

**ANALISIS UJI BEBAN STATIK TIANG PANCANG TUNGGAL  
40 X 40 CM<sup>2</sup> DENGAN METODE ELEMEN HINGGA  
PADA PROYEK RUSUNAWA JATINEGARA  
JAKARTA**

**TESIS**

Oleh

**HARUN HARASID  
117016023**



**PROGRAM PASCA SARJANA TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2017**

**ANALISIS UJI BEBAN STATIK TIANG PANCANG TUNGGAL  
40 X 40 CM<sup>2</sup> DENGAN METODE ELEMEN HINGGA  
PADA PROYEK RUSUNAWA JATINEGARA  
JAKARTA**

**TESIS**

*Untuk memperoleh Gelar Magister Teknik Dalam Program Studi  
Magister Teknik Sipil Pada Program Pascasarjana  
Universitas Sumatera Utara*

**OLEH  
HARUN HARASID  
117016023**

**PROGRAM PASCA SARJANA TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2017**

**Judul Tesis** : **ANALISIS UJI BEBAN STATIK TIANG  
PANCANG TUNGGAL 40 X 40 CM<sup>2</sup> DENGAN  
METODE ELEMEN HINGGA PADA PROYEK  
RUSUNAWA JATINEGARA JAKARTA**

**Nama Mahasiswa** : **Harun Harasid**

**Nomor Pokok** : **117016023**

**Program Studi** : **Teknik Sipil**

**Bidang Studi** : **Geoteknik**

**Menyetujui**  
**Komisi Pembimbing,**

**Ketua**

**Anggota**

**(Prof. Dr. Ir. Roesyanto, MSCE)**

**(Ir. Rudi Iskandar, MT)**

**Ketua Program Studi  
S2 / S3 Teknik Sipil USU**

**Dekan Fakultas Teknik USU**

**(Dr. Ir. Ahmad Perwira Mulia, M.Sc)**

**(Ir. Seri Maulina, M.Si, Ph.D)**

**Tanggal Lulus: 02 Mei 2017**

Telah Diuji pada

Tanggal: 02 Mei 2017

---

**PANITIA PENGUJI TESIS**

**Ketua : Prof. Dr. Ir. Roesyanto, MSCE**  
**Anggota : Ir. Rudi Iskandar, MT**  
**Prof. Dr. Ing. Johannes Tarigan**  
**Dr. Ir. Ahmad Perwira Mulia Tarigan, M.Sc**

## ABSTRAK

Pondasi tiang pancang adalah salah satu jenis pondasi yang digunakan untuk menyalurkan beban pondasi melewati lapisan tanah. Daya yang dukung tiang pancang yang diperoleh dari daya dukung ujung (*end bearing capacity*) yaitu dari tekanan ujung tiang dan daya dukung gesek atau selimut (*friction bearing capacity*) yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara tiang pancang dan tanah sekelilingnya. Penyelidikan *Standard Penetration Test (SPT)* bertujuan untuk mendapatkan gambaran lapisan tanah berdasarkan jenis dan warna tanah melalui pengamatan secara visual, sifat-sifat tanah, karakteristik-karakteristik tanah. Data *Standard Penetration Test (SPT)* dapat digunakan untuk menghitung daya dukung. Selain penyelidikan *Standard Penetration Test (SPT)*, analisis ini juga dilengkapi dengan pengambilan sampel dilaboratorium dan pengujian pembebanan langsung terhadap tiang (*Loading Test*) serta data sondir untuk memastikan daya dukung.

Tesis ini menganalisis kapasitas daya dukung dan penurunan pada pondasi tiang *square pile* diameter 40 x 40 cm tiang tunggal maupun kelompok tiang, menggunakan program *Plaxis* dan membandingkan hasilnya dengan interpretasi uji beban statis (*loading test*) pada pondasi proyek Rusunawa Jatinegara Jakarta. Analisis menggunakan data penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium serta membandingkan terhadap model tanah *Mohr Coulomb*.

Daya dukung ultimit dari data SPT pada tiang pancang sepanjang 15,4 meter diperoleh sebesar 189,81 ton dan berdasarkan parameter kuat geser tanah sebesar 198,67 ton. Dan dari titik sondir diperoleh berdasarkan daya dukung *Aoki* dan *De Alencar* sebesar 276,241 ton dan berdasarkan *Meyrehoff* sebesar 305,49 ton. Berdasarkan hasil daya dukung *Loading Test* nilai daya dukung ultimit untuk 3 metode diantaranya yang menggunakan metode *Davisson* (260 ton), metode *Mazurkiewicz* (270 ton) dan Metode *Chin* (250 ton). Efisiensi kelompok tiang menurut *Converse – Labrare Equation* = 0,73, menurut *Los Angeles Group Action Equation* = 0,59 dan menurut Metode *Sheiler – Keeney* = 0,94. Daya dukung berdasarkan kekuatan tiang sebesar 221,76 Ton, daya dukung berdasarkan data kalendering sebesar 201,71 ton, daya dukung lateral pondasi tiang tunggal sebesar 12,96 ton. Pada waktu diberikan beban sebesar beban maksimum (280 ton), penurunan yang lebih besar terdapat pada hasil Pemodelan Elemen Hingga metode *Maintained load test* yaitu sebesar 21,00 mm dan metode *Quick load test* yaitu sebesar 20,67 mm, dibandingkan dengan penurunan yang terjadi hasil dari *Loading Test* di lapangan yaitu sebesar 18,74 mm. Berdasarkan ASTM D1143/81, penurunan yang diizinkan adalah sebesar 25,40 mm. Maka berdasarkan penurunan bahwa tiang pondasi aman dalam konstruksi. Tekanan air pori sangat dipengaruhi oleh waktu sehingga didapatkan kesimpulan antara *Slow Maintained Load Test* dan *Quick Load Test* terdapat perbedaan tingkat tekanan air pori. Dari hasil perhitungan yang dilakukan, *Quick Load Test* menunjukkan tekanan air pori yang lebih cepat terdisipasinya air pori.

**Kata Kunci:** *Loading Test*, Metode Elemen Hingga, *Square Pile*

## **ABSTRACT**

*Piling foundation is one of the foundations which is used to penetrate its load through soil layer. The power carried by the piling is obtained from the end bearing capacity, that is, the compressive end piling and friction bearing capacity obtained from friction bearing capacity and adhesive capacity between the piling and the soil around it. The investigation on the Standard Penetration Test is aimed to get the description of soil layer, based on the type and color of soil through visual observation, and soil characteristics. SPT data can be used to calculate bearing capacity. Besides investigating the SPT, this study is also equipped by taking the samples in laboratory and loading test on the piling and sondir data to confirm its bearing capacity.*

*This study analyzed bearing capacity and settlement in square pile of 40X40 cm in diameter in single pile or grouped piles, using empirical method, AllPile program, Plaxis program, and comparing the result with interpreting its loading test in the foundation of Rusunwa project, Jatingara, Jakarta. The analysis was done by using the data on soil investigation and laboratory by comparing them with Mohr Coulomb soil model.*

*Ultimate bearing capacity from the SPT data in the piling of 15.4 meter was 189.81 tons and the parameter of soil shear strength was 198.67 tons. The sander point, based on Aoki and De Alencar bearing capacity was 276.241 tons and based on Meyrehoff it was 305.49 tons. Based on the loading test of bearing capacity, unlimited bearing capacity for the 3 methods was Davisson (260 tons), Mazurkiewicz (270 tons), and Chin (250 tons). The efficiency of grouped piles according to Converse-Labrare Equation method = 0.73, according to Los Angeles Group Action Equation method = 0.59, and according to Sheiler-Keeny method = 0.94. Bearing capacity based on piling strength was 221.76 tons, bearing capacity based on calendaring data was 201.71 tons, and lateral bearing capacity of single piling foundation was 129.6 kN (12.96 tons). When the maximum load (280 tons) was given, more decrease occurred in the Maintained load test of 21.00 mm and Quick Load Test method of 20.67 mm, compared with the decrease in the result of Loading Test in the field of 18.74 mm. Based on ASTM D1143/81, it was found that the permitted decrease was 25.40 mm. Therefore, based on the decrease, it could be concluded that foundation piles were safe in the construction. The pore water pressure is highly influenced by time so that in Maintained Load Test and Quick Load Test, there was the disparity in the level of pore water pressure. From the result of the calculation, Quick Load Test showed that in pore water pressure, the pore water was dissipated in its acceleration.*

**Keywords:** *Loading Test, Finite Element Method, Square Pile*

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian tesis ini dengan baik. Tesis ini ditulis sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan perkuliahan pada Program Magister Program Pascasarjana Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara (USU) untuk memperoleh gelar Magister Teknik (MT) dalam pengutamaan (kekhususan) bidang Struktur Geoteknik.

Judul Tesis “**Analisis Uji Beban Statik Tiang Pancang Tunggal 40 X 40 cm<sup>2</sup> dengan Metode Elemen Hingga pada Proyek Rusunawa Jatinegara Jakarta**” dan merupakan sebuah studi literatur yang menggunakan data-data penyelidikan tanah (*soil investigation*), dan uji pembebanan statis (*loading test*) serta berisi tentang konsep dan metodologi analisis kapasitas daya dukung dan penurunan pondasi tiang yang dibandingkan (komparasi) dengan analisis pemodelan tanah secara metode elemen hingga.

Penulis menyadari, penyusunan tesis ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Ir. Ahmad Perwira Mulia, M.Sc selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Sipil dan Dosen Pengajar. Prof. Dr. Ir. Roesyanto, MSCE selaku Ketua Komisi Pembimbing Tesis. Bapak Ir. Rudi Iskandar, MT selaku Sekretaris Program Studi Magister Teknik Sipil dan Dosen Pengajar serta Anggota Komisi Pembimbing Tesis, Ibu Ir. Seri Maulina, M.Si, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik, Bapak Prof. Dr. Runtung Sitepu SH, M.Hum, Rektor Universitas Sumatera Utara.

Penulis juga menyampaikan hormat dan terimakasih kepada Bapak Prof. Dr. Ing. Johannes Tarigan, Bapak Dr. Ir. Ahmad Perwira Mulia Tarigan, M.Sc sebagai pembimbing maupun penguji dalam memperbaiki penelitian ini dengan saran-saran yang sangat bermanfaat dan seluruh Bapak Staf Pengajar Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara yang telah membekali penulis dengan ilmu pengetahuan selama menjalani masa perkuliahan

dan Dewi yang telah banyak membantu kelancaran administrasi selama penulis menempuh perkuliahan hingga selesai.

Isteri yang tercinta Ir. Kalidah, MMA, serta kedua anak yang sangatku sayangi serta ku banggakan yang telah memberikan dorongan moral dan berkat doa mereka juga kepada penulis hingga dapat menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Magister Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.

Pt. Perentjana Djaja selaku Konsultan perencana dan penyelidikan tanah, PT. Berdikari Pondasi Perkasa selaku pelaksana loading test, PT. AKK selaku konsultan loading test, PT. Widya Karya (WIKAWA)/PT. HK selaku pelaksana/kontraktor pada Proyek Rusunawa Jatinegara Jakarta yang telah memberikan dorongan dan semangat untuk studi lanjut kepada penulis pada Program Studi Magister Teknik Sipil Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.

Saudara Simon Petrus Simorangkir, ST, Saudari Rini, ST, Agus Salim Jadi, Sari, Shendy Wijaya sebagai teman dalam pengutamaan (kekhususan) bidang Struktur Geoteknik, serta Rekan-rekan Mahasiswa Magister Jurusan Teknik Sipil USU khususnya angkatan 2012 yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis dalam penyusunan penelitian tesis ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman, serta referensi yang penulis miliki. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik membangun demi perbaikan dan penyempurnaan dari tesis ini di masa yang akan datang. Akhir kata, Semogasegala kebaikan yang selama ini telah penulis terima dari berbagai pihak mendapat balasan yang mulia dari Tuhan Yang Maha Esa. Dan nantinya tesis ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Medan, Mei 2017

**HARUN HARASID**

117016023/TS



## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi. Sepanjang pengetahuan saya juga, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diakui dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Medan, Mei 2017

**HARUN HARASID**

117016023/TS

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP

### A. DATA PRIBADI

Nama : Harun Harasid  
Tempat / Tanggal Lahir : Kuning / 01 – 08 - 1963  
Alamat : Jl. Setia Budi No. 107 Pulongas, Kutacane  
Agama : Islam  
Email : [harunharasid@ymail.com](mailto:harunharasid@ymail.com)

### B. RIWAYAT PENDIDIKAN

SD Negeri 1 Kuning	1971 – 1977
SMP Negeri 1 Kuning	1977 – 1980
SMA Negeri 1 Kutacane	1980 – 1983
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tunas Pembangunan Surakarta	1987 – 1991
Magister Teknik Sipil Konsentrasi Struktur Geoteknik	2011 - 2017

### C. RIWAYAT PEKERJAAN

PT. Kogas	1996 - 2007
PT. Anugerah Design Consultant	2007 - 2016
PT. Citra Diecona Consultant	2016 - sekarang

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xviii</b>
<b>BAB I      PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan.....	4
1.3. Manfaat.....	5
1.4. Pembatasan Masalah .....	5
1.5. Sistematika Penulisan.....	7
<b>BAB II      TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1. Umum.....	9
2.2. Penyelidikan Tanah .....	11
2.2.1 <i>Standard Penetration Test</i> .....	11
2.2.2 Sondir.....	14
2.2.3 Kalendering .....	17
2.3 Tiang Dukung Ujung dan Tiang Gesek .....	17
2.4 Daya dukung Pondasi Tiang.....	19
2.4.1 Data Sondir .....	19
2.4.2 Sata SPT .....	21
2.4.3 Data hasil Uji Laboratorium .....	23
2.4.4 Data Kalendering.....	26

2.4.5	Data Kekuatan Bahan (Tiang).....	29
2.5	Daya Dukung Tiang Pancang Dengan Metode Pembebanan ( <i>Loading Test</i> ).....	30
2.5.1.	Prosedure Pengujian <i>Loading Test</i> .....	35
2.5.2.	Prosedure Pengukuran Tiang.....	36
2.5.3.	Interpretasi Data Uji Pembebanan ( <i>Loading Test</i> ) untuk Daya Dukung.....	38
2.6	Penurunan Tiang ( <i>Settlement Pile</i> ).....	42
2.6.1	Penurunan pada Tiang Tunggal.....	42
2.6.2.	Penurunan pada Kelompok Tiang.....	44
2.6.3.	Penurunan Tiang yang Diizinkan ( $S_{izin}$ ).....	47
2.7	Efisiensi Kelompok Tiang/ <i>Pile Group</i> .....	48
2.8	Daya Dukung Pondasi Tiang akibat Beban Lateral .....	50
2.8.1	Daya Dukung Tiang Pendek Kepala Tiang Bebas ( <i>Free Head</i> ) .....	51
2.8.2.	Daya Dukung Tiang Pendek Kepala Tiang Terjepit ( <i>Fixed Head</i> ) .....	54
2.8.3.	Daya Dukung Tiang Panjang Kepala Tiang Bebas ( <i>Free Head</i> ) .....	55
2.8.4.	Daya Dukung Tiang Panjang Kepala Tiang Terjepit ( <i>Fixed Head</i> ) .....	57
2.9.	Pemodelan Program Plaxis.....	59
2.9.1.	Model <i>Mohr Coloumb</i> .....	66
2.9.2.	Parameter Model Tanah.....	74
2.9.3.	Prosedure Penggunaan Program Plaxis.....	74
2.10.	Penelitian Terdahulu.....	78
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>91</b>
3.1.	Deskripsi Proyek .....	91
3.2.	Data Teknis Tiang pancang.....	91
3.3.	Tahap Penelitian.....	92

3.4.	Bagan Alir / <i>Flow Chart</i> .....	94
3.5.	Kondisi Umum lokasi Studi .....	95
3.6.	Lokasi Penelitian .....	95
3.7.	Lokasi Titik <i>SPT</i> , Sondir, Kalendrin, Laboratorium dan <i>Loading Test</i> .....	96
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>98</b>
4.1.	Gambaran Umum Lokasi Penelitian .....	98
4.2.	Gambaran Umum Proyek Rusunawa .....	98
4.3.	Deskripsi Lapisan Tanah dari Data <i>Borelog</i> .....	98
4.4.	Hasil dan Pembahasan.....	101
4.4.1.	Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang	101
4.4.1.1.	Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang dari data sondir .....	101
4.4.1.2.	Menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang dari data <i>SPT</i> .....	108
4.4.1.3.	Menghitung kapasitas daya dukung Tiang Pancang berdasarkan parameter kuat geser tanah.....	118
4.4.1.4.	Menghitung kapasitas daya dukung Tiang Pancang berdasarkan <i>Loading</i> <i>Test</i> .....	127
4.4.1.5.	Menghitung daya dukung kelompok tiang berdasarkan efisiensi .....	134
4.4.1.6.	Analisis Bentuk Penampang Tiang Pancang .....	138
4.4.1.7.	Analisis Daya Dukung Berdasarkan Kekuatan Tiang.....	141
4.4.1.8.	Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Data Kalendering dengan Metode <i>Danish Formula</i> .....	141

4.4.1.9.	Analisis Daya Dukung Lateral Pondasi Tiang Tunggal.....	143
4.4.1.10.	Menghitung penurunan tiang tunggal ( <i>single pile</i> ) .....	145
4.4.1.11.	Analisis Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Program <i>AllPile</i> .	148
<b>BAB V</b>	<b>PEMODELAN ELEMEN HINGGA .....</b>	<b>153</b>
5.1.	Pendahuluan .....	153
5.2.	Lapisan Tanah, Jenis Tanah, dan Tiang pancang .....	154
5.3.	Deskripsi dan Parameter Lapisan Tanah .....	154
5.4.	Data Tiang Pancang Untuk <i>Input</i> Program Berbasis Numerik.....	157
5.5.	Siklus Pembebanan <i>Loading Test</i> .....	158
5.6	<i>Input</i> Parameter Tanah Untuk Pemodelan Elemen Hingga .....	160
5.7	Pemodelan Lapisan Tanah dan Tiang pancang .....	162
5.8.	Tahapan Pengerjaan Analisis dengan Program <i>Finite Element</i> .....	163
5.9.	Hasil <i>Loading Test</i> dengan Pemodelan <i>Finite Element</i> .....	165
5.10.	Kurva Hubungan Beban dan Penurunan .....	168
5.10.1	Beban 50% ( <i>Cycle I</i> ).....	168
5.10.2	Beban 100% ( <i>Cycle II</i> ).....	170
5.10.3	Beban 150% ( <i>Cycle III</i> ).....	172
5.10.4	Beban 200% ( <i>Cycle IV</i> ).....	174
5.11.	Perbandingan Antara Hasil <i>Loading Test</i> di Lapangan dengan <i>Finite Element</i> .....	176
5.12.	Kurva Hubungan Beban Dengan Waktu <i>Loading Test</i> dengan <i>Finite Element</i> .....	179
5.13.	Daya Dukung <i>Ultimate</i> Akibat Beban Vertikal dengan <i>Finite Element</i> Pada Setiap Meternya .....	180

5.14. Hasil Tegangan Total Dengan Metode Elemen Hingga...	187
5.15. Pemodelan Elemen Hingga pada Lapisan Tanah dan Tiang berdasarkan <i>Quick Loading Test</i> .....	188
5.16. Hubungan Beban dan Penurunan dengan Pemodelan Elemen Hingga dengan <i>Quick Load Test</i> .....	190
5.17. Hubungan Tekanan Air Pori terhadap Waktu antara <i>Slow Maintained Load Test</i> dan <i>Quick Load Test</i> pada Elemen Hingga .....	191
5.18. Perbandingan Pemodelan Elemen Hingga <i>Slow Maintained Loading Test</i> dengan <i>Quick Loading Test Method</i> .....	192
5.19. Perhitungan Daya Dukung Lateral dengan Metode <i>Broms</i> .....	195
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>198</b>
6.1 Kesimpulan.....	198
6.2 Saran.....	199
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>200</b>

## DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
2.1.	Hubungan antara harga $D_r$ , ( $\phi$ ) , $N$ dari pasir. (Sosrodarsono S., 1988) .....	13
2.2.	Hubungan antara $D_r$ , $N$ dari lempung. (Sosrodarsono S., 1988) .....	12
2.3.	Hal-hal yang Perlu Dipertimbangkan untuk Penentuan Harga $N$ .....	13
2.4.	Effisiensi jenis alat pancang ( <i>Hardiyatmo, 2003</i> ).....	26
2.5.	Karakteristik Alat Pancang Diesel Hammer ( <i>KOBE Katalog, 1989</i> )	27
2.6.	Korelasi Nilai $N$ -SPT dan $q_c$ dengan Modulus Elastisitas Tanah.....	69
2.7.	Hubungan Jenis Tanah dan Konsistensi Tanah dengan <i>Poisson's ratio</i> ( $\nu$ ) (Das, 1999) .....	70
2.8.	Korelasi antara Konsistensi Tanah dan Tekanan Konus (Begemen, 1965) .....	71
2.9.	Hubungan antara Jenis Tanah dengan Koefisien Rembesan ( $K$ ) ( <i>Wesley, 1977</i> ).....	73
2.10.	Hasil Penelitian Terdahulu.....	79
4.1.	Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Metode <i>Meyerhaff</i> pada Titik S-2 .....	106
4.2.	Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan SPT Tanah pada titik BH-1.....	110
4.3.	Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan SPT tanah pada titik BH-2.....	113
4.4.	Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan SPT tanah pada titik BH-3.....	116
4.5.	Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang berdasarkan Parameter Kuat Geser Tanah pada titik BH-1.....	120
4.6.	Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan parameter kuat geser tanah pada titik BH-2.....	123



4.7.	Perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan parameter kuat geser tanah pada titik BH-3.....	126
4.8.	Hasil Pengujian beban aksial tiang pancang.....	128
4.9.	Hubungan Beban, Penurunan, dan Perbandingan Penurunan dan Beban .....	133
4.10.	Hasil Analisis Perbandingan Bentuk Penampang <i>Square Pile</i> dengan <i>Spun Pile</i> saat diberi Beban Rencana 140 Ton.....	140
4.11.	Penurunan Akibat Pemendekan Tiang Pancang .....	147
5.1.	Data Tiang pancang .....	154
5.2.	<i>Input</i> parameter tanah untuk Pemodelan Elemen Hingga pada <i>Bore Hole -2</i> .....	161
5.3.	Perhitungan Penurunan Maksimum, Plastis dan Elastis beban 50 %	169
5.4.	Perhitungan Penurunan Maksimum, Plastis dan Elastis beban 100% .....	171
5.5.	Perhitungan Penurunan Maksimum, Plastis dan Elastis beban 150% .....	173
5.6.	Perhitungan Penurunan Maksimum, Plastis dan Elastis beban 200% .....	175
5.7.	Perbandingan Hubungan Penurunan Loading Test dan <i>Finite Element</i> .....	178
5.8.	Perbandingan Daya Dukung N-SPT dan <i>Finite Element</i> .....	187
5.9.	Hubungan Beban dan Penurunan <i>Quick Load Test</i> dengan FEM.....	193
5.10.	Hubungan Beban dan Penurunan <i>Slow Load Test</i> dengan <i>Quick Load Test</i> .....	194
5.11.	Daya Dukung Lateral Metode <i>Broms</i> dan Metode Elemen Hingga ..	197

## DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
2.1	Tiang ditinjau dari cara mendukung bebannya.....	18
2.2.	Skema metode <i>Meyerhaff</i> (1956).....	21
2.3.a	Faktor $Nq^*$ .....	24
2.3.b	Grafik Hubungan antara Kuat Geser (Cu) dengan Faktor Adhesi ( $a$ )	25
2.4.	Pengujian dengan sistem kentledge .....	31
2.5.	Pengujian dengan tiang jangkar .....	32
2.6.	Hubungan Beban terhadap Penurunan dengan Metode Davisson .....	39
2.7.	Grafik Hubungan Beban dengan Penurunan Metode <i>Mazurkiewicz</i> .	40
2.8.	Grafik daya dukung <i>ultimate</i> dengan Metode <i>Chin</i> .....	42
2.9.	Faktor penurunan $I_o$ .....	44
2.10.	Koreksi kompresi, $R_k$ .....	44
2.11	Koreksi kedalaman, $R_h$ .....	45
2.12	Koreksi angka poison, $R_\mu$ .....	45
2.13	Koreksi kekakuan lapisan pendukung, $R_b$ .....	45
2.14.	Banyak baris ( $n$ ) dan banyak tiang pancang per-baris ( $m$ ) .....	49
2.15.	Pola keruntuhan tiang pendek kepala tiang bebas .....	52
2.16	Reaksi tanah dan momen lentur tiang pendek kepala tiang bebas pada tanah pasir.....	53
2.17	Reaksi tanah dan momen lentur tiang kepala tiang bebas pada tanah lempung.....	53
2.18.a	Kapasitas lateral ultimit untuk tiang pendek pada tanah pasir.....	53
2.18.b	Kapasitas lateral ultimit untuk tiang pendek pada tanah lempung ....	53
2.19.a	Pola keruntuhan tiang pendek – kepala tiang terjepit .....	54
2.19.b	Reaksi tanah dan momen lentur tiang pendek – kepala tiang terjepit pada tanah pasir .....	54
2.20	Reaksi tanah dan momen lentur tiang pendek – kepala tiang terjepit pada tanah lempung .....	55

2.21	Perlawanan tanah dan momen lentur tiang panjang – kepala tiang bebas .....	56
2.22.a	Kapasitas lateral ultimit untuk tiang panjang pada tanah pasir.....	58
2.22.b	Kapasitas lateral ultimit untuk tiang panjang pada tanah lempung ...	58
2.23	Perlawanan tanah dan momen lentur tiang panjang – kepala tiang terjepit .....	58
2.24	Bidang leleh dari model <i>Soft Soil</i> dalam bidang $p'-q$ (Plaxis 8,2) ....	64
2.25	Ilustrasi dari seluruh kontur bidang leleh dari model <i>Soft Soil</i> .....	65
2.26.	Defenisi $E_0$ dan $E_{50}$ Untuk Hasil Uji Triaksial Terdrainase Standar ( <i>Finite Element</i> 8.2) .....	68
2.27.	Lingkar-Lingkar Tegangan Saat Mengalami Leleh ( <i>Yield</i> ) ; Satu Lingkar Menyentuh Garis Keruntuhan Coulomb ( <i>Finite Element</i> 8.2) .....	72
2.28.	Tampilan <i>General Settings</i> Program <i>Finite Element</i> .....	75
3.1.	<i>Flow Chart</i> .....	94
3.2.	Lokasi Peta Proyek Rusunawa di Jatinegara, Jakarta .....	95
3.3.	Lokasi Titik <i>SPT</i> , Sondir, Kalendering, Laboratorium dan <i>Loading Test</i> .....	96
3.4.	Pondasi Tiang Pancang dan <i>borelog</i> Proyek Rusunawa di Jatinegara, Jakarta .....	97
3.5.	Detail <i>borelog</i> Proyek Rusunawa di Jatinegara, Jakarta.....	97
4.1	Perkiraan nilai $q_{ca}$ ( <i>base</i> ).....	102
4.2.	Nilai $q_c$ ( <i>side</i> ) pada titik sondir 1 (S-2) .....	111
4.3.	Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Sondir S-2 .....	114
4.4.	Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data <i>SPT Borelog</i> BH-1 .....	110
4.5.	Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data <i>SPT Borelog</i> BH-2.....	112
4.6.	Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data <i>SPT Borelog</i> BH-3 .....	117
4.7.	Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Parameter Tanah <i>Borelog</i> BH-1.....	121
4.8.	Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Parameter Tanah <i>Borelog</i> BH-2 .....	124

4.9.	Daya Dukung Tanah Berdasarkan Data Parameter Tanah <i>Borelog</i> BH-3.....	127
4.10.	Daya Dukung Tanah Berdasarkan Metode <i>Davisson</i> .....	130
4.11.	Daya Dukung Tanah Berdasarkan Metode <i>Mazurkiewicz</i> .....	131
4.12.	Persamaan Garis Linier Hubungan S/P Versus S .....	132
4.13.	Daya Dukung Tanah Berdasarkan Metode <i>Chin</i> .....	133
4.14.	Pondasi tiang pancang tipe P321 .....	134
4.15.	Kapasitas Lateral untuk Tiang Panjang pada Tanah Kohesif ( <i>Broms, 1964</i> ) .....	144
4.16.	Nilai $q_c$ ( <i>side</i> ) pada titik sondir (S-2).....	145
4.17.	Data gaya <i>vertical, horizontal</i> dan momen .....	150
4.18.	Hasil <i>Output AllPile</i> .....	150
4.19.	Data gaya horizontal dan momen .....	151
4.20.	Data gaya horizontal dan momen .....	152
5.1.	Pemodelan Lapisan Tanah dan Tiang pancang.....	163
5.2.	Pemodelan Lapisan Tanah dan Tiang pancang pada Lokasi BH-2 ..	163
5.3.	<i>Generate Mesh</i> pada Lokasi BH-2.....	169
5.4.	<i>Active Pore Pressure</i> pada Lokasi BH-2 .....	164
5.5.	<i>Effective Stresses</i> pada Lokasi BH-2 .....	165
5.6.	Pemodelan Lapisan Tanah dan Tiang pada Lokasi BH-2.....	166
5.7.	Deformasi <i>Mesh</i> yang dihasilkan pada Lokasi BH-2 .....	166
5.8.	Perpindahan Vertikal pada Lokasi BH-2 .....	167
5.9.	Hubungan Beban dan Penurunan.....	167
5.10.	Kurva Hubungan antara Beban dan Penurunan 50%.....	165
5.11.	Kurva Hubungan antara Beban dan Penurunan 100%.....	171
5.12.	Kurva Hubungan antara Beban dan Penurunan 150%.....	173
5.13.	Kurva Hubungan antara Beban dan Penurunan 200%.....	175
5.14.	Grafik Hubungan Beban dan Penurunan antara Hasil <i>Loading Test</i> di Lapangan dengan <i>Finite Element</i> .....	177
5.15.	Grafik Hubungan Beban dan Waktu.....	179
5.16.	Grafik Hubungan Penurunan terhadap Waktu.....	180

5.17.	<i>Input dan Output Finite Element</i> untuk Analisis Daya Dukung Vertikal <i>Ultimate</i> Per – 3 meter .....	181
5.18.	<i>Input dan Output Finite Element</i> untuk Analisis Daya Dukung Vertikal <i>Ultimate</i> Per – 5 meter .....	182
5.19.	<i>Input dan Output Finite Element</i> untuk Analisis Daya Dukung Vertikal <i>Ultimate</i> Per – 7 meter .....	183
5.20.	<i>Input dan Output Finite Element</i> untuk Analisis Daya Dukung Vertikal <i>Ultimate</i> Per – 9 meter .....	184
5.21.	<i>Input dan Output Finite Element</i> untuk Analisis Daya Dukung Vertikal <i>Ultimate</i> Per – 14 meter .....	185
5.22.	<i>Input dan Output Finite Element</i> untuk Analisis Daya Dukung Vertikal <i>Ultimate</i> Per –15,4 meter .....	186
5.23.	Tegangan Total Pada Pembebanan 25% .....	187
5.24	Pemodelan Lapisan Tanah dan <i>Generate Mesh</i> pada Lokasi BH-2 .	188
5.25	<i>Active Pore Pressure</i> dan <i>Effective Stress</i> pada Lokasi BH-2.....	189
5.26	Step Akhir Proses Perhitungan <i>Quick Load Test</i> pada Program Elemen Hingga.....	189
5.27.	Grafik Hubungan dengan Penurunan <i>Quick Load Test</i> Hasil Pemodelan Elemen Hingga Cycle I, II, III & IV yaitu Beban dari 0% - 300% pada Kedalaman 15,40 m.....	190
5.28.	Grafik Perbandingan Tegangan Air Pori terhadap waktu antara <i>Slow Maintained Load Test</i> dan <i>Quick Load Test</i> pada Elemen Hingga.....	192
5.29.	Pemodelan Pembebanan arah lateral pada lokasi Pembebanan Vertikal .....	195
5.30.	<i>Generate Mesh</i> pada pembebanan arah horisontal .....	196
5.31.	Hasil dari fase-fase kalkulasi, didapat dari nilai $\sum Msf$ .....	196

## DAFTAR NOTASI

Lambang	Arti
$A$	= Luas penampang tiang pancang.
$A_b$	= luas penampang ujung tiang ( $\text{cm}^2$ )
$A_p$	= luas penampang pondasi tiang ( $\text{m}^2$ )
$A_{\text{Tiang}}$	= Luas penampang tiang pancang (m)
$B_g$	= lebar kelompok tiang (m)
$Bg$	= lebar kelompok tiang (m).
$C$	= 0,254 cm untuk unit S dan h dalam cm
$C_u$	= kohesi tanah ( $\text{ton}/\text{m}^2$ )
$D$	= Diameter Tiang Pancang (m)
$E$	= Energi alat pancang yang digunakan.
$eh$	= efisiensi palu ( <i>hammer efficiency</i> )
$Eh$	= energi pemukul dari pabrik per satuan waktu
$Ep$	= Modulus elastisitas tiang
$f$	= kapasitas dukung kulit persatuan luas ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )
$f_i$	= tahanan suatu <i>skin friction</i> ( $\text{ton}/\text{m}^2$ ).
$h$	= tinggi jatuh
$h$	= Kedalaman total lapisan tanah ujung tiang ke muka tanah.
$I_o$	= Faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat
$K_0$	= koefisien tekanan tanah ( $K_0 = 1 - \sin \phi$ ).

$k_1$	= kompresi impuls menyebabkan kompresi/ perubahan momentum
$k_2$	= kompresi elastik tiang
$k_3$	= kompresi elastik tanah
$L$	= panjang tanah
$L_b$	= tebal lapisan tanah (m).
$L_i$	= tebal lapisan tanah (m)
$N$	= koef. Restitusi antara ram dan pile cap
$n$	= koefisien restitusi
$N$	= N-SPT pada kedalaman $z_i$ sampai $z_i + B_g$
$n$	= Jumlah tiang
$N_c$	= faktor daya dukung ( untuk $\Phi = 0$ , $N_c = 9$ ).
$N_c^*$	= faktor daya dukung tanah, untuk pondasi tiang pancang
$N_q^*$	= faktor daya dukung tanah.
$p$	= keliling pondasi (m)
$P_{Tiang}$	= Daya dukung tiang yang diijinkan (kN).
$P_{tiang}$	= Daya dukung terhadap kekuatan bahan (ton)
$P_u$	= Kapasitas daya dukung <i>ultimate</i> tiang.
$Q$	= Beban yang bekerja (ton)
$q$	= tekanan vertical efektif ( $\text{ton/m}^2$ )
$Q_a$	= Daya dukung ultimit
$q_b$	= kapasitas daya dukung di ujung tiang persatuan luas ( $\text{kg/cm}^2$ )

$Q_b$	= kapasitas ultimit tahanan ujung tiang ( $\text{kg/cm}^2$ )
$q_c(\text{side})$	= perlawanan konus rata-rata pada masing lapisan sepanjang tiang
$q_{ca}(\text{base})$	= perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D dibawah ujung tiang
$q_e$	= tekanan pada dasar pondasi = $P/L_g \cdot B_g$
$Q_g$	= Kapasitas kelompok ijin tiang (ton)
$Q_{ijin}$	= Daya dukung ijin tarik (ton)
$Q_{jin}$	= daya dukung ijin (kg atau ton)
$Q_p$	= Daya dukung ujung tiang pancang
$Q_s$	= kapasitas daya dukung selimut pondasi tiang (kN).
$Q_u$	= Kapasitas <i>ultimate</i> tiang
$R_b$	= Faktor koreksi untuk kekakuan lapisan pendukung
<i>Relative Density/ Dr</i>	= Kepadatan relative
$R_h$	= Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah keras
$R_k$	= Faktor koreksi kemudah mampatan tiang
$R_\mu$	= Faktor koreksi angka Poisson $\mu$
$S$	= Penurunan untuk tiang tunggal (mm)
$S$	= Banyaknya penetrasi pukulan diambil dari kalendering di lapangan.
$s$	= penetrasi per pukulan
$S$	= penurunan tiang tunggal (m).



$S_g$	= penurunan kelompok tiang (m).
$T_{ult}$	= Daya dukung terhadap kekuatan tanah untuk tiang tarik (ton)
$W_p$	= berat tiang, termasuk <i>pilecap</i> , <i>driving shoe</i> , dan <i>capblok</i>
$WR$	= Berat hammer
$WR \times h$	= Energi palu, SF yang direkomendasikan = 6
$W_r$	= berat <i>ram</i> (termasuk berat <i>casing</i> untuk pemukul aksi dobel)
$Z_i$	= kedalaman $2/3 L$ di bawah tiang
$\alpha$	= faktor adhesi empiris.
$\alpha$	= faktor adhesi 0,55 ( <i>Reese &amp; Wright, 1977</i> )
$\eta$	= Effisiensi alat pancang.
$\sigma_b$	= Tegangan tekan beton yang diijinkan
$\sigma_r$	= tegangan tanah = $2000 \text{ lb/ft}^2 = 100 \text{ kPa} = 10000 \text{ kg/m}^2$
$\sigma_v'$	= tegangan vertical efektif tanah ( $\text{ton/m}^2$ )
$\Phi$	= Sudut geser tanah