

TINJAUAN ULANG PERENCANAAN DAYA DUKUNG FONDASI BORE PILE PADA TOWER GANTRY PLN

Cecep Guswandi¹, Asep Suhana²
Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknologi Mandala

ABSTRAK

Diperlukan perencanaan struktur bagian bawah (fondasi) sebagai penopang berdirinya Gantry Tower. Pemilihan type fondasi dan Kapasitas daya dukung sangat penting karena memberikan keamanan bagi sebuah konstruksi. Untuk mendapatkan daya dukung yang akurat, dilakukan penyelidikan tanah yang berupa uji sondir dan uji laboratorium tanah. Tujuan penelitian ini untuk mendapatkan nilai perbandingan antara desain existing dan tinjauan ulang. Metode analisis yang digunakan adalah metode analisis data laboratorium cara mayerhoff dan vesic, yang dikontrol dengan metode lapangan cara SPT dan CPT. Hasil dari analisis diperoleh daya dukung cara Mayerhoff sebesar 21,37 Ton, Cara Vesic 22,97 Ton, Cara CPT 26,68 Ton, cara SPT 33,65 Ton dengan demikian diambil daya dukung terkecil dari hasil analisis yaitu sebesar 21,37 Ton untuk daya dukung tiang tunggal lalu dihitung daya dukung kelompok tiang berdasarkan cara formula Converse-Labbare menggunakan 4 unit tiang didapat daya dukung kelompok tiang sebesar 85,137 ton untuk menahan beban aksial terfaktor tower sebesar 13,673 Ton kondisi normal lebih besar 6 kali dari yang diperlukan. Untuk daya dukung ijin tarik tiang fondasi bore pile diperoleh nilai sebesar 37,56 ton untuk menahan beban tarik tower sebesar 10,282 ton lebih besar 3 kali dari yang diperlukan dan penurunan tiang sebesar 4.00 mm lebih kecil dari dari penurunan ijin tiang sebesar 40 mm maka hasil penurunan yang terjadi masih aman.

Kata Kunci: Fondasi bore pile, Daya dukung, Kelompok tiang, Penurunan

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Listrik mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia serta menunjang pertumbuhan ekonomi. PT PLN (Persero) adalah perusahaan milik negara yang bergerak di bidang ketenagalistrikan mulai dari mengoperasikan pembangkit listrik, melaksanakan pembangunan sampai dengan melakukan transmisi kepada masyarakat di seluruh wilayah Indonesia.

Salah satu pembangunan PT PLN (Persero) yaitu Gardu Induk Kanci yang berlokasi di daerah Cirebon. Gardu Induk sendiri mempunyai fungsi sebagai sub sistem dari system

transmisi atau penyaluran tenaga listrik.

Gardu induk juga bisa diibaratkan sebagai terminal atau stasiun transmisi. Pada penyaluran sistem tenaga listrik khususnya tegangan tinggi dari sumber pembangkitan ke gardu induk melalui konduktor atau penghantar dalam hal ini disebut Overhead Transmission Line biasanya menggunakan tiang sebagai penopang dari konduktor tersebut agar tetap pada jalurnya. Salah satu jenis tiang (tower) transmisi yang digunakan adalah Gantry Tower yaitu tower berbentuk portal digunakan pada persilangan antara dua saluran transmisi.

Tiang ini dibangun di bawah saluran transmisi existing. Oleh karena itu

diperlukan perencanaan struktur bagian bawah (fondasi) sebagai penopang berdirinya Gantry Tower.

Fondasi dapat didefinisikan sebagai struktur bagian bawah yang berfungsi menopang bangunan atau beban di atasnya yang berhubungan langsung dengan tanah. Terdapat dua jenis fondasi, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Fondasi dangkal mentransfer beban di atasnya tanpa melebihi tegangan tanah yang diijinkan mempunyai perbandingan antara kedalaman yang kurang atau sama dengan lebar fondasi. Sedangkan fondasi dalam meneruskan beban di atasnya ke tanah keras atau batuan yang terletak relatif jauh dari permukaan dan mempunyai perbandingan antara kedalaman dan lebar ataupun diameter fondasi yang sangat jauh atau lebih besar.

Pemilihan tipe fondasi yang akan digunakan untuk sebuah konstruksi harus memperhatikan beberapa hal yaitu berat struktur atas, kondisi tanah serta beban yang akan dipikul. Jika konstruksi dengan beban ringan dan kondisi lapisan permukaan tanah yang cukup baik dan tebal cukup menggunakan fondasi dangkal, sedangkan konstruksi dengan beban yang sangat berat pada lapisan tanah keras yang terletak sangat dalam akan menggunakan fondasi dalam. Setelah menemukan tipe fondasi hal yang harus dipertimbangkan selanjutnya adalah kapasitas daya dukung dan penurunan tanah. Kapasitas daya dukung sangat penting karena memberikan keamanan bagi sebuah konstruksi tersebut. Untuk mendapatkan daya dukung yang akurat, dilakukan penyelidikan tanah

yang berupa uji sondir dan uji laboratorium tanah.

Pekerjaan fondasi tower gantry pada Gardu Induk Kanci Cirebon sudah dilaksanakan menggunakan desain fondasi yang sudah ada.

1.2 Tinjauan Pustaka

Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah merupakan suatu

pekerjaan pendahuluan yang sangat penting pada pelaksanaan sebuah proyek teknik sipil. Informasi yang cukup harus diperoleh untuk membuat suatu desain yang aman dan ekonomis untuk menghindari kesulitan pada saat konstruksi sedang berlangsung.

Penyelidikan tanah tersebut mungkin juga meliputi pengadaan uji di lapangan untuk menentukan karakteristik tanah yang ada. Hasil dari penyelidikan tanah harus memberikan informasi yang cukup memadai, misalnya untuk mendapatkan tipe fondasi yang paling sesuai untuk suatu usulan struktur dan sebagai petunjuk bila mungkin timbul masalah pada saat penggalan.

Jenis penyelidikan tanah dilapangan yaitu Sondir (DCP), Uji Boring, Uji Penetrasi Test (SPT) dan lain-lain. Dari sampel tanah yang diambil dilapangan kemudian dilakukan uji laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat dan karakteristik tanah dengan menggunakan Test.

Fondasi

Fondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya.

Fondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Fondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (solid). Dalam perencanaan fondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe fondasi. Pemilihan fondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (upper structure) yang akan dipikul oleh fondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Bentuk fondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat fondasi tersebut akan diletakkan, biasanya fondasi diletakkan pada tanah yang keras terpisah secara halus, warna tanah bervariasi dari abu-abu terang ke abu-abu sangat gelap.

Kapasitas Daya Dukung

Persamaan dasar untuk daya dukung fondasi tiang dalam Hardiyatmo, Hary C. Teknik Fondasi II (2018) :

$$Q_u = Q_p + Q_s - W_p$$

Keterangan:

Q_u = daya dukung ultimate

Q_p = daya dukung ujung (ultimate)

Q_s = daya dukung selimut/geser (ultimate)

W_p = berat Fondasi

Daya dukung ujung tiang atau end bearing capacity (Q_p) dapat diketahui menggunakan metode:

- Metode Mayerhoff

Variasi nilai maksimum * dengan sudut gesekan tanah ϕ' nilai interpolasi * dan berbagai nilai ϕ' Dari Mayerhoff, GG (1976) namun tidak boleh melebihi nilai batas. Menurut Mayerhoff dalam Hardiyatmo, Hary C. Teknik Fondasi II (2018), batasan dapat dihitung menggunakan rumus:

$$p = ' * * \leq 0,5 * \phi'$$

Keterangan:

A_p = Luas penampang tiang

q = tegangan efektif

N_q' = faktor daya dukung ujung (Mayerhof)

ϕ = sudut geser dalam
= tekanan atmosfer

- Metode Vesic

Vesic (1977), dalam Hardiyatmo, Hary C. Teknik Fondasi II (2018) mengusulkan metode dengan memperkirakan daya dukung ujung tiang berdasarkan teori pemuaian rongga berdasarkan parameter tegangan efektif, menurut teori ini didapat rumus:

$$= A_p q_p = \sigma' o N^* \sigma$$

Keterangan:

$\sigma' o$ = rata-rata tegangan normal efektif tanah pada ujung tiang

$$\sigma' o = \left(\frac{1+K_o}{3} \right) q'$$

K_o = koefisien tekanan tanah pada saat diam

$$K_o = 1 - \sin \phi'$$

$N^* \sigma$ = Bearing Capacity factor

$$\sigma' o = \left(\frac{1+2(1-\sin \phi')}{3} \right) q'$$

Persamaan vesic

($= A_p q_p = \sigma' o N^* \sigma$) adalah modifikasi dari persamaan mayerhoof

($= p = ' *)$ dengan:

$$N^*_{\sigma} = \frac{3N_{\sigma}}{(1+2K_0)}$$

Menurut teori vesic:

$$N^*_{\sigma} = F(I_{rr})$$

Keterangan:

I_{rr} = Indeks kekuatan tanah

$$I_{rr} = \left(\frac{I_r}{1+I_r \Delta} \right)$$

Keterangan:

I_r = Indeks kekuatan tanah

$$I_r = \left(\frac{E_s}{2(1+\mu_s)q' \tan \phi'} \right) = \left(\frac{G_s}{q' \tan \phi'} \right)$$

E_s = modulus elastisitas tanah
= Poisson rasio tanah

G = Modulus geser tanah

Δ = rata-rata regangan volumetrik zona

plastis bawah titik tiang

Untuk menghitung persamaan diatas perkiraan berikut dapat digunakan (Chen dan Kulhawy, 1994)

$$m = \left(\frac{E_s}{P_a} \right)$$

Keterangan:

P_a = Tekanan atmosfer = 100 kN/M²

Nilai m diambil: Tanah gembus (Loose Soil) : 100 sampai 200

Tanah padat sedang (Medium densesoil) : 200 sampai 500 Tanah padat (Dense soil) 500 sampai

$$= 0,1 + 0,3 \left(\frac{\phi - 25}{20} \right) \text{ Untuk } 0,25^\circ \leq \phi \leq 45^\circ$$

$$\Delta = 0,005 \left(1 - \frac{\phi - 25}{20} \right) \frac{q'}{P_a}$$

Kapasitas Daya Dukung Tarik Tiang Berdasarkan Das dan Seeley (1975) yang ditulis Hutabarat, Lolom E. dalam Jurnal EMAS FT UKI, Kapasitas daya dukung Tarik dapat menggunakan persamaan berikut:

Pada Tanah Lempung Berkaitan dengan Tanah Pasir diuraikan pada Persamaan

$$T = L \times p \times \alpha' \times c_u$$

Keterangan:

L = Panjang tiang

p = keliling tiang

α' = factor koreksi untuk Tarik

c_u = kohesi Tanah Pasir

Nilai A' dapat diketahui dengan melihat Tabel :

Jenis Tiang	Faktor Adhesi Kapasitas Tarik
Tiang Bor	α' = 0,9 – 0,00625 c _u utk c _u ≤ 80 kPa α' = 0,4 utk c _u > 80 kPa
Tiang Pipa	α' = 0,715 – 0,0191 c _u utk c _u ≤ 27 kPa α' = 0,4 utk c _u > 27 kPa

Faktor Adhesi Kapasitas Tarik

2. METODE PENELITIAN

2.1. Objek Penelitian

Dalam melakukan penelitian, hal pertama yang harus diperhatikan adalah objek penelitian yang akan dipelajari.

Dimana objek penelitian berisi suatu masalah yang akan dijadikan bahan penelitian untuk mencari solusi. Menurut Sugiyono (2014) objek penelitian adalah suatu atribut atau sifat atau nilai dari orang, objek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

Objek dalam penelitian ini adalah data-data tentang atterberg limit dengan melakukan pengujian batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas yang dilakukan di laboratorium, untuk mengetahui kondisi tanah berdasarkan klasifikasi USCS dan AASHTO untuk lapis tanah dasar pada struktur jalan.

3.2. Populasi dan Sampel

- Populasi

Menurut Burhan Bungin (2013) populasi penelitian merupakan keseluruhan (universum) dari objek penelitian yang dapat berupa manusia, hewan, tumbuh-tumbuhan, udara, gejala, peristiwa, sikap hidup, dan sebagainya, sehingga objek-objek ini dapat menjadi sumber data penelitian.

Berdasarkan penjelasan tersebut, populasi adalah seluruh subjek/objek penelitian yang memiliki ciri-ciri tertentu. Populasi yang digunakan adalah hasil pengujian laboratorium proyek jalan tol Jambi-Rengat.

- Sampel

Sampel terdiri dari sejumlah anggota yang dipilih dari populasi. Uma Sekaran (2011) mendefinisikan bahwa sampel adalah sebagian dari populasi. Dengan mempelajari sampel, peneliti akan dapat menarik kesimpulan yang dapat digeneralisasikan untuk populasi penelitian. Berdasarkan definisi penulis menentukan sampel dalam penelitian ini adalah beberapa titik bor di STA 5+325 - STA 6+000.

- Analisis Data

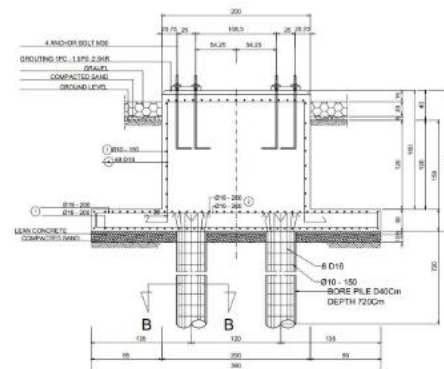
Studi penelitian ini merupakan metode penelitian yang dilakukan di laboratorium. Penelitian mengenai pengaruh tanah dasar terhadap jalan baru menggunakan pengujian atterberg limit dan batas susut dengan parameter USCS dan AASTHO. Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari jalan tol Jambi-Rengat. Penelitian dilaksanakan di laboratorium mekanika tanah PT. Geocipta Bangun Optima, Bandung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

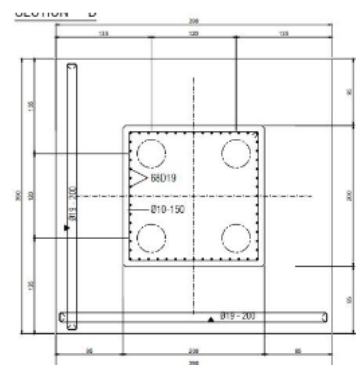
3.1. Desain Fondasi

Desain fondasi, termasuk sketsa fondasi sesuai Gambar 4.1 dan Gambar

4.2 sebagai berikut



Gambar 4. 1 Sketsa Fondasi



Gambar 4. 2 Sketsa Tampak Atas
Fondasi

3.2. Data Pembebanan

Dalam penelitian ini data pembebanan berdasarkan analisis struktur Tower Gantry PLN dengan metode perhitungan dengan SAP dan di dapat gaya gaya sebagai berikut:

Gaya Tekan:

Axial Compression $P = 13,673$ Ton

Transversal Shear $F_y = 2,097$

Ton

Longitudinal Shear $F_x = 1,041$ Ton

Gaya Tarik:

Axial Tension $T = 10,282$ Ton

Transversal Shear $F_y = 1,962$
Ton
Longitudinal Shear $F_x = 0,898$ Ton

3.3 Data Tanah

Dalam penelitian ini data tanah dibagi menjadi 2 bagian yaitu data lapangan dan data laboratorium yang didapat dari hasil pengujian lapangan dan laboratorium dari kontraktor pelaksana pekerjaan Tower PLN.

Data Sondir

Q_c Rata-rata = $106,23 \text{ kg/cm} = 106,23 \times 98,066 = 10.417,55 \text{ Kn/m}^2$

Data SPT

Data nilai SPT ditinjau pada titik BH-3 pada tabel N-SPT yang berpengaruh terhadap daya Dukung:

10 D dari dasar fondasi ke atas = 4,00 m

4 D dari dasar fondasi ke bawah = 1,60 m

Maka N-SPT yang berpengaruh terhadap daya dukung tanah terletak pada kedalaman 4,70 m sampai 10,30 m

3.4 Data Laboratorium

Daya dukung fondasi dapat juga dihitung dengan data hasil uji laboratorium berdasarkan salah satu metoda yang dikemukakan oleh Mayerhoff, dan vesic.

Perhitungan Daya Dukung

Berdasarkan Hasil Laboratorium Cara Mayerhoff Variasi nilai maksimum * dengan sudut gesekan tanah ϕ' nilai interpolasi * dan berbagai nilai ϕ' Dari Mayerhoff, GG (1976) namun tidak boleh melebihi nilai batas, berdasarkan persamaan 2.4 maka diperoleh:

$$= p = \frac{1}{\phi'} \leq 0,5 \cdot \frac{1}{\phi'}$$

Keterangan:

Diameter Fondasi	$D = 0,4 \text{ m}$
Kedalaman fondasi	$D_f = 8,7 \text{ m}$
Kedalaman Tiang Bor	$L = 7,2 \text{ m}$
Safety Factor	$SF = 5$
Luas fondasi	$A_p = 1/4 \cdot \pi D^2 = 0,126 \text{ m}^2$
Keliling tiang	$p = \pi \cdot D = 1,256 \text{ m}$
tekanan atmosfer	$= (10 \text{ kN/m}^2)$
sudut geser dalam	$\phi' = 35^\circ$

Daya Dukung Kelompok Tiang Efisiensi Kelompok Tiang berdasarkan Converse-Labarre dengan formula berdasarkan persamaan 2.25 maka diperoleh:

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

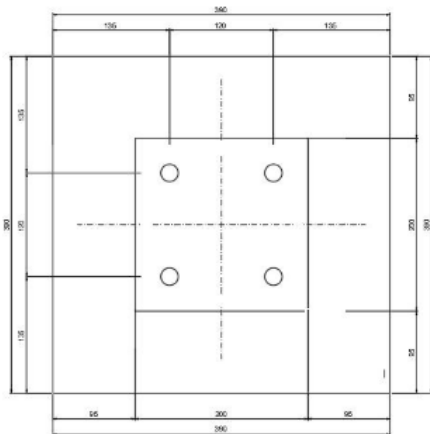
Keterangan:

n_g	= efisiensi grup tiang
θ	= $\arctan(D/S_1) = 0,33^\circ$
D	= Diameter pile = 0,20 m
S_1	= jarak antar pile = 1,20 m
m	= jumlah tiang arah horizontal = 2
n	= jumlah tiang arah vertical 2
Q_p	= jumlah pile = 2

$$n_g = 1 - 0,33 \left[\frac{(1-1)2 + (1-1)1}{90 \cdot 2 \cdot 1} \right]$$

$$n_g = 0,998$$

P maks ijin tiang tunggal = 21,37 ton
P grup pile = P max ijin tiang tunggal x
QP x ng
P grup pile = 3,1 x 4 x 0.998
P grup pile = 12,373 Ton < 13,673
(Tidak Aman)
Susunan tiang bore pile sebagaimana
Gambar 4.4



Gambar 4. 10 Susunan Tiang Bore Pile dengan mengecilkan diameter tiang

Penurunan Tiang

Perhitungan penurunan tiang berdasarkan Metode Vesic, berdasarkan persamaan 2.29 maka diperoleh:

$$s = \frac{D}{100} + \left(\frac{Q \times L}{A_p \times E_p} \right)$$

Keterangan:

Penurunan total kepala tiang $s =$

Luas penampang tiang

$A_p = 0.031 \text{ m}^2 = 31000 \text{ mm}^2$

Lebar tiang

$D = 0.200 \text{ m} = 200 \text{ mm}$

Modulus elastisitas tiang

$$E_p = 4700 \sqrt{18.675} = 20311 \text{ MPa}$$

Panjang tiang tertanam

$$L = 7.2 \text{ m} = 7200 \text{ mm}$$

Beban kerja tiang Q

$$= 13.67 \text{ Ton}$$

$$s = \frac{D}{100} + \left(\frac{Q \times L}{A_p \times E_p} \right)$$

$$s = \frac{200}{100} + \left(\frac{13,67 \times 7200}{31000 \times 20311} \right)$$

$$s = 2.00 \text{ mm}$$

$$S_{izin} = 10\% \cdot \text{Lebar tiang}$$

$$S_{izin} = 20 \text{ mm}$$

$$s = 2.00 \text{ mm} < s = 40 \text{ mm}$$

Karena nilai penurunan total kepala tiang di bawah 20 mm, maka termasuk aman.

3.5 Perhitungan Gaya Tarik

Fondasi Tiang Untuk menghitung daya dukung Tarik tiang, dapat menggunakan persamaan 2.20 maka diperoleh:

$$T = L \cdot P \cdot \alpha' \cdot C_u$$

Keterangan:

T = Gaya Tarik ijin tiang tunggal

L = Panjang tiang = 7,2m

P = Keliling tiang = 0,628 m

α = Faktor koreksi untuk Tarik

(dari table) = $0,9 - 0,00625 \times 5,5 = 0.866$

$C_u = 12 \text{ Kn/m}^2$

$T = L \cdot P \cdot \alpha \cdot C_u$

$$T = 7,2 \times 0,628 \times 0,866 \times 12$$

$$T = 46,988 \text{ Kn/m}^2 = 4,98 \text{ ton/m}^2$$

Gaya Tarik ijin kelompok tiang

$$T_{all} = T \times \text{Jumlah Pile}$$

$$T_{all} = 4,98 \times 4 = 19,92 \text{ Ton}$$

$T_{all} >$ gaya Tarik eksternal sehingga

$$19,92 \text{ Ton} > 10,282 \text{ Ton}$$

Maka Gaya Tarik Tiang aman.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan yang dilakukan terhadap sampel tanah di laboratorium, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Hasil daya dukung ijin tiang tunggal berdasarkan data lapangan diperoleh nilai sebesar 26,68 Ton dan 33,65 Ton sedangkan data laboratorium sebesar 21,37 Ton dan 22,97 Ton maka diambil nilai daya dukung tiang tunggal terkecil yaitu sebesar 21,37 Ton.

Berdasarkan perhitungan kelompok tiang didapat, bahwa hasil daya dukung kelompok tiang sebesar 85,138 Ton. Menahan beban aksial terfaktor sebesar 13,673 Ton dalam kondisi normal, dengan kesimpulan daya dukung kelompok tiang existing lebih besar 6 kali dari beban aksial terfaktor. Sedangkan hasil perhitungan gaya tarik ijin kelompok tiang 37,56 Ton. Menahan beban tarik sebesar 10,282 Ton dalam kondisi normal, dengan kesimpulan daya dukung ijin tarik kelompok tiang existing lebih besar 3 kali dari beban Tarik yang diperlukan. Sehingga hasil penurunan tiang sebesar 4.00 mm dan penurunan ijin tiang sebesar 40 mm maka hasil penurunan yang terjadi masih aman.

Sebagai usulan dibuat 2 alternatif desain yaitu dengan mengurangi jumlah tiang dan memperkecil diameter tiang dengan hasil analisis sebagai berikut :

Hasil perhitungan dengan pengurangan jumlah tiang yang awalnya pada desain existing sebanyak 4 tiang setelah dicoba menggunakan 2 unit tiang bore pile dengan diameter 40cm didapat hasil daya dukung tiang tunggal sebesar

21,37 Ton seperti desain existing, dan daya dukung kelompok tiang sebesar 42,69 menahan beban aksial terfaktor sebesar 13,673 Ton dalam kondisi normal maka dapat disimpulkan daya dukung kelompok tiang lebih besar 3 kali lipat dari yang diperlukan dan aman digunakan.

Hasil perhitungan dengan mengecilkan dimensi diameter bore pile yang semula pada desain existing sebanyak 4 tiang setelah dicoba menggunakan 4 unit tiang bore pile dengan diameter 20cm didapat hasil daya dukung tiang tunggal sebesar 3,10 Ton, dan daya dukung kelompok tiang sebesar 12,373 menahan beban aksial terfaktor sebesar 13,673 Ton dalam kondisi normal maka dapat disimpulkan daya dukung kelompok tiang tidak kuat menahan beban aksial terfaktor.

4.1 Saran

Agar dalam perencanaan fondasi lebih efisien yang didukung oleh data laboratorium dan lapangan lebih komprehensif. Karena perencanaan fondasi yang over design akan menyebabkan pemborosan baik dari material dan tenaga kerja sehingga menjadi pembengkakan biaya pada proyek. Berdasarkan desain disarankan jumlah tiang di kurangi menjadi 2 unit dengan diameter tetap sebesar 40cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Craig, R. F., 2017, Mekanika Tanah. Erlangga. Edisi Keempat, Jakarta.
- Das, Braja M., 2016, Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis). Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M., 2016, Principles of Foundation Engineering, Eighth Edition. Cengage Learning Customer & Sales Support, 1-800-354-9706.
- Das, Braja M., Endah N., Mochtar IB., 2018, Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid I. Erlangga. Jakarta.
- Das, Braja M., Khaled, Sobhan, 2014, Principles of Geotechnical Engineering. Cengage Learning. Stamford USA.
- Fellenius, Bengt H., 2015, Basics of Foundation Design. 2375 Rothesay Avenue Sidney, British ColumbiaCanada.
- Hardiyatmo, Hary C., 2018, Analisis dan Perancangan Fondasi 2. Gajah Mada University Press. Edisi keempat, Yogyakarta.
- <https://www.google.com/maps/search/GARDU+INDUK+KANCI+CIREBON/@6.7861712,108.6206879,61m/dat=!3m1!1e3>
- Hutabarat, Lolom E., 2005, Prediksi Kapasitas Tarik Fondasi Tiang Pancang Berdasarkan Uji Pembebanan Tarik Di Lapangan (Studi Kasus Di Surabaya). Jurnal EMAS FT UKI 11(25): 59 – 69.
- Siregar, Chandra A., 2018, Mekanika Tanah 1. CAS. Bandung.
- Siregar, Chandra A., 2017, Rekayasa Fondasi 1. CAS. Bandung