c$

$$16,939 \text{ ton} < 20,327 \text{ ton}$$

#### 4.8.2 Penulangan Pada Pile Cap.

Desain terhadap Lentur :

$$P = 110,13 \text{ ton}$$

$$M_{ux} = M_{maks} = 3,36 \text{ Tm} (M_{jepit})$$

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{1}{6} \times b \times h^2 = \frac{1}{6} \times 3,50 \times 3,50 \\ &= 2,042 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_u &= \frac{P}{A_{pondasi}} + \frac{M_{ux}}{w} \\ &= \frac{110,13}{10,50} + \frac{3,36}{2,042} \\ &= 12,133 \text{ T/m}^2 \end{aligned}$$

Penampang kritis arah X =  $(3,5/2) - (0,800/2) = 1,35$  m

$$\begin{aligned} M_u &= 1/2 \cdot q_u \cdot X^2 \\ &= 1/2 \times 12,133 \times 1,35^2 \\ &= 11,056 \text{ Tm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{11,056}{1,2} = 9,213 \text{ Tm} \end{aligned}$$

(Untuk desain terhadap lentur, kekuatan beton sangat mampu untuk menahan beban yang bekerja). Luas Tulangan yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{M_n}{f_y \cdot x \cdot d} \\ &= \frac{9,213}{40000 \times 0,800 \times 0,800} \\ &= 0,000360 \end{aligned}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{360}{3,5 \times 0,800} = 0,00012,86 = 0,12 \times 10^{-4}$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 = 3,5 \times 10^{-3}$$

$\rho < \rho_{min}$ , maka digunakan  $\rho = 3,5 \times 10^{-3}$ , sehingga :

$$\begin{aligned} A_{(per \text{ m}' \text{ arah } x)} &= \rho \times b \times d \\ &= 3,5 \times 10^{-3} \times 3500 \times 800 \\ &= 98,00 \text{ mm}^2 \\ A_s' &= 20 \% \times A_{(per \text{ m}' \text{ arah } x)} \\ &= 20 \% \times 98,00 \text{ mm}^2 \\ &= 19,6 \end{aligned}$$

Bila dipakai tulangan dengan D16 - 110 (terpasang jumlah 36 tulangan)

$$\begin{aligned} A_s &= 0,16 \times 3,14 \times 25^2 \times 36 \\ &= 11,304 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Syarat  $A_s' > A_s$

$A_s' = 11,304 \text{ mm}^2 > A_s = 19,6 \text{ mm}^2$  (Dapat dipakai tulangan D16 -110)

## 5. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Dari hasil perhitungan pembahasan yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan efisiensi kelompok tiang diperoleh sebesar 0,714 yang berarti bahwa kemampuan daya dukung tanah pondasi sebesar 71,4 % dari perhitungan  $Q_g$ .
2. Hasil perhitungan daya dukung tiang group berdasarkan efisiensi pada tower diperoleh sebesar  $Q_g = 484,456$  ton
3. Beban yang dipikul pondasi sebesar 110,13 ton (Diperoleh dari pabrikan). Beban yang dipikul pondasi bore pile sebesar 484,456 ton. Maka diperoleh nilai  $Q_g$  sebesar 484,456 ton  $>$  110,13 ton (Diperoleh dari pabrikan). Maka daya dukung pondasi

sanggup menahan beban diatasnya dan aman.

## 5.2. Saran

Dari hasil perhitungan dan kesimpulan diatas maka disarankan beberapa hal berikut :

1. Sebelum melakukan perhitungan hendaknya kita memperoleh data teknis yang lengkap, karena data tersebut sangat menunjang dalam rencana analisa perhitungan, sesuai dengan standard dan syarat – syaratnya.
2. Dalam perencanaan pondasi bore pile sebaiknya menggunakan beberapa metode analisa, hal ini untuk mengetahui perbandingan daya dukung dan stabilitasnya struktur pondasinya.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E. 1991. Analisa dan Desain Pondasi, edisi keempat jilid 1. Jakarta Erlangga
- Bowles, Joseph E. 1991. Analisa dan Desain Pondasi, edisi keempat jilid 2. Jakarta Erlangga
- Hardiyanto,H.c 2002. Teknik Pondasi Tiang Pancang, Jilid 1. Surabaya: Sinar Jaya Wijaya
- MahsuIrsyam., SI-3221 Catatan Kuliah Rekayasa Pondasi, Penerbit ITB.
- PETURAN PEMBEBANAN INDONESIA UNTUK GEDUNG (PPIUG) 1983
- SOSRODARSONO,S DAN NAKAXAWA,K. 1983. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. Jakarta: PT Pradyma Paramita