ANALISA PERENCANAAN PONDASI TIANG KAYU GALAM PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG LABORATORIUM KESEHATAN PROVINSI KALIMANTAN SELATAN

Yuliansyah
Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Kalimantan MAAB Banjarmasin

ABSTRAK

Perkembangan pembangunan di Kalimantan Selatan khususnya kota Banjarmasin yang makin banyak dan besar, seperti perkantoran, perumahan, ruko, dan gedung pemerintahan. Pondasi kayu galam yang banyak terdapat di sepanjang rawa Kalimantan, Karena galam mudah didapatkan, harganya terjangkau dan tahan lama maka masyarakat yang berada di wilayah Banjarmasin banyak yang menggunakan tiang galam yang biasanya digunakan oleh masyarakat sebagai pondasi untuk bangunan. Penyelidikan tanah dengan menggunakan metode statis adalah penyelidikan Cone Penetration Test (CPT) atau sondir. Penilitian ini bertujuan untuk menganalisa kapasitas daya dukung pondasi tiang kayu galam. Metode yang digunakan yaitu metode Mayerhoff yang telah menghasilkan persamaan untuk menghitung daya dukung berdasarkan data hasil pengujian sondir atau CPT. Berdasarkan hasil analisa pondasi tiang didapatkan beberapa kesimpulan yaitu, daya dukung tiang tunggal pada kedalam 7 m dengan menggunakan metode Meyerhoff di dapatkan hasil perhitungan Qa pada titik 1 = 0,59 ton, titik 2 = 0,67 ton dan titik 3 = 0,73 ton dan daya dukung tiang kelompok pada kedalam 7 m dengan menggunakan metode Meyerhoff di dapatkan hasil perhitungan Qg pada titik 1 = 37,76 ton, titik 2 = 42,88 ton dan titik 3 = 46,72 ton.

Kata Kunci : Pondasi, Kayu Galam, Daya Dukung

ABSTRACT

The development of development in South Kalimantan, especially the city of Banjarmasin, is getting bigger and bigger, such as offices, housing, shop houses, and government buildings. galam foundations are widely found along the Kalimantan swamps. Because galam is easy to obtain, affordable and durable, many people in the Banjarmasin area use galam poles which are usually used by the community as a foundation for buildings. Soil investigation using a static method is the Cone Penetration Test (CPT) or sondir investigation. This research aims to analyze the bearing capacity of the galam wood pile foundation. The method used is the Mayerhoff method which has produced an equation for calculating the bearing capacity based on the data from the CPT or sondir test results. Based on the results of the pile foundation analysis, there are several conclusions, namely, the bearing capacity of a single pile at 7 m using the Meyerhoff method results in the calculation of Qa at point 1 = 0.59 tonnes, point 2 = 0.67 tonnes and point 3 = 0.73 tonnes and the carrying capacity of group piles at 7 m using the Meyerhoff method, the results of the calculation of Qg at point 1 = 37.76 tonnes, point 2 = 42.88 tonnes and point 3 = 46.72 tonnes.

Keywords : Foundation, Galam Wood, Bearing Capacity

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan pembangunan di Kalimantan Selatan khususnya kota Banjarmasin yang makin banyak dan besar, seperti perkantoran, perumahan, ruko, rumah makan dan gedung pemerintahan. Untuk menahan beban bangunan yang berat tersebut tentunya diperlukan pondasi yang kokoh. Pondasi merupakan pekerjaan yang utama dalam suatu pekerjaan teknik sipil. Pondasi merupakan bagian dari bangunan bawah tanah yang berfungsi untuk meneruskan beban-beban yang bekerja pada bagian bangunan atas dan beratnya sendiri kelapisan tanah pendukung. Pondasi bertujuan sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban bangunan di atasnya ke lapisan tanah yang cukup kuat daya dukungnya.

Pondasi terdiri dari beberapa bentuk, tetapi secara umum pondasi terdiri dari dua jenis yaitu, pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemelilihan jenis pondasi tergantung kepada jenis konstruksi yang akan dibangun dan juga pada jenis tanah. (Sumber : Joseph E. Bowles :1991, 4). Bahan pondasi yang umum digunakan di kota Banjarmasin untuk bangunan bertingkat adalah kayu galam.

Pondasi kayu galam yang banyak terdapat di sepanjang rawa Kalimantan. Karena galam mudah didapatkan, harganya terjangkau dan tahan lama maka masyarakat yang berada di wilayah Banjarmasin banyak yang menggunakan tiang galam yang biasanya digunakan oleh masyarakat sebagai pondasi untuk bangunan.

Penyelidikan tanah dengan menggunakan metode statis adalah penyelidikan Cone Penetration Test (CPT) atau sondir. Penyelidikan sondir bertujuan untuk mengetahui perlawanan penetrasi konus dan hambatan pelekat tanah yang merupakan indikasi dari kekuatan daya dukung lapisan tanah dengan menggunakan rumus empiris.

Dari hasil penjelasan di atas tersebut, penulis membuat penelitian dengan judul **"Analisa Perencanaan Pondasi Tiang Kayu Galam Pada Proyek Pembangunan Gedung Laboratorium Kesehatan Provinsi Kalimantan Selatan"**.

Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka permasalahan pokok yang akan dibahas adalah :

1. Berapa besar kapasitas daya dukung tiang tunggal pada pondasi tiang kayu galam?
2. Berapa besar kapasitas daya dukung tiang kelompok pada pondasi tiang kayu galam?

Tujuan Penelitian

Penilitian ini bertujuan untuk :

1. Menganalisa kapasitas daya dukung tiang tunggal pada pondasi tiang kayu galam.
2. Menganalisa kapasitas daya dukung tiang kelompok pada pondasi tiang kayu galam.

Batasan Masalah

1. Perhitungan dan pembahasan hanya pada analisa daya dukung pondasi tiang kayu galam.
2. Perhitungan berdasarkan data CPT (Cone Penetration Test).

Manfaat Studi

1. Sebagai bahan referensi bagi yang membaca khususnya mahasiswa yang menghadapi masalah yang sama.
2. Memperluas wawasan dan pengetahuan mengenai masalah tentang menganalisa pondasi tiang kayu galam.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanah

Tanah dari pandangan ilmu Teknik Sipil merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (loose) yang terletak di atas batu dasar (bedrock) (Hardiyatmo, 1992).

Cone Penetration Test (CPT)

Cone Penetration Test (CPT) atau lebih sering disebut sondir adalah salah satu survey lapangan yang berguna untuk memperkirakan letak lapisan tanah keras. Tes ini baik dilakukan pada lapisan tanah lempung. Dari tes ini didapatkan nilai perlawanan penetrasi konus dan hambatan pelekat. Sondir merupakan salah satu

pengujian tanah untuk mengetahui karakteristik tanah yang dilakukan di lapangan atau pada lokasi yang akan dilakukan pembangunan konstruksi.

Pondasi

Pondasi adalah bagian struktur yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan menyalurkan beban diatasnya (upper structure) kelapisan tanah yang mempunyai daya dukung yang cukup kuat. Pondasi dikatakan bagian terendah dari bangunan oleh sebab itu beban dari bangunan diatasnya seperti beban mati, beban hidup, beban angin disalurkan melalui element struktur horizontal atau vertikal ke pondasi yang selanjutnya beban tersebut dilanjutkan ke tanah dasar.

Jenis – Jenis Pondasi Dalam

Pondasi dalam di definisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang terletak relative jauh dari permukaan. Pondasi dalam pada umumnya mempunyai kedalaman B D $\geq$ 4 (Analisis Dan Desain Pondasi Jilid I, Joseph E. Bowles), dimana kedalaman dasar pondasi dari permukaan tanah (D) dan lebar pondasi (B). Beberapa diantaranya yaitu : pondasi tiang pancang, pondasi sumuran, pondasi strauss, dan franki composite pile.

Pengertian Pondasi Tiang

Pondasi tiang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan baja, yang digunakan untuk meneruskan (mentransmisikan) beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat permukaan yang lebih rendah di dalam massa tanah. Fungsi dan kegunaan dari pondasi tiang adalah untuk memindahkan atau mentrasfer beban-beban dari konstruksi di atasnya kelapisan tanah keras yang letaknya sangat dalam.

Pondasi Tiang Kayu

Tiang pancang kayu terbuat dari batang pohon yang cabang-cabangnya telah di potong dengan hati-hati biasanya diberi bahan pengawet dan di dorong dengan ujungnya yang kecil sebagai bagian yang runcing. Kadang-kadang ujungnya yang besar didorong untuk maksud-maksud khusus, seperti dalam tanah yang sangat lembek dimana tanah tersebut akan bergerak kembali melawan poros. Tiang pancang dengan bahan material kayu dapat digunakan sebagai tiang pancang pada suatu bangunan dan rumah-rumah panggung di daerah Kalimantan.

Pondasi Tiang Kayu Galam

Di Indonesia, galam mempunyai sebaran tempat tumbuh yang cukup luas meliputi pesisir timur Sumatera dan Kalimantan. Berdasarkan perhitungan dotgrid pada peta arahan dan fungsi kawasan yang dilakukan Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Kahayan (2007), diperkirakan luas asosiasi galam di Kalimantan Tengah lebih dari 75.000 ha. Penggunaan kayu atau pohon galam untuk tiang pancang tidak saja berkembang oleh karena praktek dan pengalaman tradisional, namun juga oleh karena persediaan sumber daya yang melimpah dibanding bahan yang lain.

Bila hal ini dicocokkan dengan penggunaan kayu sebagai tiang pancang tersebut maka ada informasi yang belum diketahui yaitu mengapa kayu galam dapat bertahan sangat lama sebagai tiang pancang di tanah rawa gambut. Secara lebih luas penggunaan sebagai tiang pancang sudah dilakukan untuk konstruksi jalan di tanah rawa, bangunan bertingkat dan semi permanen. Galam dimanfaatkan oleh masyarakat lokal di Kalimantan sebagai tiang pancang secara tradisional. Masyarakat lokal di daerah rawa gambut menyatakan bahwa kayu galam beserta kulit mampu bertahan digunakan sebagai tiang pancang hingga lebih dari 40 tahun di tanah rawa.

Kapasitas Daya Dukung Tunggal

Mayerhoff telah menghasilkan persamaan untuk menghitung daya dukung berdasarkan data hasil pengujian sondir atau CPT. Sehingga daya dukung pondasi tiang berdasarkan data CPT dinyatakan sebagai berikut :

$$Qa = Qa_1 + Qa_2 \quad (1)$$

$$Qa_1 = \frac{qc \times Ab}{Fk_1} \quad (2)$$

$$Qa_2 = \frac{JHP \times U}{Fk_2} \quad (3)$$

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
Fk_1 = Faktor keamanan = 3
Fk_2 = Faktor keamanan = 5

Kapasitas Daya Dukung Kelompok

Pada umumnya pondais 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, jarak tiang, susunan tiang.

1. Jumlah tiang

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

$$n = \frac{Pu}{Qa} \quad (4)$$

Dimana :
Pu = Beban yang bekerja
Qa = Daya dukung ijin satu buah pondasi tiang

2. Jarak tiang

Jarak antar tiang diisyaratkan dengan persamaan berikut :

$$2{,}5D \leq S \leq 3D \quad (5)$$

Dimana :
S = Jarak antar tiang
D = Diameter tiang

3. Kapasitas daya dukung tiang kelompok

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

$$Qg = m \cdot n \cdot Qa \quad (6)$$

Dimana :
Qg = Beban maksimum kelompok tiang
m = Jumlah baris tiang
n = Jumlah tiang dalam baris
Qa = Daya dukung ijin satu buah pondasi tiang

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Proyek pembangunan gedung laboratorium kesehatan provinsi kalimantan selatan yang berada di Jl. Bumi Mas Raya, Pemurus Baru, Kec. Banjarmasin Selatan, Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan.

Gambar 1 Peta Lokasi
Sumber : Google Earth

Pengumpulan dan Sumber Data

Data merupakan hal yang sangat signifikan, secara garis besar data yang dikumpulkan haruslah benar-benar nyata. Data-data yang digunakan dalam pembuatan dan penyusunan Skripsi secara garis besar dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis, yaitu data primer dan data sekunder sebagai berikut :

1. Data Primer
   Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil wawancara dilapangann kepada beberapa responden. Responden dalam hal ini adalah beberapa kontraktor, pelaksana kosntruksi, pengawas dan orang-orang yang bekerja dikonstruksi. Setelah mendapatkan jawaban survey dan wawancara dari responden maka dilakukan proses input data. Yaitu data yang didapat dari hasil peninjauan dan pengamatan langsung di lapangan berupa letak, luas areal, kondisi lokasi, kondisi bangunan disekitar lokasi, juga denah dan gambar struktur rencana pada proyek pembangunan.
2. Data Sekunder
   Data sekunder merupakan data yang diperoleh dalam bentuk yang sudah jadi yang sudah diolah oleh pihak lain. Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh dari instansi terkait yang menunjang proyek tersebut. Yaitu data pendukung yang dipakai

dalam pembuatan dan penyusunan Skripsi baik dari lapangan maupun dari literatur-literatur yang ada. Data ini tidak dapat digunakan secara langsung sebagai sumber tetapi harus melalui proses pengolahan data untuk dapat digunakan. Berdasarkan fungsinya, data dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

a. Data Teknis
   Adalah data yang berhubungan langsung dengan perencanaan yang meliputi, Seperti data tanah, denah dan sistem struktur bangunan.

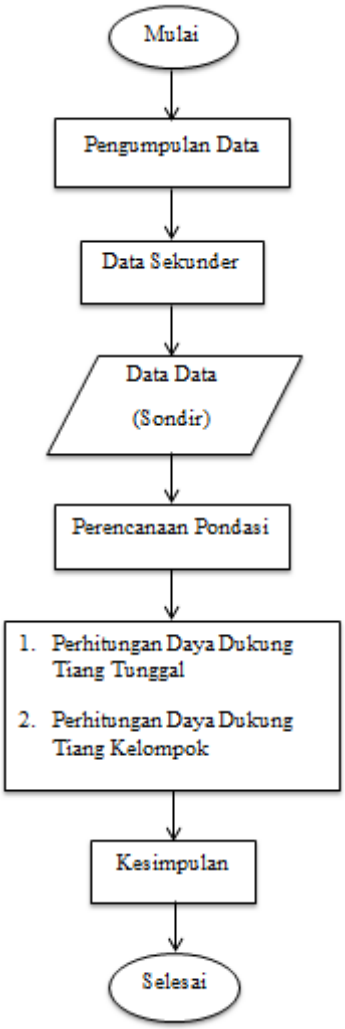
b. Data Non Teknis
   Adalah data penunjang dalam perencanaan yang meliputi, Seperti kondisi, letak lokasi proyek dan metode analisa yang digunakan.

Tahapan – Tahapan Penelitian

Untuk mencapai maksud dan tujuan studi ini, dilakukan beberapa tahapan yang dianggap perlu dan secara garis besar diuraikan sebagai berikut :

1. Tahapan Pertama :
   Melakukan review dan studi kepustakaan terhadap buku-buku dan jurnal-jurnal terkait dan sesuai terhadap judul Skripsi yang akan dibahas yaitu mengenai dengan pondasi tiang kayu galam.
2. Tahapan Kedua :
   Meninjau langsung ke lokasi proyek dan menentukan pengambilan data yang diperlukan untuk penelitian.
3. Tahapan Ketiga :
   Melakukan analisis antara data lapangan dengan buku yang sesuai dengan penelitian tentang penggunaan dan Persamaan yang akan digunakan.
4. Tahapan Keempat :
   Pada tahap ini dilakukan perhitungan daya dukung pondasi tiang kayu galam sesuai dengan teori dan formula yang telah dibahas pada tinjauan pustaka dengan data-data yang diperoleh dari laporan data pengujian tanah di lapangan untuk mendapatkan daya dukung pondasi tiang kayu galam.
5. Tahapan Kelima :
   Mengadakan analisi terhadap hasil perhitungan yang dilakukan dan membuat kesimpulan.

Bagan Alir Penelitian



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian

Schedule Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 7 bulan, yaitu dari bulan Februari sampai Agustus 2020, dengan pengaturan jadwal seperti tabel dibawah ini :

Tabel 1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan						
		2	3	4	5	6	7	8
1	Tahap Persiapan Penelitian							
	a. Penyusunan dan Pengajuan Judul							
	b. Pengajuan Proposal							
2	Seminar Proposal							
3	Pelaksanaan Penelitian							
4	Pengolahan Data, Analisis dan Penyusunan Laporan							
5	Seminar Hasil							
6	Seminar Akhir							

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pendahuluan

Pada bab ini, penulis akan mengaplikasikan metode perhitungan daya dukung yang telah di sampaikan pada bab 2. Daya dukung tiang akan dihitung dengan menggunakan data hasil sondir.

Data Perencanaan

Jenis Pondasi = Tiang Pancang Galam
Diameter Pondasi = 10 cm
Panjang Pondasi = 700 cm
Beban Yang Bekerja = Pu = 28,49 ton

Perhitungan Daya Dukung Pondasi Berdasarkan Data CPT

Perhitungan daya dukung pondasi tiang menggunakan data penyelidikan tanah yang dilakukan di lokasi pembangunan. Dalam pelaksanaan direncanakan menggunakan pondasi kelompok tiang dan menggunakan tiang pancang dari kayu galam dengan diameter ujung 10 cm dengan kedalaman rata-rata 7 m. Perhitungan daya dukung pondasi tiang menggunakan Metode Meyerhoff.

Tabel 2 Data Sondir Titik 1

Depth m	C (kg/cm^2)	C + F (kg/cm^2)	F.Lokal (kg/cm)	F.Total (kg/cm)
0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.20	0.5	1.0	1.0	1.0
0.40	0.5	1.0	1.0	2.0
0.60	0.5	1.0	1.0	3.0
0.80	0.5	1.0	1.0	4.0
1.00	0.5	1.0	1.0	5.0
1.20	1.0	2.0	2.0	7.0
1.40	1.0	2.0	2.0	9.0
1.60	1.0	2.0	2.0	11.0
1.80	1.0	2.0	2.0	13.0
2.00	1.0	2.0	2.0	15.0
2.20	1.0	2.0	2.0	17.0
2.40	1.0	2.0	2.0	19.0
2.60	1.0	2.0	2.0	21.0
2.80	1.0	2.0	2.0	23.0
3.00	1.0	2.0	2.0	25.0
3.20	1.0	2.0	2.0	27.0
3.40	1.0	2.0	2.0	29.0
3.60	1.0	2.0	2.0	31.0
3.80	1.0	2.0	2.0	33.0
4.00	2.0	3.0	2.0	35.0
4.20	2.0	3.0	2.0	37.0
4.40	1.0	2.0	2.0	39.0
4.60	1.0	2.0	2.0	41.0
4.80	3.0	4.0	2.0	43.0
5.00	3.0	4.0	2.0	45.0
5.20	3.0	4.0	2.0	47.0
5.40	3.0	4.0	2.0	49.0
5.60	3.0	4.0	2.0	51.0
5.80	2.0	3.0	2.0	53.0
6.00	2.0	3.0	2.0	55.0
6.20	2.0	3.0	2.0	57.0
6.40	4.0	6.0	4.0	61.0
6.60	4.0	6.0	4.0	65.0
6.80	5.0	7.0	4.0	69.0
7.00	3.0	5.0	4.0	73.0

Data Tiang Galam :

- Ukuran Galam

  Diameter Ø = 10 cm
  Panjang = 700 cm

- Luas Penampang

  $$Ab = \frac{\pi}{4} \cdot d^2$$

  $$= \frac{3,14}{4} \cdot 10^2$$

  $$= 78,5 \text{ cm}^2$$

- Keliling Penampang

  $$U = \pi \cdot d$$

  $$= \pi \cdot 10$$

  $$= 31,4 \text{ cm}$$

Perhitungan daya dukung pada kedalaman 7 m :

- Perlawanan penetrasi konus (PPK) qc = 5.0 kg/cm^2
- Jumlah Hambatan pelekat (JHP) = 73.0 kg/cm

untuk daya dukung ijin ujung tiang adalah :

$$Qa_1 = \frac{qc \times Ab}{Fk_1} = \frac{5 \times 78,5}{3}$$

$= 130,83$ kg

$= 0,13$ ton

Untuk daya dukung ijin friksi tiang adalah :

$$Qa_2 = \frac{JHP \times U}{Fk_2} = \frac{73 \times 31,4}{5}$$

$= 458,44$ kg

$= 0,46$ ton

Untuk daya dukung ijin satu buah pondasi tiang adalah :

$Qa = Qa_1 + Qa_2$

$= 0,13 + 0,46$

$= 0,59$ ton

Jadi kapasitas izin untuk satu buah tiang kayu galam sebesar 0,59 ton.

Untuk jumlah tiang adalah :

$$n = \frac{Pu}{Qa} = \frac{28,49}{0,59} = 48,29$$

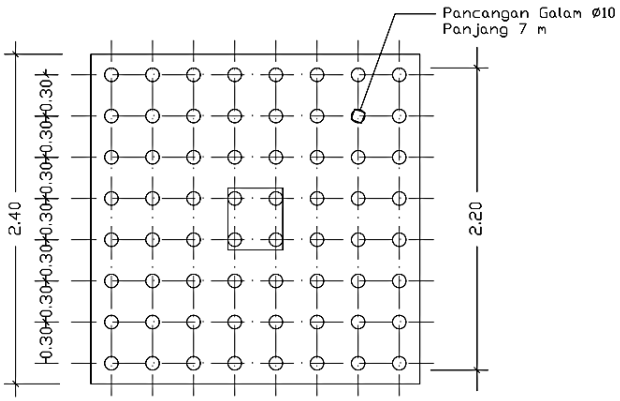
≈ 64 tiang

Dipakai 64 buah tiang dengan susunan :

m (jumlah baris tiang) = 8
n (jumlah tiang dalam baris) = 8

Untuk jarak tiang adalah :

$2,5D \leq S \leq 3D$
$25 \leq S \leq 30$ (S diambil 30 cm)



Gambar 3 Skema Konfigurasi Tiang Titik S1

Untuk kapasitas daya dukung kelompok dari persamaan (2.6) adalah :

$Qg = m \cdot n \cdot Qa$

$= 8 \cdot 8 \cdot 0,59 = 37,76$ ton

$Pu = 28,49$ ton $< Q_g = 37,76$ ton (AMAN)

Hasil dan Pembahasan

Dari hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan data sondir, diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 3 Daya Dukung Tiang Metode Meyerhoff

Titik	Kedalaman (m)	Metode Meyerhoff	
		Qa (ton)	Qg (ton)
1	7,00	0,59	37,76
2	7,00	0,67	42,88
3	7,00	0,73	46,72

PENUTUP

Dari hasil analisis yang dilakukan, didapat kesimpulan dan saran sebagai berikut :

Kesimpulan

Berdasarkan analisa kapasitas dukung pondasi tiang didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya dukung tiang tunggal pada kedalam 7 m dengan menggunakan metode Meyerhoff di dapatkan hasil perhitungan Qa pada titik 1 = 0,59 ton, titik 2 = 0,67 ton dan titik 3 = 0,73 ton.
2. Daya dukung tiang kelompok pada kedalam 7 m dengan menggunakan metode Meyerhoff di dapatkan hasil perhitungan Qg pada titik 1 = 37,76 ton, titik 2 = 42,88 ton dan titik 3 = 46,72 ton.

Saran

Dari kesimpulan diatas maka diuraikanlah saran sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan perhitungan hendaknya kita memperoleh data teknis yang lengkap, karena data tersebut sangat menunjang dalam membuat rencana analisa perhitungan sesuai dengan standard dan syarat-syaratnya.

2. Untuk perhitungan daya dukung tiang pada data Sondir dapat menggunakan metode selain Meyerhoff.
3. Untuk perhitungan kapasitas kelompok tiang hanya menggunakan data sondir maka untuk mencari yang lebih efisien bisa dihitung semua data dengan beberapa metode yang telah dipilih.

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, J. E. (1991). Analisa dan desain Pondasi. *Edisi keempat Jilid, 1*.

Das, B. M. (1985). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip rekayasa geoteknis)*. Penerbit Erlangga.

Gunawan, I. R. (1983). *Pengantar Teknik Fondasi*. Kanisius.

Hardiyatmo, H. C. (2011). Analisis dan Perancangan Fondasi I. Yogyakarta.

Hardiyatmo, H. C. (2011). Analisis & Perancangan Fondasi II.

Ma'ruf, M. A., Fitriati, U., & Ni'mah, L. (2018). Daya Dukung Pondasi Kacapuri Alternatif Pada Tanah Lempung. *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, *1*(1).

Raditya, W. (2018). Studi Analisa Penurunan Pondasi Tiang Kayu Gelam Akibat Adanya Pembebanan Merata Diatas Tanah Lempung Lunak.

Supriyati, W., Prayitno, T. A., Sumardi, S., & Marsoem, S. N. (2015). Kearifan Lokal Penggunaan Kayu Gelam Dalam Tanah Rawa Gambut Di Kalimantan Tengah (Local Wisdom of Utilization of Gelam Wood on Peatswamp Land of Central Kalimantan). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, *22*(1), 94-99.

Yudiawati, Y., & Marzuki, A. (2016). Pondasi Dangkal diatas Tanah Lunak dengan Perkuatan Cerucuk Galam Berdasarkan Percobaan Lapangan. *INFO-TEKNIK*, *9*(2), 212-217.