

PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI MINIPILE DAN SUMURAN MENGGUNAKAN METODE MEYERHOF, LCPC, DAN AOKI dan DE ALENCER

Titin Ferryana Sugesti¹⁾, Niken Silmi Surjandari²⁾, Noegroho Djarwanti³⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

^{2), 3)} Pengajar Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami 36A, Surakarta 57126; Telp. 0271-634524. Email : 91.titin@gmail.com

Abstract

Investigations in the field to determine pile bearing capacity is very diverse and each formula has multiple methods of inquiry in determining pile bearing capacity. This condition depends on the parameters obtained by the tests, if the tests are carried out before the construction and implementation of the data, this test called static formula, while the testing is done at the time of construction and implementation of data obtained by testing, this testing full-scale load tests are classified. The purpose of this research is (1) to compare the application with the LCPC Method and Meyerhof Methods when used on the type of minipile foundation, (2) compare the application method Method with Aoki and Meyerhof De Alencar when used on the type of well foundation, (3) compare the application method when used on a type of Meyerhof minipile foundation and well foundation. The data used for this study is secondary data in the form of the data of CPT as much as 15 data points derived from some project in the region of Surakarta. The type of Foundation that is used is the minipile foundation and well foundation the type of soil in the field assumed clays. Pile specification used the diameter of minipile foundation & well foundation: Ø25 cm, Ø30 cm and Ø35 cm. Based on the results of the analysis of the bearing capacity using several methods, namely Meyerhof, LCPC, and Aoki and De Alencar on the minipile foundation and well foundation: (1) comparison between the Method and the method of LCPC Meyerhof, having a depth of 4 meters, there is a difference in behavior between LCPC method and Meyerhof method, i.e. the method of LCPC Ø25 cm shows the result of 125.07 tons, while that of Meyerhof Ø25 cm shows the result of 96.21 tons. (2) a comparison of the indicate that the results of Q_u (resource support) of the method and the method of Aoki and Meyerhof De Alencar shows a significant difference, namely the method of Aoki and De Alencar Ø25 cm at a depth of 5 meters shows the result of 638.60 tons, while that of Meyerhof Ø25 cm shows the result of 256.73 tons. This condition because many use the empirical factor i.e. F_b , F_s , q_c (base), q_c (side). (3) the comparison between the minipile foundation and well foundation using Meyerhof, having a depth of 4 meters, there is a difference in behavior between minipile foundation and well foundation, namely the well foundation Ø25 cm shows the result of 161.01 tons of shows increase, while minipile Ø25 cm shows the result of 96.21 tons.

Keywords : bearing capacity, methods of Meyerhof, LCPC, Aoki and De Alencar

Abstrak

Penyelidikan di lapangan untuk menentukan kapasitas dukung tiang sangat beragam dan masing-masing metode penyelidikan memiliki beberapa formula dalam menentukan kapasitas tiang. Hal ini tergantung parameter yang didapatkan oleh pengujian tersebut, jika pengujian tersebut dilakukan sebelum pelaksanaan konstruksi dan data yang didapaknya adalah karakteristik tanah maka pengujian ini disebut rumus statis, sedangkan pengujian yang dilakukan pada saat pelaksanaan konstruksi dan data yang didapatkan oleh pengujian tersebut berupa parameter pemancangan maka pengujian ini digolongkan pengujian beban skala penuh. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) Membandingkan aplikasi Metode Meyerhof dengan Metode LCPC apabila digunakan pada jenis pondasi minipile, (2) Membandingkan aplikasi Metode Meyerhof dengan Metode Aoki dan De Alencar apabila digunakan pada jenis pondasi sumuran, (3) Membandingkan aplikasi Metode Meyerhof apabila digunakan pada jenis pondasi minipile dan sumuran. Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data sekunder berupa data CPT sebanyak 15 titik data diperoleh dari beberapa proyek di daerah Surakarta. Jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi minipile dan sumuran dan jenis tanah di lapangan diasumsikan lempung. Spesifikasi tiang yang digunakan diameter pondasi minipile & sumuran yaitu : Ø25 cm, Ø30 cm dan Ø35 cm. Berdasarkan hasil analisis kapasitas daya dukung Tanah dengan menggunakan beberapa metode yaitu Meyerhof, LCPC, dan Aoki dan De Alencar pada pondasi minipile dan sumuran didapat: (1) Perbandingan antara Metode Meyerhof dan Metode LCPC, setelah kedalaman 4 meter,

ada perbedaan perilaku anatara metode Meyerhof dan metode LCPC, yaitu metode LCPC Ø25 cm menunjukkan hasil 125,07 ton, sedangkan Meyerhof Ø25 cm menunjukkan hasil 96,21 ton. (2) Perbandingan munjukkan bahwa hasil Q_u (daya dukung) dari metode Meyerhof dan metode Aoki dan De Alencar menunjukkan perbedaan yang signifikan, yaitu metode Aoki dan De Alencar Ø25 cm pada kedalaman 5 meter menunjukkan hasil 638,60 ton, sedangkan Meyerhof Ø25 cm menunjukkan hasil 256,73 ton. Hal ini terjadi karena banyak menggunakan faktor empirik yaitu F_b , F_s , $q_c(\text{base})$, $q_c(\text{side})$. (3) Perbandingan antar pondasi minipile dan sumuran menggunakan Metode Meyerhof, setelah kedalaman 4 meter, ada perbedaan perilaku antara pondasi minipile dan sumuran, yaitu pondasi sumuran Ø25 cm menunjukkan hasil 161,01 ton menunjukkan kenaikan, sedangkan minipile Ø25 cm menunjukkan hasil 96,21 ton.

Kata kunci : daya dukung, metode Meyerhof, LCPC, Aoki dan De Alencar.

PENDAHULUAN

Pembangunan suatu konstruksi, pertama sekali yang dilaksanakan dan dikerjakan di lapangan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah) setelah itu melaksanakan pekerjaan struktur atas. Perencanaan pondasi perlu memperhitungkan besarnya beban yang bekerja dan kapasitas dukung tanah setempat. Apabila pondasi yang direncanakan tidak mencapai tanah keras dan tidak mampu memikul beban pondasi, maka akan terjadi penurunan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan. Untuk merencanakan pondasi yang aman, dibutuhkan data hasil penyelidikan tanah pendukung pondasi. Pondasi dibagi menjadi dua jenis yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

Penyelidikan di lapangan untuk menentukan kapasitas dukung tiang sangat beragam dan masing-masing metode penyelidikan memiliki beberapa formula dalam menentukan kapasitas tiang. Hal ini tergantung parameter yang didapatkan oleh pengujian tersebut, jika pengujian tersebut dilakukan sebelum pelaksanaan konstruksi dan data yang didupatkannya adalah karakteristik tanah maka pengujian ini disebut pengujian statis, sedangkan pengujian yang dilakukan pada saat pelaksanaan konstruksi dan data yang didapatkan oleh pengujian tersebut berupa parameter pemancangan maka pengujian ini digolongkan pengujian dinamis (Hardiyatmo, 2010).

Salah satu metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi adalah metode *Meyerhof*, LCPC, dan *Aoki* dan *De Alencar*. Perhitungan Kapasitas daya dukung pondasi tiang dapat diperkirakan dari uji laboratorium dan atau analisis empirik dengan menggunakan data *Standard Penetration Test* (SPT) dan *Cone Penetration Test* (CPT).

Titi dan Abu-Farsakh (1999) melakukan penelitian pada 60 tiang dengan dimensi yang berbeda serta bersumber dari proyek yang berbeda di Lousiana, penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil hitungan metode-metode analisis tiang dengan hasil *static load test*. Sehingga diperoleh tiga metode yang hasilnya mendekati hasil pengujian *static load test* yaitu, metode Schmertmann (1978), de Ruitter dan Beringen (1979), Bustamante dan Gianceselli (1982).

Daya Dukung Tiang

Daya dukung tiang adalah kemampuan tiang dalam memikul beban yang disalurkan oleh struktur di atasnya (*upper structure*) dengan sejajar sumbu tiang (*axial load*). Dalam perhitungan daya dukung tiang, di dapat dari data uji laboratorium yaitu terdiri dari pengujian *direct shear*, konsolidasi, *triaksial*, tekan bebas dan lain-lain. Sedangkan data uji lapangan terdiri dari CPT (*Cone Penetration Test*), SPT (*Standard Penetration Test*), dan lain-lain.

Metode *Meyerhof* (1976; 1983)

Rumus menghitung daya dukung *ultimate*:

$$Q_u = Q_b + Q_s \dots\dots\dots [1]$$

Dengan:

Q_u = Daya dukung ultimit tiang (kg)

Q_b = Daya dukung ultimit ujung tiang (kg)

Q_s = Daya dukung ultimit selimut tiang (kg)

Rumus menghitung daya dukung ujung:

$$Q_b = A_b \times q_c \dots \dots \dots [2]$$

Dengan:

Q_b = Daya dukung ujung (kg)

A_b = Luas penampang (cm²)

q_c = Tekanan rata-rata (kg/cm²)

Nilai q_c diambil dari rata-rata dari 4d di atas ujung tiang dan 1d dibawahnya.

Rumus menghitung daya dukung selimut:

$$Q_s = A_s \times f_s \dots \dots \dots [3]$$

Dengan:

Q_s = Daya dukung kulit (kg)

A_s = Luas selimut (cm²)

f_s = Tahanan dinding (kg/cm²)

Menurut *deRuiter* dan Beringen f_s dapat dicari dengan persamaan:

$$f_s = 0,05 \times a \times q_c \dots \dots \dots [4]$$

Dengan:

f_s = Tahanan gesek satuan, dengan nilai maksimum 1,2 kg/cm² (120 kPa)

a = Faktor adhesi, diambil 1 untuk lempung terkonsolidasi normal dan 0,5 untuk lempung terkonsolidasi berlebihan

q_c = Tahanan konus pada ujung tiang (kg/cm²)

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} \dots \dots \dots [5]$$

Dengan:

Q_u = Daya dukung batas (kg)

SF = Angka keamanan diambil 3 untuk beban tetap

Metode *Aoki dan De Alencar (1975)*

Dalam menentukan kapasitas daya dukung aksial ultimit (Q_u) dipakai Metode *Aoki dan De Alencar* mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data CPT. Kapasitas dukung ujung persatuan luas (q_b) diperoleh sebagai berikut:

$$q_b = \frac{q_{c(base)}}{F_b} \dots \dots \dots [6]$$

Dengan:

$q_{c(base)}$ = Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang dan 1,5D dibawah ujung tiang

F_b = Faktor empirik tahanan ujung tiang tergantung pada tipe tanah (Tabel 1.)

Tahanan kulit persatuan luas (f) diprediksi sebagai berikut:

$$f = q_{c(side)} \frac{\alpha_s}{F_s} \dots \dots \dots [7]$$

Keterangan:

$q_{c(side)}$ = Perlawanan konus rata-rata pada masing lapis sepanjang tiang

F_b = Faktor empirik tahanan ujung tiang tergantung pada tipe tanah (Tabel 1.)

F_s = Faktor empirik tahanan kulit tergantung pada tipe tanah (Tabel 1.)

Faktor F_b dan F_s diberikan pada Tabel 1. dan nilai-nilai faktor empirik α_s diberikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Faktor empirik F_b dan F_s (Titi dan Farsakh, 1999)

Tipe Tiang Pancang	F_b	F_s
Tiang Bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton Pratekan	1,75	3,5

Tabel 2. Nilai faktor empirik untuk tipe tanah yang berbeda (Titi dan Farsakh, 1999)

Tipe Tanah	α_s	Tipe Tanah	α_s	Tipe Tanah	α_s
Pasir	1,4	Pasir berlanau	2,2	Lempung berpasir	2,4
Pasir kelanauan	2,0	Pasir berlanau dengan lempung	2,8	Lempung berpasir dengan lanau	2,8
Pasir kelanauan dengan lempung	2,4	Lanau	3,0	Lempung berlanau dengan dengan pasir	3,0
Pasir berlempung dengan lanau	2,8	Lanau berlempung dengan pasir	3,0	Lempung berlanau	4,0
Pasir berlempung	3,0	Lanau berlempung	3,4	Lempung	6,0

Pada umumnya nilai α_s untuk pasir = 1,4 persen, nilai α_s untuk lanau = 3,0 persen dan nilai α_s untuk lempung = 1,4 persen.

Metode Meyerhof (1976; 1983)

Didalam perencanaan pondasi tiang pancang (*pile*), data tanah sangat diperlukan dalam merencanakan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang pancang sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung ultimit dari tiang pancang. Kapasitas daya dukung ultimit ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_b = A_b \times q_c \dots\dots\dots [8]$$

Dengan :

- Q_b = Tahanan ujung ultimate tiang (kg)
- A_b = Luas penampang ujung tiang (cm²)
- q_c = Tahanan konus pada ujung tiang (kg/cm²)

Pada peneliti ini hanya akan memfokuskan pada penggunaan metode langsung saja karena banyaknya data sondir. Metode langsung ini dikemukakan oleh beberapa ahli diantaranya Meyerhof, Tomlinson dan Bagemann. Pada metode langsung ini, kapasitas daya dukung ultimit (Q_u) yaitu beban maksimum yang dapat dipikul pondasi tanpa mengalami keruntuhan, dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_u = (q_c \times A_b) + (JHL \times K) \dots\dots\dots [9]$$

Dengan:

- Q_u = Kapasitas daya dukung maksimal / akhir (kg)
- q_c = Tahanan konus pada ujung tiang (kg/cm²)
- A_b = Luas penampang ujung tiang (cm²)
- JHL = Tahanan geser total sepanjang tiang (kg/m)
- K = Keliling tiang (cm)

Metode LCPC (1991)

Insinyur dari *Laboratorium Sentral Ponts et des Chaussees* (LCPC) di Perancis juga telah mengembangkan metode CPT berbasis (*Bustamante dan Gianceselli, 1982; Briaud dan Miran, 1991*). Metode ini berlaku untuk berbagai kondisi tanah dan mempertimbangkan baik tiang dan pondasi cor-di-tempat.

$$Q_b = k_b \times q_{ca} \dots\dots\dots [10]$$

Dengan:

- Q_b = Tahanan ujung ultimate tiang (kg)
- k_b = Faktor nilai konus (Tabel 3.)
- q_{ca} = Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang dan 1,5D dibawah ujung tiang

$$Q_s = f_s \times A_s \dots\dots\dots[11]$$

Dengan:

Q_s = Daya dukung kulit (kg)

A_s = Luas selimut (cm²)

f_s = Tahanan dinding (kg/cm²)

$$f_s = 0,05 \times a \times q_c \dots\dots\dots[12]$$

Dengan:

f_s = Tahanan gesek satuan, dengan nilai maksimum 1,2 kg/cm² (120 kPa)

a = Faktor adhesi, diambil 1 untuk lempung terkonsolidasi normal dan 0,5 untuk lempung terkonsolidasi berlebihan

q_c = Tahanan konus pada ujung tiang (kg/cm²)

Tabel 3. Nilai k_b (Titi dan Abu Farsakh, 1991)

Jenis tanah	Faktor konus ujung tiang	
	Drilling Pile	Driven Pile
Lempung dan Lanau	0,375	0,600
Pasir dan Kerikil	0,15	0,375
Kapur	0,200	0,400

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini dilakukan beberapa cara untuk dapat mengumpulkan data yang mendukung agar penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Beberapa cara yang dilakukan antara lain data yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder atau data yang telah diukur, dicatat dan didesain oleh instansi terkait. Kemudian data sekunder tersebut diolah menjadi data yang siap digunakan untuk menganalisis perhitungan selanjutnya, sehingga dapat mencapai tujuan penelitian.

Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data sekunder yang dibatasi pada data CPT sebanyak 15 titik yang didapat dari beberapa proyek di daerah Surakarta. Adapun maksud dan tujuan CPT yaitu untuk mengetahui perlawanan tahanan penetrasi konus dari setiap lapisan tanah, yang dinyatakan dalam kg/cm² dan hambatan lekat, yaitu gaya gesekan selimut konus dan bikonus yang dinyatakan dalam satuan kg/cm. hasil pengujian ini akan digunakan untuk melakukan perhitungan daya dukung tanah berdasarkan perlawanan ujung konus dan hambatan lekat.

Sepesifikasi Tiang yang digunakan diameter pondasi *minipile* & sumuran yaitu : Ø25 cm, Ø30 cm dan Ø35 cm. Dengan kedalaman yang berbeda pada tiap data yang didapat.

Tahap Penelitian

Tahapan penelitian harus dilaksanakan sehingga tercapai maksud dan tujuan dari penelitian tersebut. Seperti diketahui pada Bab 1, tujuan penelitian adalah memperoleh hasil perbandingan kapasitas dukung pondasi *minipile* dan sumuran berdasarkan perhitungan hasil uji CPT. Berdasarkan metode-metode yang akan digunakan dalam perhitungan, kemudian membuat suatu kesimpulan maupun saran.

Dalam mencapai tujuan tersebut maka dilakukan tahapan-tahapan yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :

1. Tahap pertama

Melakukan studi pustaka dan dentifikasi yang berkaitan dengan penelitian tentang penggunaan teori dan persamaan yang sesuai, serta pendekatan yang akan digunakan. Tahapan ini perlu dilakukan mengingat permasalahan tanah sangat kompleks. Sebagai contoh: jenis tanah di lapangan dianggap lempung berlanau berkonsistensi lunak mulai dari permukaan tanah hingga kedalaman ± 4 meter.

2. Tahap kedua

Pada tahap ini dilakukan perhitungan kapasitas dukung pondasi minipile dengan Metode *Meyerhof*, Metode LCPC dan sumuran dengan Metode *Meyerhof* dan Metode *Aoki* dan *De Alencar* pada hasil uji CPT, sesuai dengan teori dan formula yang telah dibahas pada tinjauan pustaka. Data-data yang diperoleh yaitu dari laporan penyelidikan tanah di lapangan maupun data dari hasil pengujian di laboratorium. Pada tahap ini metode yang digunakan untuk perhitungan kapasitas dukung pondasi *minipile* dan sumuran.

3. Tahap Ketiga

Membandingkan kapasitas dukung pondasi *minipile* dan sumuran hasil uji CPT, beserta penurunan yang terjadi dari pondasi *minipile* dan sumuran dihitung dengan rumus-rumus dari beberapa metode yang telah disebutkan pada tahap sebelumnya.

4. Tahap keempat

Melakukan analisa dan pembahasan dari hasil keseluruhan yang sudah dijelaskan pada tahap-tahap sebelumnya yang berupa tabel.

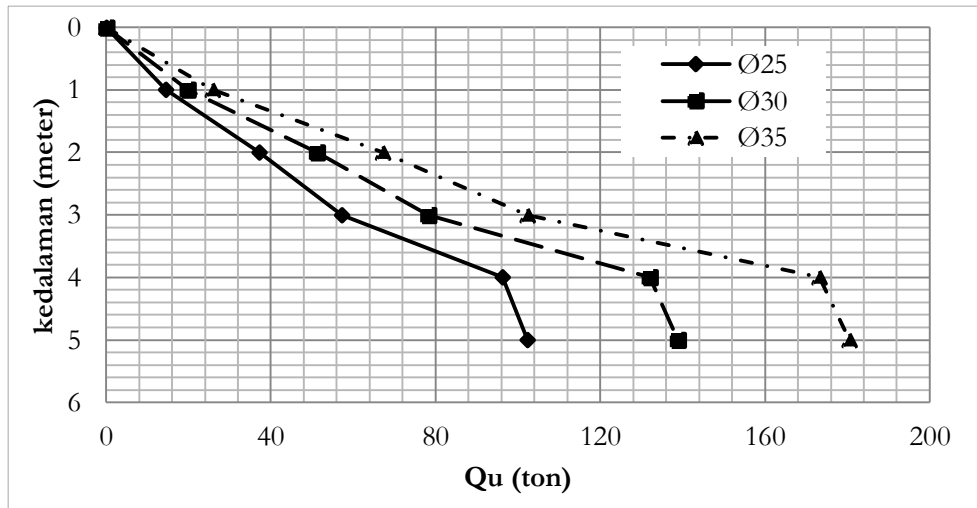
5. Tahap kelima

Mengambil kesimpulan dari penelitian ini yang telah dijelaskan dari tahap awal sampai akhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kapasitas dukung pondasi tiang dilakukan dengan cara perhitungan manual yaitu dengan menggunakan rumus-rumus yang sering digunakan yaitu *Meyerhof*, LCPC dan *Aoki* dan *De Alencar*.

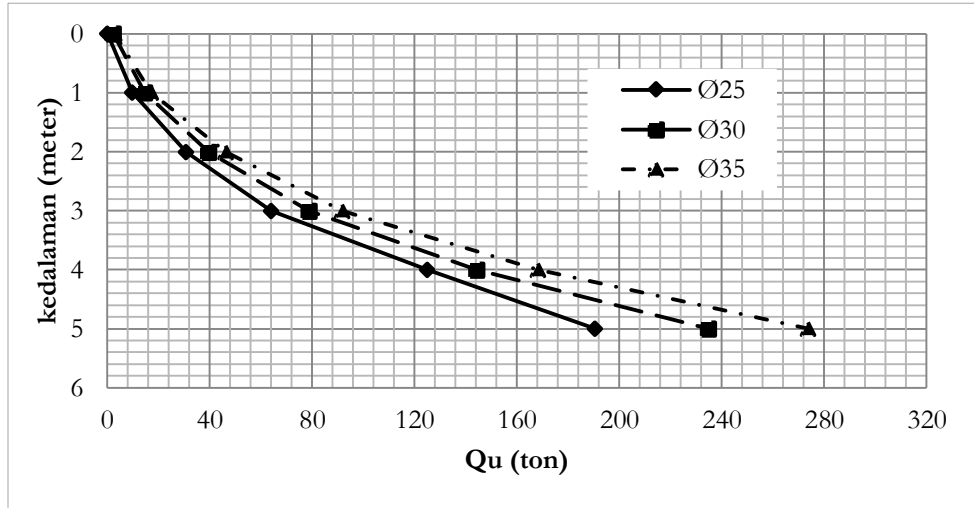
- Minipile dengan rumus *Meyerhof* Ø25 cm, 30 cm, 35 cm. Untuk hasil perhitungan pada dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan antara beban ultimit dengan kedalaman pada metode *Meyerhof*

Dilihat dari Gambar 1. didapatkan semakin dalam pondasi setiap diameter menunjukkan nilai yang semakin besar. Setelah kedalaman 4 meter ada perbedaan perilaku yang menunjukkan hampir tidak terjadi kenaikan nilai Q_u pada setiap diameter.

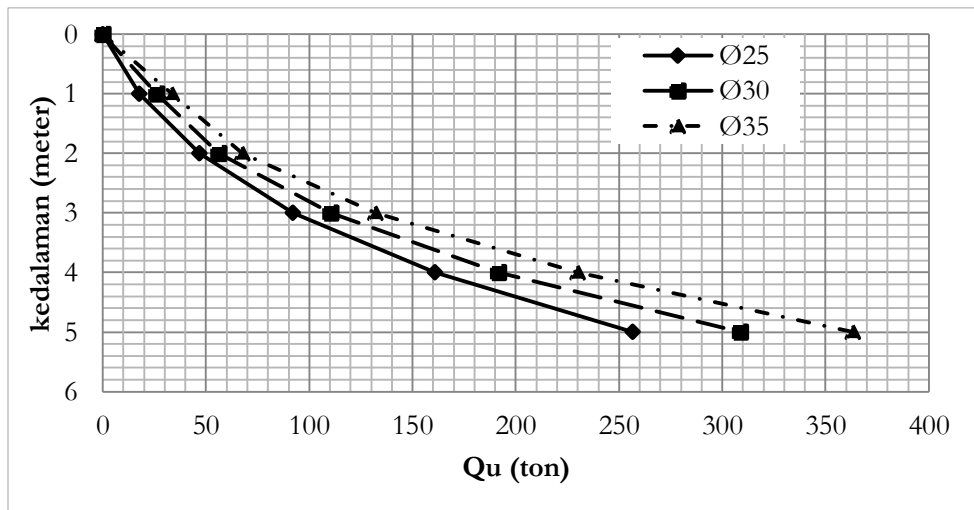
- b. Minipile dengan rumus LCPC Ø25 cm, 30 cm, 35 cm. Untuk hasil perhitungan pada dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara beban ultimit dengan kedalaman pada metode LCPC

Dilihat dari Gambar 2. didapatkan semakin dalam pondasi setiap diameter menunjukkan nilai yang semakin besar.

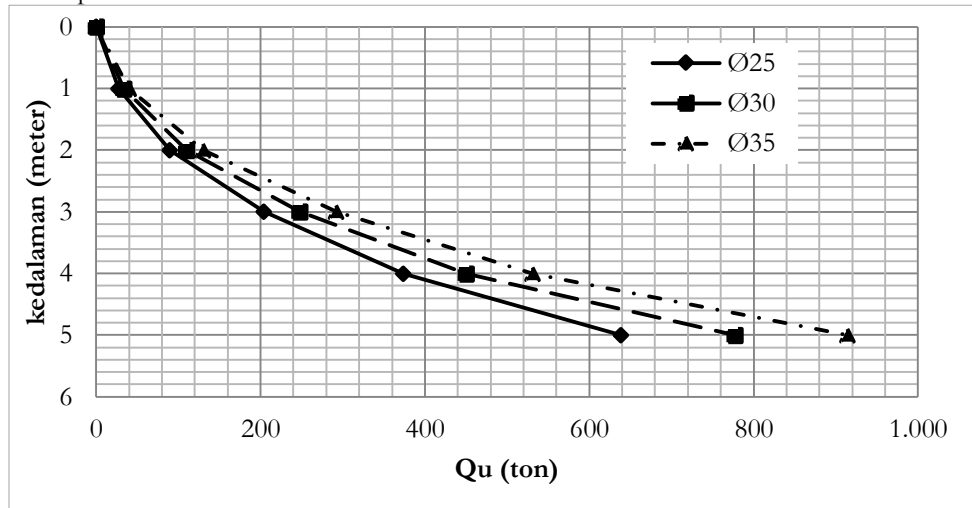
- c. Sumuran dengan rumus Meyerhof Ø25 cm, 30 cm, 35 cm. Untuk hasil perhitungan pada dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara beban ultimit dengan kedalaman pada metode Meyerhof

Dilihat dari Gambar 3. didapatkan semakin dalam pondasi setiap diameter menunjukkan nilai yang semakin besar

- d. Sumuran dengan rumus Aoki dan De Alencar Ø25 cm, 30 cm, 35 cm. Untuk hasil perhitungan pada dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara beban ultimit dengan kedalaman pada Metode Aoki dan De Alencar

Dilihat dari Gambar 4. didapatkan semakin dalam pondasi setiap diameter menunjukkan nilai yang semakin besar karena banyak menggunakan faktor empirik yaitu F_b , F_s , $q_c(\text{base})$, $q_c(\text{side})$.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil analisis kapasitas Daya Dukung Tanah

1. Perbandingan antara Metode Meyerhof dan Metode LCPC, setelah kedalaman 4 meter ada perbedaan nilai, yaitu metode LCPC Ø25 cm menunjukkan hasil 125,07 ton, sedangkan Meyerhof Ø25 cm menunjukkan hasil 96,21 ton.
2. Perbandingan menunjukkan bahwa hasil Q_u (daya dukung) dari metode Meyerhof dan metode Aoki dan De Alencar menunjukkan perbedaan yang signifikan, yaitu metode Aoki dan De Alencar Ø25 cm pada kedalaman 5 meter memberikan hasil 638,60 ton, sedangkan Meyerhof Ø25 cm memberikan hasil 256,73 ton. Hal ini terjadi karena banyak menggunakan faktor empirik yaitu F_b , F_s , $q_c(\text{base})$, $q_c(\text{side})$.
3. Perbandingan antar pondasi minipile dan sumuran menggunakan Metode Meyerhof, setelah kedalaman 4 meter, ada perbedaan nilai antara pondasi minipile dan sumuran, yaitu pondasi sumuran Ø25 cm memberikan hasil 161,01 ton menunjukkan kenaikan, sedangkan minipile Ø25 cm memberikan hasil 96,21 ton.

SARAN

Dari hasil kesimpulan serta hasil penelitian, maka disarankan:

1. Sebelum melakukan proses analisa hendaknya memperhatikan untuk memperoleh data yang lengkap, karena data tersebut sangat menunjang dalam membuat rencana analisis;
2. Jumlah data diperbanyak, agar dapat menentukan sebaran daya dukung *ultimate* (Q_u) yang lebih mendetail.

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya ucapkan terimakasih kepada ibu Niken Silmi dan ibu Noegroho Djarwanti atas banyak diskusi dan saran hingga selesainya skripsi ini.

REFERENSI

Hardiyatmo, H.C, 2002, *Mekanika Tanah 1*, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Hardiyatmo, H.C, 2010, *Analisis dan Perancangan Fondasi Bagian Idan II*, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Titi, H. H. and Farsakh, M. A. Y., 1999, *Evaluation of Bearing Capacity of Piles from Cone Penetration Test*, Louisiana Transportation Research Center.
- Nainggolan, D, 2013, *Analisa Caya Dukung Pondasi Kelompok Minipile Pabrik PKO PTPN III SeiMangkei*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sumatra Utara.
- Girsang, P, 2009, *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Tunggal pada Proyek Pembangunan Gedung Crystal*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sumatra Utara.
- Nuridin, M, 2014, *Analisis Sistem Pondasi Pile-Raft pada Pembangunan Rumah Sakit Mitra Keluarga Depok*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Gunadarma.
- Iskandar, R, 2013, *Analisa Daya Dukung dan Penurunan Elastis Tiang Pancang Beton Ø0,5m Jembatan Sungai Penara*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sumatra Utara.
- Rosita, S, 2014, *Perbandingan Kapasitas Dukung Pondasi Minipile dengan Rumus Statis, Hasil Uji SPT dan Hasil Uji PDA*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Pramana, H, 2015, *Perbandingan Kapasitas Dukung Pondasi Minipile dengan Rumus Dinamis, Hasil Uji SPT dan Hasil Uji PDA*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.
- Fransila, O, 2015, *Analisa Korelasi Dimensi Penampang dan Panjang Pondasi Borepile dengan Metode Reese O'neill Terhadap Metode Terzaghi and Peck*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret.