

KONTRIBUSI BENTUK PENAMPANG TIANG TERHADAP BEBAN MAXIMUM YANG DITERIMA PONDASI UNTUK PERENCANAAN PONDASI PADA TANAH LEMPUNG DENGAN DATA CPT SURABAYA

Isnaniati

Program Studi Teknik Sipil , Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No.59 Surabaya, Telp 031-3811966
Email: isnaniati65@gmail.com

Abstract

Surabaya city is generally dominated by clay soil. This type of soil has several problems such as low coefficient of permeability, large settlement, and low bearing capacity. Pile foundation is common foundation type applied in clay soil which bedrock layer is relatively deep enough from ground surface. Moreover, pile foundation also has various shapes of cross section which can be applied in field. The maximum load applied to foundation should be taken into account in order the maximum load (Q_{max}) does not exceed the allowable bearing capacity of soil ($Q_{allowable}$).

By comparing the cross sections of pile foundation including circle, square, and hexagon, the behaviour of maximum load applied to foundation (Q_{max}) is investigated based on the results of CPT (Cone Penetrasi Test) using "Philliponnat" method with variations of diameter are 0,3; 0,4; 0,5m at the test locations of (S1, S2 & S3) in order to obtain $Q_{max} < Q_{allowable}$.

The result of this study indicates that maximum load (Q_{max}) at the locations of S1, S2 & S3, sorted from the greatest to smallest, are obtained by the cross section shapes of square, circle, and hexagon. Thereunto, the percentage of maximum load (% Q_{max}) to the cross section of square at S1 are 100% for square, 79.84% for circle, and 72.01% for hexagon. In addition, at S2 are 100% for square, 74% for circle, and 70,28% for hexagon. The % Q_{max} at S3 are 100% for square, 95,19% for circle, and 78,82% for hexagon.

Key words: CPT, pile bearing capacity, pile group

ABSTRAK

Pada umumnya tanah di Surabaya merupakan tanah yang didominasi dengan tanah lempung. Tanah ini merupakan tanah yang sangat bermasalah karena mempunyai koefisien rembesan yang sangat kecil, kemampuan yang besar dan daya dukung tanah yang sangat rendah. Pondasi tiang merupakan pondasi yang biasanya digunakan di lapangan untuk kondisi tanah lempung yang tanah kerasnya berada jauh di bawah permukaan tanah, serta banyaknya alternatif bentuk dasar penampang tiang yang digunakan di lapangan. Beban maximum yang diterima pondasi perlu diperhitungkan agar beban yang diterima pondasi (Q_{max}) tidak melebihi daya dukung ijin (Q_{ijin}) tanahnya.

Dengan cara membandingkan bentuk penampang tiang lingkaran, persegi dan segi-enam dilakukan penyelidikan terhadap perilaku beban max (Q_{max}) yang diterima pondasi berdasar hasil CPT (Cone Penetrasi Test) metoda "Philliponnat" dengan variasi diameter 0,3; 0,4; 0,5m pada titik sondir (S1, S2 & S3) sehingga diperoleh $Q_{max} < Q_{ijin}$.

Dari penelitian ini diperoleh beban max (Q_{max}) pada S1, S2 & S3 mulai terbesar sd terkecil berturut-turut adalah bentuk penampang persegi, bentuk penampang lingkaran, bentuk penampang segi enam. Dengan % Q_{max} terhadap bentuk persegi pada S1 adalah bentuk persegi 100%, bentuk lingkaran 79.84%, bentuk segi enam 72.01% sedangkan % Q_{max} terhadap bentuk persegi pada S2 adalah bentuk persegi 100%, bentuk lingkaran 74%, bentuk segi enam 70.28% dan % Q_{max} terhadap bentuk persegi pada S3 adalah bentuk persegi 100%, bentuk lingkaran 95.19%, bentuk segi enam 78.82%.

Kata kunci : CPT, daya dukung tiang pancang, tiang pancang kelompok

PENDAHULUAN

Tanah lempung merupakan tanah lunak yang bermasalah apabila di atasnya didirikan suatu bangunan terutama bangunan bertingkat. Suatu daerah yang tanahnya merupakan tanah lempung umumnya letak tanah kerasnya berada jauh di bawah permukaan tanah. Tanah lempung mempunyai koefisien rembesannya yang sangat kecil, kompresibilitasnya yang tinggi, daya dukungnya yang sangat rendah, kemampuan yang besar (Isnaniati 2011).

Pondasi tiang merupakan pondasi yang biasa dipakai untuk kondisi tanah lempung yang letak tanah kerasnya berada jauh di bawah permukaan tanah dan pemilihan bentuk dasar penampang tiang akan sangat mempengaruhi besarnya daya dukung tanah. Suatu pondasi dikatakan aman apabila dalam perencanaannya memperhitungkan besarnya daya dukung tanah dan

penurunan total. Bentuk Penampang Tiang persegi memiliki Daya Dukung Tanah yang paling besar dibanding lingkaran (Isnaniati 2007), berdasar data tanah CPT diperoleh perilaku macam-macam bentuk dasar penampang tiang (persegi, lingkaran dan segienam) berupa besarnya daya dukung pondasi, jumlah tiang dalam grup pile dan besarnya penurunan (Isnaniati 2013).

Penelitian ini hanya diaplikasikan pada jenis tanah lempung daerah Surabaya dan bentuk dasar penampang tiang lingkaran, segi empat, dan segi enam. Dengan diketahuinya perilaku bentuk penampang tiang tersebut maka dapat diperoleh besarnya daya dukung tanah yang paling besar, jumlah tiang dalam group pile yang paling sedikit dan besarnya penurunan yang paling kecil sehingga diperoleh bentuk penampang tiang yang

paling efektif untuk digunakan dalam perencanaan pondasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Daya Dukung Pondasi Tiang Berdasarkan Hasil CPT

Alat sondir atau Cone Penetrometer Statis (CPT) berupa tabung silinder dengan ujung bawahnya berbentuk konus dimasukkan ke dalam tanah dengan bantuan piston berkecepatan lambat dan konstan. Secara terpisah atau bersamaan hambatan lekatan lateral (Froierment, Friction laterale) dapat diukur dengan bantuan sebuah mantel dari tabung sondir yang terletak diatas elemen konus diujungnya. Daya dukung pondasi merupakan kemampuan pondasi / tanah dalam menerima beban dari atas yang diwujudkan dalam bentuk daya dukung ultimate atau daya dukung tanah maximum pada pondasi ,

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

Dimana,

Q_{ult} : daya dukung tanah maximum pada pondasi (daya dukung ultimate)ton

Q_p : resistance ultimate didasar pondasi ton

Q_s : resistance ultimate akibat lekatan lateral ...ton

Daya dukung nominal total atau daya dukung tanah maximum sebuah tiang pondasi menurut “**Philipponnat**” (Philipponant ,1980)

$$Q_N = (Q_p)_a + (Q_s)_a$$

Daya dukung ujung tiang , sbb :

$$(Q_p)_a = \frac{A \cdot q_p}{2}$$

dimana,

A : section tiang bagian bawahm²

q_p : unsur ujung tiang

$$q_p = \alpha_p \cdot R_p$$

dengan
$$\bar{R}_p = \frac{1}{6B} \int_{Z_p, 3B}^{Z_p, 3B} R_p(z) dz$$

R_p : data konus diambil rata-rata sepanjang 3B diatas hingga 3B dibawah dasar pondasi.

Z_p : pondasi ujung bawah tiang

α_p : Koefisien (lihat tabel) .

B : diameter tiangm

Daya dukung lekatan, sbb:

$$(Q_s)_a = \frac{P}{2} \sum f_{ui} \cdot h_i$$

Dimana,

P : Keliling tiang

f_{ui} : lekatan lateral batas dari lapisan i setebal h_i

Tabel .1. Koefisien α_p

Jenis Tanah	α_p
Lempung dan kapur	0,50
Lanau	0,45
Pasir	0,40
Kerikil	0,35

sumber: Herman Wahyudi (1999)

Unsur Lekatan (Frotterment)

$$f_U = \alpha_f \frac{R_p}{\alpha_s}$$

Dimana,

α_s, α_f : koefisien, fungsi dari tanah

dan type tiang (tabel 2.2 & 2.3)

$$\sum h = D : \text{Kedalaman tiang}$$

Tabel 2. Koefisien α_s

Jenis Tanah	α_s
Lempung dan kapur	50
Lanau, lempung berpasir	60
Pasir berlempung	
Pasir lepas	100
Pasir sedang	150
Pasir padat	
Kerikil	200

sumber: Herman Wahyudi (1999)

Tabel 3. Koefisien α_f

Bahan Tiang	Type Tiang	α_f
Beton	Tiang dipancang	1,25
	Tiang dibor dan divibrasi	1
	Tiang diinjeksi	0,85
	Tiang dibor untuk 1,50m	
Baja	Tiang dibor dengan 1,50m	0,75
	Tiang profil H	0,10
	Tiang baja dipancang	0,60
	Tiang baja terbuka dipasang dengan cara Benoto	0,30

sumber: Herman Wahyudi (1999)

Daya Dukung Ijin Vertikal Tiang ($Q_{v\text{ijin}}$)

Menentukan daya dukung ijin tiang (Q_{ijin}) dilakukan dengan membagi daya dukung ultimate terhadap safety factor (Angka keamanan)

$$Q_{v\text{ijin}} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

Nilai angka keamanan (SF) ,untuk pondasi adalah 2 s/d 4 (menurut beberapa ahli) sedangkan untuk tiang pancang min 2.5 (Tomlinson, 1977), hal ini dilakukan untuk mengantisipasi adanya variasi lapisan tanah.

Daya dukung Tiang Kelompok (Group Pile)

Pada saat tiang merupakan bagian dari sebuah grup ,daya dukungnya mengalami modifikasi karena pengaruh dari grup tiang tersebut. Dari problema ini dapat dibedakan dua fenomena sbb:

- Pengaruh group disaat pelaksanaan pamancangan tiang-tiang.
- Pengaruh group akibat sebuah beban yang bekerja. Pada saat tiang dipancang dalam tanah kohesif jenuh air , kenaikan tegangan air pori dapat menurunkan

shear resistance dari tanah disekelilingnya hingga 15 s/d 30% (Herman Wahyudi, 1999)

Untuk memulihkan kekuatan semula , memerlukan waktu yang bervariasi tergantung dari jenis tanah dan cara eksekusi tiang pondasinya. Beberapa variasi waktu tersebut adalah seperti tabel 4 :

Tabel.4. Variasi waktu berdasar type pondasi

Type tanah \ Type pondasi	Pasir padat	Lanau & pasir lepas jenuh air	Lempung
Tiang dibor	1 bln	1 bln	1 bln
Tiang dipancang	8 hari	20 hari	1 bln

sumber: Herman Wahyudi (1999)

Proses pemancangan dapat menurunkan kepadatan disekeliling tiang untuk tanah yang sangat padat. Namun untuk kondisi tanah didominasi oleh pasir lepas atau dengan tingkat kepadatan disekitar tiang sedang , pemancangan dapat menaikkan kepadatan bila jarak antara tiang 7 s/d 8 diameter.

Untuk daya dukung group pondasi harus dikoreksi terlebih dahulu dengan apa yang disebut koefisien koreksi C_e

$$Q_{ult(group)} = Q_{ult(1tiang)} \times n \times C_e$$

Dimana,

n = jumlah tiang dalam group

C_e = koefisien koreksi

Koefisien koreksi menurut Converse – Labarre :

$$C_e = 1 - \frac{\arctan(\phi / S)}{90^\circ} \cdot \left\{ 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right\}$$

Dimana,

ϕ : diameter tiang = B m

m : Jumlah baris tiang dalam group

n : Jumlah kolom tiang dalam group

S : Jarak antar tiang (jarak as tiang–as tiang)

Berdasarkan pada perhitungan, daya dukung tanah oleh Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L,mensyaratkan :

$$S \geq 2,5 \cdot B$$

$$S \leq 3 \cdot B$$

Repartisi Beban-Beban diatas Tiang Kelompok:

- Tiang Yang Menerima Beban Vertikal, horisontal dan Momen ,maka besarnya vertikal ekivalen yang bekerja pada sebuah tiang , sbb:

$$Q_{max} = \frac{\Sigma V}{n} \pm \frac{My \cdot X_{max}}{\Sigma X^2} \pm \frac{Mx \cdot Y_{max}}{\Sigma Y^2}$$

Dimana :

Q_{max} : Beban max yang diterima oleh tiang pancang (ton)

ΣV : Jumlah total beban normal (ton)

$V1$: Beban luar /vertikal yang bekerja (ton)

$V2$: Berat poer (ton)

n : Banyaknya tiang dalam dalam kelompok (pile group)

My : Momen yang bekerja pada bidang tegak lurus sumbu y (tonm)

Mx : Momen yang bekerja pada bidang tegak lurus sumbu x (ton.m)

X_{max} : Absis terjauh tiang terhadap titik berat ke kelompok tiang (m)

Y_{max} : Ordinat terjauh tiang terhadap titik berat ke kelompok tiang (m)

ΣX^2 : Jumlah kuadrat ordinat-ordinat tiang(m²)

ΣY^2 : Jumlah kuadrat absis-absis tiang (m²)

▪ **Kontrol Beban Maksimum Terhadap Daya Dukung Ijin Tiang**

$$\frac{Q_{max}}{C_e} \leq Q_{ijin}$$

Dimana :

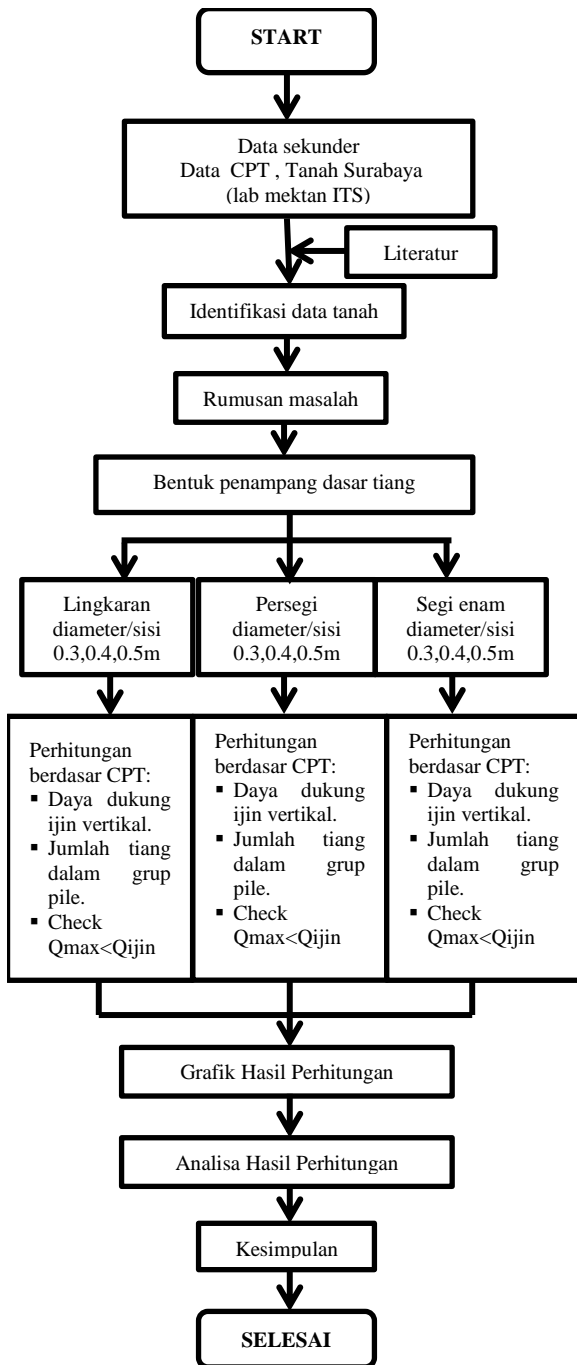
Q_{max} : beban maksimum yang diterima oleh tiang pancang (ton)

Q_{ijin} : Daya dukung ijin satu tiang (ton)

C_e : Koefisien koreksi

METODOLOGI PENELITIAN

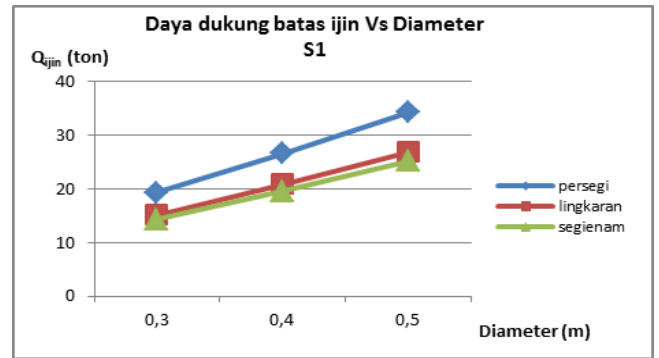
Untuk memilih bentuk penampang dasar pondasi tiang yang paling efektif antara bentuk penampang lingkaran , segi empat, segi enam pada tiang pondasi , digunakan variasi diameter penampang tiang 0.3m, 0.35m, 0.4m, dengan data contoh tanah daerah Surabaya dengan menggunakan beban asumsi. Urutan metodologi seperti flow chart pada gambar 1.



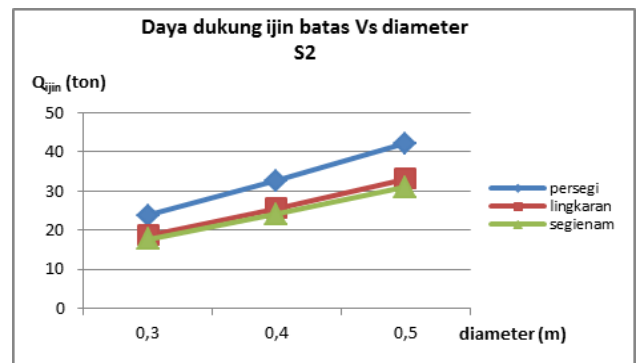
Gambar 1. Flowchart Metodologi Penelitian

GRAFIK HASIL & PEMBAHASAN
Daya dukung Ijin Tanah arah Vertikal

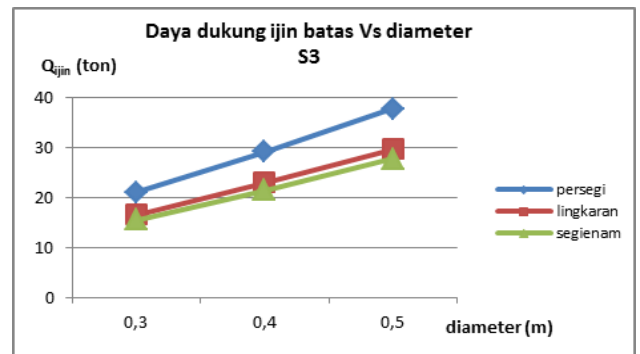
Hasil perhitungan daya dukung ijin vertikal disajikan dalam bentuk grafik .
Daya dukung arah vertikal untuk titik sondir 1,2 & 3 (S1, S2 & S3) sbb :



Gambar 2. Grafik Hubungan Q_{ijin} Vs Diameter tiang pancang untuk data Sondir (S1)



Gambar 3. Grafik Hubungan Q_{ijin} Vs Diameter tiang pancang untuk data Sondir (S2)



Gambar 4. Grafik Hubungan Q_{ijin} Vs Diameter tiang pancang untuk data Sondir (S3)

Analisa daya dukung arah vertikal.

Pada grafik gambar 2 sd 4 titik sondir (S1, S2, S3) menunjukkan hubungan antara besarnya daya dukung ijin vertikal terhadap diameter tiang dapat dianalisa sbb :

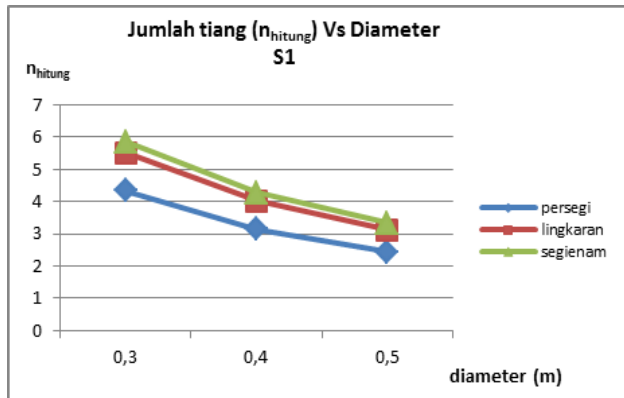
1. Pada gambar 2 sd 4 grafik titik sondir 1, 2 & 3 (S1,S2 & S3) pada diameter yang sama (0,3; 0,4; 0,5m) berturut-turut yang mempunyai harga Q_{ijin} paling besar sd yang terkecil adalah bentuk penampang persegi , bentuk penampang lingkaran, bentuk penampang segi enam. Hal ini dikarenakan bentuk penampang persegi mempunyai luas penampang dasar tiang (A) & keliling tiang (p) paling besar yang berakibat daya dukung ujung tiang (Q_{pa}) & daya dukung

lekatan (Q_{s_a}) menjadi besar *sehingga* daya dukung ultimate (Q_{ult}) & daya dukung ijin tanahnya (Q_{ijin}) menjadi semakin besar pula.

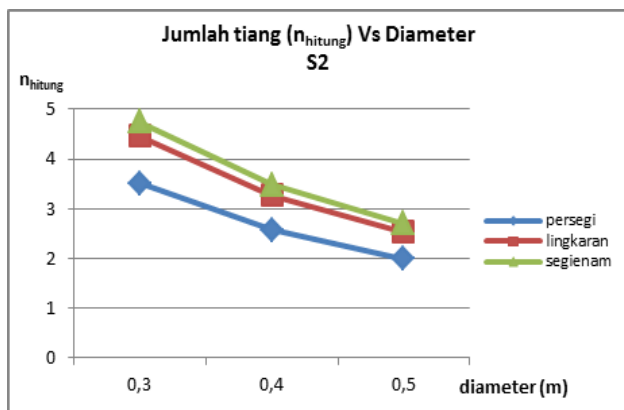
2. Tampak dari hasil gambar 2 sd 4 yang mempunyai daya dukung ijin terbesar sd terkecil berturut-turut adalah S2 diikuti S3 dan S1. Hal ini dikarenakan pada data S2 mempunyai nilai conus rata-rata paling besar diikuti nilai conus pada S3 dan S1 yang berakibat dukung ujung tiang (Q_{p_a}) & daya dukung lekatan (Q_{s_a}) besar *sehingga* daya dukung tanah ultimate (Q_{ult}) & daya dukung ijin tanahnya (Q_{ijin}) menjadi semakin besar.

Jumlah Tiang dalam Grup Pile

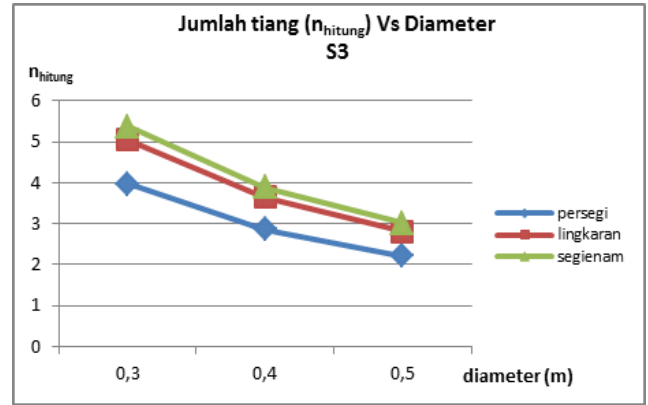
Hasil perhitungan jumlah tiang dalam grup pile disajikan dalam bentuk grafik sbb :
Jumlah tiang untuk data sondir 1, 2 & 3 (S1,S2 & S3) sbb :



Gambar 5. Grafik Hubungan n_{hit} Vs Diameter tiang pancang untuk data Sondir (S1)



Gambar 6. Grafik Hubungan n_{hit} Vs Diameter tiang pancang untuk data Sondir (S2)



Gambar 7. Grafik Hubungan n_{hit} Vs Diameter tiang pancang untuk data Sondir (S3)

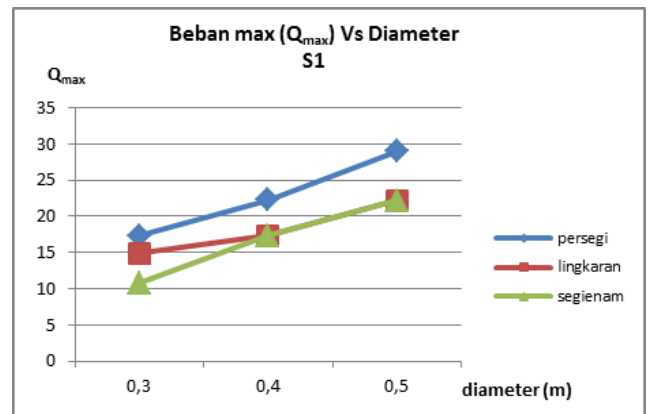
Analisa Jumlah tiang dalam grup pile.

1. Pada gambar 5 sd 7 grafik titik sondir 1, 2 & 3 (S1,S2 & S3) pada diameter yang sama (0,3; 0,4; 0,5m) menunjukkan kecenderungan yang sama yaitu jumlah tiang paling sedikit sd terbanyak berturut-turut bentuk penampang persegi, bentuk penampang lingkaran, bentuk penampang segienam . Hal ini *dikarenakan* bentuk penampang persegi mempunyai daya dukung ijin tanahnya (Q_{ijin}) paling besar *sehingga* diperoleh jumlah tiang (n_{hitung}) paling kecil.
2. Tampak dari hasil gambar 5 sd 7 yang mempunyai jumlah tiang (n_{hitung}) paling kecil sd terbesar berturut-turut adalah S2 diikuti S3 dan S1. Hal ini dikarenakan pada S2 nilai conusnya besar, daya dukung ijin tanahnya (Q_{ijin}) paling besar *sehingga* diperlukan jumlah tiang (n_{hitung}) paling kecil.

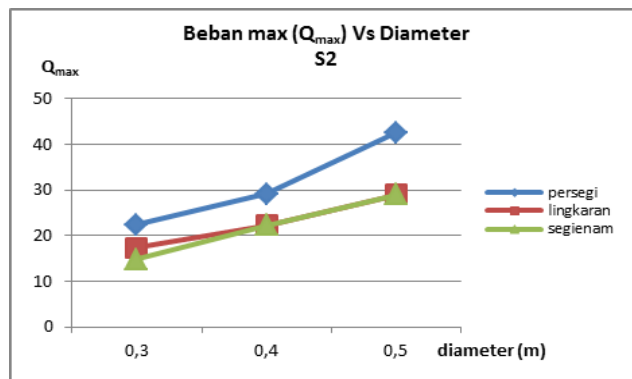
Beban max diatas tiang kelompok

Agar beban yang bekerja pada sebuah pondasi tidak melebihi besarnya daya dukung ijin tanah ($Q_{max} < Q_{ijin}$) maka perlu dihitung beban max ($P_v = Q_{max}$) yang bekerja pada tiang kelompok dengan hasil perhitungan disajikan dalam bentuk grafik sbb:

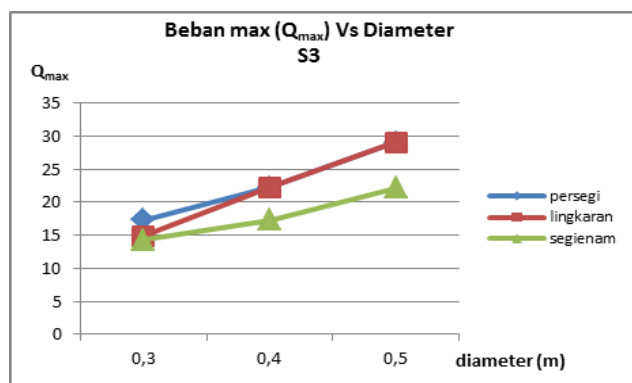
Jumlah tiang untuk data sondir (S1, S2 & S3) sbb:



Gambar 8. Grafik Hubungan Q_{max} Vs Diameter tiang pancang untuk data Sondir (S1)



Gambar 9. Grafik Hubungan Q_{max} Vs Diameter tiang pancang untuk data Sondir (S2)



Gambar 10. Grafik Hubungan Q_{max} Vs Diameter tiang pancang untuk data Sondir (S3)

Analisa Beban max yang diterima pondasi .

1. Pada gambar 8 sd 10 grafik titik sondir 1,2,3 (S1,S2,S3) pada diameter yang sama (0,3; 0,4; 0,5m) secara umum menunjukkan Q_{max} paling besar sd terkecil berturut-turut bentuk penampang persegi, bentuk penampang lingkaran, bentuk penampang segienam. Hal ini dikarenakan bentuk penampang persegi mempunyai jumlah tiang (n_{hitung}) paling kecil sehingga jumlah tiang (n_{pakai}) juga kecil yang berakibat Q_{max} besar .
2. Tampak dari hasil gambar 8 sd 10 yang mempunyai jumlah tiang Q_{max} paling kecil sd terbesar berturut-turut adalah S2 diikuti S3 dan S1. Hal ini dikarenakan pada S2 mempunyai nilai conus besar , daya dukung ijin tanahnya (Q_{ijin}) paling besar , n_{hitung} kecil sehingga berakibat Q_{max} besar.

KESIMPULAN & SARAN

Kesimpulan:

1. Daya dukung ijin tanah (Q_{ijin}) terbesar sd terkecil berturut-turut adalah bentuk penampang persegi diikuti bentuk penampang lingkaran, bentuk penampang segienam . Hal ini dikarenakan bentuk penampang persegi mempunyai luas penampang dasar tiang (A) & keliling tiang (p) paling besar yang berakibat daya dukung ujung tiang (Q_{pa}), daya dukung lekatan (Q_{sa}) menjadi

besar sehingga daya dukung ultimate (Q_{ult}) & daya dukung ijin tanahnya (Q_{ijin}) menjadi semakin besar.

2. Daya dukung ijin tanah (Q_{ijin}) terbesar sd terkecil berturut-turut adalah titik sondir S2 diikuti S3 dan S1. Hal ini dikarenakan pada data S2 mempunyai nilai conus rata-rata paling besar diikuti nilai conus pada S3 dan S1 yang berakibat dukung ujung tiang (Q_{pa}) daya dukung lekatan (Q_{sa}) sehingga daya dukung tanah ultimate (Q_{ult}) & daya dukung ijin tanahnya (Q_{ijin}) menjadi semakin besar.
3. Jumlah tiang terkecil (n_{hitung}) paling kecil sd terbanyak berturut-turut bentuk penampang persegi, bentuk penampang lingkaran, bentuk penampang segienam . Hal ini dikarenakan bentuk penampang persegi mempunyai daya dukung ijin tanahnya (Q_{ijin}) paling besar sehingga diperoleh jumlah tiang (n_{hitung}) paling kecil.
4. Jumlah tiang (n_{hitung}) paling kecil sd terbesar berturut-turut adalah S2 diikuti S3 dan S1. Hal ini dikarenakan pada S2 daya dukung ijin tanahnya (Q_{ijin}) paling besar sehingga diperlukan jumlah tiang (n_{hitung}) paling kecil.
5. Beban max (Q_{max}) terbesar sd terkecil berturut-turut adalah bentuk penampang persegi, bentuk penampang lingkaran, bentuk penampang segienam . Hal ini dikarenakan bentuk penampang persegi mempunyai daya dukung ijin tanahnya (Q_{ijin}) paling besar sehingga diperoleh jumlah tiang (n_{hitung}) paling kecil yang berakibat Q_{max} besar.
6. Beban max (Q_{max}) terbesar sd terkecil berturut-turut adalah titik sondir S2 diikuti S3 dan S1. Hal ini dikarenakan pada data S2 mempunyai nilai conus rata-rata paling besar diikuti nilai conus pada S3 dan S1 sehingga daya dukung ijin tanahnya (Q_{ijin}) besar, jumlah tiang (n_{hitung}) kecil yang berakibat Q_{max} besar.

Saran:

- Adanya hasil % bentuk lingkaran pada titik sondir (S3) yang mendekati bentuk persegi perlu dilakukan penelitian dengan menggunakan data N-SPT agar diketahui hasil yang lebih valid .

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles. (1992). Analisa Dan Disain Pondasi. Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M, terjemahan oleh Noor Endah dkk. (1995). Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis. Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M. (Second Edition). Principles of Foundation Engineering. Company Boston.
- Cone Penetration Testing and Experience. (1981). Proceedings of the session by the Geotechnical Engineering Division at the ASCE National Convention. St Louis, Missouri, USA.
- Isnaniati. (2007). " Analisa Pengaruh Bentuk Penampang

- Tiang terhadap Daya Dukung Tanah pada Tanah Lempung”. Jurnal Light, Vol.4, No. 1, Hal 12-17. Fakultas Teknik , UMSurabaya
- Isnaniati. (2013). “Optimalisasi Daya Dukung Tanah dan Penurunan Melalui Pemilihan Bentuk Dasar Penampang Pondasi Tiang Pada Tanah Lempung”. Proseeding SNTT-FGDT.
- Paulos and Davis. (1980). Pile Foundation Analysis and Design. The University and Sydney.
- Philipponat, G. (1980). Methode pratique de calcul d’un pieu isole a l’aide du penetrometre statique. Rev Fr Geotech10:55–64.
- SNI 2827-2008. (2008). Cara uji Penetrasi Lapangan dengan alat sondir.
- Tomlinson, M. J. (1977). Foundation Design and Construction. edisi ke 5. Longman Scientific and Technical, New York.
- Wahyudi, Herman. (1991). Daya Dukung Pondasi Dalam. ITS, Surabaya