

Studi Daya Dukung Fondasi Tiang Pada Tanah Lempung Teguh Berdasarkan Pembebanan Kepala Tiang Dan Pergerakan Ujung Tiang Metode T-Z

Rakha Fausta¹⁾, M. Fikri Firmansyah²⁾, Helmy Darjanto³⁾

¹⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Narotama
Jl. Arief Rahman Hakim no.51, Surabaya, 60117
Email: raka.fausta15@gmail.com

²⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Narotama
Jl. Arief Rahman Hakim no.51, Surabaya, 60117
Email: fikrifir03@gmail.com

³⁾ Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Narotama
Jl. Arief Rahman Hakim no.51, Surabaya, 60117
Email: hda.geotek@gmail.com

Abstract

Developments in the calculation of foundation planning today have produced many methods and formulas for calculating the bearing capacity of foundations, such as the T-Z method, the Tezaghi method, the Mayerhof method, the Tomlison method, and other methods. So the purpose of this study was to determine the bearing capacity from tip movement of the foundation of each load with the T-Z method. The T-Z method explains rationally the mechanism of load transfer using a load transfer function commonly called TZ. In this method the pile foundation will be divided into several segments and the transfer function on each side segment which is a function of the shear strength of the soil and the surface properties of the side pile. From the analysis results of the TZPILE application, the bearing capacity is due to the settlement. At a settlement of 0,0001m; 0,001m; 0,0015m; 0,0025m; and 0,005m get a bearing capacity of 4.31kN; 31.69 kN; 35.6 kN; 43.44 kN; and 60.10kN. And on the reduction of permits on the foundation that occurs according to SNI 8460 - 2017 is 25mm, so the analysis obtained 12mm which still meets the requirements, 12mm get a bearing capacity of 1200kN at the tip of the pile. At a load of 600 kn the head of the pile can be held at a depth 4 meters. And for the maximum bearing capacity of the 18 meter pole, it can withstand a bearing capacity of 1200 kn.

Keywords: TZ Method; Settlement; Load; Load Transfers.

Abstrak

Perkembangan dalam perhitungan perencanaan fondasi dewasa ini banyak menghasilkan metode dan formula untuk perhitungan daya dukung fondasi, seperti metode TZ, metode Tezaghi, metode mayerhof, metode tomlison, dan metode lainnya. Sehingga tujuan penelitian ini untuk mengetahui daya dukung maupun pergerakan fondasi setiap pemberian beban dengan metode TZ. Metode T-Z menjelaskan secara rasional mekanisme pengalihan beban tersebut menggunakan fungsi pengalihan beban (load transfer) yang biasa disebut T-Z. Dalam metode ini fondasi tiang akan dibagi menjadi beberapa segmen dan fungsi pengalihan pada setiap selimut segmen yang merupakan fungsi dari kuat geser tanah dan sifat permukaan selimut tiang. Dari hasil analisis aplikasi TZPILE didapatkan daya dukung akibat penurunan yang terjadi. Pada penurunan sebesar 0,0001m; 0,001m; 0,0015m; 0,0025m; dan 0,005m mendapatkan daya dukung yang terjadi sebesar 4,31kN; 31,69 kN; 35,6 kN; 43,44 kN; dan 60,10kN. Dan pada penurunan ijin pada fondasi yang terjadi menurut SNI 8460 – 2017 adalah 25mm, sehingga pada analisis didapat 12mm dimana masih memenuhi syarat, 12mm mendapatkan daya dukung sebesar 1200kN pada ujung tiang. Pada pembebanan sebesar 600 kn pada kepala tiang mampu ditahan pada kedalaman 4 meter. Dan untuk daya dukung maksimal tiang sepanjang 18 meter mampu menahan daya dukung sebesar 1200 kn

Kata kunci: Metode T-Z; Penurunan; Beban; Transfer Beban.

PENDAHULUAN

Perkembangan konstruksi di Indonesia mengalami peningkatan yang sangat pesat mulai dari infrastruktur jalan, jembatan, bangunan air maupun bangunan gedung. Berkembangnya konstruksi di Indonesia harus diimbangi dengan tenaga ahli yang dapat melakukan perencanaan secara tepat.

Perhitungan perencanaan struktur sangat dibutuhkan terutama pada bagian struktur fondasi, sehingga dalam perhitungan perencanaan fondasi hingga hari ini sangat berkembang dengan adanya metode-metode perhitungan fondasi seperti, *metode t-z*, *metode Tomlison*, *metode Mayerhof*, *metode Terzaghi* dan metode lainnya.

Perhitungan fondasi dapat dikatakan sebagai bagian terpenting dalam perhitungan struktur suatu bangunan, karena mempunyai fungsi yang sangat penting untuk menyalurkan beban yang berada di atasnya menuju ke tanah keras. Berdasarkan hal tersebut maka ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan fondasi antara lain

adalah daya dukung fondasi terhadap gaya yang diberikan, daya dukung tanah untuk menahan penyaluran beban oleh fondasi (L.D. Wesley, 1972).

Menurut Joseph E. Bowles (1997), fondasi adalah struktur bagian bawah yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban bagian bangunan lain di atasnya. Fondasi tiang digunakan apabila lapisan tanah keras berada di dalam yang sangat dalam sehingga penggunaan fondasi tiang dapat menahan beban di atasnya dengan cara menyalurkan beban ke tanah keras. Dalam perencanaan (desain) daya dukung fondasi tiang dapat dibagi menjadi dua tipe yaitu tiang yang tertahan pada ujungnya (*point bearing piles*) dan tiang yang tertahan utama oleh lekatan atau gesekan antara tiang dengan tanah (tiang gesek atau *friction piles*). Dan dalam perencanaan (desain) fondasi suatu bangunan terdapat dua hal yang harus diperhatikan yaitu daya dukung tanah dan penurunan yang akan terjadi.

METODE PENELITIAN

Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan pada penelitian ini dengan cara mengumpulkan data premier maupun sekunder, literatur atau buku refrensi.

Analisis data

Analisis data ini menggunakan aplikasi TZPILE, dengan pengolahan data lapangan secara manual melalui excel.

Tabel 1. Data Tanah Lapangan

kedalaman	ΔH (m)	Jenis Tanah	γ (kN/m ³)	N-SPT
1	1	Lempung	111	5
3	2	Lempung	17	15
5	2	Lempung	17,5	20
7	2	Lempung	17,5	20
9	2	Lempung	18	22
11	2	Lempung	18	22
13	2	Lempung	18	22
15	2	Lempung	18	24
18	3	Lempung	18	24
22	4	Lempung	18	24

Sumber: hasil uji test lapangan

Fondasi yang digunakan adalah fondasi tipe tiang pancang tunggal dengan dimensi 0,30 x 0,30 x 18 m dan modulus elastisitas (E) adalah $2,3 \times 10^7$ kN/m². Berbentuk penampang persegi. Sehingga diketahui luasan dan keliling fondasi sebagai berikut:

$$A = 30\text{cm} \times 30\text{cm} = 90\text{cm}^2 (0,09\text{m}^2)$$

$$\text{keliling} = 30\text{cm} \times 4 = 120\text{ cm} (1,2\text{m})$$

$$AE = 0,09\text{ m}^2 \times 2,3 \times 10^7\text{ kN/m}^2 = 2070000\text{ kN}$$

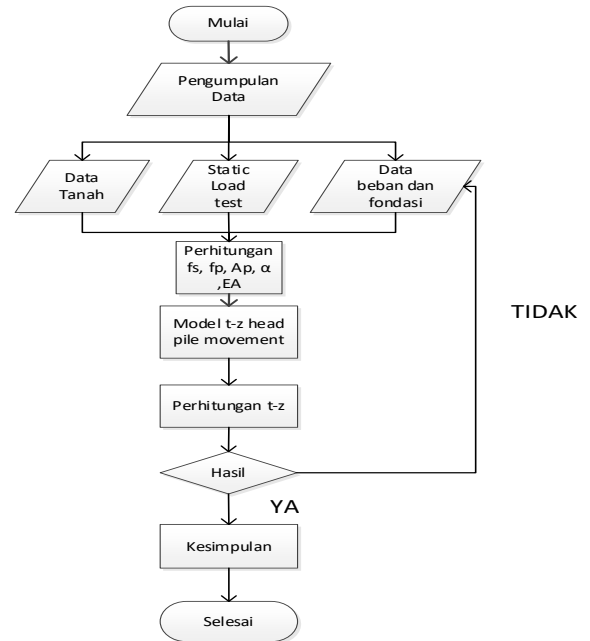
Dengan beban yang akan bekerja sebesar 60 ton (600 kN).

Diagram Alir

Diagram alir penelitian berikut untuk menjelaskan alur menyelesaikan penelitian ini.

Diagram alir pembebanan pada kepala tiang

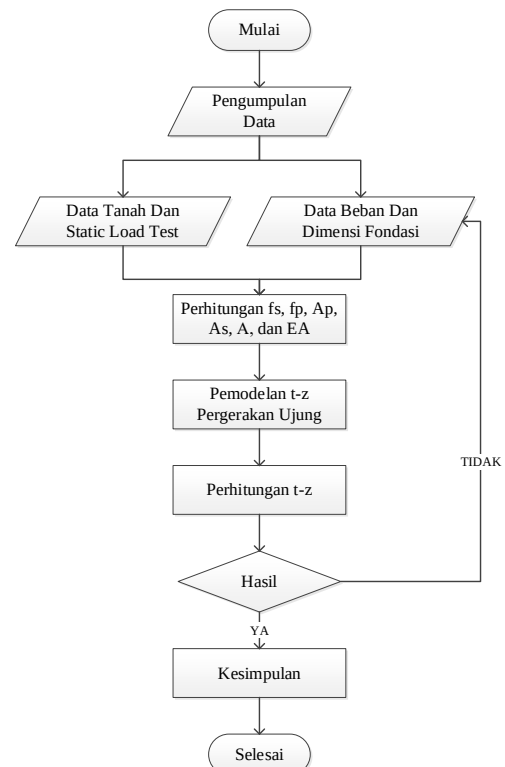
Diagram alir pembebanan pada kepala tiang dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram alir kepala tiang

Diagram alir ujung tiang

Diagram alir pergerakan ujung tiang dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Diagram alir ujung tiang

Dari hasil analisis akan mendapatkan beberapa hasil yang dapat digunakan sebagai acuan perencanaan.

PEMBAHASAN

Beberapa parameter yang akan digunakan pada aplikasi TZPILE2014 dapat dilihat pada tabel berikut ini: Tabel 2. Pengolahan data lapangan

N _{SPT}	Cu (kPa)	α	f_s (kPa)	F_p (kPa)	ε_{50}
5	30	0.94	28.344	270	0,01
15	90	0.5	45	810	0,006
20	120	0.5	60	1080	0,005
20	120	0.5	60	1080	0,005
22	132	0.5	66	1188	0,005
22	132	0.5	66	1188	0,005
22	132	0.5	66	1188	0,005
24	144	0.5	72	1296	0,005
24	144	0.5	72	1296	0,005
24	144	0.5	72	1296	0,005

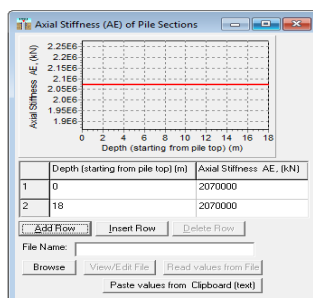
Sumber: Perhitungan pribadi

Setelah dilakukan perhitungan pada parameter yang dibutuhkan, selanjutnya input data tanah dan data fondasi. Dengan cara sebagai berikut:

Input data fondasi

Data fondasi pada pekerjaan yang meliputi panjang tiang, segmen yang digunakan, diameter luar, luasan, dan toleransi perbedaan gaya aksial.

Gambar 3. Data Fondasi



Gambar 4. Data AE Fondasi

Input data tanah

Pada kotak dialog ini digunakan untuk mendeskripsikan data lapisan tanah seperti berat efektif, kuat geser *undrained*, ε_{50} , tahanan pada selimut tiang dan tahanan pada ujung tiang.

Gambar 5. Data tanah

Gambar 6. Data tanah lapisan 1

Gambar 7. Data tanah lapisan 2

Gambar 8. Data tanah lapisan 3

Gambar 9. Data tanah lapisan 4

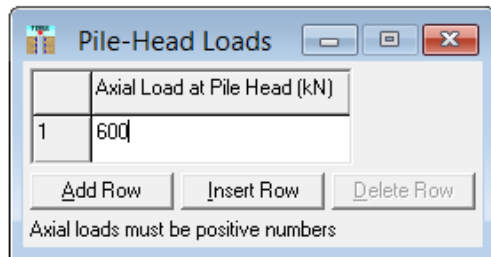
Gambar 10. Data tanah lapisan 5

Memberikan metode pembebanan

Pada saat pemberian metode pembebanan aplikasi TZPILE2014 hanya dapat melakukan running dengan 1 macam metode. Metode pembebanan terdapat 2 tipe yaitu pembebanan pada kepala tiang atau mengasumsikan penurunan ujung tiang.

Memberikan pembebanan pada kepala tiang

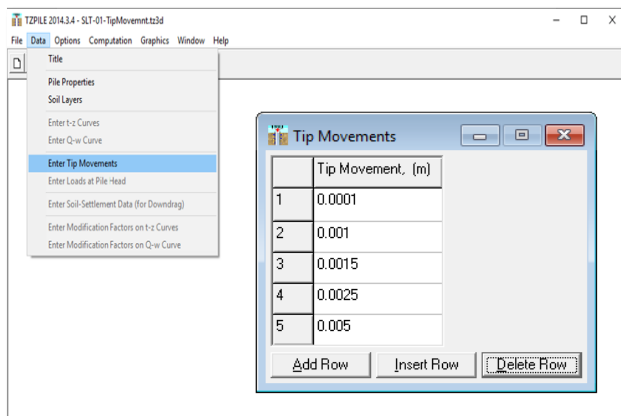
Pada metode pembebanan ini program ini akan menghitung pergerakan kepala tiang dan ujung tiang berdasarkan pemberian beban yang akan diinput yaitu 600kN atau 60ton.



Gambar 11. Pembebanan kepala tiang

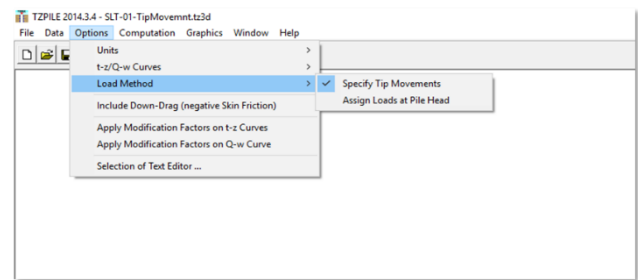
Memberikan asumsi pergerakan ujung

Pada bagian ini digunakan untuk mengasumsikan pergerakan ujung tiang diawal perhitungan. Dalam mengasumsikan harus dimulai dari yang terkecil seperti 0,0001m hingga ujung tiang termobilisasi secara penuh yaitu 4% - 6% dari diameter tiang. Untuk penelitian ini asumsi penurunan mulai dari 0,0001m – 0,005m. pilih “Data” lalu pilih “enter tip movements” setelah muncul kotak dialog baru input asumsi penurunan.



Gambar 12. Enter tip movements

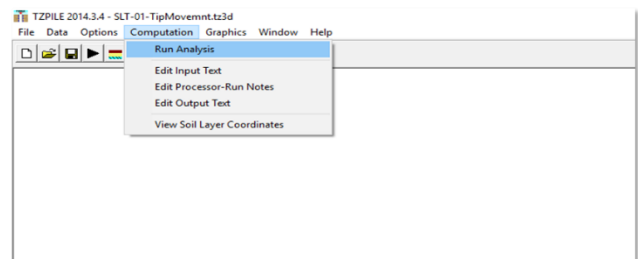
Lalu pilih metode pembebanan yaitu *specify tip movements* pada submenu ini untuk mengasumsikan gerakan awal pada ujung tiang untuk menghasilkan kurva beban-penurunan (*load-settlement*). Mengaktifkan tipe pembebanan “Specify Tip Movements” pada “options” lalu “load method”.



Gambar 13. Specify tip movements

Run Analysis (Analisis Aplikasi)

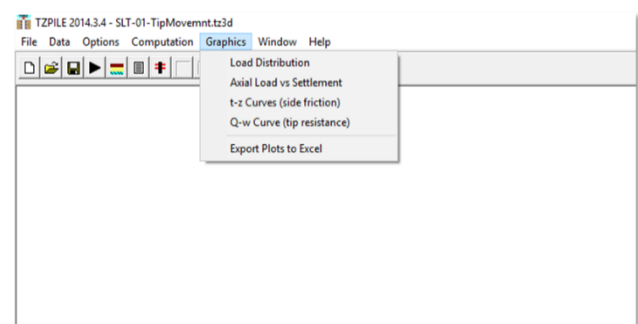
Pada bagian ini setelah melakukan input data tanah dan fondasi, lalu memberikan perintah analisis sesuai dengan perhitungan, dan yang terakhir adalah analisis dengan aplikasi TZPILE ini dengan cara klik bagian “Computation” lalu pilih “Run Analysis”.



Gambar 14. Run analysis

KURVA HASIL ANALISIS

Setelah melakukan “Run Analysis” maka hasil yang dikeluarkan oleh aplikasi TZPILE ini salah satunya adalah kurva grafik. Untuk menjalankan perintah ini dapat dilakukan dengan cara klik “Graphics” lalu akan muncul beberapa tipe grafik sesuai kebutuhan. Dapat dilihat seperti dibawah ini.



Gambar 15. Hasil Analisis

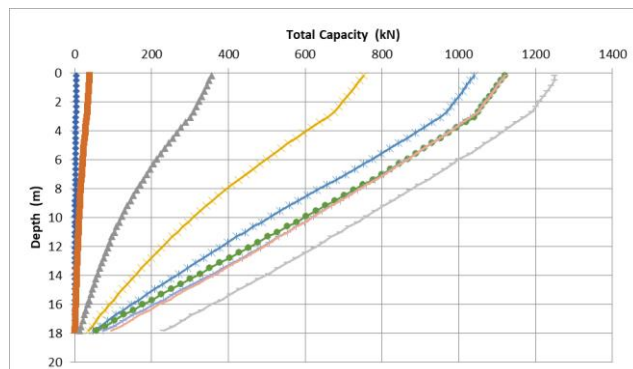
Setelah dilakukan perhitungan, hasil yang di dapat berupa beberapa grafik yang di berikan oleh aplikasi TZPILE seperti:

Load Distribution Curves

Kurva hasil kepala tiang

Kurva ini merupakan hubungan antara kuat daya dukung dengan kedalaman tanah. Bagian sisi tiang pancang akan merespon penurunan terlebih dahulu, sedangkan bagian atas dan bawah tiang pancang belum mengalami

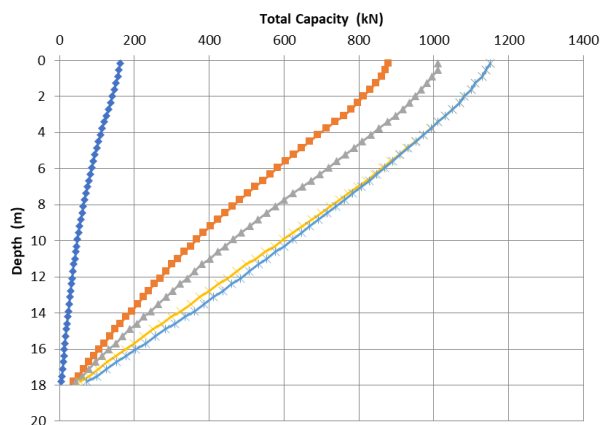
penurunan yang terlalu besar. Pada kedalaman 4 meter dapat menahan daya dukung sebesar 600 kn. Jadi untuk tiang pancang dengan panjang 18 m mampu menahan daya dukung sebesar 1200 kn.



Gambar 16. Kurva Load Distribution kepala tiang

Kurva hasil ujung tiang

Kurva ini memberikan hasil hubungan antara daya dukung dengan kedalaman. Sehingga dilihat dari kurva tersebut bagian sisi tiang pancang terlebih dahulu mengalami gaya yang terjadi dan menerima beban terbesar, sedangkan ujung tiang mengalami gaya tidak terlalu besar. Dapat dilihat pada tabel dan gambar menunjukkan bahwa pada *curve 1* yaitu asumsi penurunan 0,0001 mendapat daya dukung ujung sebesar 4,31 kN, lalu untuk *curve 2* dengan asumsi penurunan 0,001 mendapat daya dukung sebesar 31,69 kN, lalu *curve 3* dengan asumsi penurunan 0,0015 mendapatkan daya dukung ujung tiang sebesar 35,6 kN, sedangkan untuk *curve 4* dengan asumsi penurunan sebesar 0,0025 mendapatkan daya dukung ujung tiang sebesar 43,44 kN. Dan *curve 5* dengan asumsi penurunan sebesar 0,005 mendapatkan daya dukung ujung sebesar 60,10 kN.



Gambar 17. Kurva Load Distribution ujung tiang

Tabel 3. Hasil perhitungan TZPILE

Tip Movement (m)	Tip Load (kN)
0,0001	4,31
0,001	31,69
0,0015	35,6
0,0025	43,44
0,005	60,10

Sumber: TZPILE (2014)

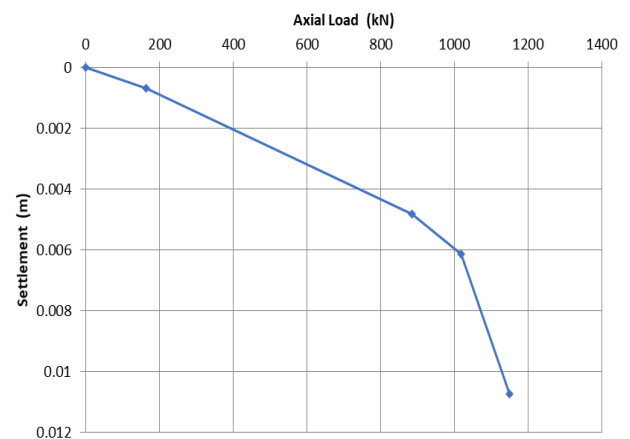
Axial Load vs Settlement

Kurva hasil kepala tiang

Pada beban asumsi sebesar 600 kn pada ujung kepala tiang, memberikan penurunan sebesar 0,0029 m pada tiang pancang. Hal ini membuat tiang pancang masih dalam batas aman untuk menahan beban. Setelah itu beban yang diberikan diperbesar sampai dengan 200% dan mendapatkan penurunan sebesar 0,019 m. sehingga tiang masih dalam batas aman menurut sni 8460-2017 dimana penurunan maksimal pada tiang setelah diberi beban sebesar 200% adalah 25 mm.

Kurva hasil ujung tiang

Pada kurva ini akan memberikan hubungan antara beban aksial dengan penurunan yang terjadi. Dari hasil analisis beban yang bekerja 600kN maka penurunan pada tiang pancang ini sebesar 0,0031 m atau 3,1 mm. Sehingga menurut SNI 8460 – 2017 dimana penurunan maksimal yaitu 25mm dengan pembebanan 200%, maka untuk beban yang bekerja 1200kN mendapatkan penurunan sebesar 0,012m atau 12mm.



Gambar 18. Axial Load vs Settlement ujung tiang

KESIMPULAN

Daya dukung pada ujung tiang harus mengalami terlebih dahulu penurunan, mulai dari yang terkecil hingga terbesar. Ujung tiang pada analisis diatas diasumsikan penurunan sebesar 0,0001m; 0,001m; 0,0015m; 0,0025m; dan 0,005m. Dengan beban yang bekerja adalah 600kN (60ton) dan masing-masing daya dukung yang terjadi sebesar 4,31kN; 31,69 kN; 35,6 kN; 43,44 kN; dan 60,10kN.

Beban asumsi sebesar 600 kn yang diberikan pada kepala tiang masih belum membuat tiang pancang mengalami perpindahan penurunan yang begitu besar. Pada beban 600 kn perpindahan penurunan yang terjadi sebesar 0,0029. Sehingga beban masih bisa dinaikkan lagi.

Penurunan maksimum menurut SNI 8460 – 2017 tiang pancang yang dibebani 200% secara aksial adalah 25mm untuk tiang pancang berdiameter maksimum 80cm dan 4% diameter untuk tiang pancang berdiameter lebih dari 80cm. Sehingga dari analisis didapat daya dukung tiang pada penurunan 12mm masih memenuhi syarat penurunan maksimal dan mendapatkan daya dukung ujung tiang sebesar 1200kN (120ton).

DAFTAR PUSTAKA

- Aswin Lim, A. K., & R., P. P. (2013). *THE STUDY OF t-z AND q-z CURVES ON BORED PILES BASED ON THE RESULT OF INSTRUMENTED PILE LOAD TEST IN MEDIUM AND STIFF CLAYS*. 5. Prosiding. Seminar Geoteknik. Universitas Katolik Parahyangan. Juni. Bandung.
- Budjianto Widjaja, S. R. (2017). *Perbandingan Daya Dukung Fondasi Akibat Perbedaan Metode Konstruksi Pondasi Dalam*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Chin, J., & Poulos, H. (1991). *A "T-Z" APPROACH FOR CYCLIC AXIAL LOADING ANALYSIS OF SINGLE PILES*. Sydney: University of Sydney.
- Darjanto, H., & Hakam, A. (2011). *Buku Deep Foundation*. Surabaya.
- Dias, T. G., & Bezuijen, A. (2017). *Load-Transfer Method for Piles under Axial Loading and Unloading*. Gent: University Gent.
- Ensoft. (2014). *Analysis of Load Versus Settlement for An Axially Loaded Deep Foundation*. Austin: Ensoft inc.
- Karl Terzaghi, R. B. (1967). *MEKANIKA TANAH dalam PRAKTEK REKAYASA*. Jakarta: Erlangga.
- L. M. Kraft, T. K., & Ray, R. (1981). Theoretical t-z curves. *J. of the Geotech Eng. div*, 1543-1561.
- Lymon C reese, S. T., & Arrellaga, J. A. (2014). *Analysis of Load Versus Settlement for An Axially-Loaded Deep Foundation*. Texas: Ensoft.
- Lymon C. Reese, W. M., & Wang, S.-T. (2006). *ANALYSIS AND DESIGN OF SHALLOW AND DEEP FOUNDATIONS*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Prasetyo, R. D. (2018). *Perbandingan Perencanaan Fondasi Tiang Pancang Menggunakan Metode Konvensional dan Metode P-Z Curve pada Modifikasi Gedung ApartemenPuncak Merr Surabaya*. Surabaya: Institut Sepuluh Nopember.
- Sardjono. (1988). *Pondasi Tiang Pancang*. Surabaya: Sinar Wijaya.
- Terzaghi, K., & peck, r. B. (1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. Illinois: john wiley & sons, inc.
- Wesley, L. D. (1972). *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: ANDI.