ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG AKSIAL TUNGGAL DENGAN METODE STATIS DAN DINAMIS TERHADAP HASIL UJI *PILE DRIVING ANALYZE (PDA)* PADA PEKERJAAN PONDASI PROYEK JAKARTA BOX TOWER

EVI PUSPITA SARI

5415134241

Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Dalam Memperoleh Gelar Sarjana

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK BANGUNAN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2017

LEMBAR PENGESAHAN

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Drs. Prihantono, M. Eng (Dosen Pembimbing I)	.....	23/8-17 .....
Sittati Musalamah, MT (Dosen Pembimbing II)	.....	23/08 2017 .....

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
R. Eka Murtinugraha, M.Pd (Ketua Penguji)	.....	22/8 - 2017 .....
Dr. Gina Bachtiar, MT (Penguji I)	.....	22-08-2017. .....
Ririt Aprilin S, M.Sc.Eng (Penguji II)	Re-Reply	16 Agustus 2017 .....

Tanggal Lulus 14 Agustus 2017

Scanned by CamScanner

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun diperguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Agustus 2017

Yang Membuat Pernyataan

METERAI TEMPEL
TGL 20
07455AEF365703513
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Evi Puspita Sari
NRM. 5415134241

Scanned by CamScanner

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan ramah dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi skripsi dengan judul "Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Aksial Tunggal dengan Metode Statis dan Dinamis Terhadap Hasil Uji *Pile Driving Analyze (PDA)* pada Pekerjaan Pondasi Proyek Jakarta Box Tower".

Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh gelar sarjana strata satu (S1) Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan Universitas Negeri Jakarta. Penyusunan skripsi tidak akan selesai tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. R. Eka Murti Nugraha, M.Pd selaku Ketua Penguji sekaligus Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
2. Drs. Prihantono, M.Eng sebagai Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan banyak kritik maupun saran dalam penyelesaian skripsi.
3. Sittati Musalamah, MT., sebagai Dosen Pembimbing II yang telah memberikan kontribusi baik masukan maupun saran dalam penyelsaian skripsi.
4. Lenggogeni, MT sebagai pembimbing akademik yang telah memberikan motivasi serta saran yang membangun untuk kemajuan skripsi ini.
5. Ibu Ririt Aprilin S, M.Sc.Eng selaku dosen penguji.
6. Ibu Gina Bachtiar,MT selaku dosen penguji.
7. Kedua orang tua serta saudara sekandung yang selalu memberikan doa dan dorongan untuk terselesaikannya skripsi ini.
8. Staff UNJ dan teman-teman Pendidikan Teknik Bangunan 2013 serta para senior.
9. Ir. Andhi Purwanto selaku *construction manager* di PT. Trimatra Jaya Persada Proyek Jakarta Box Tower
10. Seluruh karyawan PT. Trimatra Jaya Persada Proyek Jakarta Box Tower
11. Teman-teman yang ikut mendukung yaitu Hari Setiawan, Doni Setiawan, Nada Nisrina, Krisman Pebrian, Alfida Zahwa, Adriansyah, Nadia Rahma, Dian Yuris dan Chairani Sabrina.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih belum sempurna dan masih terdapat kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dari penulis. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata semoga atas kesediaan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini, selalu mendapatkan rahmat dan karunia dari Allah SWT. Penulis berharap agar hasil dari tulisan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, Agustus 2017

Penulis

ABSTRAK

Evi Puspita Sari, *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Aksial Tunggal dengan Metode Statis dan Dinamis Terhadap Hasil Uji Pile Driving Analyze (PDA) pada Pekerjaan Pondasi Proyek Jakarta Box Tower*. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017. Dosen Pembimbing : Drs. Prihantono, M.Eng dan Sittati Musalamah, MT.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbandingan daya dukung pondasi tiang dengan beberapa metode perhitungan statis dan dinamis terhadap hasil pengujian dinamis *Pile Driving Analyze (PDA).*

Analisis menggunakan perhitungan statis pada beberapa metode yaitu, metode Meyerhoff, Vesic, α Thomlinson, dan α Terzaghi, Peck dan Mesri. Perhitungan perencana menggunakan metode Reese & Wright. Daya dukung dinamis menggunakan data pemancangan *jacking pile record* dari alat *Hydrolic System Pile Driving (HSPD)* dan hasil pengujian *Pile Driving Analyze.*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Reese & Wright dengan data SPT merupakan nilai yang paling mendekati hasil uji PDA dengan persentase 74,72%; 76,79% dan 82,83% untuk tiang No. 310, No. 368 dan No. 763. Sementara hasil perbandingan data *jacking pile record* yang paling mendekati PDA adalah pada tiang No. 638 dengan persentase 82,83%. Hasil penurunan terbesar terdapat pada tiang No. 310 dan No. 763 dengan penurunan sebesar 26,3 mm dan 25,9 mm dengan metode Vesic + α Terzaghi, Peck dan Mesri.

Kata kunci : Kapasitas Daya Dukung, *Pile Driving Analyze (PDA), jacking pile record,* dan penurunan

ABSTRACT

***Evi Puspita Sari**, Analysis of Bearing Capacity Single Axial Pile Foundation with Static and Dynamic Method on Pile Driving Analyze (PDA) Test Result at Jakarta Box Tower Project. Essay. Jakarta, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, 2017. Supervisor: Drs. Prihantono, M.Eng and Sittati Musalamah, MT*

The purpose of this research is to know the ratio of bearing pile capacity with some static and dynamic calculation method to Pile Driving Analyze (PDA) dynamic test result.

The analysis uses static calculations using several methods namely, Meyerhoff, Vesic, α Thomlinson, and α Terzaghi, Peck and Mesri methods.Consultant calculation using Reese & Wright method. Dynamic bearing capacity uses jacking pile record from Hydrolic System Pile Driving (HSPD) and Pile Driving Analyze test results.

The results showed that Reese & Wright method with SPT is the most closely approximated PDA test result with percentage 74,72%; 76.79% and 82.83% for number of pile 310, 368 and 763. While the result of comparison of jacking pile record that most approached PDA is on pile number 638 with a percentage of 82.83%. The largest decrease results are at pile number 310 and 763 with a decrease of 26.3 mm and 25.9 mm with α Vesic+Terzaghi, Peck and Mesri method

***Keywords :** Bearing Capacity, Pile Driving Analyze (PDA), jacking pile record, and settlement*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
LEMBAR PERNYATAAN ..... **iii**
KATA PENGANTAR ..... **iv**
ABSTRAK ..... **vi**
ABSTRACT ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
DAFTAR TABEL ..... **xii**
DAFTAR NOTASI ..... **xiv**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvi**
BAB I **1**
PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang. 1
1.2 Identifikasi Masalah 3
1.3 Pembatasan Masalah 3
1.4 Rumusan Masalah 4
1.5 Kegunaan Penelitian 4

BAB II **5**
2.1 Landasan Teori 5
2.1.1 Tanah 5
2.1.2 Klasifikasi Tanah 6
2.1.3 Penyelidikan Tanah 7
2.1.3.1 Cone Penetration Test (Sondering Test) 8
2.1.3.2 Standard Penetration Tet (SPT) 8
2.1.3.3 Pemboran *(drilling)* 11
2.1.4 Pondasi 11
2.1.5 Pondasi Tiang Pancang 12
2.1.6 Metode *Hydraulic Jack Pilling* 14
2.1.7 Daya Dukung Pondasi 15
2.1.8 Kapasitas Ijin Tiang 16
2.1.8.1 Kapasitas Ujung Tiang 18

2.1.8.2 Kapasitas Selimut Tiang 19
2.1.9 Daya Dukung *Jackin Pile* 22
2.1.10 *Pile Driving Analyze* 22
2.1.11 Penurunan Tiang 26
2.2 Penelitiang yang Relevan 29
2.3 Kerangka Konseptual 30

BAB III METODE PENELITIAN 33

3.1 Tujuan Penelitian 33
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian 33
3.3 Teknik Pengumpulan Data 33
3.3.1 Deskripsi Bangunan 33
3.3.2 Denah Lokasi 34
3.3.3 Data Parameter Tanah 34
3.3.4 Data *Jacking Pile Record* 34
3.3.5 Data Material 35
3.3.6 Data Uji PDA 35
3.4 Kombinasi daya Dukung Ultimit 36
3.5 Teknik Analisis Data 37
3.6 Prosedur Analisis Data 37
3.7 Diagram Alir 39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 40

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian 40
4.1.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang 40
4.1.2 Daya Dukung Metode Statis 47
4.1.2.1 Daya Dukung Ujung *(End Bearing)* 48
4.1.2.2 Daya Dukung Selimut *(Friction)* 51
4.1.2.3 Perhitungan DayaDukung Ultimit 57
4.1.2.4 Perhitungan Daya Dukung Ijin 58
4.1.3 Daya Dukung Metode Dinamis 59
4.1.3.1 *Jacking Pile Record* 59

4.1.3.2 Daya Dukung PDA 59
4.1.4 Rekapitulasi dan Perbandingan Daya Dukung 60
4.1.5 Penurunan Pondasi Tiang Tunggal 62
4.1.6 Rekapitulasi Hasil Penuruanan Tiang 63
4.2 Analisis Data Penelitian 64
4.2.1 Analisis Daya Dukung Pondasi 64
4.2.2 Analisis Penurunan Pondasi 65
4.3 Analisis Keseluruhan 66
4.4 Keterbatasan Penelitian 69

BAB V KESIMPULAN 70

5.1 Kesimpulan 70
5.2 Saran 71

DAFTAR PUSTAKA 72
LAMPRAN-LAMPIRAN 73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Konus Sondir dalam Keadaan Tertekan dan Terbentang 8
Gambar 2.2. Skema Urutan Uji Penetrasi Standar 10
Gambar 2.3. Tiang Pancang Beton *Precast Reinforced Concrete* 13
Gambar 2.4. Tiang Pancang Beton *Precast Prestressed Concrete* 14
Gambar 2.5 Mesin HSPD.....15
Gambar 2.6. Faktor Adhesi Tiang Pancang Tanah Lempung.....20
Gambar 2.7. *Pile Driving Analyzer* 24
Gambar 2.8. Grafik Output PDA 24
Gambar 2.9. Grafik Analisis CAPWAP 24
Gambar 3.1. Diagram Alir.....39
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Daya Dukung dengan Penurunan Tiang 310.....67
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Daya Dukung dengan Penurunan Tiang 638.....67
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Daya Dukung dengan Penurunan Tiang 763.....68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah (SNI-1726-2012).....6
Tabel 2.2 Koreksi Alat Uji SPT 10
Tabel 2.3 Variasi Nilai N^*_c dengan I_{rr} untuk kondisi ϕ = 0 Teori Vesic 19
Tabel 2.4 Variasi nilai α (Terzaghi, Peck dan Mesri) 21
Tabel 2.5 Nilai Koefisien Cp.....27
Tabel 3.1 Data Pemancangan Pile Record 35
Tabel 3.2 Daya Dukung Ultimit Hasil PDA dan CAPWAP 36
Tabel 3.3 Kombinasi Metode Qu 36
Tabel 4.1 Nilai Tegangan Vertikal Efektif DB 1 42
Tabel 4.2 Nilai Tegangan Vertikal Efektif DB 2 43
Tabel 4.3 Nilai Tegangan Vertikal Efektif DB 3 44
Tabel 4.4 Nilai N Koreksi (N_{60}) dan cu DB 1 45
Tabel 4.5 Nilai N Koreksi (N_{60}) dan cu DB 2 46
Tabel 4.6 Nilai N Koreksi (N_{60}) dan cu DB 3 47
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan End Bearing Metode Myerhoff Tiang 763 48
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan End Bearing Metode Myerhoff Tiang 310 49
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan End Bearing Metode Myerhoff Tiang 638.....49
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan End Bearing Metode Vesic Tiang 310 50
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan End Bearing Metode Vesic Tiang 638 50
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan End Bearing Metode Vesic Tiang 763 51
Tabel 4.13 Perhitungan Metode α Thomlinson Tiang 310 52
Tabel 4.14 Perhitungan Metode α Thomlinson Tiang 638 53
Tabel 4.15 Perhitungan Metode α Thomlinson Tiang 763 53
Tabel 4.16 Perhitungan Metode α Terzaghi, Peck dan Mesri Tiang 310.....55
Tabel 4.17 Perhitungan Metode α Terzaghi, Peck dan Mesri Tiang 638.....56
Tabel 4.18 Perhitungan Metode α Terzaghi, Peck dan Mesri Tiang 710.....57
Tabel 4.19 Nilai Daya dukung Ultimit Tiang 310, 638 dan 763.....58
Tabel 4.20 Nilai Daya dukung Ijin Tiang 310, 638 dan 763.....58
Tabel 4.21 Nilai Daya dukung Ijin *pile record* Tiang 310, 638 dan 763.....59
Tabel 4.22 Nilai Daya dukung Ijin PDA Tiang 310, 638 dan 763.....59
Tabel 4.23 Rekapitulasi Daya Dukung Metode Statis 60

Tabel 4.24 Hasil Perbandingan Metode Statis dan Dinamis Tiang 310 61
Tabel 4.25 Hasil Perbandingan Metode Statis dan Dinamis Tiang 638 61
Tabel 4.26 Hasil Perbandingan Metode Statis dan Dinamis Tiang 763 61
Tabel 4.27 Rekapitulasi Penurunan Tiang Tunggal 63

DAFTAR NOTASI

Ap = luas penampang tiang

CB = faktor koreksi terhadap diameter bor

CE = faktor koreksi terhadap rasio tenaga palu

CN = faktor koreksi terhadap tegangan vertikal efektif

CR = faktor koreksi untuk panjang batang *SPT;*

CS = koreksi terhadap tabung contoh (*samplers*) dengan atau tanpa pelapiS

cu = *kohesi undrained*

D = dimensi tiang

Ep = modulus elastisitas tiang

Es = modulus elastisitas tanah

FS = faktor keamanan

fav = nilai tahanan kulit

Ir = indeks kekakuan

Irr = penurunan faktor kekakuan pada tanah

Iwp = faktor yang mempengaruhi

Iws = faktor yang mempengaruhi

L = panjang tiang

*N*c* = faktor kapasitas daya dukung

N_{60} = nilai *SPT* yang dikoreksi

NM = hasil uji *SPT* di lapangan

p = keliling tiang

Pa = tekanan atmosfer

$\sigma'_{v(0)}$ = tegangan vertikal efektif pada ujung tiang

qp = tahanan ujung tiang

q_{wp} = beban ujung dibagi luas tiang =

$Qall$ = kapasitas daya dukung ijin untuk masing-masing tiang

Qb = kapasitas daya dukung ujung tiang (*end bearing*)

Qs = tahanan kulit yang berasal dari gesekan antara tiang dengan tanah

Qu = kapasitas daya dukung ultimit pondasi tiang

Qwp = beban yang bekerja pada ujung tiang

Qws = beban yang berkerja berdasarkan tahanan gesek

se = penurunan elastis tiang

Ss = penurunan elastis tiang akibat deforormasi aksial

Sp = penurunan tiang berdasarkan beban di ujung tiang

Sps = penurunan tiang berdasarkan friksi/ tahanan kulit

α = faktor adhesi empiris

γw = berat volume air

γsat = berat volume tanah tersaturasi

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Denah Penyelidikan Tanah 73
Lampiran 2. Form *Jacking Pile Record* 74
Lampiran 3. Denah Pancang 75
Lampiran 4. Perhitungan Daya Dukung Reese & Wright 76
Lampiran 5. Data Parameter Tanah Proyek 78
Lampiran 6. Data Perhitungan Tanah Lunak Proyek 80
Lampiran 7. Hasil Turnitin 82
Lampiran 8. Modul perhitungan Daya Ijin Pondasi 83
Lampiran 9. Surat-surat 93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pondasi tiang pancang merupakan salah satu jenis dari pondasi dalam yang berfungsi untuk menyalurkan beban struktur kelapisan tanah keras yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang letaknya cukup dalam di dalam tanah. Pondasi tiang memiliki nilai daya dukung yang diperoleh dari daya dukung ujung *(end bearing capacity)* didapat dari tekanan ujung tiang, dan daya dukung geser atau selimut *(friction bearing capacity)* yang diperoleh dari daya dukung gesek atau gaya adhesi antara tiang pancang dan tanah di sekelilingnya.

Metode untuk menghitung daya dukung aksial pondasi tiang dikelompokan menjadi tiga, yaitu: (a) Metode statik adalah metode untuk menghitung daya dukung dengan menggunakan prinsip-prinsip mekanika tanah klasik menggunakan data parameter tanah berdasarkan hasil uji laboratorium dan uji lapangan; (b) Metode dinamik adalah metode untuk menghitung kapasitas daya dukung pondasi tiang berdasarkan gaya dinamis saat pemancangan atau rambatan gelombang *(wave propagation);* dan (c) Uji beban skala penuh *(static loading test)* adalah metode yang paling dapat dipercaya tapi memiliki beberapa kekurangan, yaitu: membutuhkan biaya yang besar; waktu yang relatif lama; bahaya bagi pekerja karena menggunakan tumpukan blok-blok beton pada saat pengujian (Setio dkk, 2000, diacu dalam Coduto, 2001)

Pentingnya mengetahui kapasitas daya dukung suatu struktur pondasi guna memperoleh kemudahan saat menentukan jumlah pondasi yang akan menahan beban struktur yang berujung pada efisiensi perencanaan anggaran untuk suatu

perencanaan pondasi. Berbagai metode telah dilahirkan oleh para ahli untuk memudahkan para *engineer* dalam merencanakan suatu struktur, termasuk diantaranya adalah sebuah metode pengujian terhadap pondasi yang sangat diperlukan untuk mengetahui daya dukung aktual.

Pondasi tidak akan lepas kaitannya dengan alam dibawahnya, yaitu tanah. Hasil pengujian tanah pada Proyek *Jakarta Box Tower* menunjukan bahwa tanah pada area proyek masuk kedalam kategori tanah lunak (SE), karena kelunakannya tersebut membuat pekerjaan struktur gedung menjadi terhambat khususnya pekerjaan struktur pondasi dimana telah terjadi *redesign* atau pendesainan ulang proyek lantaran keadaan tanahnya tersebut. Seperti banyak diketahui bahwa tanah lunak seperti lempung ataupun lanau mengandung nilai kohesi yang dapat mempengaruhi nilai daya dukung pondasi. Untuk mendapatkan nilai daya dukung tiang pondasi, perencana menggunakan metode *Reesse & Wright (1977)* dimana dalam perhitungan tersebut menggunakan data parameter tanah dari uji SPT tanpa memperhitungkan nilai kohesi tanah. Maka diperlukan perkuatan data dengan membandingkan berbagai metode daya dukung terhadap suatu data hasil pengujian yang dianggap aktual dan pada penelitian ini akan digunakan metode perhitungan daya dukung pondasi dengan memperhitungkan nilai kohesi tanah.

Karena begitu pentingnya untuk mengetahui suatu nilai daya dukung yang aktual, maka hal-hal tersebut yang melatarbelakangi disusunnya penelitian ini, dimana akan dilakukan perhitungan nilai kapasitas daya dukung tiang pancang dengan metode statis dihitung berdasarkan data-data lapangan (N-SPT dan Borlog) dengan memperhitungkan nilai kohesi tanah, sedangkan metode dinamis didapat berdasarkan data lapangan yaitu data *jacking pile record* yang diperoleh saat

pemancangan berlangsung dan data uji *Pile Driving Analyze (PDA).* Selanjutnya, akan dibandingkan metode stasis dan dinamis terhadap hasil interpretasi uji PDA untuk mendapatkan metode perhitungan yang paling mendekati hasil uji PDA sebagai metode yang dianggap lebih aktual karena menggunakan beban yang sebenarnya.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Metode apa sajakah yang dapat digunakan untuk menghitung nilai daya dukung aksial pondasi tiang?
2. Bagaimanakah analisis daya dukung aksial tiang pondasi dengan menggunakan data parameter tanah?
3. Bagaimana perbandingan daya dukung aksial tiang dengan metode statis dan dinamis?
4. Bagaimana penurunan tiang dapat dikatakan aman?

1.3 Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini dapat fokus dan terarah, maka perlu dibuat batasan-batasan masalah. Adapun batasan masalah tersebut itu adalah :

1. Konstruksi pondasi yang diteliti adalah pondasi tiang pancang pada Proyek *Jakarta Box Tower.*
2. Data yang digunakan adalah data yang diperoleh dari PT. TrimatraJaya Persada sebagai perusahaan menejemen konstruksi proyek.
3. Daya dukung pondasi yang dihitung adalah daya dukung aksial tekan tiang tunggal, tiang No. 310, No. 638 dan No. 763. Ketiga titik tiang yang ditinjau berdasarkan tiang yang di uji PDA dan terdekat dengan titik *boreholes* yang ada pada area *tower.*

4. Pondasi yang dianalisis merupakan pondasi tiang pancang dengan dimensi 50 cm × 50 cm f'c 42 MPa produksi PT. JHS *System.*
5. Penentuan kategori tanah untuk beban gempa berdasarkan SNI-1726-2012
6. Perhitungan daya dukung metode statis dengan metode Myerhoff, Vesic, α Thomlinson, dan α Terzaghi, Peck dan Mesri.
7. Daya dukung metode dinamis berdasarkan data *jacking pile record* dan *PDA*
8. Kedalaman pondasi yang dihitung pada kedalaman 19,5 m dan 46 m.
9. Analisis penurunan pondasi tiang tunggal dengan menggunakan metode semi-empiris.
10. Tidak mempertimbangkan jenis tiang *prestress* dalam perhitungan daya dukung.

1.4 Rumusan Masalah

Perumussan masalah dalam penelitian ini adalah "perhitungan daya dukung manakah yang daya dukungnya paling mendekati hasil Uji *Pile Driving Analyze*?"

1.5 Kegunaan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat dengan adanya penelitian ini peneliti serta pembaca dapat mengetahui informasi perbandingan ketiga daya dukung yang telah ditentukan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Penelitian ini ditunjang oleh pemilihan teori yang digunakan. Pemilihan teori yang tepat akan mempermudah dalam menyelesaikan analisis data.

2.1.1 Tanah

Menurut Craig (1991), tanah terbentuk dari pelapukan batuan dan merupakan akumulasi mineral yang tidak memiliki atau lemah ikatan antar partikelnya.. Tanah terjadi sebagai produk pecahan dari batuan yang mengalami pelapukan mekanis atau kimiawi. Pelapukan mekanis terjadi apabila batuan berubah menjadi fragmen yang lebih kecil tanpa terjadinya suatu perubahan kimiawi dengan faktor-faktor yang mempengaruhi, yaitu pengaruh iklim, eksfoliasi, erosi oleh angin dan hujan, abrasi, serta kegiatan organik. Sedangkan pelapukan kimiawi meliputi perubahan mineral batuan menjadi senyawa mineral yang baru dengan proses yang terjadi antara lain seperti oksidasi, larutan (*solution*), pelarut (*leaching*).

Definisi tanah menurut Bowles (1984), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

a. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 sampai 300 mm dan untuk ukuran 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles/pebbles*).
b. Kerikil (*gravel*) adalah partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
c. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, yang berkisar dari kasar dengan ukuran 3 mm sampai 5 mm sampai bahan halus yang berukuran < 1 mm.

d. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai 0,0074 mm.

e. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.

f. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2.1.2 Klasifikasi Tanah

Penentuan kategori tanah untuk beban gempa berdasarkan SNI-1726-2012. Terdapat tiga parameter sebagai tolak ukur, yaitu nila N dari SPT (*standard penetration test*), nilai *shear wave velocity* v_s (kecepatan gelombang S), dan *undrained shear strength* tanah S_u. table dibawah ini menunjukkan spesifikasi kategori tanah berdasarkan tiga parameter yang ditetapkan SNI-1726-2012.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah (SNI-1726-2012)

Kelas Situs	vs (m/sec)	N	Su (kPa)
SA (Batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (Batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (Tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (Tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : - Indeks paltisitas, PI > 20 - Kadar air, w 40% - Kuat geser niralir Su < 25 kPa		
SF (Tanah Khusus)	Setiap profil lapisan tanah yang memilikisalah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersedimentasi lemah. - Lempung sangat organic dan/atau gambut (ketebalan H > 3 m). - Lempung berplastis sangat tinggi (ketebalan H > 7,5 m dengan indeks plastisitas (PI > 75) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan H > 35 m dengan Su < 50 kPa.		

Sumber : SNI-1726-2012 Penentuan Kategori Tanah Berdasarkan Beban Gempa

2.1.3 Penyelidikan Tanah

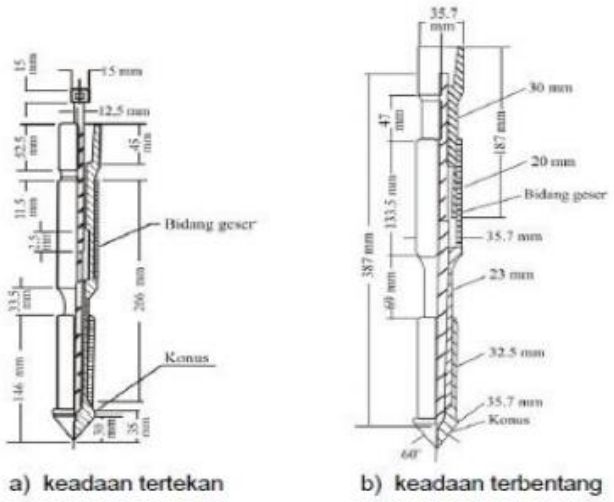
Tujuan penyelidikan tanah adalah mentukan, dalam batas-batas praktis, sifat-sifat stratifikasi dan teknik dari tanah yang mendasari suatu tempat. Sifat-sifat utama yang ditinjau adalah karakteristik kekuatan, deformasi, dan hidrolik. Penyelidikan harus direncanakan sedemikian rupa hingga jumlah informasi maksimum dapat diperoleh dengan biaya minimum (*Bowles*, 1984).

Karakteristik tanah pada suatu lokasi umumnya amat bervariasi dan dapat berbeda drastis dalam jarak hanya beberpa meter saja). Oleh sebab itu penyelidikan tanah harus dapat mencakup informasi kondisi tanah yang sedekat mungkin dengan kondisi sebenarnya untuk mengurangi resiko akibat variasi tersebut, dan dalam jumlah yang cukup untuk dapat merencanakan system pondasi dengan akurat. Perencanaan penyelidikan tanah menjadi bagian dari eksplorasi tanah dan perencanaan pondasi (Rahardjo, 2005)

Ada dua jenis penyelidikan tanah yang biasa dilakukan, yaitu penyelidikan di lapangan *(in situ)* dan penyelidikan di laboratorium *(laboratory test).* Adapun jenis penyelidikan di lapangan, seperti pengeboran (*hand boring* ataupun *machine boring)*, Standard Penetration Test (SPT), Cone Penetrometer Test (sondir), *Dynamic Cone Penetrometer, dan Sand Cone Test.* Sedangkan jenis penyelidikan di laboratorium terdiri dari uji index properties tanah *(Atterberg Limit, Water Content, Spesific Gravity, Sieve Analysis)* dan *engineering properties* tanah *(direct shear test, triaxial test, consolidation test, permeability test, compaction test, CBR test*, dan lain-lain).

2.1.3.1 *Cone Penetration Test (Sondering Test)*

Alat kerucut penetrometer Belanda (= Sondir) adalah sebuah alat yang ujungnya berbentuk kerucut dengan sudut 60º dan dengan luasan ujung 1,54 in^2 ($10cm^2$) (lihat Gambar 2.1). Alat ini digunakan dengan cara ditekan kedalam tanah terus menerus dengan kecepatan tetap 20 mm/detik, sementara itu besarnya perlawanan tanah terhadap kerucut penetrasi (q_c) juga terus menerus diukur. Dari alat penetrometer yang lazim dipakai, sebagian besar mempunyai selubung geser (*biconus)* yang dapat bergerak mengikuti kerucut penetrometer tersebut. Jadi, kita dapat membaca secara terpisah harga perlawanan ujung conus dan harga hambatan geser dari tanah. Selubung geser mempunyai luas muka sekitar 23,25 in^2 (150 cm^2) (Das B. M, 1993).



Gambar 2.1 Konus Sondir dalam Keadaan Tertekan dan Terbentang
(Sosrodarsono & Nakazawa, 2005)

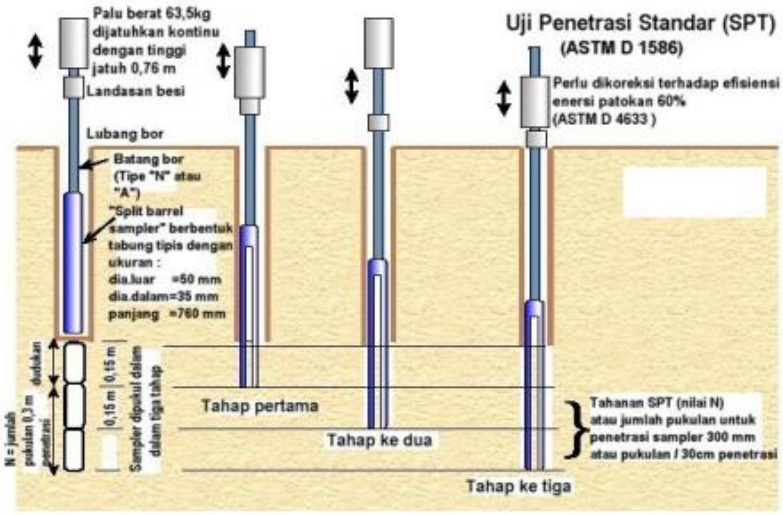
2.1.3.2 *Standart Penetration Test (SPT)*

Standard Penetration Test (*SPT*) suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Uji *SPT*

terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap ke-dua dan ke-tiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan N atau perlawanan *SPT* (dinyatakan dalam pukulan/0,3 m) (SNI 4153:2008)

Alat dan cara kerja percobaan ini diperlihatkan dalam Gambar 2.3. Dalam percobaan SPT ini terdapat beberapa istilah diantaranya :

1. Jumlah pukulan, adalah banyaknya pukulan palu setinggi 76 cm pada setiap penetrasi 15 cm.
2. Konus, adalah ujung alat penetrasi yang berbentuk kerucut (terbuka dan tertutup) untuk menahan perlawanan tanah.
3. Palu/Pemberat, adalah besi atau baja massif berbentuk silinder dan ditengahnya berlubang lebih besar sedikit daripada diameter pipa bor.
4. *Split Barrel Sampler* adalah tabung yang dibelah dua dan kedua ujungnya dipegang dengan mur dan dipasang pada ujung pipa bor pada waktu pelaksanaan pengujian SPT.



Gambar 2.2 Skema Urutan Uji Penetrasi Standar (SPT)

Nilai N yang diperoleh dengan *Standard Penetration test* dapat dihubungkan secara empiris dengan beberapa sifat lain-lain dari tanah yang sedang diuji. Nilai N yang didapatkan harus dikalikan dengan faktor yang ditentukan seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Koreksi Alat Uji SPT

Faktor	Jenis Alat	Parameter	Koreksi
Tegangan vertikal efektif		CN	2,2/(1,2+(σ'v0/Pa)) CN ≤1,7
Rasio Tenaga	Palu donat (*donut hammer)* Palu pengaman (*safety hammer)* Palu otomatik (*automatic-trip donut-type hammer*	CE	0,5 s.d 1,0 0,7 s.d 1,2 0,8 s.d 1,3
Diameter batang	65 s.d 115 mm 150 mm 200 mm	CB	1,0 1,05 1,15
Panjang Batang	< 3 3 s,d 3 m 4 s.d 6 m 6 s.d 10 m 10 s.d 30 m	CR	0,75 0,8 0,85 0,95 1,0
Pengambilan contoh	Tabung standar Tabung dengan pelapis (*liner)*	CS	1,0 1,1 s.d 1,3

Sumber : SNI 4153-2008

2.1.3.3 Pemboran (*Drilling*)

Pemboran merupakan bagian yang penting dari penyelidikan tanah, dari pemboran dapat diketahui lapisan-lapisan tanah dibawah lokasi rencana bangunan, dan dari lubang bor (*boreholes*) dapat diperoleh contoh-contoh tanah yang diperlukan untuk penyelidikan tanah selanjutnya di Laboratorium Mekanika Tanah (Gunawan, 1983).

Teknik pemboran pada umumnya dipakai untuk penyelidikan tanah bagi kepentingan prencanaan pondasi dalam. Dengan pemboran, contoh tanah maupun batuan dapat diambil dan diuji dilaboratorium untuk klasifikasi, pengujian sifat fisis maupun mekanisnya (Rahardjo, 2005). Pemboran tanah adalah membuat lubang kedalam tanah dengan menggunakan alat bor manual maupun alat bor mesin dengan tujuan :

1. Mengidentifikasi jenis tanah sepanjang kedalaman lubang bor.
2. Untuk mengambil contoh tanah asli maupun tidak asli pada kedalaman yang dikehendaki.
3. Untuk memasukkan alat uji penetrasi baku (*Standard Penetration Test*, SPT) pada kedalaman yang dikehendaki.
4. Untuk memasukkan alat uji lainnya kedalam tanah yang dikehendaki, misalnya : uji rembesan lapangan, uji *vane shear*, uji *pressuremeter*, pengukuran tekanan air pori dan lain-lain.

2.1.4 Pondasi

Menurut Nakazawa (1980), untuk memilih pondasi yang memadai, perlu diperhatikan apakah pondasi itu cocok untuk berbagai keadaan di lapangan dan apakah pondasi itu memungkinkan untuk diselesaikan secara ekonomis sesuai

dengan jadwal kerjanya. Bila keadaan tersebut ikut dipertimbangkan dalam menentukan macam pondasi, hal- hal berikut ini perlu dipertimbangkan : 1) Keadaan tanah pondasi. 2) Batasan-batasan akibat konstruksi di atasnya (*superstructure*). 3) Batasan-batasan dari sekelilingnya. 4) Waktu dan biaya pekerjaan. Perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui daya dukung tanah, supaya tidak terjadi penurunan yang berlebihan atau keruntuhan. Struktur bangunan pada umumnya terdiri dari struktur atas (*upper structure*) dan struktur bawah *(lower structure)*. Struktur atas (*upper structure*) adalah struktur bangunan yang berada di atas permukaan tanah seperti kolom, balok, plat, tangga, sedangkan yang dimaksud dengan struktur bawah *(lower structure)* yang dimaksud adalah pondasi dan struktur bangunan yang berada di bawah permukaan tanah.

Pondasi dapat digolongkan dimana beban itu ditopang oleh tanah yang menghasilkan (Bowles, 1997) :

a. Pondasi Dangkal, dinamakan sebagai alas, telapak, telapak tersebar atau pondasi rakit (mats). Kedalamannya pada umumnya $D/B \leq 1$ tetapi mungkin agak lebih.
b. Pondasi Dalam - tiang pancang, tembok/tiang yang dibor, atau kaison yang dibor, $D/B \geq 4^+$ dengan suatu tiang pancang.

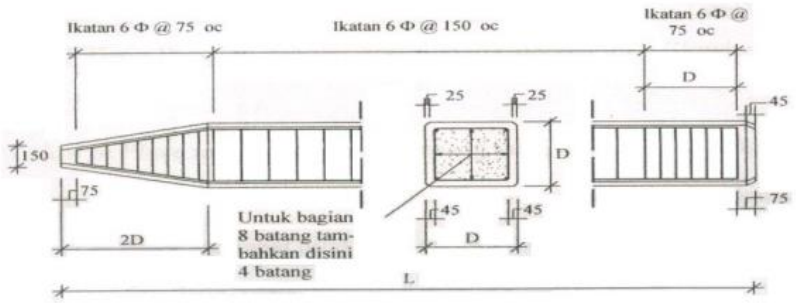
2.1.5 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, dan/atau baja, yang digunakan untuk mentransmisikan beban-beban permukaan ke tingkat-tingkat yang lebih rendah dalam massa tanah. Hal ini merupakan distribusi vertikal dari beban sepanjang poros tiang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang (Bowles, 1988).

Penggunaan tiang pancang berbahan dasar beton dibagi 3 berdasarkan cara pembuatannya (Bowles, 1991) :

a. *Precast Reinforced Concrete Pile*

Precast Reinforced Concrete Pile adalah tiang pancang beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (bekisting) yang setelah cukup keras kemudian diangkat dan dipancangkan. Karena tegangan tarik beton kecil dan praktis dianggap sama dengan nol, sedangkan berat sendiri beton besar, maka tiang pancang ini harus diberikan penulangan yang cukup kuat untuk menahan momen lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan dan pemancangan. Tiang pancang ini dapat memikul beban yang lebih besar dari 50 ton untuk setiap tiang, hal ini tergantung pada jenis beton dan dimensinya. *Precast Reinforced Concrete Pile* penampangnya dapat berupa lingkaran, segi empat, segi delapan dapat dilihat pada (Gambar 2.3).



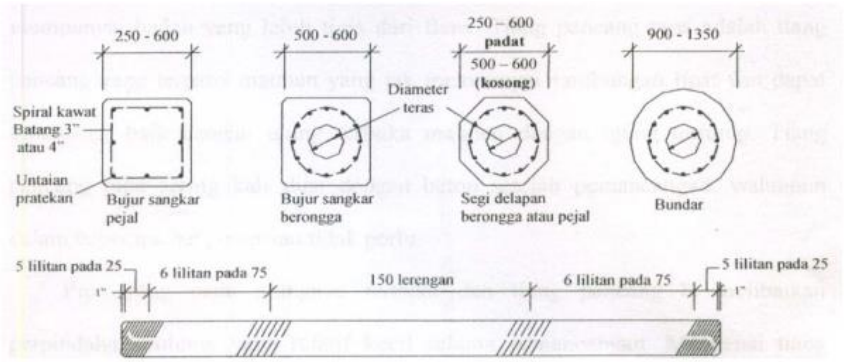
Gambar 2.3 Tiang pancang beton *Precast Reinforced Concrete*

(Bowles,1991)

b. *Precast Prestressed Concrete Pile*

Tiang pancang *Precast Prestressed Concrete Pile* adalah tiang pancang beton yang dalam pelaksanaan pencetakannya sama seperti pembuatan beton prestess, yaitu dengan menarik besi tulangannya ketika dicor dan dilepaskan setelah beton mengeras seperti dalam (Gambar 2.4). Untuk tiang pancang jenis

ini biasanya dibuat oleh pabrik yang khusus membuat tiang pancang, untuk ukuran dan panjangnya dapat dipesan langsung sesuai dengan yang diperlukan.



Gambar 2.4 Tiang pancang beton *Precast Prestressed Concrete Pile* *(Bowles, 1991)*

c. *Cast in Place*

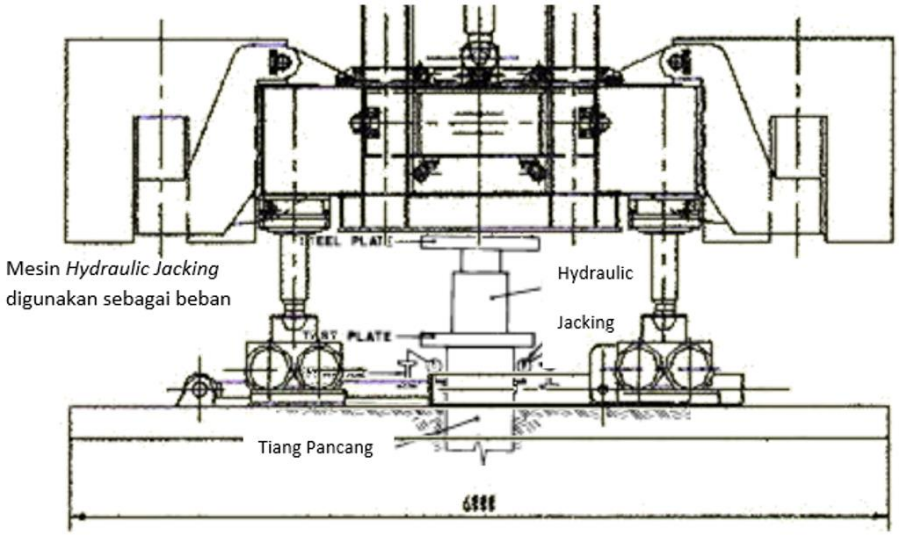
Cast in Place merupakan tiang pancang yang dicor ditempat dengan cara membuat lubang ditanah terlebih dahulu dengan cara melakukan pengeboran. Pada *Cast in Place* ini dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu:

1. Dengan pipa baja yang dipancangkan ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton dan ditumbuk sambil pipa baja tersebut ditarik keatas.
2. Dengan pipa baja yang dipancang ke dalam tanah, kemudian diisi dengan beton sedangkan pipa baja tersebut tetap tinggal di dalam tanah.

2.1.6 Metode *Hydraulic Jack Pilling*

Jacking Pile dengan menggunakan *Hydraulic Static Pile Driver (HSPD)* adalah sistem pemancangan tiang dengan cara menekan tiang masuk ke dalam tanah dengan menggunakan kekuatan sistem hidraulik yang mendapat reaksi pembebanan dari *counterweight.* Sistem pemancangan dengan HSPD merupakan system pemancangan bebas getaran dengan penekanan secara hidrolik. Berwawasan

lingkungan, system ini banyak diminati dalam pekerjaan tiang pancang didaerah perkotaan. Selain terbebas dari getaran serta bisingnya tumbukan, system ini memiliki keunggalan lainnya jika dibandingkan dengan *hammer* yaitu penggunaan tulangan baja pada tiang yang lebih sedikit lantaran impak dari pemancangan lebih kecil (Rahardjo, 2005).



Gambar 2.5 Mesin HSPD

2.1.7 Daya Dukung Pondasi

Daya dukung pondasi adalah besarnya tekanan yang mampu didukung oleh pondasi, sedangkan daaya dukung tiang adalah kombinasi tahanan selimut dan tahanan ujung tiang, untuk mendukung konstruksi, bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam, juga untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat keatas, terutama bangunan tingkat yang dipengaruhi gaya-gaya penggulingan akibat beban angin (Hardiyatmo, 2002). Kapasitas dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban (Hardiyatmo, 2011). Jika dalam kapasitas dukung pondasi dangkal satuannya adalah tekanan (kPa) maka dalam kapasitas

dukung tiang pancang satuannya adalah satuan gaya (kN). Kapasitas ultimit tiang yang dipancang dalam tanah kohesif, adalah jumlah tahanan gesek sisi tiang dan tahanan ujungnya. Besar tahanan gesek tiang tergantung dari bahan dan bentuk tiang. Umumnya, bila tanah homogen, tahanan gesek dinding yang berupa adhesi antara sisi tiang dan tanh akan berpengaruh besar pada kapasitas ultimitnya,

2.1.8 Kapasitas Ijin Tiang

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka kapasitas ultimit tiang dibagi dengan faktor aman tertentu. Fungsi faktor aman adalah :

1. Untuk memberikan keamanan terhadap ketidakpastian dari nilai kuat geser dan kompresibilitas yang mewakili kondisi lapisan tanah.
2. Untuk meyakinkan bahwa penurunan tidak seragam diantara tiang-tiang masih dalam batas-batas toleransi.
3. Untuk meyakinkan bahwa bahan tiang cukup aman dalam mendukung beban yang bekerja.
4. Untuk meyakinkan bahwa penurunan total yang terjadi pada tiang tunggal atau kelompok tiang masih dalam batas-batas toleransi.
5. Untuk mengantisipasi adanya ketidakpastian metode hitungan yang digunakan.

Sehubungan dengan butir (4) dari hasil banyak pengujian-pengujian beban tiang, baik tiang pancang maupun tiang bor yang berdiameter kecil sampai sedang (600 mm), penurunan akibat beban kerja (*working load)* yang terjadi lebih kecil dari 10 mm untuk faktor aman yang tidak kurang dari 2,5 (Tomlinson, 1977, diacu dalam Hardiyatmo, 2011)). Besarnya beban kerja (*working load*) atau kapasitas dukung tiang ijin (Q_a) dengan memperhatikan keamanan terhadap keruntuhan adalah nilai kapasitas ultimit (Q_u) dibagi dengan faktor aman (F) yang sesuai.

Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk perancangan tiang pancang :

$$Qa = \frac{Qu}{F} \tag{2.1}$$

Dimana,

Q_a = kapasitas dukung tiang ijin

Q_u = kapasitas ultimit

F = Nilai faktor aman

Metode Reese & Wright (Metode yang digunakan perencana dalam perencanaan daya dukung tiang)

Metode Reese & Wright (Ref. Manual Fondasi Tiang, Dr. Paulus Pramono, 2004)

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s = A_p\, q_b + A_s\, f_s \tag{2.2}$$

$$Q_a = \frac{Qult}{SF} \tag{2.3}$$

Point bearing : *for driven pile* : q_b = 30 N ton/m^2

Friction : *in sand* : f_s = N/5 <10 ton/m^2

in clay : f_s = N/2 <10 ton/m^2

di mana :

Q_{ult} = daya dukung tiang ultimate

Q_a = daya dukung tiang yang diizinkan beban aksial tekan

Q_b = daya dukung ujung tiang ultimate

Q_s = daya dukung friksi tiang ultimate

q_b = daya dukung *bearing*

f_s = *friction*

N = nilai N dari SPT

A_p = luas penampang ujung tiang

A_s = luas selimut tiang

SF = faktor keamanan SF = 3

2.1.8.1 Kapasitas Ujung Tiang

Kapasitas daya dukung ujung tiang merupakan nilai perlawanan ujung tiang dalam menahan beban yang mampu dipikul oleh tiang, dimana tiang dipancang hingga kedalaman tanah keras (Sardjono, 1991).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung nilai kapasitas ujung tiang (*end bearing*) adalah sebagai berikut :

a. Metode Meyerhof (*Clay*)

Untuk pondasi tiang pada lempung jenuh dalam keadaan *undrained* (= 0), Meyerhof mengusulkan persamaan perhitungan daya dukung ujung sebagai berikut (Das B. M., 2016) :

$$Q_p = A_p.c_u.N_c^* \quad (2.4)$$

Keterangan :

A_p = luas penampang ujung tiang (m²)

N_c^* = faktor kapasitas daya dukung

c_u = kohesi *undrained* pada tanah diujung pondasi tiang (kN/m²)

b. Metode Vesic

Vesic mengajukan metode untuk mengitung kapasitas daya dukung pada tanah lempung yang dapat ditulis sebagai berikut (Das B.M., 2016) :

$$Q_p = Ap \,.\, c_u.\, N_c^* \quad (2.5)$$

Keterangan :

A_p = luas penampang ujung tiang (m²)

N_c^* = faktor kapasitas daya dukung

c_u = kohesi *undrained* pada tanah diujung pondasi (kN/m²)

Table 2.3 Variasi Nilai N^*_c dengan I_{rr} untuk kondisi ϕ = 0 Berdasarkan Teori Vesic

I_{rr}	N^*_c
10	6,97
20	7,90
40	8,82
60	9,36
80	9,75
100	10,04
200	10,97
300	11,51
400	11,89
500	12,19

Sumber : Das B.M., 2016

Berdasarkan teori Vesic,

$$I_{rr} = \frac{Ir}{1+Ir\Delta} \tag{2.6}$$

dengan,

I_{rr} = penurunan faktor kekakuan pada tanah

I_r = indeks kekakuan

Untuk lempung jenuh tanpa perubahan volume Δ = 0

2.1.8.2 Kapasitas Selimut Tiang

Bila lapisan tanah keras letaknya sangat dalam sehingga proses pemancangan hingga mencapai tanah keras sangat sukar dilakukan, maka dalam hal ini dapat mempergunakan tiang pancang dengan daya dukung selimut yakni berdasarkan pelekatan antara tiang dengan tanah. Nilai daya dukung ujung akan jauh lebih kecil daripada nilai daya dukung selimutnya (Sardjono, 1991).

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menghitung tahanan selimut tiang adalah sebagai berikut :

a. Metode α Thomlinson

Metode α yang diusulkan Tomlinson menggunakan persamaan sebagai berikut (Tomlinson & Woodward, 2008) :

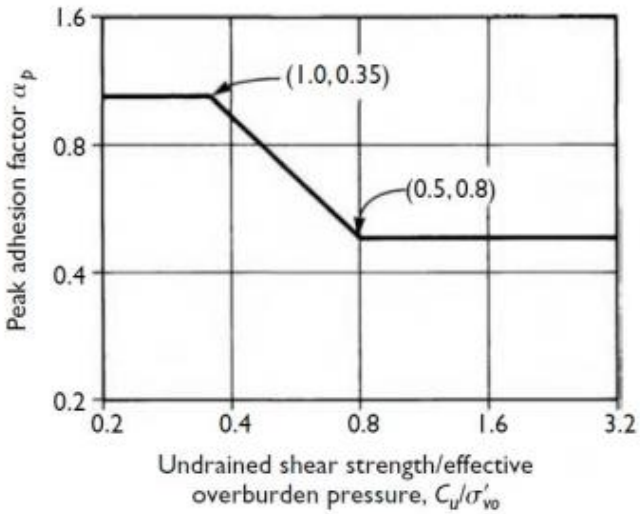
$$f_{av} = \alpha\, c \qquad (2.7)$$

Di mana :

α = koefisien berdasarkan Gambar 2.8

c = kohesi rata-rata untuk setiap lapisan tanah

Nilai α didapatkan dari hasil interpretasi pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Faktor Adhesi untuk Tiang Pancang pada Tanah Lempung
Sumber : Tomlinson & Woodward, 2008

Untuk mencari nilai total tehanan selimut, dapat dicari dengan rumus :

$$Q_s = \Sigma\, \alpha\, c_u\, p\, \Delta L \qquad (2.8)$$

Dimana :

α = factor adhesi

cu = nilai kohesi

p = keliling tiang (m)

ΔL = tebal lapisan (m)

b. Metode α (Terzaghi, Peck dan Mesri)

Berdasarkan metode α yang diusulkan Terzaghi, Peck, dan Mesri (1996), nilai tahanan kulit dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Das B.M., 2016) :

$$f_{av} = \alpha c_u \tag{2.9}$$

dengan,

f_{av} = unit satuan daya dukung kulit (kN/m^2)

α = factor adhesi empiris

c_u = kohesi *undrained* (kN/m^2)

Tabel 2.4 Variasi nilai α (nilai interpolasi berdasarkan Terzaghi, Peck dan Mesri, 1996)

$\frac{cu}{Pa}$	α
≤ 0,1	1,00
0,2	0,92
0,3	0,82
0,4	0,74
0,6	0,62
0,8	0,54
1,0	0,48
1,2	0,42
1,4	0,40
1,6	0,38
1,8	0,36
2,0	0,35
2,4	0,34
2,8	0,34

Sumber : Das B.M., 2016

P_a = tekanan atmosfer, 100 kN/m^2

Kapasitas daya dukung kulit dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_s = \alpha\, c_u\, p\, \Delta L \tag{2.10}$$

Dimana :

α = factor adhesi

cu = nilai kohesi

p = keliling tiang (m)

ΔL = tebal lapisan (m)

2.1.9 Daya Dukung *Jacking Pile*

Hydraulic Static Pile Driver atau *HSPD*, yang lebih dikenal dengan *Pressed Pile* atau *Jacking Pile* merupakan sistem pemancangan dengan cara penekanan tidak langsung terhadap tiang. Daya dukung ultimit pondasi tiang metode ini didapatkan dari nilai tekanan (*pressure*) yang diberikan oleh alat kepada tiang secara umum dibatasi sebesar reaksi yang terjadi pada lapisan tanah untuk menahan gaya dongkrak hidrolik (Rahardjo, 2005). Selain berdasarkan nilai *pressure* yang ditunjukkan oleh alat, daya dukung juga dapat hitung.

Formula dalam menghitung daya dukung berdasarkan berdasarkan alat pemancangan HSPD :

$$F = P \times A = P \times \pi r^2 \tag{2.11}$$

Dimana :

F = *pilling pressure one cylinder* (N)

P = *piling oil pressure* (Pa)

A = *efficiency area one cylinder* (m^2)

2.1.10 *Pile Driving Analyze (PDA)*

PDA adalah sistem yang paling banyak digunakan untuk pengujian beban secara dinamik dan pengawasan pemancangan didunia dengan sistem yang terdiri dari suatu perangkat elektronik komputer dan dilengkapi dengan sensor *accelerometer* dan *starin transducer*. Pengujian dinamis ini dilakukan dengan menempatkan 2 pasang sensor pada kepala tiang secara berlawanan terdiri dari pengukuran regangan (*strain transducer*) dan pengukuran percepatan *(accelerometer)* yang kemudian ditumbuk dengan beban yang telah ditentukan.

Akibat dari tumbukan tersebut, sensor akan mmenagkap gerakan yang timbul dan menggubahnya menjadi signal listrik yang kemudian direkam dan diproses dengan *Pile Driving Analyzer* (PDA).

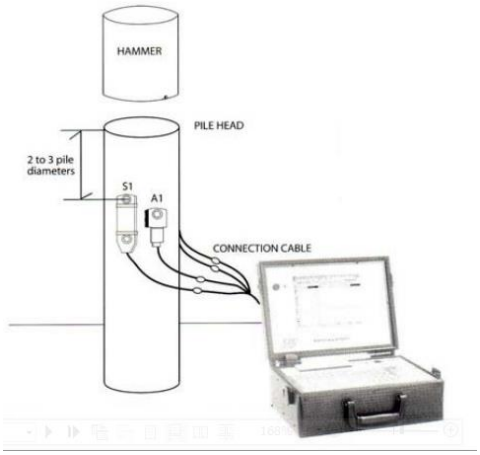
Hasil pengukuran regangan dan percepatan diperlukan untuk memperkirakan daya dukung tiang dengan menggunakan teori gelombang satu dimensi. Prosedur pengujian dilakukan sesuai ASTM D 4945. Tiang yang diuji dilakukan *restrike* atau *redrive. Restrike* dihentikan setelah diperoleh kualitas rekaman yang cukup baik dan energi pukulan relatif cukup tinggi. Analisis lanjutan menggunakan CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*).

Berat *hammer* untuk PDA *test* , Robinson dkk (2002) menyarankan untuk menggunakan berat *hammer* (W) yang tergantung kapasitas ultimit tiang (Qu) yaitu:

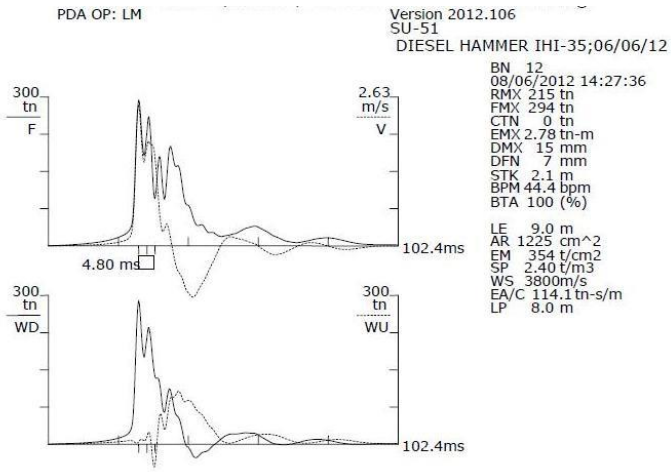
a. W/Q = 1% untuk jenis tanah kohesif kaku atau bebatuan
b. W/Q = 1,5% untuk jenis tiang friksi pada umumnya
c. W/Q = 2% untuk pondasi tiang bor dengan jenis tanah daya dukung ujung pondasi tanah berbutir kasar (*grained coarse soils*)

Dengan ketinggian jatuhnya antara 0,25 m s/d 1,5 m.

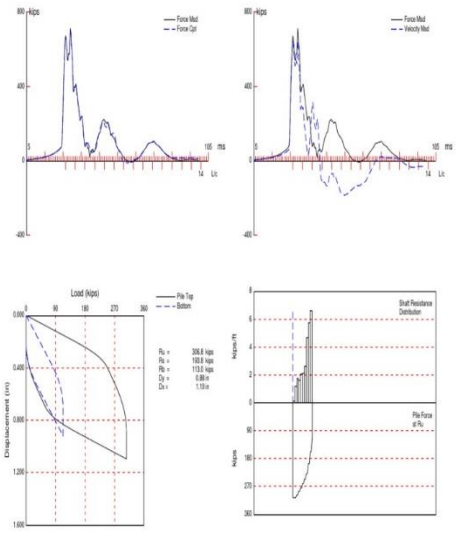
Sedangkan jumlah pile yang akan diuji antara 0,5 – 2 % dari seluruh jumlah tiang pancang/bor (Mhaiskar, SY dkk, 2010).



Gambar 2.7 *Pile Driving Analyzer*



Gambar 2.8 Grafik Output PDA



Gambar 2.9 Grafik Analisis CAPWAP

Keluaran dari hasil pengujian tiang dengan PDA *(output)* adalah sebagai berikut : Jumlah pukulan (BN); Daya Dukung Tiang (RSU); Gaya Tekan Maksimum (FMX); Energy Tekan Maksimum yang Ditransfer (EMX); Nilai Keruntuhan (BTA); Jumlah Pukulan Permenit (BPM); Panjang Tiang Tertanam (LP); Panjang Tiang dibawah Instrumen (LE)

Analisi Keluaran CAPWAP akan menghasilkan : Daya dukung (Ru), Daya dukung ujung (Rb), gaya dukung selimut (Rs), dan *Displacement* (DMX) seperti pada Gambar 2.9 (Yusa dan Nugroho, 2007).

Ada 3 analisis data yang akan dilakukan yaitu :

1. Data daya dukung ultimit tiang (Qu) dari hasil CPT/SPT diperbandingkan dengan daya dukung ultimit tiang (Ru) dari hasil PDA *test*. Jika Qu ≤ Ru, maka daya dukung tiang aman, tetapi jika Qu ≥ Ru maka daya dukung tiang tidak aman atau kemungkinan mengalami kelebihan beban.
2. Menganalisa data integritas tiang (BTA) dari hasil PDA *test*. Jika hasil BTA > 80% maka tiang tidak banyak mengalami kerusakan, tetapi jika BTA < 80% maka terdapat kerusakan serius pada tiang.
3. Menganalisa data penurunan maksimum tiang (Dx) dan penurunan permanen tiang (DFN). Jika hasil Dx < S_f atau DFN < S_p maka penurunan tiang masih dalam batas toleransi. Tetapi jika Dx > S_f atau DFN > S_p maka penurunan tiang yang terjadi berlebihan sehingga kurang aman.

Pile Driving Analayze (PDA) memiliki keunggulan diantaranya menghemat waktu pengujian, dimana dalam satu hari pengujian dapat dilakukan terhadap beberapa tiang; membutuhkan ruang yang kecil; dapat mengevaluasi daya dukung dan mengukur keutuhan tiang; dapat mengukur nilai penurunan tiang. Namun, Karena

pengujian PDA ini merupakan pengujian yang relative baru sehingga teknik tenang uji PDA jarang dikuasai atau paling tidak dipahami oleh para pekerja konstruksi. Untuk menginterpretasikan angka-angka numerik seluruh hasil uji PDA membutuhkan latar belakang pendidikan dan pelatihan khusus untuk menguasainya (Teddy, 2012)

2.1.11 Penurunan Pondasi Tiang

Penurunan merupakan salah satu tinjauan yang sangat penting untuk dihitung mengenai kaitannya dengan risiko kegagalan struktur. Penurunan dipengaruhi mekanisme pengalihan beban, maka penyelesaian untuk perhitungan hanya bersifat pendekatan. Untuk memperkirakan besarnya penurunan elastis atau penurunan seketika pada pondasi tiang tunggal dapat digunakan dua metode, yaitu metode semi-empiris dan metode empiris (Rahardjo, 2005). Metode semi-empiris digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Se = Ss + Sp + Sps \tag{2.12}$$

Dimana :

Se = penuruanan elastis total pondasi tiang tunggal

Ss = penurunan akibat deformasi aksial tunggal

Sp = penurunan dari ujung tiang

Sps = penurunan akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang

Ketiga komponen ini dihitung secara terpisah dan kemudian dijumlahkan.

$$Ss = \frac{(Qp+\alpha.Qs).L}{Ap.Ep} \tag{2.13}$$

Dimana :

Qp = beban yang didukung ujung tiang (ton)

Qf = beban yang didukung selimut tiang (ton)

L = panjang tiang (m)

Ap = luas penampang tiang (m^2)

Ep = modulus elastisitas tiang (ton/m^2)

α = koefisien yang bergantung pada distribusi gesekan selimut sepanjang tiang

Vesic (1977) menyarankan nilai α = 0.5 untuk distribusi gesekan yang seragam atau parabolik sepanjang tiang.

$$Sp = \frac{Cp.Qp}{D.qp} \tag{2.14}$$

Dimana :

Cp = koefisien empiris

Qp = perlawanan ujung di bawah beban kerja atau beban ujung yang diijinkan (ton)

qp = tahanan ujung tiang (ton/m^2)

Tabel 2.5 Nilai Koefisien Cp

Jenis Tanah	Tiang Pancang	Tiang Bor
Pasir (padat hingga lepas)	0.02 ~ 0.04	0.09 ~ 0.18
Lempung (teguh hingga lunak	0.02 ~ 0.03	0.03 ~ 0.06
Lanau (padat hingga lepas)	0.03 ~ 0.05	0.09 ~ 0.12

(Sumber : Manual Pondasi Edisi 3)

Penurunan akibat pengalihan beban sepanjang tiang dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$Sps = \left(\frac{Qws}{p.L}\right).\frac{D}{Es}.(1 - vs^2)Iws \tag{2.15}$$

Dimana :

$$\frac{Qws}{p.L} = \text{gesekan rata} - \text{rata sepanjang tiang}$$

P = keliling tiang

L = panjang tiang tertanam

D = diameter atau sisi tiang

Es = modulus elastisitas tanah

Vs = angka Poisson tanah

Iws = faktor pengaruh $= 2 + 0.35\sqrt{L/D}$

Penurunan erat kaitannya dengan beban yang ditumpu oleh tanah, dalam hal ini melalui beban yang ditaransfer oleh pondasi. Tanah mempunyai sifat untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan gesernya apabila mendapatkan tekanan, dan apabila beban yang bekerja pada tanah telah melampaui daya dukung tanah itu sendiri maka penurunan dapat terus berlanjut meski beban tidak bertambah (Sardjono, 1991).

Metode Empiris memiliki persamaan :

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q.L}{Ap.Ep}$$

Dimana:

S = penurunan total kepala tiang

D = diameter atau sisi tiang

Q = beban kerja

Ap = luas penampang tiang

L = panjang tiang

Ep = modulus elastisitas tiang

2.2 Penelitian yang Relevan

1. Andi Yusti dan Ferra Fahriani (2014) dengan judul penelitian Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi dengan Hasil Uji *Pile Driving Analyzer Test* dan *CAPWAP* (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel di Pangkalpinang).

   Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dan membandingkan daya dukung pondasi tiang tunggal secara analitis dan numeris dengan pengujian dinamik tes dilapangan atau *Pile Driving Analyzer (PDA) dan CAPWAP*. Secara analitis, perhitungan dilakukan dengan manual menggunakan metode *Bagemann, deRuiter dan Beringen, Meyerhof (1956), α, Tomlinson (1977)* yang dilakukan dengan menghitung kapasitas daya dukung tiang pancang berdasarkan data CPT dan SPT, sedangkan numeris yaitu menghitung dengan menggunakan metode elemen hingga menggunakan program *Plaxis 2D V.8.* Dari hasil analisis secara manual dan program, dapat disimpulkan bahwa metode Meyerhof (1956) memeiliki nilai rentang paling kecil dibandingkan dengan metode-metode lainnya yang diverifikasi dengan pengujian PDA dan CAPWAP. Nilai *Qu* sebesar 128,298 ton berbanding 118 ton, dan 102 ton pada BH1. Sedangkan pada titik BH2 *Qu* sebesar 118,679 ton berbanding 165 ton dan 163 ton.

2. Muhamad Yusa dan Nugroho SA (2007) dengan judul penelitian Korelasi Penentuan Daya Dukung Tiang Cara Empirik (CPT) dengan *Pile Driven Analysis (PDA)* di Kota Pekanbaru.

   Tujuan penelitian ini adalah membandingkan daya dukung pondasi tiang (ujung, kulit, dan *ultimate*) yang dihitung dengan analisis empirik dari data

CPT menggunakan metode Schmertmann, de Ruiter dan Beringen, Bustamante dan Gianeselli terhadap hasil PDA di beberapa lokasi di Pekanbaru, yang telah diolah dengan CAPWAP. Hasil perbandingan dinyatakan dalam koefisien korelasi.

3. Nurul Hanifah (2016) dengan judul peneltian Tinjauan Perencanaan Struktur Pondasi Tiang Pancang pada Gedung Dewi Sartika Di UNJ Berdasarkan Parameter Tanah dan *Static Loading Test.*

   Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perhitungan nilai kohesi terhadap aktualisasi hasil perencanaan pondasi menggunakan beberapa metode perencanaan pondasi yang berbeda. Perencana menggunakan metode yang Myerhof (SPT) yang tidak memperhitungkan nilai kohesi dari tanah, maka dalam penenlitian ini menggunakan metode yang berbeda serta disesuaikan dengan kondisi tanah yang ada (Meyerhof (*Clay*) dan Vesic (*Clay*) untuk daya dukung ujung, serta metode α (Terzaghi, Peck dan Mesri serta Tomlinson) dan λ untuk daya dukung kulit) dan akan dibandingkan dengan hasil daya dukung *static loading test*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode Meyerhof N-SPT merupakan metode yang lebih aktual untuk digunakan dalam perencanaan pondasi.

2.3 Kerangka Konseptual

Untuk mengetahui seberapa kuat pondasi dalam memikul beban struktur, maka diperlukan adanya analisis terhadap daya dukung pondasi, dalam hal ini adalah pondasi tiang pancang. Berdasarkan data penyelidikan tanah yang telah dilakukan diarea proyek Jakarta Box Tower, tanah pada area tersebut termasuk dalam kategori Tanah Lunak mengacu pada penentuan kategori tanah untuk beban

gempa SNI-1726-2012 yang digunakan pada saat itu dimana tanah tersebut merupakan tanah berbutir halus yang memiliki nilai kohesi yang dominan yang dapat mempengaruhi nilai daya dukung pondasi. Setiap pondasi haruslah mampu mendukung beban sampai batas yang telah direncanakan, sekaligus beban-beban yang mungkin terjadi. Maka, perhitungan pondasi harus dilakukan dengan sangat teliti dan secermat mungkin. Oleh karena itu, dibutuhkan tidak hanya satu, melainkan beberapa metode dan pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai daya dukung yang lebih aktual..

Untuk memperkuat data daya dukung, maka dalam penenlitian ini akan menggunakan beberapa metode yang disesuaikan dengan kondisi tanah, salah satunya yaitu memperhitungkan nilai kohesi tanah. Beberapa metode statis yang akan digunakan tersebut diantaranya Reese & Wright sebagai metode yang digunakan oleh prencana, Metode Meyerhof (1976), Metode Vesic, Metode α Thomlinson dan Metode α (Terzaghi, Peck dan Mesri). Selain metode statis, nilai daya dukung juga akan didapatkan pada saat pemancangan berdasarkan *jacking pile record* melalui system *jack in pile.*

Nilai daya dukung tidak hanya berasal dari perhitungan serta saat pemancangan saja, namun dibutuhkan pula pengujian tiang yang tertanam guna mendapatkan data real tiang setelah dilakukan pemancangan. Pengujian yang dilakukan adalah uji PDA (*Pile Driving Analyzer*) dimana akan dilakukan penumbukan tiang dengan menggunakan beban sebarat 4 ton dan memasangkan sensor pada tiang yang dihubungkan ke monitor untuk kemudian hasilnya akan direkan dan diproses dengan PDA. Output dari pengujian ini adalah berupa nilai daya dukung tiang pondasi. Oleh karena itu akan dilakukan komparasi antara hasil

analisis daya dukung metode statis dan dinamis terhadap hasil uji PDA. Nilai yang paling mendekati hasil pengujian PDA dianggap menjadil nilai yang paling aktual untuk perencanaan pondasi

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kapasitas daya dukung tiang aksial tunggal dengan metode statis dan dinamis terhadap hasil interpretasi uji *Pile Driving Analyzer (PDA).*

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

a. Tempat Penelitian

Lokasi penelitian dalam penelitian ini pada Jalan Kebon Sirih No. 48-50, Gambir, Jakarta Pusat. Adapun titik penelitian adalah Proyek *Jakarta Box Tower.*

b. Waktu Penelitian

Waktu penelitian berlangsung pada bulan Februari sampai Juli 2017.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam penelitian ini, diantaranya adalah data umum proyek, data penyelidikan tanah baik dilapangan maupun dilaboratorium, data *jacking pile record*, data perencanaan pondasi, data hasil uji PDA, dan data lainnya yang menunjang agar terselesaikannya penelitian ini.

3.3.1 Deskripsi Bangunan

Proyek *Jakarta Box Tower* merupakan proyek *office tower* 32 lantai dengan 2 lapis *basement.* Berbagai komponen strukturnya didesain dengan menggunakan

konstruksi beton bertulang termasuk pula pada struktur pondasinya. Adapun data-data teknis yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Lokasi bangunan : Jalan Kebon Sirih No. 48-50 Gambir, Jakarta Pusat
2. Fungsi bangunan : *Office tower*
3. Konstruksi bangunan : Beton bertulang
4. Jenis tanah : Tanah Lunak (SE)
5. Jumlah lantai : 32 Lantai dengan 2 lapis *basement*
6. Ketinggian bangunan : 132,3 m

3.3.2 Denah Lokasi

Denah lokasi penyelidikan tanah yang dikerjakan oleh PT. Tarumanegara Bumiyasa dapat dilihat pada lampiran 1.

3.3.3 Data Parameter Tanah

Data parameter tanah dari pengujian tanah baik di lapangan maupun dilaboratorium yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data *Borlog*, dapat dilihat pada lampiran 5.
2. Data *Standard Penetration Test*¸data N-SPT yang digunakan dapat dilihat pada lampiran 7.

3.3.4 Data *Jacking Pile Record*

Data daya dukung *jacking pile record* didapatkan dari perusahaan MK PT. Trimatra Jaya Persada berupa hasil rekapitulasi seluruh data pemancangan yang dilakukan. Berisi keadaan situasi dan kondisi saat pemancangan, tekanan yang

diberikan terhadap tiang, serta nilai daya dukung tiang. Data daya dukung pemancangan ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Pemancangan *(Pile Record)*

No. pile	Tanggal	Tekanan (MPa)	Tekanan (Ton)	Kedalaman (m)
310	16/04/16	8	180	46
638	4/3/2016	19	418	19.5
763	16/03/16	8	180	46

3.3.5 Data Material

Spesifikasi material pondasi tiang pancang yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Tiang pancang yang digunakan adalah tiang beton pracetak produksi PT. JHS *System*
b. Mutu tiang = K-500
c. Dimensi tiang = 50 cm X 50 cm
d. Panjang tiang = 46 m

3.3.6 Data Uji *Pile Driving Analyzer (PDA)*

Data *PDA* berupa nilai daya dukung tiang hasil uji PDA setelah dianalisis dengan menggunakan software.

Tabel 3.2 Daya Dukung Ultimate Tiang Pondasi Hasil PDA dan CAPWAP

No. Tiang	Daya Dukung Ultimit Tiang (Ton)		
	CAPWAP		
310	417.7	327.5	76.2
638	403.7	219.1	198.6
763	386.4	313.6	72.8

Sumber : Laporan Pengujian Dinamis PDA Test Proyek Jakarta Box Tower

3.4 Kombinasi Daya Dukung Ultimit

Merupakan kombinasi dari daya dukung ujung dan daya dukung selimut. Karena digunakannya dua metode daya dukung ujung dan dua metode daya dukung selimut, maka kombinasi daya dukung ijin ditentukan dengan memasangkan setiap daya dukung ujung dan selimut, sehingga akan didapatkan kombinasi seperti pada Tebel 3.3.

Daya dukung ujung :

1. Meyerhoff
2. Vesic

Daya Dukung Selimut :

1. α Thomlinson
2. α Terzaghi, Peck dan Mesri

Tabel 3.3 Kombinasi Metode Qu

Daya Dukung Kombinasi (Qu)
1. Meyerhoff + α Thomlinson
2. Meyerhoff + α Terzaghi, Peck dan Mesri
3. Vesic + α Thomlinson
4. Vesic + α Terzaghi, Peck dan Mesri

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik yang akan digunakan dalam menganalisa penenlitian ini adalah teknik analisis data deskriptif. Analisis data yang dilakukan ditampilkan pada tabel dan grafik.

3.6 Prosedur Analisis Data

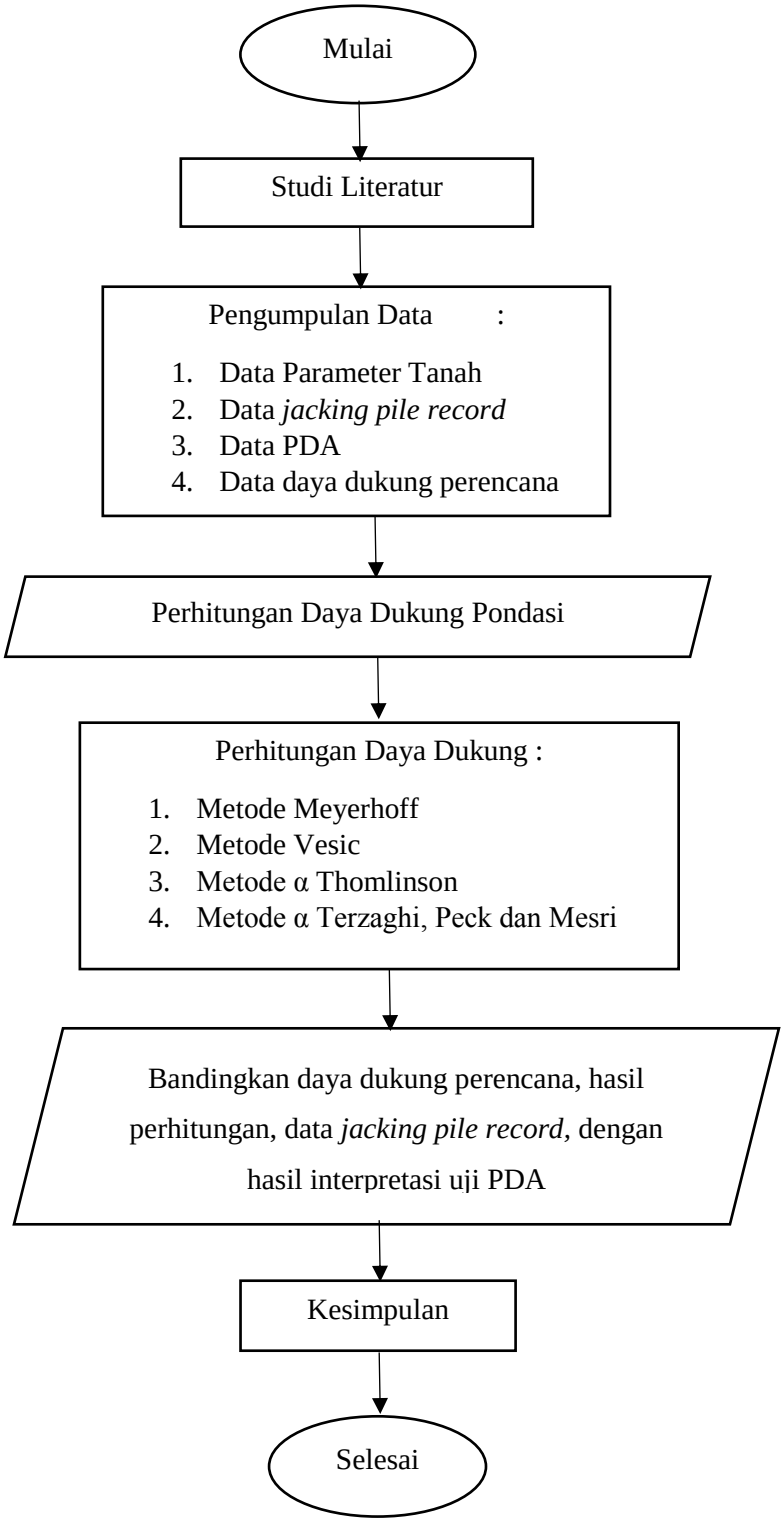
Analisis data akan dilakukan sesuai prosedur sebagai berikut :

1. Tiang pancang yang dianalisis merupakan tiang pancang tunggal
2. Perhitungan kapasitas daya dukung tiang pondasi yang dilakukan berdasarkan data parameter tanah pada BH-2.
3. Ukuran tiang yang dianalisis sesuai dengan Data Material
4. Perhitungan kapasitas daya dukung tiang pondasi menggunakan beberapa metode, yaitu :
   a. Menghitung nilai daya dukung ujung dengan metode Meyerhof dan metode Vesic
   b. Menghitung nilai tahanan selimut demgan menggunakan metode α Thomlinson dan α Terzaghi,Peck dan Mesri.
   c. Menghitung nilai kapasitas daya dukung ultimit tiang dengan menjumlahkan daya dukung ujung dan daya dukung selimut tiang.
   d. Menghitung nilai daya dukung ijin dengan membagi hasil daya dukung ultimit dengan faktor aman yang telah ditentukan

5. Data daya dukung PDA berdasarkan hasil pengujian PDA pada titik tiang No. 763 dengan ukuran tiang 50 cm x 50 cm tetanam hingga kedalaman 46 pad BH 2 harus dibagi dengan faktor aman untuk mendapatkan nilai daya dukung ijin (Q_a).
6. Perbandingan kapasitas daya dukung dilakukan dengan cara membandingkan nilai kapasitas daya dukung ijin metode static dan daya dukung berdasarkan *jacking pile record* dengan hasil uji PDA.

   Metode statik yang digunakan merupakan nilai daya dukung perencana dengan metode Reese & Wright dan daya dukung yang telah dihitung dengan memperhitungkan nilai kohesinya. Metode dengan nilai daya dukung paling mendekati hasil uji PDA adalah metode yang dianggap lebih aktual.
7. Perhitungan penurunan tiang pondasi berdasarkan daya dukung metode statis dengan metode Reese & Wright, Meyerhoff, Vesic, α, dan metode λ

3.7 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagaram Alir

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian

Berdasarkan penjelasan mengenai metode daya dukung yang akan dianalisis, yaitu daya dukung berdasarkan metode statis dan dinamis. Metode statis yang digunakan adalah metode Mayerhoff, Vesic, α Thomlinson, dan α Terzaghi, Peck dan Mesri, Sedangkan metode dinamis yang digunakan berdasarkan data pemancangan (*jack in pile* record) dan hasil uji *Pile Driving Analyze.* Analisis dilakukan terhadap tiga titik tiang pancang yaitu tiang No. 310, 638 dan 763 dengan data parameter tanah berdasarkan titik *boreholes* terdekat yang pada akhirnya akan didapatkan persentase dari setiap metode yang dianalisis terhadap hasil uji PDA.

4.1.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang

Kapasitas daya dukung didapatkan dari kelima metode yang dipilih tersebut memiliki berbagai prosedur yang harus dilewati. Selanjutnya akan dijelaskan langkah-langkah dalam menghitung nilai kapasitas daya dukung, baik daya ujung, daya dukung selimut, daya dukung ultimit, hingga daya dukung ijin dari setiap tiang yang dihitung.

a. Nilai N-SPT yang didapatkan dari hasil pengujian dengan alat penetrasi harus dilakukan koreksi terhadap pengaruh tegangan tanah vertikal efektif dan juga alat penetrasi yang digunakan pada uji SPT. Dalam menghitung nilai N koreksi, selain data tanah, letak permukaan air tanah pada lokasi tersebut juga harus diketahui. Berikut ini adalah prosedur dalam menghitung nilai tegangan tanah vertikal efektif dan C_N untuk DB 1 pada kedalaman 1,5 meter :

Tegangan vertikal ($\sigma'_{v(i)}$)

$$\sigma'v(i) = \gamma sat \times \Delta L = 15.9 \times 1.5 = 23.85 \text{ kN/m}^2$$

Tekanan air pori (σ_w)

$$\sigma w = \gamma w \times \Delta L = 0 \times 1.5 = 14.72 w \text{ kN/m}^2 \text{ (belum mencapai MAT)}$$

Tegangan vertikal efektif ($\sigma'_{v0(i)}$)

$$\sigma'_{v0(i)} = \sigma'_{v(i)} - \sigma'_w = 23.85 - 14.72 = 9.13 \text{ kN/m}^2$$

Nilai C_N pada kedalman 1,5 meter :

$$C_N = \frac{2.2}{1.2 + (\frac{9.13}{100})} = 1.53$$

Hasil perhitungan menyeluruh untuk nilai tegangan tanah vertikal efektif dan C_N pada DB-1, DB-2, dan DB-3 disajikan pada Tabel 4.1, 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.1 Nilai Tegangan Vertikal Efektif dan CN DB-1

Depth (m)	N	γ_{sat} (kN/m^3)	Tebal Lapisan (m)	$\sigma'_{v(i)}$	$\sigma_{w(i)}$	$\sigma'_{v0(i)}$	CN
1.5	3	15.9	1.5	23.85	-	23.85	1.53
2.0	2	MAT	0.5	31.80	-	31.80	1.45
3.0	1	15.9	1.5	55.65	14.72	40.94	1.37
4.5	1	15.9	1.5	79.50	29.43	50.07	1.29
6.0	2	16	1.5	103.50	44.15	59.36	1.23
7.5	4	16	1.5	127.50	58.86	68.64	1.17
9.0	2	16.1	1.5	151.65	73.58	78.08	1.11
10.5	6	16.2	1.5	175.95	88.29	87.66	1.06
12.0	7	16.2	1.5	200.25	103.01	97.25	1.01
13.5	10	16.3	1.5	224.70	117.72	106.98	0.97
15.0	18	16.3	1.5	249.15	132.44	116.72	0.93
16.5	19	16.5	1.5	273.90	147.15	126.75	0.89
18.0	17	16.5	1.5	298.65	161.87	136.79	0.86
19.5	2	16.1	1.5	322.80	176.58	146.22	0.83
21.0	2	16.1	1.5	346.95	191.30	155.66	0.80
22.5	3	16.1	1.5	371.10	206.01	165.09	0.77
24.0	9	16.3	1.5	395.55	220.73	174.83	0.75
25.5	7	16.3	1.5	420.00	235.44	184.56	0.72
27.0	6	16.3	1.5	444.45	250.16	194.30	0.70
28.5	6	16.3	1.5	468.90	264.87	204.03	0.68
30.0	4	16.3	1.5	493.35	279.59	213.77	0.66
31.5	12	16.4	1.5	517.95	294.30	223.65	0.64
33.0	26	16.8	1.5	543.15	309.02	234.14	0.62
39.0	50	18.3	6	652.95	367.88	285.08	0.54
45.0	21	16.8	6	753.75	426.74	327.02	0.49
46.0	4	16.9	1	770.65	436.55	334.11	0.48
52.5	21	16.9	6.5	863.60	490.50	373.10	0.45
60.0	19	16.6	7.5	988.10	564.08	424.03	0.40

Tabel 4.2 Nilai Tegangan Vertikal Efektif dan CN DB-2

Depth (m)	N	γ_{sat} (kN/m^3)	Tebal Lapisan (m)	$\sigma'_{v(i)}$	$\sigma_{w(i)}$	$\sigma'_{v0(i)}$	CN
1.5	6	16.1	1.5	24.15	-	24.15	1.53
2.0	5	MAT	0.5	32.20	-	32.20	1.45
3.0	5	16.1	1.5	56.35	14.72	41.64	1.36
4.5	2	16.1	1.5	80.50	29.43	51.07	1.29
6.0	5	15.9	1.5	104.35	44.15	60.21	1.22
7.5	6	16.2	1.5	128.65	58.86	69.79	1.16
9.0	7	16.2	1.5	152.95	73.58	79.38	1.10
10.5	6	16.2	1.5	177.25	88.29	88.96	1.05
12.0	8	16.2	1.5	201.55	103.01	98.55	1.01
13.5	7	16.3	1.5	226.00	117.72	108.28	0.96
15.0	10	16.3	1.5	250.45	132.44	118.02	0.92
16.5	2	16.1	1.5	274.60	147.15	127.45	0.89
18.0	3	16.1	1.5	298.75	161.87	136.89	0.86
19.5	4	16.1	1.5	322.90	176.58	146.32	0.83
21.0	5	16.1	1.5	347.05	191.30	155.76	0.80
22.5	6	16.2	1.5	371.35	206.01	165.34	0.77
24.0	7	16.2	1.5	395.65	220.73	174.93	0.75
25.5	8	16.2	1.5	419.95	235.44	184.51	0.72
27.0	9	16.3	1.5	444.40	250.16	194.25	0.70
28.5	6	16.3	1.5	468.85	264.87	203.98	0.68
30.0	10	16.3	1.5	493.30	279.59	213.72	0.66
33.5	26	16.8	3.5	552.10	313.92	238.18	0.61
43.0	32	17.2	9.5	715.50	407.12	308.39	0.51
46.0	38	16.9	3	766.20	436.55	329.66	0.49

Tabel. 4.3 Nilai Tegangan Tanah Vertikal Efektif dan CN DB-3

Depth (m)	N	γ_{sat} (kN/m^3)	γ_w (kN/m^3)	Tebal Lapisan (m)	$\sigma'_{v(i)}$	$\sigma_{w(i)}$	$\sigma'_{v0(i)}$	CN
1.5	5	16.1	9.81	1.5	24.15	-	24.15	1.53
2.0	5	MAT	9.81	0.5	32.20	-	32.20	1.45
3.0	4	16.1	9.81	1.5	56.35	14.72	41.64	1.36
4.5	3	16	9.81	1.5	80.35	29.43	50.92	1.29
6.0	5	16	9.81	1.5	104.35	44.15	60.21	1.22
7.5	2	16.1	9.81	1.5	128.50	58.86	69.64	1.16
9.0	3	16.1	9.81	1.5	152.65	73.58	79.08	1.11
10.5	5	16.2	9.81	1.5	176.95	88.29	88.66	1.05
12.0	4	16.2	9.81	1.5	201.25	103.01	98.25	1.01
13.5	7	16.1	9.81	1.5	225.40	117.72	107.68	0.97
15.0	6	16.1	9.81	1.5	249.55	132.44	117.12	0.93
16.5	4	16.1	9.81	1.5	273.70	147.15	126.55	0.89
18.0	3	16.1	9.81	1.5	297.85	161.87	135.99	0.86
19.5	5	16.1	9.81	1.5	322.00	176.58	145.42	0.83
21.0	4	16.1	9.81	1.5	346.15	191.30	154.86	0.80
22.5	5	16.1	9.81	1.5	370.30	206.01	164.29	0.77
24.0	19	16.6	9.81	1.5	395.20	220.73	174.48	0.75
25.5	7	16.3	9.81	1.5	419.65	235.44	184.21	0.72
27.0	8	16.3	9.81	1.5	444.10	250.16	193.95	0.70
28.5	12	16.4	9.81	1.5	468.70	264.87	203.83	0.68
30.0	26	16.8	9.81	1.5	493.90	279.59	214.32	0.66
31.5	26	16.8	9.81	1.5	519.10	294.30	224.80	0.64
38.0	50	18.3	9.81	6.5	638.05	358.07	279.99	0.55
41.0	32	17.2	9.81	3	689.65	387.50	302.16	0.52
44.0	21	16.8	9.81	3	740.05	416.93	323.13	0.50
45.0	25	16.9	9.81	1	756.95	426.74	330.22	0.49

b. Setelah mendapatkan nilai C_N, maka langkah selanjutnya adalah menghitung niali N koreksi (N_{60}) dengan mengkoreksi alat uji penetrasi yang digunakan dan menentukan nilai cu dengan menggunakan nilai N_{60}. Nilai koreksi alat penetrasi yang digunakan berdasarkan Tabel 2.2. Nilai-nilai faktor koreksi yang digunakan adalah :

1. C_E = 1 (palu semi otomatis)
2. C_B = 1 (diameter bor = 73 mm)

3. C_R = 0.75 (batang < 3m), C_R = 0.8 (3 – 4 m) dan seterusnya.
4. C_S = 1 (tabung standar)

Seluruh hasil perhitungan niali N_{60} dan nilai cu DB 1, DB 2, dan DB 3 disajikan dalam Tabel 4.4, Tabel 4.5, dan Tabel 4.6.

Tabel 4.4 Nilai N-SPT Koreksi (N_{60}) dan c_u DB-1

Depth (m)	N	CN	CE	CB	CR	CS	N_{60}	c_u
1.5	3	1.53	1	1	0.75	1	4	26.67
2.0	2	1.45	1	1	0.75	1	3	20.00
3.0	1	1.37	1	1	0.8	1	2	13.33
4.5	1	1.29	1	1	0.85	1	2	13.33
6.0	2	1.23	1	1	0.85	1	3	20.00
7.5	4	1.17	1	1	0.95	1	5	33.33
9.0	2	1.11	1	1	0.95	1	3	20.00
10.5	6	1.06	1	1	1	1	7	46.67
12.0	7	1.01	1	1	1	1	8	53.33
13.5	10	0.97	1	1	1	1	10	66.67
15.0	18	0.93	1	1	1	1	17	113.33
16.5	19	0.89	1	1	1	1	17	113.33
18.0	17	0.86	1	1	1	1	15	100.00
19.5	2	0.83	1	1	1	1	2	13.33
21.0	2	0.80	1	1	1	1	2	13.33
22.5	3	0.77	1	1	1	1	3	20.00
24.0	9	0.75	1	1	1	1	7	46.67
25.5	7	0.72	1	1	1	1	6	40.00
27.0	6	0.70	1	1	1	1	5	33.33
28.5	6	0.68	1	1	1	1	5	33.33
30.0	4	0.66	1	1	1	1	3	20.00
31.5	12	0.64	1	1	1	1	8	53.33
33.0	26	0.62	1	1	1	1	15	100.00
39.0	50	0.54	1	1	1	1	28	186.67
45.0	21	0.49	1	1	1	1	11	73.33
46.0	4	0.48	1	1	1	1	2	13.33
52.5	21	0.45	1	1	1	1	10	66.67
60.0	19	0.40	1	1	1	1	8	53.33

Tabel 4.5 Nilai N-SPT Koreksi (N_{60}) dan c_u DB-2

Depth (m)	N	CN	CE	CB	CR	CS	N_{60}	c_u
1.5	6	1.53	1	1	0.75	1	7	46.67
2.0	5	1.45	1	1	0.75	1	6	40.00
3.0	5	1.36	1	1	0.8	1	6	40.00
4.5	2	1.29	1	1	0.85	1	3	20.00
6.0	5	1.22	1	1	0.85	1	6	40.00
7.5	6	1.16	1	1	0.95	1	7	46.67
9.0	7	1.10	1	1	0.95	1	8	53.33
10.5	6	1.05	1	1	1	1	7	46.67
12.0	8	1.01	1	1	1	1	9	60.00
13.5	7	0.96	1	1	1	1	7	46.67
15.0	10	0.92	1	1	1	1	10	66.67
16.5	2	0.89	1	1	1	1	2	13.33
18.0	3	0.86	1	1	1	1	3	20.00
19.5	4	0.83	1	1	1	1	4	26.67
21.0	5	0.80	1	1	1	1	4	26.59
22.5	6	0.77	1	1	1	1	5	33.33
24.0	7	0.75	1	1	1	1	6	40.00
25.5	8	0.72	1	1	1	1	6	40.00
27.0	9	0.70	1	1	1	1	7	46.67
28.5	6	0.68	1	1	1	1	5	33.33
30.0	10	0.66	1	1	1	1	7	46.67
33.5	26	0.61	1	1	1	1	16	106.46
43.0	32	0.51	1	1	1	1	17	113.33
46.0	38	0.49	1	1	1	1	19	126.67

Tabel 4.6 Nilai N-SPT Koreksi (N_{60}) dan c_u DB-3

Depth (m)	N	CN	CE	CB	CR	CS	N_{60}	c_u
1.5	5	1.53	1	1	0.75	1	6	40.00
2.0	5	1.45	1	1	0.75	1	5	33.33
3.0	4	1.36	1	1	0.8	1	5	33.33
4.5	3	1.29	1	1	0.85	1	4	26.67
6.0	5	1.22	1	1	0.85	1	6	40.00
7.5	2	1.16	1	1	0.95	1	3	20.00
9.0	3	1.11	1	1	0.95	1	4	26.67
10.5	5	1.05	1	1	1	1	6	40.00
12.0	4	1.01	1	1	1	1	4	26.88
13.5	7	0.97	1	1	1	1	7	46.67
15.0	6	0.93	1	1	1	1	6	40.00
16.5	4	0.89	1	1	1	1	4	26.67
18.0	3	0.86	1	1	1	1	3	20.00
19.5	5	0.83	1	1	1	1	5	33.33
21.0	4	0.80	1	1	1	1	4	26.67
22.5	5	0.77	1	1	1	1	4	26.67
24.0	19	0.75	1	1	1	1	15	100.00
25.5	7	0.72	1	1	1	1	6	40.00
27.0	8	0.70	1	1	1	1	6	40.00
28.5	12	0.68	1	1	1	1	9	60.00
30.0	26	0.66	1	1	1	1	18	120.00
31.5	26	0.64	1	1	1	1	17	113.33
38.0	50	0.55	1	1	1	1	28	186.67
41.0	32	0.52	1	1	1	1	17	113.33
44.0	21	0.50	1	1	1	1	11	73.33
45.0	25	0.49	1	1	1	1	13	86.67

4.1.2 Daya Dukung Metode Statis

Metode statis merupakan metode dengan teknik menghitung dengan rumus/persamaan. Dalam hal ini, metode yang digunakan adalah metode Meyerhoff, Vesic, α Thomlinson, dan α terzaghi, Peck dan Mesri. Tiga titik tiang akan dihitung menggunakan data parameter tanah sesuai dengan titik *boreholes* terdekat hingga didapatkan nilai daya dukung ijinnya.

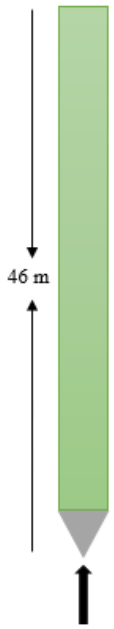
4.1.2.1 Daya Dukung Ujung (*End Bearing*)

a. Reese & Wright

Daya dukung ujung dengan metode Reese & Wright merupakan metode yang digunakan oleh perencana. Perhitungan daya dukung ujung (*end beraing*) untuk titik pada DB 1, DB 2, dan DB 3 akan ditampilkan dalam Lampiran 5.

b. Meyerhoff

Tiang No. 763 menggunakan data tanah berdasarkan DB-2



Dimensi tiang = 0.5 m ⟶ maka $A_p = s^2 = 0.5^2 = 0.25\ m^2$

Nilai c_u pada DB 2 kedalaman 46 m = 126.67 kN/m^2

Q_b = 9 x c_u x A_p

Q_b = 9 x 126.67 x 0.25

Q_b = 285.01 kN

Q_b = 28.50 Ton

Hasil perhitungan untuk titik tiang No. 310 dan No. 368 dapat dilihat pada tabel 4.8 dan 4.9.

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan *End Bearing* Metode Meyerhoff Tiang No. 763

Tiang No. 764				
Depth (m)	N^*_c	c_u *(kN/m2)*	A_p	Q_p
46	9	126.67	0.25	285.00
	Qp (kN)			285.00
	Qp (Ton)			**28.5**

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan *End Bearing* Metode Meyerhoff Tiang No. 310

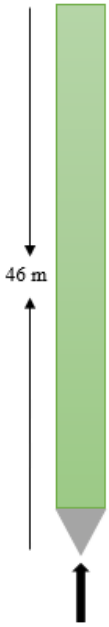
Tiang No. 310				
Depth (m)	N^*_c	c_u *(kN/m2)*	A_p	Q_p
46	9	66.67	0.25	150.00
	Qp (kN)			150.00
	Qp (Ton)			**15.00**

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan *End Bearing* Metode Meyerhoff Tiang No. 638

Tiang No. 638				
Depth (m)	N^*_c	c_u *(kN/m2)*	A_p	Q_p
19.5	9	33.33	0.25	75.00
	Qp (kN)			75.00
	Qp (Ton)			**7.50**

c. Vesic

Perhitungan daya dukung ujung (*end beraing*) menggunakan metode Vesic yaitu dengan rumus : $Qp = A_p \cdot c_u \cdot N^*_c$



Tiang No. 763 dengan data parameter tanah berdasarkan DB-2.

Kedalaman tiang = 46 m

Dimensi tiang = s = 0.5 m ⟶ maka Ap = s^2 = 0.25 m^2

Nilai c_u pada kedalaman 46 m = 126.67 kN/m^2

Menentukan nilai N^*_c dengan menghitung nilai Ir yang akan dikorelasikan dengan Tabel 2.4 untuk mendapatkan nilai N^*_c.

$$Irr = 347\,\frac{cu}{Pa} - 33 \leq 300$$

$$Irr = 347\,\frac{126.67}{100} - 33 \leq 300$$

$Irr = 406.53 > 300$, maka digunakan nilai *Irr* = 300

Berdasarkan Tabel 2.4, didapat N^*_c = 11.51. setelah mendapatkan nilai *Irr*, maka selanjutnya menghitung nilai *Qp*.

$Qp = Ap.cu.Nc$

$Qp = 0.25 \times 126.67 \times 11.51$

$Qp = 364.49\ kN$

$Qp = 36.45\ Ton$

Hasil perhitungan untuk tiang No. 310 dan No. 638 ditampilkan pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan *End Bearing* Metode Vesic Tiiang No.310

Tiang No. 310				
Depth (m)	**N*c**	**cu (kN/m2)**	**Ap**	**Qp**
46	11.08	66.67	0.25	184.67
	Qp (kN)			184.67
	Qp (Ton)			**18.47**

Tabel 4.11 Hasil Perhitungan *End Bearing* Metode Vesic Tiang No. 638

Tiang No. 638				
Depth (m)	**N*c**	**cu (kN/m2)**	**Ap**	**Qp**
19.5	9.41	33.33	0.25	78.42
	Qp (kN)			78.42
	Qp (Ton)			**7.84**

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan *End Bearing* Metode Vesic Tiiang No. 763

Tiang No. 763				
Depth (m)	**N*c**	**cu (kN/m2)**	**Ap**	**Qp**
46	11.51	126.67	0.25	364.49
	Qp (kN)			364.49
	Qp (Ton)			**36.45**

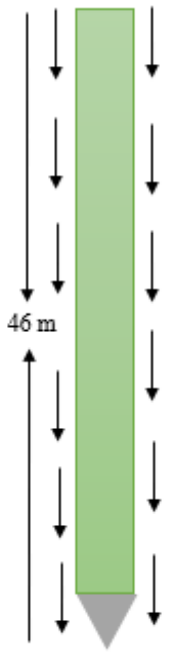
4.1.2.2 Daya Dukung Selimut (*Friction*)

a. Reese & Wright

Metode Reese & Wright merupakan metode yang digunakan oleh perencana dan hasil perhitungan daya dukung selimut (*friction*) dapat dilihat pada Lampiran 6.

b. α Thomlinson

Metode α Thomlinson memiliki persamaan $Qs = fs.p.\Delta L = \alpha.cu.p.\Delta L$, dimana nilai α didapatkan dari hasil inetrpretasi pada Gambar 2.6 dengan menggunakan nilai c_u dibagi dengan nilai tegangan vertikal efektif (c_u/σ'_{vo}).Titik tiang No. 763 metode α Thomlinson, perhitungan berdasarkan data DB-2. Hitungan Q_S = untuk kedalaman 1.5 m :



Kedalaman tiang No. 763 = 46 m

Nilai cu pada kedalaman 1.5 = 26.67 kN/m^2

Keliling tiang (p) = 2 m

$\alpha_{(1.5)}$ = cu/ σ'_{v0} = 126.67/26.67 = 1.12

Berdasarkan interpretasi Gambar 2.8, maka didapat nilai α pada kedalaman 1.5 = 0.5

$Qs = \alpha . cu . p . \Delta L$

$Qs = 0.5 \times 26.67 \times 2 \times 1.5 = 40\ kN$

Nilai daya dukung selimut (*Qs*) yang didapat merupakan akumulasi hingga kedalaman 46 m (ujung tiang dalam tanah denagn satuan Ton). Perhitungan keseluruhan nilai Q_S untuk tiang No. 310, 638, dan 763 dapat dilihat pada Tabel 4.13, Tabel 4.14, dan Tabel 4.15.

Tabel 4.13 Perhitungan Metode α Thomlinson Tiang No. 310

Depth (m)	***cu* (kN/m²)**	σ'_{vo}	c_u/σ'_{vo}	***α***	***p***	ΔL	***Qs***
0	0	0	0				
1.5	26.67	23.85	1.12	0.5	2	1.5	40.00
2	20.00	31.80	0.63	0.85	2	0.5	17.00
3	13.33	40.94	0.33	1	2	1	26.67
4.5	13.33	50.07	0.27	1	2	1.5	40.00
6	20.00	59.36	0.34	1	2	1.5	60.00
7.5	33.33	68.64	0.49	0.84	2	1.5	84.00
9	20.00	78.08	0.26	1	2	1.5	60.00
10.5	46.67	87.66	0.53	0.86	2	1.5	120.40
12	53.33	97.25	0.55	0.86	2	1.5	137.60
13.5	66.67	106.98	0.62	0.7	2	1.5	140.00
15	113.33	116.72	0.97	0.5	2	1.5	170.00
16.5	113.33	126.75	0.89	0.5	2	1.5	170.00
18	100.00	136.79	0.73	0.6	2	1.5	180.00
19.5	13.33	146.22	0.09	1	2	1.5	40.00
21	13.33	155.66	0.09	1	2	1.5	40.00
22.5	20.00	165.09	0.12	1	2	1.5	60.00
24	46.67	174.83	0.27	1	2	1.5	140.00
25.5	40.00	184.56	0.22	1	2	1.5	120.00
27	33.33	194.30	0.17	1	2	1.5	100.00
28.5	33.33	204.03	0.16	1	2	1.5	100.00
30	20.00	213.77	0.09	1	2	1.5	60.00
31.5	53.33	223.65	0.24	1	2	1.5	160.00
33	100.00	234.14	0.43	0.85	2	1.5	255.00
39	186.67	285.08	0.65	0.72	2	6	1612.80
45	73.33	327.02	0.22	1	2	6	880.00
46	13.33	334.11	0.04	1	2	1	26.67
		Qs (kN)					**4840.13**
		Qs (Ton)					**484.01**

Tabel 4.14 Perhitungan Metode α Thomlinson Tiang No. 638

Depth (m)	*Cu* (kN/m²)	σ'_{vo}	c_u/σ'_{vo}	*A*	*p*	ΔL	*Qs*
0	0	0	0				
1.5	40.00	24.15	1.66	0.5	2	1.5	60.00
2	33.33	32.20	1.04	0.5	2	0.5	16.67
3	33.33	41.64	0.80	0.5	2	1	33.33
4.5	26.67	50.92	0.52	1	2	1.5	80.00
6	40.00	60.21	0.66	0.7	2	1.5	84.00
7.5	20.00	69.64	0.29	0.7	2	1.5	42.00
9	26.67	79.08	0.34	0.7	2	1.5	56.00
10.5	40.00	88.66	0.45	0.85	2	1.5	102.00
12	26.88	98.25	0.27	0.7	2	1.5	56.45
13.5	46.67	107.68	0.43	0.85	2	1.5	119.00
15	40.00	117.12	0.34	0.7	2	1.5	84.00
16.5	26.67	126.55	0.21	1	2	1.5	80.00
18	20.00	135.99	0.15	1	2	1.5	60.00
19.5	33.33	145.42	0.23	1	2	1.5	100.00
		Qs (kN))					**973.45**
		Qs (Ton)					**97.35**

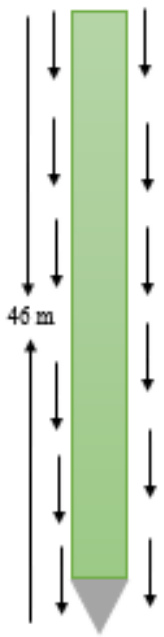
Tabel 4.15 Perhitungan Metode α Thomlinson Tiang No. 763

Depth (m)	*Cu* (kN/m²)	σ'_{vo}	c_u/σ'_{vo}	*α*	*p*	ΔL	*Qs*
0	0	0	0				
1.5	46.67	24.15	1.93	0.5	2	1.5	70.00
2	40.00	32.2	1.24	0.5	2	0.5	20.00
3	40.00	41.635	0.96	0.5	2	1	40.00
4.5	20.00	51.07	0.39	1	2	1.5	60.00
6	40.00	60.205	0.66	0.7	2	1.5	84.00
7.5	46.67	69.79	0.67	0.7	2	1.5	98.00
9	53.33	79.375	0.67	0.7	2	1.5	112.00
10.5	46.67	88.96	0.52	0.85	2	1.5	119.00
12	60.00	98.545	0.61	0.7	2	1.5	126.00
13.5	46.67	108.28	0.43	0.85	2	1.5	119.00
15	66.67	118.015	0.56	0.7	2	1.5	140.00
16.5	13.33	127.45	0.10	1	2	1.5	40.00
18	20.00	136.885	0.15	1	2	1.5	60.00
19.5	26.67	146.32	0.18	1	2	1.5	80.00
21	26.59	155.755	0.17	1	2	1.5	79.78

Depth (m)	*Cu* (kN/m²)	σ'_{vo}	c_u/σ'_{vo}	*α*	*p*	ΔL	*Qs*
24	40.00	174.925	0.23	1	2	1.5	120.00
25.5	40.00	184.51	0.22	1	2	1.5	120.00
27	46.67	194.245	0.24	1	2	1.5	140.00
28.5	33.33	203.98	0.16	1	2	1.5	100.00
30	46.67	213.715	0.22	1	2	1.5	140.00
33.5	106.46	238.18	0.45	0.6	2	3.5	447.15
43	113.33	308.385	0.37	0.6	2	9.5	1292.00
46	126.67	329.655	0.38	0.6	2	3	456.00
Qs (kN)							**4162.93**
Qs (Ton)							**416.29**

c. α Terzaghi, Peck dan Mesri

Metode α Terzaghi, Peck dan Mesri memakai persamaan sama seperti metode α Thomlinson yaitu $Qs = \alpha.cu.p.\Delta L$ yang membedakannya adalah dalam menentukan nilai α. Pada metode ini, menentukan nilai α dengan persamaan *cu/pa* yang diinterpretasikan pada Tabel 2.4.



Berikut ini adalah perhitungan Q_S tiang No. 763 dengan data DB 2 untuk kedalaman 1.5 m :

Keliling tiang (p) = 2 m

$Cu_{(1.5)}$ = 26.67, Pa = 100

$$\frac{cu}{Pa} = \frac{26.67}{100} = 0.27 = 0.3$$

Berdasarkan Tabel 2.5 didapatkan nilai α untuk kedalaman 1.5 m = 0.92

$$Qs = \alpha.cu.p.\Delta L = 0.92 \times 26.67 \times 2 \times 1.5 = 73.60\ kN$$

Nilai *Qs* akhirnya merupakan akumalasi dari *Qs* lapisan pertama hingga ujung kedalaman tiang. Perhitungan secara utuh untuk

tiang No. 310, 638, dan 763 ditampilkan pada Tabel 4.16, Tabel 4.17, dan Tabel 4.18.

Tabel 4.16 Hasil Perhitungan Metode α Terzaghi, Peck dan Mesri Tiang No.310

Depth (m)	***Cu* (kN/m^2)**	***cu/Pa***	***α***	***p***	***ΔL***	***Qs***
0	0					
1.5	26.67	0.3	0.92	2	1.5	73.60
2	20.00	0.2	1	2	0.5	20.00
3	13.33	0.1	1	2	1	26.67
4.5	13.33	0.1	1	2	1.5	40.00
6	20.00	0.2	1	2	1.5	60.00
7.5	33.33	0.3	0.82	2	1.5	82.00
9	20.00	0.2	1	2	1.5	60.00
10.5	46.67	0.5	0.74	2	1.5	103.60
12	53.33	0.5	0.68	2	1.5	108.80
13.5	66.67	0.7	0.62	2	1.5	124.00
15	113.33	1.1	0.45	2	1.5	153.00
16.5	113.33	1.1	0.45	2	1.5	153.00
18	100.00	1.0	0.48	2	1.5	144.00
19.5	13.33	0.1	1	2	1.5	40.00
21	13.33	0.1	1	2	1.5	40.00
22.5	20.00	0.2	0.92	2	1.5	55.20
24	46.67	0.5	0.74	2	1.5	103.60
25.5	40.00	0.4	0.82	2	1.5	98.40
27	33.33	0.3	0.82	2	1.5	82.00
28.5	33.33	0.3	0.82	2	1.5	82.00
30	20.00	0.2	0.92	2	1.5	55.20
31.5	53.33	0.5	0.68	2	1.5	108.80
33	100.00	1.0	0.45	2	1.5	135.00
39	186.67	1.9	0.36	2	6	806.40
45	73.33	0.7	0.58	3	6	765.60
46	13.33	0.1	1	4	1	53.33
Qs (kN)					**3574.20**	
Qs (Ton)					**357.42**	

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Metode α Terzaghi, Peck dan Mesri Tiang No. 638

Depth (m)	*cu* (kN/m^2)	*cu/Pa*	*α*	*p*	*ΔL*	*Qs*
0						
1.5	40.00	0.4	0.68	2	1.5	81.60
2	33.33	0.3	0.74	2	0.5	24.67
3	33.33	0.3	0.74	2	1	49.33
4.5	26.67	0.3	1.00	2	1.5	80.00
6	40.00	0.4	0.82	2	1.5	98.40
7.5	20.00	0.2	0.74	2	1.5	44.40
9	26.67	0.3	0.68	2	1.5	54.40
10.5	40.00	0.4	0.74	2	1.5	88.80
12	26.88	0.3	0.68	2	1.5	54.84
13.5	46.67	0.5	0.74	2	1.5	103.60
15	40.00	0.4	0.62	2	1.5	74.40
16.5	26.67	0.3	1.00	2	1.5	80.00
18	20.00	0.2	0.92	2	1.5	55.20
19.5	33.33	0.3	0.92	2	1.5	92.00
		Qs (kN)				**981.64**
		Qs (Ton)				**98.16**

Tabel 4.18 Hasil Perhitungan Metode α Terzaghi, Peck dan Mesri Tiang No.763

Depth (m)	Cu	Cu/Pa	α	p	ΔL	Qs
0						
1.5	46.67	0.5	0.68	2	1.5	95.20
2	40.00	0.4	0.74	2	0.5	29.60
3	40.00	0.4	0.74	2	1	59.20
4.5	20.00	0.2	1.00	2	1.5	60.00
6	40.00	0.4	0.82	2	1.5	98.40
7.5	46.67	0.5	0.74	2	1.5	103.60
9	53.33	0.5	0.68	2	1.5	108.80
10.5	46.67	0.5	0.74	2	1.5	103.60
12	60.00	0.6	0.68	2	1.5	122.40
13.5	46.67	0.5	0.74	2	1.5	103.60
15	66.67	0.7	0.62	2	1.5	124.00
16.5	13.33	0.1	1.00	2	1.5	40.00
18	20.00	0.2	0.92	2	1.5	55.20
19.5	26.67	0.3	0.92	2	1.5	73.60
21	26.59	0.3	0.82	2	1.5	65.42
22.5	33.33	0.3	0.82	2	1.5	82.00
24	40.00	0.4	0.82	2	1.5	98.40
25.5	40.00	0.4	0.74	2	1.5	88.80
27	46.67	0.5	0.74	2	1.5	103.60
28.5	33.33	0.3	0.82	2	1.5	82.00
30	46.67	0.5	0.74	2	1.5	103.60
33.5	106.46	1.1	0.45	2	3.5	335.36
43	113.33	1.1	0.45	2	9.5	969.00
46	126.67	1.3	0.42	2	3	319.20
Qs (kN)						**3424.58**
Qs (Ton)						**342.46**

4.1.2.3 Perhitungan Daya Dukung Ultimit (*Qu*)

Daya dukung ultimit (*Qu*) merupakan nilai kombinasi dari daya dukung ujung (*end bearing*) dan daya dukung selimut (*friction*). *Qu* memiliki persamaan :

$$Qu = Qp + Qs$$

Berikut ini adalah perhitungan kombinasi untuk menentukan nilai Qu berdasarkan pada Bab 3 :

Tabel 4.19 Nilai Daya Dukung Ultimit untuk Tiang No. 310, 638 dan 763

Perhitungan	No. Tiang		
	310	**638**	**763**
Meyerhoff	15	7.5	28.5
Vesic	18.47	7.84	36.45
α Thomlinson	484.01	97.35	416.29
α Terzaghi, Peck dan Mesri	357.42	98.16	342.46
Meyerhoff + α Thomlinson	499.01	104.85	444.79
Meyerhoff + α Terzaghi, Peck dan Mesri	372.42	105.66	370.96
Vesic + α Thomlinson	502.48	105.19	452.74
Vesic + α Terzaghi, Peck dan Mesri	375.89	106	378.91

Catatan : Nilai Qa dalam satuan Ton

4.1.2.4 Perhitungan Daya Dukung Ijin (*Qa*)

Penentuan daya dukung ijin (*Qa*) dilakukan dengan membagi daya dukung ultimit dengan faktor keamanan seperti yang telah ditentukan sebelumnya. Daya dukung ijin menggunakan persamaan :

$$Qa = \frac{Qu}{FS}$$

Nilai *Qa* yang digunakan berdasarkan daya dukung kombinasi pada Tabel 4.19. Nilai daya dukung ijin untuk setiap tiang dan metode dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Nilai Daya Dukung Ijin Tiang No. 310, 638, dan 763

Perhitungan ***(Qa = Qu/FS)***	No. Tiang		
	310	**638**	**763**
Meyerhoff + α Thomlinson	166.34	34.95	148.27
Meyerhoff + α Terzaghi, Peck dan Mesri	124.14	35.22	123.65
Vesic + α Thomlinson	167.49	35.06	150.91
Vesic + α Terzaghi, Peck dan Mesri	125.30	35.33	126.30

Catatan : Nilai daya dukung dalam satuan ton

4.1.3 Daya Dukung Metode Dinamis

Metode dinamis yang digunakan pada penelitian ini berasal dari data pemancangan *(jacking pile record/pile record)* dan data dari pengujian *Pile Driving Analyze (PDA)* yang telah dilakukan pada tiang yang dianalisis.

4.1.3.1 *Jacking Pile Record*

Jacking Pile Record merupakan nilai daya dukung yang didapatkan berdasarkan tekanan saat pemancangan. Namun nilai tersebut masih berupa nilai ultimit, maka perlu dibagi dengan faktor keamanan (FS), dimana FS = 2.5. Nilai daya dukung berdasarkan *pile record* ditampilkan dalam Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Nilai Daya Dukung Ijin *Pile Record*

No. pile	Tekanan (Ton)	Qu/FS
310	180	72
638	418	167.2
763	180	72

4.1.3.2 Daya Dukung *Pile Driving Analyze (PDA)*

Nilai daya dukung PDA yang digunakan berdasarkan nilai yang sudah dianalisis oleh program CAPWAP (*Case Pile Wafe Analysis Program*) seperti yang telah ditampilakn pada Tabel 3.2. Data PDA pada Tabel 3.2 merupakan daya dukung ultimit PDA, maka nilai daya dukung tersebut harus dibagi dengan faktor keamanan (*FS*), dalam hal ini nilai *FS* = 2.

Tabel 4.22 Nilai Daya Dukung PDA

No. Tiang	Daya Dukung Ijin Tiang (Ton) CAPWAP Qu/FS (Ton)
310	208.85
638	201.85
763	193.2

4.1.4 Rekapitulasi dan Perbandingan Daya Dukung Tiang Metode Statis dan Dinamis

Perhitungan daya dukung dengan metode statis serta data daya dukung dengan metode dinamis berdasarkan data *pile record* dan data uji PDA akan dibandingkan terhadap data hasil uji PDA yang dianggap aktual. Rekapitulasi seluruh perhitungan statis ditampilkan pada Tabel 4.23, sedangkan hasil perbandingan dari data yang didapatkan untuk tiang No. 310 dapat dilihat pada Tabel 4.24, tiang No. 638 pada Tabel 4.25 dan tiang No. 763 ditampilkan pada Tabel 4.26.

Tabel 4.23 Rekapitulasi Daya Dukung Metode Statis

No. Pile	Reese& Wright	Meyerhoff + α Thomlinson	Meyerhoff + α Terzaghi, Peck dan Mesri	Vesic + α Thomlinson	Vesic + α Terzaghi, Peck dan Mesri
310	155	166.34	124.14	167.493	125.297
638	155	34.95	35.22	35.06	35.33
763	155	148.26	123.65	150.91	126.30

Catatan : Nilai daya dukung dalam satuan Ton

Tabel 4.24 Hasil Perbandingan Daya Dukung Metode Statis dan Dinamis Tiang No. 310

No. Pile 310							
Metode	**Reese& Wright**	**Meyerhoff + α Thomlinson**	**Meyerhoff + α Terzaghi, Peck dan Mesri**	**Vesic + α Thomlinson**	**Vesic + α Tezaghi, Peck dan Mesri**	**Pile of Record**	**PDA**
Hasil	155	166.34	124.14	167.49	125.30	72	208.85
(%)	**74.22 %**	**79.64 %**	**59.44 %**	**80.20 %**	**59.99 %**	**34.47 %**	

Tabel. 4.25 Hasil Perbandingan Daya Dukung Metode Statis dan Dinamis Tiang No. 638

No. Pile 638							
Metode	**Reese& Wright**	**Meyerhoff + α Thomlinson**	**Meyerhoff + α Terzaghi, Peck dan Mesri**	**Vesic + α Thomlinson**	**Vesic + α Terzaghi, Peck dan Mesri**	**Pile of Record**	**PDA**
Hasil	155	34.95	35.22	35.063	35.333	167.2	201.85
(%)	**76.79 %**	**17.31 %**	**17.45 %**	**17.37 %**	**17.50 %**	**82.83 %**	

Tabel 4.26 Hasil Perbandingan Daya Dukung Metode Statis dan Dinamis Tiang No. 763

No. Pile 763							
Metode	**Reese& Wright**	**Meyerhoff + α Thomlinson**	**Meyerhoff + α Terzaghi, Peck dan Mesri**	**Vesic + α Thomlinson**	**Vesic + α Terzaghi, Peck dan Mesri**	**Pile of Record**	**PDA**
Hasil	155	148.26	123.65	150.91	126.30	72	193.2
(%)	**80.23**	**76.74**	**64.00**	**78.11**	**65.37**	**37.26**	

4.1.5 Penurunan Pondasi Tiang Tunggal

Perhitungan tiang tunggal menggunakan metode Semi Empiris yang memiliki persamaan $Se = Ss + Sp + Sps$, ketiga komponen tersebut dihitung secara terpisah dan kemudian dijumlahkan.

Berikut ini adalah perhitungan penurunan pondasi tiang tunggal untuk metode Meyerhoff + α Thomlinson dengan nilai-nilai sebagai berikut :

Qp Meyerhoff = 15 Ton

Qs Thomlinson = 484.01 Ton

Panjang tiang = 46 m

D = 0.5 m, maka Ap = D^2 = 0.25 m^2, dan p = 4D = 2 m

Mutu tiang adalah K-500 atau f'c = 41.5, maka *Ep* = 3087453.02 ton/m^2

Modulus elastisitas tanah (Es) = 3 x 240 kg/cm^2 = 72 MPa = 7341.95 ton/m^2

Nilai Cp yang diambil untuk tanah lempung adalah 0.03

$$Qws = \frac{Qs}{FS} = \frac{484.01}{3} = 161.34$$

$$Iws = 2 + 0.35\sqrt{L/D} = 2 + 0.35.\sqrt{92} = 5.36$$

a. Penurunan Akibat Deformasi Aksial Tiang Tunggal *(Ss)*

$$Ss = \frac{(Qp + \alpha.Qs).L}{Ap.Ep}$$

$$Ss = \frac{(15 + 0.25.484.01) \times 46}{0.25 \times\ 3087453.02}$$

$$Ss = 0.0072\ m$$

b. Penurunan dari Ujung Tiang *(Sp)*

$$Sp = \frac{Cp.Qp}{D.qp}$$

$$Sp = \frac{0.03 \times 15}{0.5 \times 60} = 0.015\ m$$

c. Penurunan Akibat Beban yang Dialihkan Sepanjang Tiang *(Sps)*

$$Sps = \left(\frac{Qws}{p.L}\right).\frac{D}{Es}.(1 - vs^2).Iws$$

$$Sps = \left(\frac{161.34}{2 \times 46}\right) \times \frac{0.5}{7341.95} \times (1 - 0.3^2) \times 5.36$$

$$Sps = 0.0006$$

d. Penurunan Elastis Total Pondasi Tiang Tunggal

$$Se = Ss + Sp + Sps$$

$$Se = 0.0072 + 0.015 + 0.0006$$

$$Se = 0.0227\ m = 22.7\ mm$$

4.1.6 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Penurunan Tiang Tunggal

Hasil rekapitulasi perhitungan penuruan elastis pondasi tiang tunggal ditampilkan pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Rekapitulasi Penurunan Tiang Tunggal

Metode	No. Pile		
	310	**638**	**763**
Myerhoff + α Thomlinson	22.7	15.8	21.7
Meyerhoff + α Terzagi, Peck dan Mesri	20.8	158	20.6
Vesic + α Thomlinson	26.3	16.5	25.9
Vesic + α Terzaghi, Peck dan Mesri	24.2	16.5	24.7
Reese & Wright	16.9	16.9	19.0

Catatan : Nilai penurunan dengan satuan (mm)

4.2 Analisis Data Penelitian

Perhitungan terhdap tiga titik tiang yang ditinjau telah dilakukan dengan berbagai metode yang telah ditentukan, maka selanjutnya akan dianalisis lebih mendalam terkait perhitungan yang telah dilakukan tersebut.

4.2.1 Analisis Daya Dukung Pondasi

Berikut ini adalah hasil analisis perhitungan yang telah dilakukan terhadap masing-masing tiang :

a. Perbandingan daya dukung tiang No.310 terhadap hasil uji PDA (Tabel 4.24) mendapati bahwa kombinasi metode Vesic dan α Thomlinson sebagai metode yang memiliki rentan persentase paling kecil yaitu 80,20% dibandingkan dengan metode lainnya yang digunakan dengan hasil dominasi daya dukung selimut *(friction).* Hal ini sesuai dengan teori yang telah dijelaskan pada Bab 2 dimana untuk tiang yang tertanam tidak mencapai tanah keras maka nilai daya dukung selimut akan jauh lebih besar dibandingkan dengan daya dukung ujung, yakni dengan nilai daya dukung ujung tidak lebih dari 20 ton sedangkan daya dukung selimut hampir mendekati angka 500 ton. Sementara untuk perbandingan daya dukung *pile record* hanya 34,47%.

b. Metode perhitungan tiang No. 638 yang mendekati hasil uji PDA adalah metode Reese & Wright dengan nilai persentase 76,79%. Namun dari keseluruhan data pada titik ini, yang paling mendekati adalah data *pile record* dengan nilai 82,83%. Hasil perhitungan daya dukung berdasarkan Tabel 4.23 memiliki nilai yang relatif kecil jika dibandingkan dengan tiang lainnya. Hal ini berbanding terbalik dengan data PDA, namun data PDA berbanding lurus dengan data *pile record.* Perhitugan daya dukung dengan metode statis pada tiang No. 638

memiliki rentan nilai cukup jauh terhadap hasil uji PDA jika dibandingkan dengan tiang No. 310 dan No. 763 dengan menggunakan metode yang sama. Kemungkinan hal ini dapat terjadi karena adanya kesalahan dalam penginputan data atau karena adanya perbedaan kondisi tanah yang cukup jauh dengan data titik *borehole* yang digunakan, dimana jarak antara tiang No. 638 berjarak ± 10 m dari titik *borehole* 3, namun jarak tersebut masih dikatakan aman selama dalam radius 20 m – 30m. Alasan adanya perbedaan kondisi tanah dalam jarak yang terbilang cukup aman diperkuat dengan teori yang menyebutkan bahwa karakteristik tanah amat bervariasi dan dapat berubah drastic hanya dalam jarak beberapa meter, sehingga semakin banyak titik penyelidikan tanah maka perencanaan akan menjadi semakin mudah.

c. Data hasil perhitungan daya dukung tiang No. 763 menunjukkan bahwa metode perhitungan yang paling mendekati hasil uji PDA adalah metode Reese & Wright dengan persentase 80,23%. Sama seperti tiang No. 310 dimana kapasitas daya dukung yang dominan adalah daya dukung selimutnya dikarenakan tiang tidak mencapai lapisan tanah keras, sehingga kapasitas daya dukung didominasi oleh nilai tahanan selimut tiang sementara nilai daya dukung ujung jauh dibawahnya. Untuk perbandingan daya dukung *pile record* dengan PDA memiliki presentase yang cukup kecil, hanya 37,26%

4.2.2 Analisis Penurunan Pondasi

Hasil perhitungan penurunan elastis pondasi tiang tunggal menunjukkan hasil sebagai berikut :

a. Hasil perhitungan penurunan tiang No. 310 untuk kombinasi metode Meyerhoff + α Thomlinson sebesar 22.7 mm; penurunan Meyerhoff + α Terzaghi, Peck dan

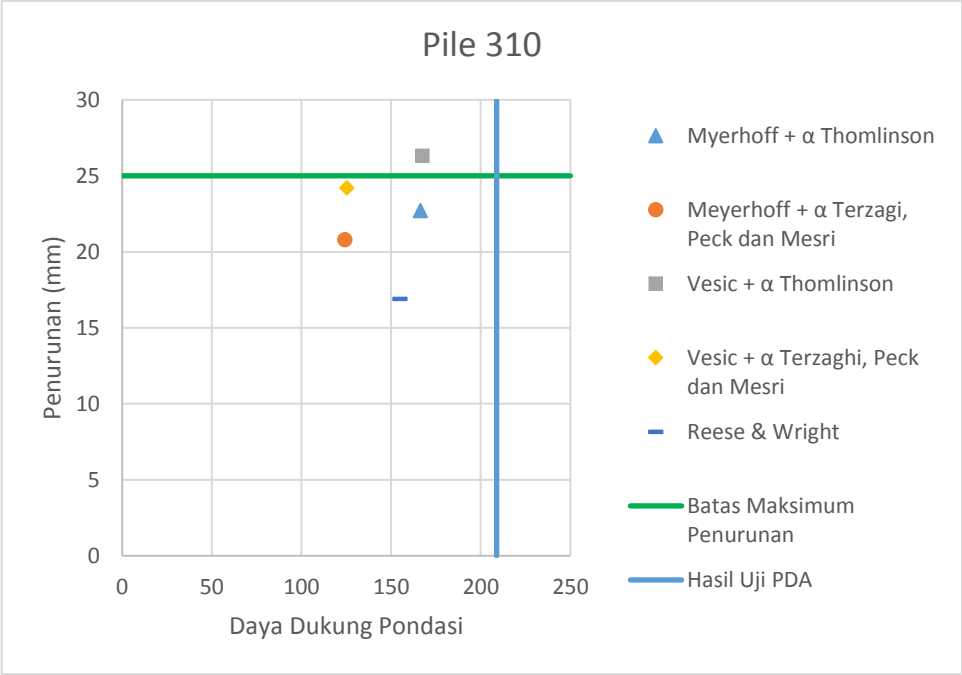
Mesri 20.8 mm; Vesic + α Thomlinson sebesar 26.3 mm; sedangkan metode Vesic + α mendapatkan penurunan sebesar 24.2 mm.

b. Tabel 4.27 menunjukkan hasil pnurunan tiang No. 638 relatif kecil jika dibandingkan dengan penurunan tiang No. 310 dan No. 763 dengan nilai 15.8 mm; 15.8 mm; 16.5 mm; dan 16.5 mm untuk keempat kombinasi metode secara berturut-turut.

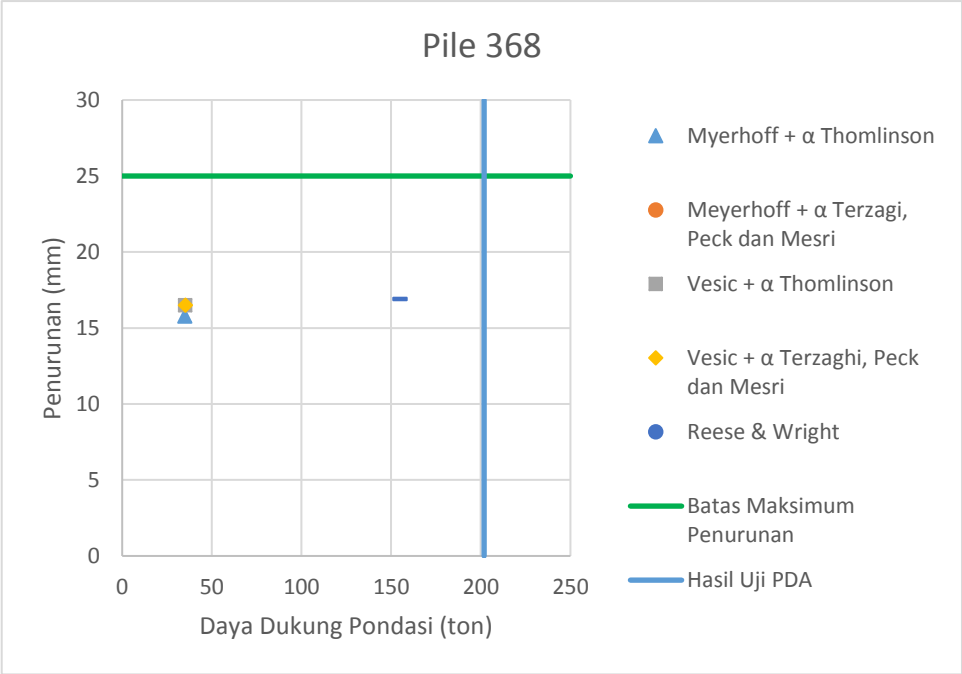
c. Hasil penurunan pondasi untuk tiang No. 763 seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.27 dimana kombinasi Vesic + α Thomlinson memiliki nilai terbesar diantara metode yang lainnya dengan nilai penurunan sebesar 25.9; diikuti oleh Vesic + α Terzaghi, Peck dan Mesri sebesar 24.7 mm; 21.7 metode Meyerhoff + α Thomlinson dan yang terkecil berdasarkan metode Meyerhoff + α Terzaghi, Peck dan Mesri.

4.3 Analisis Keseluruhan

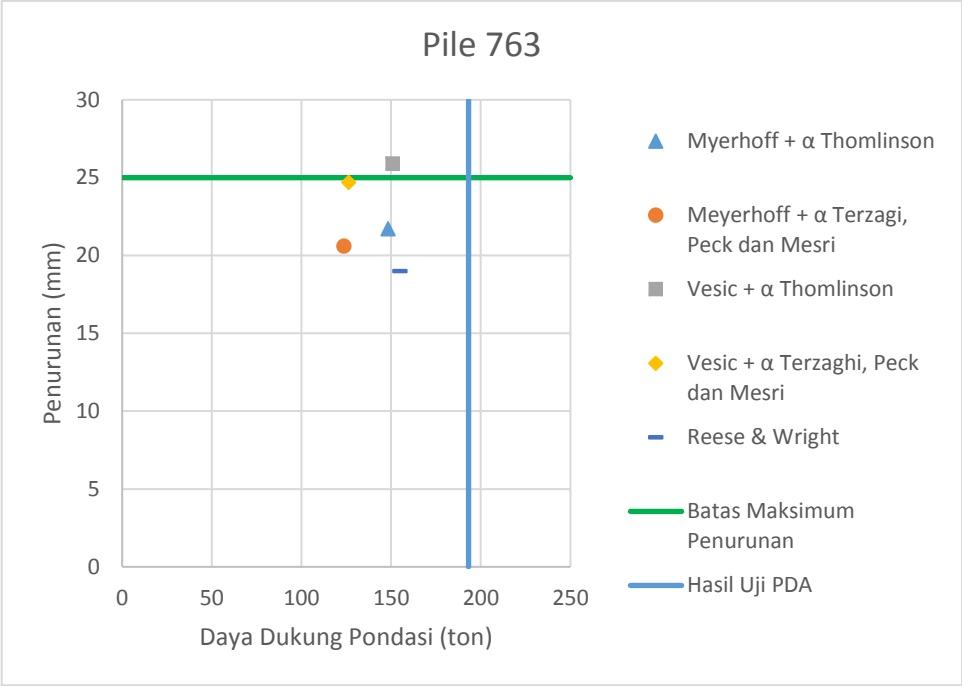
Analisis secara keseluruhan terkait perhitungan kapasitas daya dukung, daya dukung perencana serta hasil perhitungan penuruan pondasi tiang akan ditampilkan dalam sebuah grafik untuk setiap tiangnya. Grafik data dan hasil perhitungan tiang No. 310, No. 638, dan No. 763 secara berturut-turut ditampilkan pada Gambar 4.1, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3.



Gambar 4.1 Grafik Hubungan Antara Daya Dukung Ijin dengan Penurunan Tiang No. 310



Gambar 4.2 Grafik Hubungan Antara Daya Dukung Ijin dengan Penurunan Tiang No. 638



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Antara Daya Dukung Ijin dengan Penurunan Tiang No. 763

Pada Gambar 4.1, Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara daya dukung ijin dengan penurunan dari berbagai metode perhitungan yang telah dilakukan. Gambar 4.1 mewakili nilai penurunan serta daya dukung untuk titik 310, dimana hanya metode Vesic + α Thomlinson yang melebihi batas aman penurunan. Tiang No. 638 dapat dikatakan dalam kondisi aman. Sedangkan tiang 763 sama seperti tiang 310, terdapat satu metode yang perhitungan penurunannya melebihi batas aman. Penurunan terbesar terdapat pada perhitungan metode Vesic + α Thomlinson, dimana metode ini menghasilkan nilai daya dukung terbesar dari keempat kombinasi metode yang dihitung. Dari tiga titik yang dihitung penurunannya dengan metode tersebut, terdapat dua titik melebihi batas aman yang telah ditentukan, yaitu penurunan < 25 mm. Semakin besar nilai daya dukung

pondasi maka semakin besar pula beban yang mampu dipikul oleh pondasi tersebut maka semakin besar penurunan yang terjadi.

4.4 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki keterbatasan penelitian yaitu pada analisis perhitungan tiang No. 638 yang memiliki nilai perhitungan daya dukung statis jauh dibawah dua tiang lainnya yang ditinjau dan daya dukung *pile record* serta daya dukung uji PDA. Oleh karena itu, penelitian ini membatasi untuk menganalisis penyebab perbedan nilai dayay dukung tersebut.

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dijelaskan dalam bab sebelumnya yang dimaksudnkan untuk mencari perbandingan nilai kapasitas daya dukung dari berbagai metode, dari hasil perbandingan tersebut dapat ditarik kesimpulan :

1. Metode perhitungan daya dukung yang paling mendekati hasil uji PDA adalah metode Reese & Wright dengan data NSPT dengan persentase 74,22%, 76,79%, dan 80,23% nilai tersebut dianggap yang paling konsisten untuk ketiga tiang yang ditinjau.
2. Perbandingan dengan rentan nilai terbesar adalah dengan metode Meyerhoff + α Terzaghi dengan persentase tak lebih dari 65% pada ketiga tiang yang ditinjau. Nilai daya dukung yang terpaut jauh dengan nilai aktual, dikhawatirkan akan terjadinya kesalahan dalam perencanaan jumlah maupun kedalaman pondasi yang akan dilaksanakan yang akan mempengaruhi terhadap beban yang mampu ditahan tiang serta estimasi biaya struktur pondasi.
3. Metode dinamis dengan data *pile record* memiliki rentan nilai yang kecil pada titik *pile* 638 dengan persentase 82,83%. Hal ini dikarenakan tiang tersebut pada saat pemancangan mencapai tanah keras dan daya dukung ujung bekerja hampir sama dengan daya dukung selimut.
4. Penurunan dengan metode Vesic + α Thomlinson memiliki nilai melebihi batas aman yang digunakan, dimana batas aman adalah < 25 mm. Terdapat dua titik tiang melebihi batas penurunan yaitu sebesar 26,3 mm dan 25,9 mm.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dibuat, terdapat beberapa saran untuk penelitian lebih lanjut terkait perbandingan kapasitas daya dukung dengan metode statis dan dinamis, diantaranya :

1. Pemilihan metode perhitungan statis yang akan digunakan dalam penelitian harus disesuaikan dengan kondisi tanah aktual dilapangan.
2. Perlu penambahan titik tiang yang ditinjau untuk memperkuat analisis dengan metode dinamis berdasarkan *pile record.*

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, JE. (1977). *Analisis dan Desain Pondasi Jilid I*. Jakarta: Erlangga.

Bowles, J. (1984). *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah*). Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.

Braja M. Das. (1988). *Mekanika Tanah* (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid I). Jakarta: Erlangga.

Braja M. Das. 1993. *Mekanika Tanah* (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid II). Jakarta: Erlangga.

Coduto, Ronald. (2001). *Foundation Design Principles and Practices, 2nd Edition*. New Jersey: Upper Saddle River.

Craig, B.M. 1991. *Mekanika Tanah*. Jakarta: Erlangga.

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

Hardiyatmo, H.C. (2011). *Analisis dan Perancangan Pondadi II*. Edisi Kedua. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.

Rahardjo, Paulus P. 2005. *Manual Pondasi Tiang.* Edisi Ketiga. Bandung: Geotechnical Engineering Center.

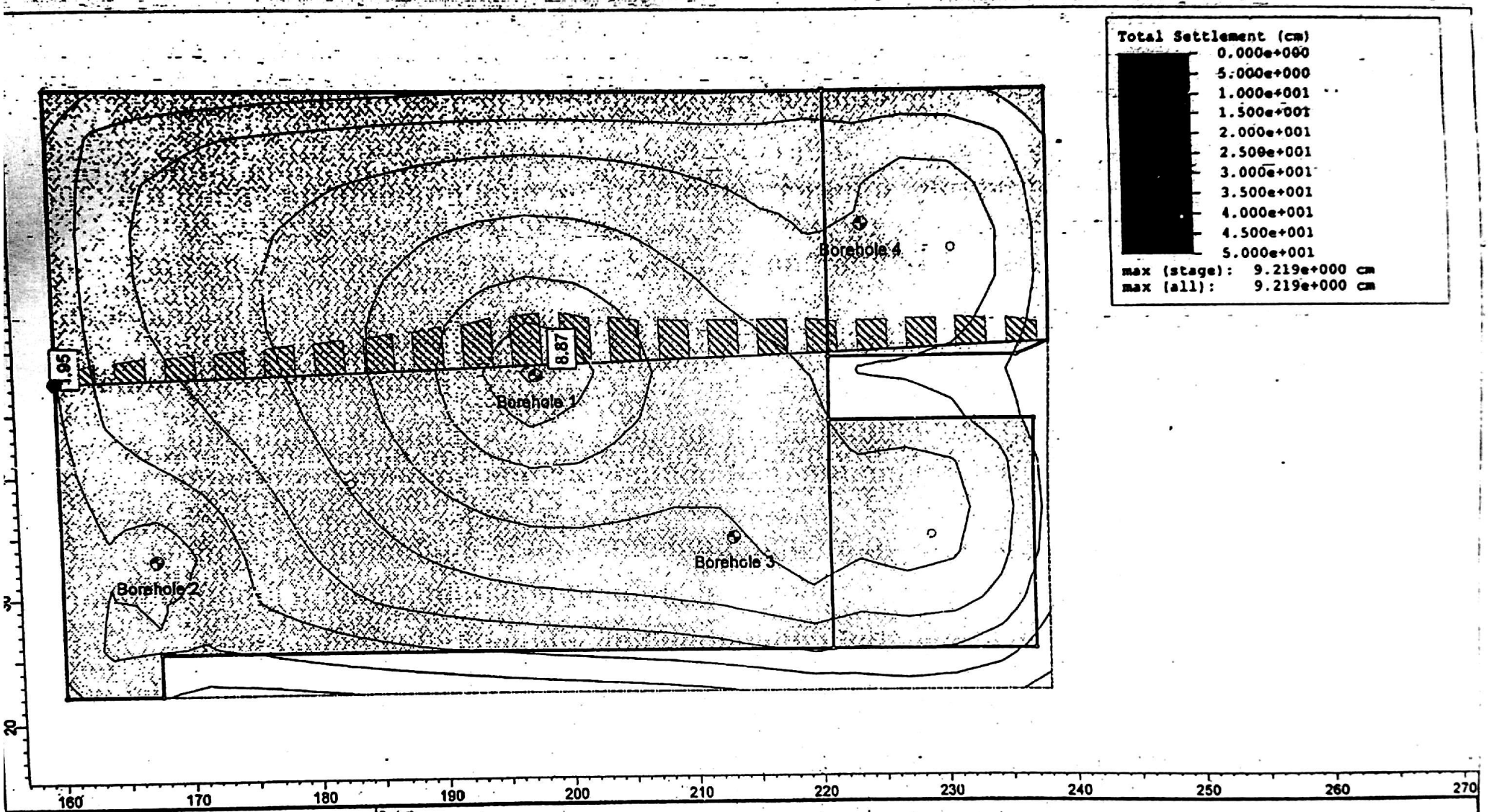
Sardjono, H.S. 1991. *Pondasi Tiang Pancang Jilid I.* Surabaya: Sinar Wijaya

Teddy, Livian. Evaluasi Pondasi Tiang dengan Pile Driven Analysis di Kota Palembang. 2012

Yusa, M & Nugroho, SA. (2007). Korelasi Penentuan Daya Dukung Tiang Cara Empirik (CPT) dengan Pile Driving Analysis (PDA) di Kota Pekanbaru.

Yusti, A & Fahriani, F. (2014). Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi dengan Hasil Uji *Pile Driving Analyze Test* dan CAPWAP. Vol 2. Jurnal *Fropil*

SNI-1726-2012 Penentuan kategori tanah untuk beban gempa.



rocscience	Project	Kebon Sirih Office Tower	
	Analysis Description	Settlement Alternatif Borepile (2)	
	Drawn By	Bakhtiar	Company: PT Wiratman
	Date	19/06/2015, 10:07:07	File Name: Jakarta Box Tower - Alternatif 2.s3z

SETTLE3D 3.013

Lampiran 1

Scanned by CamScanner

PT. INDOPILE
PILING CONTRACTOR
Ruko Indah Plaza No B 11
Jl. Raden Tengah Raya Blok A2, Lebak Bulus, Jakarta Selatan 12440 Indonesia
Phone +62 21 29203580, +62 21 29203581
Fax +62 21 29203583 Email : indopile@gmail.com

Test / Indikator / Main Pile •

Lampiran 2

JACKING PILE RECORD

Proyek Jakarta Box Tower - Jakarta

No. Titik Pancang : 131

Alat	: HSPD - T Work Kapasitas 420 T	Tanggal Pancang	: 23 / 8 / 2016
Dimensi Tiang	: 50 x 50 cm (square)	Waktu Mulai	: WIB
Rencana Pancang	: 44 . M'	Waktu Selesai	: WIB
Realisasi Pancang	: 33 M'	Lokasi Pancang	: Tower / Podium
Kedalaman Dolly	: M'	Daya Dukung Rencana	: 388 / 263 Ton•
Cuaca	: Hujan / Tdk Hujan •	Daya Dukung Aktual	: 396. Ton

No.	Tekanan (Mpa)	Pile Driving Force (KN)		Kedalaman (m')	Identitas Tiang	Keterangan
		(Slow) 2 cilinder	(Slower) 4 cilinder			
1	1	166,60	281,20		Tiang 1 (bottom)	
2	2	262,80	498,00		No. Tiang : 23556	132
3	3	359,00	714,80		Panjang : 12 M	
4	4	455,20	931,60		Tgl. Produksi : 18-7-16	
5	5	551,40	1148,40			
6	6	647,60	1365,20		Tiang 2	Lap pul I
7	7	743,80	1582,00		No. Tiang : 15578	
8	8	840,00	1798,80		Panjang : 10 M	
9	9	936,20	2015,60		Tgl. Produksi : 13-5-16	
10	10	1032,40	2232,40			
11	11	1128,60	2449,20		Tiang 3	Lap pul II
12	12	1224,80	2666,00		No. Tiang : 23473	
13	13	1321,00	2882,80		Panjang : 10 M	
14	14	1417,20	3099,60		Tgl. Produksi : 25-5-16	
15	15	1513,40	3316,40			
16	16	1609,60	3533,20		Tiang 4	
17	17	1705,80	3750,00		No. Tiang : 16984	Lap pul III
18	18	1802,00	3966,80	31 M'	Panjang : 10 M	
19	19	1898,20	4183,60		Tgl. Produksi : 23-5-16	
20	20	1994,40	4400,40			
21	21	2090,60	4617,20		Tiang 5	
22	22	2186,80	4834,00		No. Tiang :	
23	23	2283,00	5050,80		Panjang :	
24	24	2379,20	5267,60		Tgl. Produksi :	

Notes

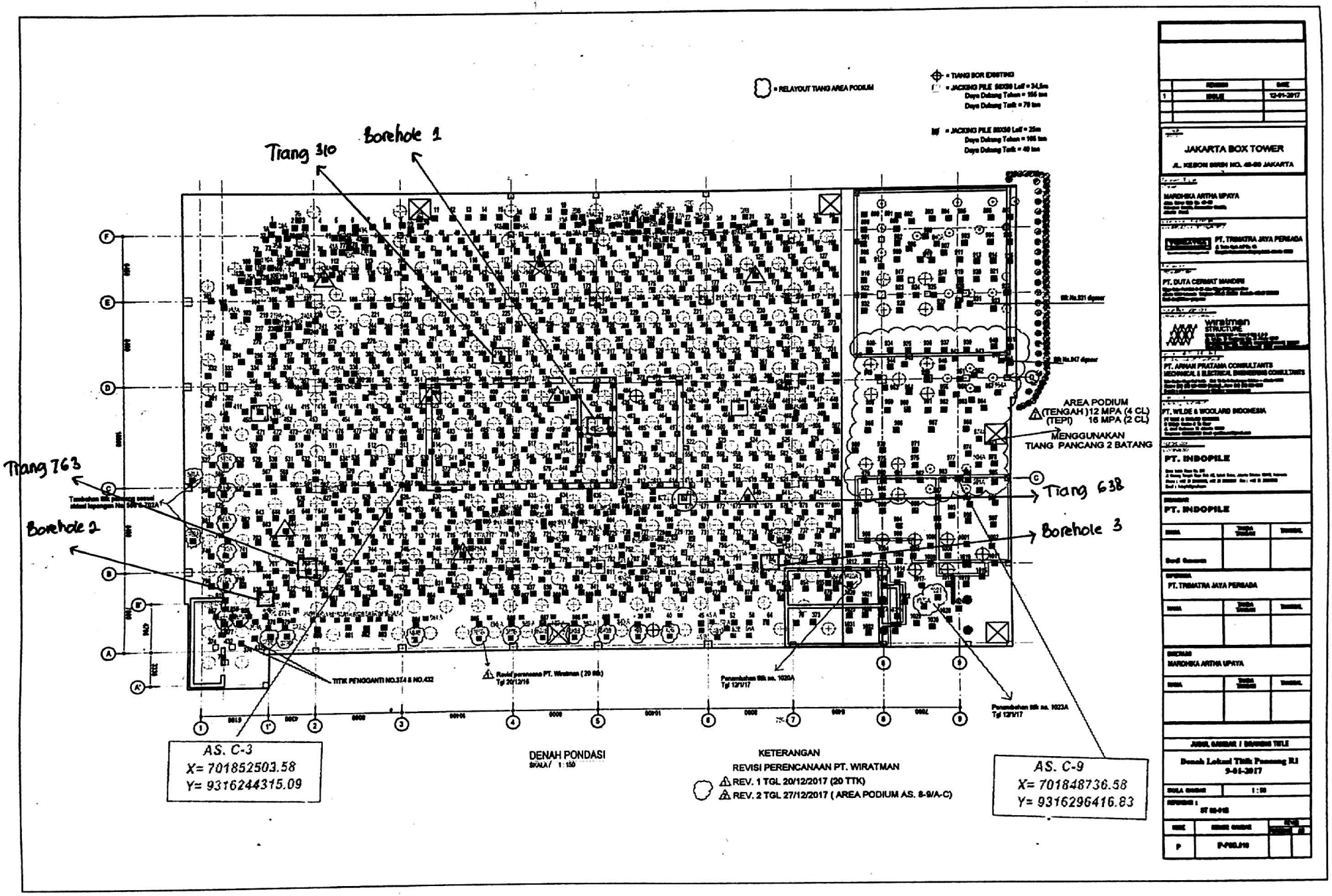
Bobde

RECEIVED 27 AUG 2016 PT. TJP

RECEIVED 29 AUG PT. MAU

di ketahui,	di periksa,	di setujui,	di buat,
Owner	*MK*	*Konsultan Geoteknik*	*Kontraktor*
PT. MAU	PT. TJP	PT. GEC	PT.INDOPILE
Engineering	Engineering	Engineering	Pelaksana

Scanned by CamScanner



Scanned by CamScanner

CALCULATION OF PILE BEARING CAPACITY - AXIAL COMPRESSION
JAKARTA BOX TOWER PROJECT - JL. KEBON SIRIH NO.48-50, JAKARTA PUSAT
TOWER (BH-1 dan BH-3) - JACKING SQUARE PILE

elev. of ground floor :	20.70	m
elev. of soil surface :	18.80	m
height of basement-2	7.20	m
basement level :	13.50	m
raft thickness:	2.50	m
pile cap thickness:	1.50	m

Tower:

	depth	elev		
pile head :	8.00	11.00	m	(rounded off)
pile tip :	33.50	-14.70	m	
pile length:	25.50	m		

Pile bearing capacity based on N-Value - AIJ Method

Point bearing:	for driven pile :	qb = 30 N	ton/m²
Friction :	for sand layer :	fs = N / 5	< 10 t/m²
	for clay layer :	fs = N / 2	< 10 t/m²

layer No.	soil type	depth m	elev. m	h m	N	qb t/m²	fs	fs t/m²	Σ fs t/m²
layer 1	clay, silty clay, very soft	0.00	18.80	4.50	2		N / 2		-
layer 2	sand, silty sand, very loose to loose	4.50	14.30	1.50	4		N / 5	0.8	-
layer 3	clayey silt, sandy silt, soft	6.00	12.80	3.00	3		N / 2	1.5	-
layer 4	sand, silty sand, medium	9.00	9.80	3.00	6		N / 5	1.2	3.6
layer 5	silt, medium stiff	12.00	6.80	3.00	7		N / 2	3.5	14.1
layer 6	clayey silt, sandy clay, very soft-soft	15.00	3.80	3.50	3		N / 2	1.5	19.4
layer 7	clay, clayey silt, sandy silt, medium	18.50	0.30	4.00	5		N / 2	2.5	29.4
layer 8	sand, loose to medium dense	22.50	-3.70	7.50	11		N / 5	2.2	45.9
layer 9	sand, medium dense	30.00	-11.20	1.50	12		N / 5	2.4	49.5
layer 10	sand, sandy silt, dense	31.50	-12.70	1.50	26	30 N	N / 5	5.2	57.3
layer 11	gravelly sand, cemented sand, v dense	33.00	-14.20	5.00	47	1,410	N / 5	9.4	104.3
layer 12	clayey silt, silty clay, very stiff-hard	38.00	-19.20	3.00	32	960	N / 2	10.0	134.3
layer 13	clay, silty clay, very stiff	41.00	-22.20	3.00	21		N / 2	10.0	164.3
layer 14	clay, very stiff	44.00	-25.20	8.50	25		N / 2	10.0	249.3
layer 15	clayey silt, silty clay, very stiff	52.50	-33.70	7.50	19		N / 2	9.5	320.5
		60.00							

SF = 3 recomnd

square pile dimension m	pile depth m	elev pile tip m	eff. pile length m	qb ton/m²	Σ fs t/m²	Qb ton	Qs ton	Qult ton	Qa ton	Qa ton
0.5 x 0.5	33.50	-14.70	25.50	1,410	57.3	353	115	467	155.7	155
	34.00	-15.20	26.00	1,410	62.0	353	124	476	158.8	
	34.50	-15.70	26.50	1,410	66.7	353	133	486	161.9	
	38.50	-19.70	30.50	960	104.3	240	209	449	149.5	
	39.00	-20.20	31.00	960	109.3	240	219	459	152.8	155
	39.50	-20.70	31.50	960	114.3	240	229	469	156.2	
	40.00	-21.20	32.00	960	119.3	240	239	479	159.5	
	40.50	-21.70	32.50	960	124.3	240	249	489	162.8	

Scanned by CamScanner

CALCULATION OF PILE BEARING CAPACITY - AXIAL COMPRESSION

KEBON SIRIH TOWER PROJECT - JL. KEBON SIRIH NO.48-50, JAKARTA PUSAT

TOWER (BH-2) - JACKING SQUARE PILE

elev. of ground floor :	20.70	m
elev. of soil surface :	18.80	m
height of basement 2 :	7.20	m
basement level :	13.50	m
slab thickness :	2.50	m
pile cap thickness :	1.50	m

Tower

	depth	elev	
pile head :	8.00	11.00 m	(rounded off)
pile tip :	_____	18.80 m	
pile length:	(8.00) m		

COL : 8.00 m (rounded off)

Pile bearing capacity based on N-Value - AIJ Method

Point bearing	for driven pile :	qb = 30 N	ton/m²
Friction	for sand layer :	fs = N / 5	< 10 t/m²
	for clay layer :	fs = N / 2	< 10 t/m²

layer No.	soil type	depth m	elev. m	h m	N	qb t/m²	fs	fs t/m²	Σ fs t/m²
layer 1	clay, clayey silt, medium	0.00	18.80	4.00	5		N / 2		-
layer 2	clay, silty clay, very soft	4.00	14.80	1.50	2		N / 2	1.0	-
layer 3	sand, silty sand, medium	5.50	13.30	6.00	6		N / 5	1.2	3.0
layer 4	sand, medium dense	11.50	7.30	4.00	9		N / 5	1.8	10.2
layer 5	clayey silt, sandy clay, very soft-soft	15.50	3.30	4.50	3		N / 2	1.5	17.0
layer 6	clay, clayey silt, sandy silt, med	20.00	-1.20	1.50	5		N / 2	2.5	20.7
layer 7	sandy silt, medium stiff	21.50	-2.70	4.50	7		N / 2	3.5	36.5
layer 8	clay, clayey silt, medium-stiff	26.00	-7.20	4.00	10		N / 2	5.0	56.5
layer 9	sand, sandy silt, dense	30.00	-11.20	3.50	26	780	N / 5	5.2	74.7
layer 10	clayey silt, silty clay, v stiff-hard	33.50	-14.70	9.50	32	960	N / 2	10.0	169.7
layer 11	clay, very stiff	43.00	-24.20	4.00	25	750	N / 2	10.0	209.7
		47.00							

SF = 3 recomnd

square pile dimension	pile depth m	elev. pile tip m	eff. pile length m	qb ton/m²	Σ fs t/m'	Qb ton	Qs ton	Qult ton	Qa ton	Qa ton
	24.00	-15.20	26.00	960	69.7	240	139	379	126.4	120
	25.00	-16.20	27.00	960	79.7	240	159	399	133.1	
	27.00	-18.20	29.00	960	99.7	240	199	439	146.4	
	28.00	-19.20	30.00	960	109.7	240	219	459	153.1	145
	29.00	-20.20	31.00	960	119.7	240	239	479	159.8	
0.5 x 0.5	[redacted]	[redacted]	[redacted]	960	129.7	240	259	499	166.4	[redacted]
	31.00	-22.20	33.00	960	139.7	240	279	519	173.1	
	32.00	-23.20	34.00	960	149.7	240	299	539	179.8	
	43.00	-24.20	35.00	750	164.7	188	329	517	172.3	
	44.00	-25.20	36.00	750	174.7	188	349	537	178.9	170
	45.00	-26.20	37.00	750	184.7	188	369	557	185.6	

Scanned by CamScanner

REPRESENTATIVE SOIL PROFILE & ASSUMED SOIL PARAMETERS
KEBON SIRIH TOWER PROJECT, JL. KEBON SIRIH NO. 48 - 50, JAKARTA PUSAT

Tower DB-1 Elev	Tower DB-1 depth	Tower-Podium DB-2 Elev	Tower-Podium DB-2 depth	Tower DB-3 Elev	Tower DB-3 depth	Podium-Car Park DB-4 Elev	Podium-Car Park DB-4 depth							Layer No.
20.70	-1.90	20.70	-1.90	20.70	-1.90	20.70	-1.90							
18.80	0.00	18.80	0.00	18.80	0.00	18.80	0.00							
		16.80	2.00	16.80	2.00			clay, clayey silt, medium						1
OWL								N_{sv} = 5	c_u = 0.30 kg/cm²	Eu = 10,000 kPa	Cc = 0.74			
	xx							qc = 15 kg/cm²	ϕ = 0 deg	Es' = 9,000 kPa	Cr = 0.100			
								γ = 1.60 t/m³	c' = 0.15 kg/cm²	kh = 9,500 kN/m³	eo = 1.84			
18.80	0.00	14.80	4.00	15.80	3.00	17.30	1.50	γ_{sat} = 1.61 t/m³	ϕ' = 16 deg	v = 0.35	Cv = 2.0E-04			
		13.50	5.30					clay, silty clay, very soft						2
OWL	16.80	2.00				16.80	2.00	N_{sv} = 2	c_u = 0.14 kg/cm²	Eu = 5,000 kPa	Cc = 0.89			
COL			12.00	6.80	xx			qc = 8 kg/cm²	ϕ = 0 deg	Es' = 4,200 kPa	Cr = 0.120			
								γ = 1.58 t/m³	c' = 0.12 kg/cm²	kh = 4,500 kN/m³	eo = 1.71			
14.30	4.50	13.30	5.50	15.80	3.00	15.80	3.00	γ_{sat} = 1.59 t/m³	ϕ' = 14 deg	v = 0.35	Cv = 1.8E-04			
13.50	5.30			13.50	5.30			sand, silty sand, very loose to loose						3
COL 12.00	6.80							N_{sv} = 4	c_u = 0 kg/cm²	Eu = 11,000 kPa				
Exc. 11.85	6.95	xx				xx		qc = 25 kg/cm²	ϕ = 28 deg	Es' = 10,000 kPa				
								γ = 1.60 t/m³	c' = 0.08 kg/cm²	kh = 11,000 kN/m³				
11.30	7.50	13.30	5.50	12.80	6.00	15.80	3.00	γ_{sat} = 1.60 t/m³	ϕ' = 25 deg	v = 0.35				
COL 11.00	7.80			11.00	7.80			clayey silt, sandy silt, soft						4
COL				12.00	6.80			N_{sv} = 3	c_u = 0.20 kg/cm²	Eu = 7,000 kPa	Cc = 0.71			
Exc. 10.85	7.95	xx		10.85	7.95	xx		qc = 20 kg/cm²	ϕ = 0 deg	Es' = 6,000 kPa	Cr = 0.096			
Exc.				11.85	6.95			γ = 1.60 t/m³	c' = 0.14 kg/cm²	kh = 6,500 kN/m³	eo = 2.30			
9.80	9.00	13.30	5.50	9.80	9.00	15.80	3.00	γ_{sat} = 1.61 t/m³	ϕ' = 15 deg	v = 0.35	Cv = 1.9E-04			
						13.50	5.30	sand, silty sand, medium						5
COL		11.00	7.80			11.00	7.80	N_{sv} = 6	c_u = 0 kg/cm²	Eu = 11,000 kPa				
COL						12.00	6.80	qc = 25 kg/cm²	ϕ = 29 deg	Es' = 10,000 kPa				
Exc.		10.85	7.95			10.85	7.95	γ = 1.61 t/m³	c' = 0.08 kg/cm²	kh = 11,000 kN/m³				
Exc.		11.85	6.95			11.85	6.95	γ_{sat} = 1.62 t/m³	ϕ' = 26 deg	v = 0.35				
6.80	12.00	7.30	11.50	6.80	12.00	9.80	9.00							
								sand, medium dense						6
				xx				N_{sv} = 9	c_u = 0 kg/cm²	Eu = 18,000 kPa				
								qc = 40 kg/cm²	ϕ = 30 deg	Es' = 16,000 kPa				
								γ = 1.62 t/m³	c' = 0.05 kg/cm²	kh = 17,500 kN/m³				
4.30	14.50	3.30	15.50	6.80	12.00	5.30	13.50	γ_{sat} = 1.63 t/m³	ϕ' = 27 deg	v = 0.35				
								sand, dense						7
		xx		xx		xx		N_{sv} = 18	c_u = 0 kg/cm²	Eu = 30,000 kPa				
								qc = 65 kg/cm²	ϕ = 32 deg	Es' = 26,000 kPa				
								γ = 1.65 t/m³	c' = 0.05 kg/cm²	kh = 28,500 kN/m³				
0.80	18.00	3.30	15.50	6.80	12.00	5.30	13.50	γ_{sat} = 1.66 t/m³	ϕ' = 29 deg	v = 0.30				
								silt, medium stiff						8
xx		xx				xx		N_{sv} = 7	c_u = 0.40 kg/cm²	Eu = 13,500 kPa	Cc = 0.58			
								qc = 23 kg/cm²	ϕ = 0 deg	Es' = 12,000 kPa	Cr = 0.077			
								γ = 1.61 t/m³	c' = 0.16 kg/cm²	kh = 13,000 kN/m³	eo = 1.70			
0.80	18.00	3.30	15.50	3.80	15.00	5.30	13.50	γ_{sat} = 1.61 t/m³	ϕ' = 16 deg	v = 0.35	Cv = 2.0E-04			
								clayey silt, sandy clay, very soft - soft						9
						xx		N_{sv} = 3	c_u = 0.20 kg/cm²	Eu = 7,000 kPa	Cc = 0.70			
								qc = 20 kg/cm²	ϕ = 0 deg	Es' = 6,000 kPa	Cr = 0.094			
								γ = 1.60 t/m³	c' = 0.14 kg/cm²	kh = 6,500 kN/m³	eo = 1.85			
-3.70	22.50	-1.20	20.00	0.30	18.50	5.30	13.50	γ_{sat} = 1.61 t/m³	ϕ' = 14 deg	v = 0.35	Cv = 6.2E-04			
								clay, clayey silt, silty clay, sandy silt, medium						10
								N_{sv} = 5	c_u = 0.30 kg/cm²	Eu = 10,000 kPa	Cc = 0.65			
xx								qc = 25 kg/cm²	ϕ = 0 deg	Es' = 9,000 kPa	Cr = 0.087			
								γ = 1.60 t/m³	c' = 0.15 kg/cm²	kh = 9,500 kN/m³	eo = 1.85			
-3.70	22.50	-2.70	21.50	-3.70	22.50	0.80	18.00	γ_{sat} = 1.61 t/m³	ϕ' = 16 deg	v = 0.35	Cv = 8.0E-04			
								sandy silt, medium stiff						11
								N_{sv} = 7	c_u = 0.40 kg/cm²	Eu = 13,500 kPa	Cc = 0.56			
xx				xx				qc = 40 kg/cm²	ϕ = 0 deg	Es' = 12,000 kPa	Cr = 0.074			
								γ = 1.61 t/m³	c' = 0.16 kg/cm²	kh = 13,000 kN/m³	eo = 1.68			
-3.70	22.50	-7.20	26.00	-3.70	22.50	-3.70	22.50	γ_{sat} = 1.62 t/m³	ϕ' = 16 deg	v = 0.35	Cv = 1.0E-03			

Scanned by CamScanner

REPRESENTATIVE SOIL PROFILE & ASSUMED SOIL PARAMETERS
KEBON SIRIH TOWER PROJECT, JL. KEBON SIRIH NO 48 - 50, JAKARTA PUSAT

Tower DB-1 Elev	Tower DB-1 depth	Tower-Podium DB-2 Elev	Tower-Podium DB-2 depth	Tower DB-3 Elev	Tower DB-3 depth	Podium-Car Park DB-4 Elev	Podium-Car Park DB-4 depth		
-3.70	22.50	-7.20	26.00	-3.70	22.50	-3.70	22.50		
								sand, loose to medium dense	
								N_{av} = 11, c_u = 0 kg/cm², Eu = 20,000 kPa	12
			xx		xx			qc = 45 kg/cm², ϕ = 30 deg, Es' = 18,000 kPa	
								γ = 1.62 t/m³, c' = 0.05 kg/cm², kh = 20,000 kN/m³	
-11.20	30.00	-7.20	26.00	-3.70	22.50	-5.20	24.00	γ_{sat} = 1.63 t/m³, ϕ' = 27 deg, v = 0.35	
								sand, dense	
								N_{av} = 21, c_u = 0 kg/cm², Eu = 41,000 kPa	13
	xx		xx					qc = 90 kg/cm², ϕ = 33 deg, Es' = 36,000 kPa	
								γ = 1.65 t/m³, c' = 0.05 kg/cm², kh = 40,000 kN/m³	
-11.20	30.00	-7.20	26.00	-5.20	24.00	-8.20	27.00	γ_{sat} = 1.66 t/m³, ϕ' = 30 deg, v = 0.30	
								clay, clayey silt, medium - stiff	
								N_{av} = 10, c_u = 0.60 kg/cm², Eu = 20,000 kPa, Cc = 0.53	14
	xx						xx	qc = 50 kg/cm², ϕ = 0 deg, Es' = 18,000 kPa, Cr = 0.071	
								γ = 1.62 t/m³, c' = 0.24 kg/cm², kh = 19,000 kN/m³, eo = 1.86	
-11.20	30.00	-11.20	30.00	-8.20	27.00	-8.20	27.00	γ_{sat} = 1.63 t/m³, ϕ' = 17 deg, v = 0.35, Cv = 6.1E-04	
								sand, medium dense	
								N_{av} = 12, c_u = 0 kg/cm², Eu = 26,500 kPa	15
			xx				xx	qc = 60 kg/cm², ϕ = 31 deg, Es' = 24,000 kPa	
								γ = 1.63 t/m³, c' = 0.05 kg/cm², kh = 26,000 kN/m³	
-12.70	31.50	-11.20	30.00	-10.20	29.00	-8.20	27.00	γ_{sat} = 1.64 t/m³, ϕ' = 28 deg, v = 0.35	
								sand, sandy silt, dense	
								N_{av} = 26, c_u = 0 kg/cm², Eu = 46,000 kPa	16
							xx	qc = 100 kg/cm², ϕ = 35 deg, Es' = 40,000 kPa	
								γ = 1.67 t/m³, c' = 0.08 kg/cm², kh = 43,000 kN/m³	
-14.20	33.00	-14.70	33.50	-12.70	31.50	-8.20	27.00	γ_{sat} = 1.68 t/m³, ϕ' = 32 deg, v = 0.30	
								gravelly sand, dense	
								N_{av} = 21, c_u = 0 kg/cm², Eu = 37,000 kPa	17
	xx		xx		xx			qc = 80 kg/cm², ϕ = 33 deg, Es' = 32,000 kPa	
								γ = 1.67 t/m³, c' = 0.05 kg/cm², kh = 35,000 kN/m³	
-14.20	33.00	-14.70	33.50	-12.70	31.50	-12.70	31.50	γ_{sat} = 1.68 t/m³, ϕ' = 30 deg, v = 0.30	
								gravelly sand, cemented sand, very dense - hard	
								N_{av} > 50, c_u = 0 kg/cm², Eu = 130,000 kPa	18
-15.20	34.00		xx	-15.20	34.00	-13.20	32.00	qc > 250 kg/cm², ϕ = 41 deg, Es' = 100,000 kPa	
								γ = 1.82 t/m³, c' = 0.10 kg/cm², kh = 110,000 kN/m³	
-20.20	39.00	-14.70	33.50	-19.20	38.00	-14.20	33.00	γ_{sat} = 1.83 t/m³, ϕ' = 38 deg, v = 0.15	
								clayey silt, silty clay, very stiff - hard	
								N_{av} = 32, c_u = 1.75 kg/cm², Eu = 63,000 kPa, Cc = 0.29	19
	xx	-15.20	34.00				xx	qc = 115 kg/cm², ϕ = 0 deg, Es' = 53,000 kPa, Cr = 0.037	
								γ = 1.71 t/m³, c' = 0.70 kg/cm², kh = 56,000 kN/m³, eo = 1.24	
-20.20	39.00	-24.20	43.00	-22.20	41.00	-14.20	33.00	γ_{sat} = 1.72 t/m³, ϕ' = 23 deg, v = 0.25, Cv = 1.0E-03	
								clay, silty clay, very stiff	
								N_{av} = 21, c_u = 1.35 kg/cm², Eu = 46,000 kPa, Cc = 0.40	20
			xx				xx	qc = 75 kg/cm², ϕ = 0 deg, Es' = 40,000 kPa, Cr = 0.053	
								γ = 1.67 t/m³, c' = 0.45 kg/cm², kh = 43,000 kN/m³, eo = 1.08	
-26.20	45.00	-24.20	43.00	-25.20	44.00	-14.20	33.00	γ_{sat} = 1.68 t/m³, ϕ' = 19 deg, v = 0.30, Cv = 3.9E-04	
								clay, very stiff	
								N_{av} = 25, c_u = 1.50 kg/cm², Eu = 51,000 kPa, Cc = 0.35	21
							xx	qc = 90 kg/cm², ϕ = 0 deg, Es' = 45,000 kPa, Cr = 0.046	
								γ = 1.68 t/m³, c' = 0.60 kg/cm², kh = 48,000 kN/m³, eo = 1.45	
-33.70	52.50	-26.20	45.00	-26.20	45.00	-14.20	33.00	γ_{sat} = 1.69 t/m³, ϕ' = 20 deg, v = 0.30, Cv = 7.0E-04	
								clayey silt, silty clay, very stiff	
								N_{av} = 19, c_u = 1.10 kg/cm², Eu = 38,000 kPa, Cc = 0.43	22
								qc = 70 kg/cm², ϕ = 0 deg, Es' = 33,000 kPa, Cr = 0.057	
								γ = 1.65 t/m³, c' = 0.45 kg/cm², kh = 35,000 kN/m³, eo = 1.70	
-41.20	60.00					-16.20	35.00	γ_{sat} = 1.66 t/m³, ϕ' = 18 deg, v = 0.30, Cv = 5.0E-04	

Scanned by CamScanner

EVALUATION OF AVERAGE N-SPT AND DETERMINATION OF SOIL CATEGORY FOR DYNAMIC LOAD

KEBON SIRIH TOWER PROJECT - JL. KEBON SIRIH NO. 48-50, JAKARTA PUSAT

Ref.: Soil Investigation by : Tarumanegara Bumiyasa , November 2012

depth m	DB-1 N	DB-2 N	DB-3 N	DB-4 N	Depth m	soil type	average N Ni	tebal ti m	ti / Ni
0.00					0.00				
0.50									
1.00									
1.50	3	6	5	6					
2.00									
2.50									
3.00	1	5	4	3					
3.50									
4.00						clay			
4.50	1	2	3	9		clayey silt	4	9.00	2.12
5.00						very soft-medium			
5.50									
6.00	2	5	5	6					
6.50									
7.00									
7.50	4	6	2	7					
8.00									
8.50									
9.00	2	7	3	5	9.00				
9.50									
10.00									
10.50	6	6	5	7					
11.00									
11.50						sand			
12.00	7	8	4	9		medium dense	7	5.50	0.76
12.50									
13.00									
13.50	10	7	7	11					
14.00									
14.50					14.50				
15.00	18	10	6	4					
15.50									
16.00						sand,			
16.50	19	2	4	5		med dense-dense	8	3.50	0.44
17.00									
17.50									
18.00	17	3	3	4	18.00				
18.50									
19.00									
19.50	2	4	5	5					
20.00						clayey silt			
20.50						soft - medium	4	4.50	1.08
21.00	2	5	4	5					
21.50									
22.00									
22.50	3	6	5	4	22.50				
23.00									
23.50									
24.00	9	7	19	10					
24.50									
25.00									
25.50	7	8	7	21					
26.00						sand			
26.50						sandy silt	12	7.50	0.63
27.00	6	9	8	22		medium-dense			
27.50									
28.00									
28.50	6	6	12	21					
29.00									
29.50									
30.00	4	10	26	19	30.00				
							Σ =	30.00	5.03

$$N_{avg} = \frac{\Sigma ti}{\Sigma ti / Ni} = 6.0$$

N < 15 ⟶ Tanah Lunak

Scanned by CamScanner

EVALUATION OF AVERAGE N-SPT OF EACH BOREHOLE AND DETERMINATION OF SOIL CATEGORY FOR DYNAMIC LOAD

KEBON SIRIH TOWER PROJECT - JL. KEBON SIRIH NO. 48-50, JAKARTA PUSAT

Depth (m)	DB-1 N	DB-2 N	DB-3 N	DB-4 N	DB-1 N_{av}	DB-2 N_{av}	DB-3 N_{av}	DB-4 N_{av}	DB-1 ti (m)	BH-2 ti (m)	BH-3 ti (m)	DB-4 ti (m)	DB-1 ti/Ni	DB-2 ti/Ni	DB-3 ti/Ni	DB-4 ti/Ni
0.00																
0.50																
1.00																
1.50	3	6	5	6		6				3.50				0.64		
2.00								5				2.00				0.44
2.50																
3.00	1	5	4	3												
3.50							4				6.50				1.53	
4.00																
4.50	1	2	3	9	2	2			9.50	1.50			4.38	0.75		
5.00																
5.50																
6.00	2	5	5	6												
6.50																
7.00								7								
7.50	4	6	2	7								6.00				0.88
8.00						6	3			6.00	3.00			1.00	1.20	
8.50																
9.00	2	7	3	5												
9.50																
10.00																
10.50	6	6	5	7												
11.00							5				3.00				0.67	
11.50																
12.00	7	8	4	9	8				4.50				0.59			
12.50								10				3.00				0.30
13.00																
13.50	10	7	7	11		8				4.50				0.54		
14.00							7				3.00				0.46	
14.50																
15.00	18	10	6	4												
15.50																
16.00																
16.50	19	2	4	5	18				4.50				0.25			
17.00																
17.50																
18.00	17	3	3	4		3		5		4.50		9.00		1.50		2.00
18.50																
19.00																
19.50	2	4	5	5			4				7.50				1.79	
20.00																
20.50																
21.00	2	5	4	5	2				4.50				1.93			
21.50																
22.00																
22.50	3	6	5	4												
23.00																
23.50																
24.00	9	7	19	10			19	10			1.50	1.50			0.08	0,15
24.50					8	7			3.00	9.00			0.38	1.32		
25.00																
25.50	7	8	7	21												
26.00							8				3.00				0.40	
26.50																
27.00	6	9	8	22												
27.50								21				5.50				0.27
28.00					5				4.00				0.75			
28.50	6	6	12	21			12				1.50				0.13	
29.00																
29.50																
30.00	4	10	26	19		10	26			1.00	1.00			0.10	0.04	
									30.00	30.00	30.00	27.00	8.3	5.8	6.3	4.0
												N_{avg} =	3.6	5.1	4.8	6.7

N < 15 ⟶ Tanah Lunak

Scanned by CamScanner

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: http://ft.unj.ac.id email: dekanft

Building Future Leaders

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-26/III/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

LEMBAR PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING
SKRIPSI/~~KOMPREHENSIF/KARYA INOVATIF~~

Dengan ini kami menyatakan bahwa draft skripsi/~~komprehensif/karya inovatif~~ mahasiswa berikut ini:

Nama : Evi Puspita Sari
No.Registrasi : 5415134241
Progam Studi : Pendidikan Teknik Bangunan
Jurusan : Teknik Sipil

dengan judul:

Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Aksial Tunggal Dengan Metode Statis dan Dinamis Terhadap Hasil Uji Pada Pada Pekerjaan Pondasi Proyek Jakarta Box Tower.

dinyatakan layak dan disetujui untuk diuji pada sidang ujian skripsi/~~komprehensif/karya inovatif.~~

dan telah memenuhi syarat **TURNITIN.**

Pembimbing I

Drs. Prihantono, M. Eng
NIP. 19611104 198703 1 003

Pembimbing II

Sittati Musalamah, MT
NIP. 19731104 200604 2 001

Scanned by CamScanner

Evi Puspita Sari 5415134241 Skripsi SM 106 S1 PTB

by Evi Puspita Sari 5415134241

Submission date: 10-Aug-2017 09:20AM (UTC+0700)
Submission ID: 836188619
File name: BAB_1-5_skripsi_Evi.pdf (1.48M)
Word count: 14135
Character count: 62447

4 10/8/17

Evi Puspita Sari 5415134241 Skripsi SM 106 S1 PTB

ORIGINALITY REPORT

4%	3%	0%	3%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.usu.ac.id Internet Source	3%
2	Submitted to Sultan Agung Islamic University	2%

Exclude quotes On
Exclude matches < 2%

Lampiran 7

Scanned by CamScanner

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
Building Future Leaders
Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: http://ft.unj.ac.id email: dekanft

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-26/I/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

SURAT PERMOHONAN UJIAN SKRIPSI/~~KOMPREHENSIF/KARYA INOVATIF/TUGAS AKHIR~~ *

Kepada Yth.
Bapak/Ibu Koordinator Penyelesaian Studi Jurusan Teknik Sipil
di Tempat

Dengan hormat,
Bersama ini saya sampaikan bahwa:

Nama Mahasiswa : Evi Puspita Sari
No. Registrasi : 5415134241
Prodi/Jurusan : Pendidikan Teknik Bangunan/T. Sipil

Telah menyelesaikan seluruh mata kuliah program S1/~~D3~~* sebanyak 140 SKS dan telah selesai menyusun skripsi/~~komprehensif/karya inovatif/tugas akhir*~~ dengan judul:

Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Aksial Tunggal Dengan Metode Statis dan Dinamis Terhadap Hasil Uji Pada Pada Pekerjaan Pondasi Proyek Jakarta Box Tower.

Berdasarkan hal tersebut, maka saya mengajukan permohonan untuk menempuh ujian skripsi/~~komprehensif/karya inovatif/tugas akhir~~*.

Demikianlah surat permohonan ini saya sampaikan, atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu saya ucapkan terima kasih.

Jakarta, 10 Agustus 2017
Hormat saya,

(Evi Puspita Sari)
No.reg. 5415134241

Scanned by CamScanner

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
Certificate ID11/01792
Building Future Leaders
Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: http://ft.unj.ac.id email: dekanft@unj.ac.id

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-23/III/2011	01	00	21 Juli 2011	1 dari 1

LEMBAR PERNYATAAN KELAYAKAN JUDUL/TEMA
SKRIPSI/KOMPREHENSIF/KARYA INOVATIF

Dengan ini kami menyatakan bahwa judul/tema skripsi/komprehensif/karya inovatif
Analisis Perbandingan Daya Dukung Aksial Pondasi Dengan Metode Statis dan Dinamis Terhadap Hasil Uji PDA pada Pekerjaan Pondasi di Proyek Jakarta Box Tower.

yang diajukan oleh mahasiswa:

Nama : EVI PUSPITA SARI
No.Registrasi : 5415134241
Progam Studi : PEND. TEKNIK BANGUNAN
Jurusan : TEKNIK SIPIL

dinyatakan layak dan disetujui untuk *

a. dilanjutkan ke seminar proposal
b. dilanjutkan ke seminar proposal, dengan catatan .....
c. Tidak layak, harus ganti judul/tema baru

Jakarta, 28 Februari 2017

Mengetahui KBI
STRUKTUR

Re-Redi
RIRIT APRILIN S, M. Sc. Eng
NIP. 19841207 201012 2 003

Koordinator Penyelesaian Studi Jurusan
Pend. Teknik Bangunan

R. Eka Murtinugraha, M.Pd.
NIP. 19670316 200112 1 001

* Lingkari salah satu

Scanned by CamScanner

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
Building Future Leaders
Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: http://ft.unj.ac.id email: dekanft@unj.ac.id

Certificate ID11/01792

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-23/III/2011	01	00	21 Juli 2011	1 dari 1

LEMBAR PERNYATAAN KELAYAKAN JUDUL/TEMA SKRIPSI/KOMPREHENSIF/KARYA INOVATIF

Dengan ini kami menyatakan bahwa judul/tema skripsi/komprehensif/karya inovatif
Analisis Perbandingan Daya Dukung Aksial Pondasi Dengan Metode Statis dan Dinamis Terhadap Hasil Uji PDA pada Pekerjaan Pondasi di Proyek Jakarta Box Tower.

yang diajukan oleh mahasiswa:

Nama : EVI PUSPITA SARI
No.Registrasi : 5415134241
Progam Studi : PEND. TEKNIK BANGUNAN
Jurusan : TEKNIK SIPIL

dinyatakan layak dan disetujui untuk *

a. dilanjutkan ke seminar proposal
b. dilanjutkan ke seminar proposal, dengan catatan .....
c. Tidak layak, harus ganti judul/tema baru

Jakarta, 28 Februari 2017

Mengetahui KBI
STRUKTUR

RIRIT APRILIN S, M. Sc. Eng
NIP. 19891207 201012 2 003

Koordinator Penyelesaian Studi Jurusan
Pend. Teknik Bangunan

R. Eka Murtinugraha, M.Pd.
NIP. 19670316 200112 1 001

* Lingkari salah satu

Scanned by CamScanner

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
Certificate ID11/01792
Building Future Leaders
Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: http://ft.unj.ac.id email: dekanft@unj.ac.id

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-23/III/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

SURAT TUGAS

No. 044/ST.P/JTS1/2017

Ketua Program Studi S1 Pendidikan Teknik Bangunan Jurusan Teknik Sipil menugaskan kepada Bapak/Ibu dosen berikut:

No	Nama Dosen	NIP	Pembimbing
1	Drs. Prihantono, M. Eng	19611104 198703 1 003	Pembimbing I
2	Sittati Musalamah, MT	19731104 200604 2 001	Pembimbing II

Untuk membimbing skripsi/~~komprehensif/karya inovatif~~ mahasiswa :

Nama : Evi Puspita Sari
No. Registrasi : 5415134241
Program Studi : S1 Pendidikan Teknik Bangunan
Judul/Tema : "Analisis Perbandingan Daya Dukung Aksial Pondasi Dengan Metode Statis dan Dinamis Terhadap Hasil Uji PDA Pada Pekerjaan Pondasi di Proyek Jakarta Box Tower".

Lama bimbingan : 3 Maret 2017 s/d 3 Januari 2018

Apabila pada tanggal yang telah ditentukan mahasiswa yang dibimbing belum selesai, maka Bapak/Ibu harus melaporkan kepada Koordinator Penyelesaian Studi Jurusan.

Demikian surat tugas ini kami sampaikan, atas perhatian dan kerja sama dari Bapak/Ibu kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, 3 Maret 2017

Koor.Prodi S1
Pendidikan Teknik Bangunan

R. Eka Murtinugraha, M. Pd
NIP. 19670316 200112 1 001

Tembusan:
1. Kaprodi

Scanned by CamScanner

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: http://ft.unj.ac.id email: dekanft@unj.ac.id

Certificate ID11/01792

No.Dokumen	Edisi	Revisi	Berlaku Efektif	Halaman
QMS-FT/SOP/S5-25/V/2011	01	01	21 Juli 2011	1 dari 1

SURAT PERMOHONAN SEMINAR PROPOSAL

Kepada Yth.
Koordinator Penyelesaian Studi Jurusan / Prodi: Teknik Sipil/Pend. Teknik Bangunan
di
Jakarta

Dengan hormat,
Dengan ini saya mahasiswa:

Nama : Evi Puspita Sari

No.Registrasi : 5415134241

Program Studi : Pendidikan Teknik Bangunan

mengajukan permohonan untuk seminar proposal skripsi/~~karya inovatif~~ dengan judul:

"Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Aksial Tunggal Dengan Metode Statis Dan Dinamis Terhadap Hasil Uji Pile Driving Analyze Pada Pekerjaan Pondasi Proyek Jakarta Box Tower".

Demikian surat permohonan ini saya sampaikan, atas perhatian dan kesediaan Bapak/Ibu saya mengucapkan terima kasih.

Jakarta, 14 Juni 2017
Pemohon,

(Evi Puspita Sari)

No. Reg. 5415134241

Scanned by CamScanner

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
FAKULTAS TEKNIK
Gedung L Kampus A Universitas Negeri Jakarta, Jalan Rawamangun Muka, Jakarta 13220
Telepon : (62-21) 4890046 ext. 213, 4751523, 47864808 Fax. 47864808
Laman: http://ft.unj.ac.id email: dekanft dekanft@unj.ac.id

Building Future Leaders

LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN SKRIPSI

Nama Mahasiswa	:	Evi Puspita Sari
No.Registrasi	:	5415134241
Jurusan/Program Studi	:	Teknik Sipil – Pendidikan Teknik Bangunan
Judul Skripsi	:	"Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Aksial Tunggal Dengan Metode Statis dan Dinamis Terhadap Hasil Uji Pada Pada Pekerjaan Pondasi Proyek Jakarta Box Tower".
Tanggal Ujian	:	14 Agustus 2017
Batas Akhir Perbaikan	:	28 Agustus 2017

PERSETUJUAN

No.	NAMA	TANDA TANGAN	TANGGAL
1.	R. Eka Murtinugraha, M. Pd		22/08-2017
2.	Dr. Gina Bachtiar, MT		22/08-2017
3.	Ririt Aprilin S, M. Sc. Eng		16 Agustus 2017
4.	Sittati Musalamah, MT		23/08 2017
5.	Drs. Prihantono, M. Eng		23/8-17

Scanned by CamScanner

MODUL PERHITUNGAN DAYA DUKUNG IJIN

PONDASI TIANG PANCANG *(Qa)*

Modul ini diperuntukkan untuk pedoman dalam melakukan perhitungan nilai daya dukung pondasi tiang bantuan Program Microsoft Excel 2013 dengan metode yang delah ditentukan yaitu metode Meyerhoff *(Clay)* untuk daya dukung ujung tiang. Sedangkan perhitungan daya dukung selimut adalah metode α Thomlinson.

Daya dukung ijin tiang pondasi merupakan kombinasi nilai daya dukung ujung *(end bearing)* dan daya dukung selimut tiang *(friction)* yang dibagi dengan faktor keamanan (FS). Kombinasi metode daya dukung dapat ditentukan sesuai dengan kondisi tanah dilapangan. Sebelum masuk kedalam langkah perhitungan, ada beberapa data yang harus disiapkan terlebih dahulu diantaranya :

a. Data pengujian tanah *(soil test)*
b. Data material tiang
c. Kedalaman tiang
d. Program Microsoft excel 2013

Berikut ini adalah langkah dalam menghitung nilai daya dukung ijin pondasi tiang pancang :

1. Menentukan nilai N_{60} (N koreksi)

Berikut ini adalah data tanah yang akan dijadikan data awal perhitungan nilai daya dukung tiang pondasi dengan kedalaman 46 m dari permukaan tanah dan posisi muka air tanah (MAT) pada kedalaman 2 m dibawah permukaan tanah.

Depth (m)	N	γsat (kN/m^3)	Tebal Lapisan (m)
1.5	6	16.1	1.5
2.0	5	MAT	0.5
3.0	5	16.1	1.5
4.5	2	16.1	1.5
6.0	5	15.9	1.5
7.5	6	16.2	1.5
9.0	7	16.2	1.5
10.5	6	16.2	1.5
12.0	8	16.2	1.5
13.5	7	16.3	1.5
15.0	10	16.3	1.5
16.5	2	16.1	1.5
18.0	3	16.1	1.5
19.5	4	16.1	1.5
21.0	5	16.1	1.5
22.5	6	16.2	1.5
24.0	7	16.2	1.5
25.5	8	16.2	1.5
27.0	9	16.3	1.5
28.5	6	16.3	1.5
30.0	10	16.3	1.5
33.5	26	16.8	3.5
43.0	32	17.2	9.5
46.0	38	16.9	3

Setelah diketahui data tanah dilapangan, untuk menghitung nilai N_{60} maka perlu diketahui nilai tegangan tanah vertikal efektif ($\sigma'_{v0(i)}$) dan CN. Kedua nilai tersebut dapat diketahui dengan cara :

Tegangan vertikal ($\sigma'_{v(i)}$)

$\sigma'v(i) = \gamma sat \times \Delta L = 16.1 \times 1.5 = 24.15$ kN/m^2

Tekanan air pori (σ_w)

$\sigma w = \gamma w \times \Delta L = 0 \times 1.5 = 0$ kN/m^2 (belum mencapai MAT)

Tegangan vertikal efektif ($\sigma'_{v0(i)}$)

$\sigma'_{v0(i)} = \sigma'_{v(i)} - \sigma'_w = 23.85 - 0 = 23.85$ kN/m^2

Nilai C_N pada kedalman 1,5 meter :

$$C_N = \frac{2.2}{1.2+(\frac{23.85}{100})} = 1.53$$

Dengan menggunakan program Microsoft excel, maka hanya perlu memasukkan satu rumus pada bagian paling atas, kemudian drag hingga lapisan paling bawah, maka akan didapatkan nilai tegangan vertical efektif dan CN untuk setiap lapisannya.

Depth (m)	**N**	**γ_{sat} (kN/m^3)**	**Tebal Lapisan (m)**	**$\sigma'_{v(i)}$**	**$\sigma_{w(i)}$**	**$\sigma'_{v0(i)}$**	**CN**
1.5	6	16.1	1.5	24.15	-	24.15	1.53
2.0	5	MAT	0.5	32.20	-	32.20	1.45
3.0	5	16.1	1.5	56.35	14.72	41.64	1.36
4.5	2	16.1	1.5	80.50	29.43	51.07	1.29
6.0	5	15.9	1.5	104.35	44.15	60.21	1.22
7.5	6	16.2	1.5	128.65	58.86	69.79	1.16
9.0	7	16.2	1.5	152.95	73.58	79.38	1.10
10.5	6	16.2	1.5	177.25	88.29	88.96	1.05
12.0	8	16.2	1.5	201.55	103.01	98.55	1.01
13.5	7	16.3	1.5	226.00	117.72	108.28	0.96
15.0	10	16.3	1.5	250.45	132.44	118.02	0.92
16.5	2	16.1	1.5	274.60	147.15	127.45	0.89
18.0	3	16.1	1.5	298.75	161.87	136.89	0.86
19.5	4	16.1	1.5	322.90	176.58	146.32	0.83
21.0	5	16.1	1.5	347.05	191.30	155.76	0.80
22.5	6	16.2	1.5	371.35	206.01	165.34	0.77
24.0	7	16.2	1.5	395.65	220.73	174.93	0.75
25.5	8	16.2	1.5	419.95	235.44	184.51	0.72
27.0	9	16.3	1.5	444.40	250.16	194.25	0.70
28.5	6	16.3	1.5	468.85	264.87	203.98	0.68

30.0	10	16.3	1.5	493.30	279.59	213.72	0.66
33.5	26	16.8	3.5	552.10	313.92	238.18	0.61
43.0	32	17.2	9.5	715.50	407.12	308.39	0.51
46.0	38	16.9	3	766.20	436.55	329.66	0.49

Selanjutnya yang harus dilakukan setelah mendapatkan nilai CN adalah menetukan faktor koreksi untuk alat penetrasi yang digunakan pada pengujian SPT *(Standard Penetration Test)*. Faktor koreksi dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut ini :

Faktor	**Jenis Alat**	**Parameter**	**Koreksi**
Tegangan vertikal efektif		CN	2,2/(1,2+(σ'v0/Pa)) CN ≤1,7
Rasio Tenaga	Palu donat (*donut hammer)* Palu pengaman (*safety hammer)* Palu otomatik (*automatic-trip donut-type hammer*	CE	0,5 s.d 1,0 0,7 s.d 1,2 0,8 s.d 1,3
Diameter batang	65 s.d 115 mm 150 mm 200 mm	CB	1,0 1,05 1,15
Panjang Batang	< 3 3 s,d 3 m 4 s.d 6 m 6 s.d 10 m 10 s.d 30 m	CR	0,75 0,8 0,85 0,95 1,0
Pengambilan contoh	Tabung standar Tabung dengan pelapis (*liner)*	CS	1,0 1,1 s.d 1,3

Sumber : SNI 4153-2008

Setelah menentukan nilai koreksi dari alat penetrasi yang digunakan, maka dapat dihitung nilai N_{60} dengan memasukkan rumus pada Microsoft excel N_{60} = N×CE×CB×CS, kemudian *drag* kebawah hasil perhitungan tersebut hingga kedalaman paling akhir maka akan secara otomatis mendapatkan hasil perhitungan N_{60}. Setelah mendapat nila N_{60} maka dapat dihitung nilai kohesi untuk menghitung nilai daya dukung pondasi dengan persamaan :

$$cu = 2 \times \frac{N60 \times 10}{3}$$

$$cu(1{,}5) = 2 \times \frac{7 \times 10}{3} = 46{,}67$$

Selanjutnya mencari nilai cu untuk setiap kedalaman hingga kedalaman ujung tiang pondasi dengan bantuan program Microsoft excel.

Depth (m)	**N**	**CN**	**CE**	**CB**	**CR**	**CS**	**N_{60}**	**c_u**
1.5	6	1.53	1	1	0.75	1	7	46.67
2.0	5	1.45	1	1	0.75	1	6	40.00
3.0	5	1.36	1	1	0.8	1	6	40.00
4.5	2	1.29	1	1	0.85	1	3	20.00
6.0	5	1.22	1	1	0.85	1	6	40.00
7.5	6	1.16	1	1	0.95	1	7	46.67
9.0	7	1.10	1	1	0.95	1	8	53.33
10.5	6	1.05	1	1	1	1	7	46.67
12.0	8	1.01	1	1	1	1	9	60.00
13.5	7	0.96	1	1	1	1	7	46.67
15.0	10	0.92	1	1	1	1	10	66.67
16.5	2	0.89	1	1	1	1	2	13.33
18.0	3	0.86	1	1	1	1	3	20.00
19.5	4	0.83	1	1	1	1	4	26.67
21.0	5	0.80	1	1	1	1	4	26.59
22.5	6	0.77	1	1	1	1	5	33.33
24.0	7	0.75	1	1	1	1	6	40.00
25.5	8	0.72	1	1	1	1	6	40.00
27.0	9	0.70	1	1	1	1	7	46.67
28.5	6	0.68	1	1	1	1	5	33.33
30.0	10	0.66	1	1	1	1	7	46.67
33.5	26	0.61	1	1	1	1	16	106.46
43.0	32	0.51	1	1	1	1	17	113.33
46.0	38	0.49	1	1	1	1	19	126.67

2. Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang Pondasi Metode Meyerhoff *(Clay)*

$$Q_p = A_p.c_u.N_c*$$

Keterangan :

A_p = luas penampang ujung tiang (m²)

N_c* = faktor kapasitas daya dukung

c_u = kohesi *undrained* pada tanah diujung pondasi tiang (kN/m²)

Dari perhitungan sebelumnya, maka ditentukan nilai cu pada kedalaman 46 m adalah 126.67 kn/m^3. Langkah selanjutnya dalah menghitung nilai Ap dan Qb.

a. Menghitung nilai Ap

$Ap = s^2$

$Ap = 0.5\ m \times 0.5$ m

$Ap = 0.25\ m^2$

b. Menghitung daya dukung ujung pondasi metode Meyerhoff

$Qb = 9 \times Ap \times cu$

$Qb = 9 \times 2 \times 126{,}67$

$Qb = 285.008\ kN = 28.50\ ton$

3. Perhitungan Daya Dukung Selimut Pondasi Metode α Thomlinson

$$Q_s = \Sigma\ \alpha\ c_u\ p\ \Delta L$$

Keterangan :

α = nilai adhesi Thomlinson

cu = nilai kohesi

p = keliling tiang

ΔL = tebal lapisan tanah

Untuk perhitungan daya dukung selimut, nilai daya dukung yang didapat tidak hanya berdasarkan daya dukung pada ujung tiang saja, melainkan nilai akumulasi daya dukung dari lapisan-lapisan tiang hingga ujung tiang pondasi. Hal yang perlu ditentukan sebelumnya untuk menghitung nilai daya dukung selimut metode α Thomlinson adalah sebagai berikut :

a. Kedalaman tiang
b. Nilai cu pada tiap lapisan
c. Keliling tiang
d. Nilai adhesi (α)

Hitungan Q_S = untuk kedalaman 1.5 m :

a. Kedalaman tiang = 46 m
b. Nilai cu pada kedalaman 1.5 = 46.67 kN/m^2
c. Mencari keliling tiang

   $p = 4s$

   $p = 4 \times 0.5$

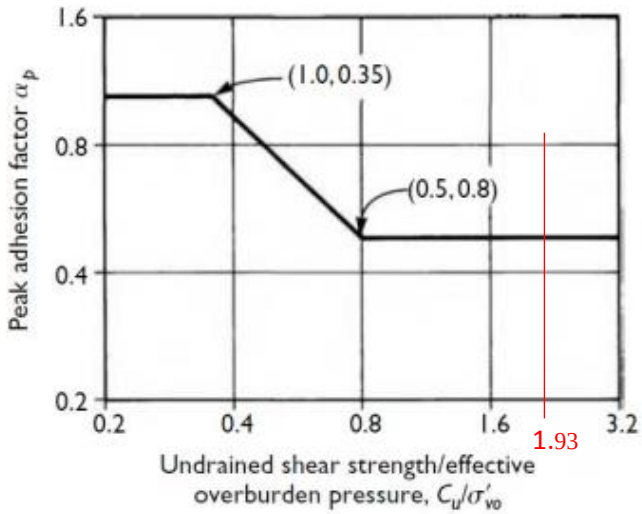
   $p = 2\ m$

d. Menentukan nila α

   Untuk menentukan nilai α yang pertama dilakukan adalah membagi nilai cu dengan tegangan vertikal efektif.

   $$\alpha(1{,}5) = \frac{cu}{\sigma'\mathrm{v}0} = \frac{46.67}{24.15} = 1.93$$

   Selanjutnya, interpretasikan hasil pembagian tersebut padagrafik berikut ini.



Berdasarkan grafik tersebut, didapatkan nilai α untuk kedalaman 1.5 m adalah 0.5. Nilai α harus dicari secara manual untuk setiap lapisan tanah hingga kedalaman ujung tiang pondasi. Setelah mendapatkan nilai α untuk setiap lapisan kedalaman tanah, maka selanjutnya dapat memasukkan nilai-nilai tersebut pada persamaan daya dukung α Thomlinson.

e. Mengitung Qs

Berikut ini adalah persamaan untuk metode α Thomlinson yang dihitung untuk kedalaman tiang 1,5 m.

$$Qs(1{,}5) = \alpha . cu . p . \Delta L$$

$$Qs(1{,}5) = 0.5 \times 46.67 \times 2 \times 1.5 = 70.005\ kN$$

Untuk mendapatkan nilai daya dukung selimut secara keseluruhan perlu dilakukan analisis untuk tiap lapisannya dan kemudian diakumulasikan. Berikut ini adalah hasil perhitungan berdasarkan penginputan data pada program Microsoft excel :

Depth (m)	*Cu* (kN/m²)	σ'_{vo}	c_u/σ'_{vo}	α	*p*	ΔL	*Qs*
0	0	0	0				
1.5	46.67	24.15	1.93	0.5	2	1.5	70.00
2	40.00	32.2	1.24	0.5	2	0.5	20.00
3	40.00	41.635	0.96	0.5	2	1	40.00
4.5	20.00	51.07	0.39	1	2	1.5	60.00
6	40.00	60.205	0.66	0.7	2	1.5	84.00
7.5	46.67	69.79	0.67	0.7	2	1.5	98.00
9	53.33	79.375	0.67	0.7	2	1.5	112.00
10.5	46.67	88.96	0.52	0.85	2	1.5	119.00
12	60.00	98.545	0.61	0.7	2	1.5	126.00
13.5	46.67	108.28	0.43	0.85	2	1.5	119.00
15	66.67	118.015	0.56	0.7	2	1.5	140.00
16.5	13.33	127.45	0.10	1	2	1.5	40.00
18	20.00	136.885	0.15	1	2	1.5	60.00
19.5	26.67	146.32	0.18	1	2	1.5	80.00
21	26.59	155.755	0.17	1	2	1.5	79.78
24	40.00	174.925	0.23	1	2	1.5	120.00
25.5	40.00	184.51	0.22	1	2	1.5	120.00
27	46.67	194.245	0.24	1	2	1.5	140.00
28.5	33.33	203.98	0.16	1	2	1.5	100.00
30	46.67	213.715	0.22	1	2	1.5	140.00
33.5	106.46	238.18	0.45	0.6	2	3.5	447.15
43	113.33	308.385	0.37	0.6	2	9.5	1292.00
46	126.67	329.655	0.38	0.6	2	3	456.00
		Qs (kN)				**4162.93**	
		Qs (Ton)				**416.29**	

4. Perhitungan Daya Dukung Ultimit Tiang (Qu)

Setelah mendapatkan nilai daya dukung ujung dan daya dukung selimut tiang, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai daya dukung ultimit dengan menambahkan kedua daya dukung tersebut.

$$Qu = Qb + Qs$$

$$Qu = 28.50 + 416.29$$

$Qu = 444.79\ ton$

5. **Perhitungan Daya Dukung Ijin Tiang (Qa)**

Langkah terakihir dalam memperoleh nilai daya dukung ijin pondasi tiang adalah membagi daya dukung ultimit tiang dengan faktor keamanan (FS). Faktor keamanan yang ditentukan dalam perhitungan ini adalah FS=3.

$$Qa = \frac{Qb + Qs}{FS}$$

$$Qa = \frac{444.79}{3}$$

$$Qa = 148.26\ ton$$

Nilai daya dukung ijin (Qa)merupakan nilai akhir yang digunakan dalam menentukan daya dukung pondasi tiang. Penentuan metode serta faktor keamanan tergantung dari kondisi tanah yang ada serta factor lainnya yang dianggap dapat mempengaruhi nilai daya dukung pondasi.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Evi Puspita Sari, merupakan putrid keempat dari pasangan Bapak Tarsono dan Ibu Mulus kelahiran Jakarta, 29 Maret 1994. Penulis bertempat tinggal dikota Bekasi tepatnya di Jalan Pangrango Terusan RT 006/04 Kelurahan Jatibening Baru Kecamatan Pondokgede. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Jatibening VII (2000-2006), SMPN 17 Bekasi (2006-2009), SMAN 11 Bekasi (2009-2012) dan masuk perguruan tinggi negeri pada tahun 2013 di Universitas Negeri Jakarta Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan melalui jalur SBMPTN. Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan salah satunya mengikuti kegiatan Bakti Sosial (BAKSOS) yang rutin diadakan setiap tahunnya olehj urusan Teknik Sipil UNJ. Selain itu, penulis sempat menjadi anggota Badan Perwakilan Mahasiswan Fakultas Teknik pada periode 2014-2015 sebagai anggota Komisi 3 BPM FT. Penulis berhasil menyelesaikan pedidikan Strata Satu dengan skripsi tentang pondasi. Peneliti akan melanjutkan pekerjaan sebagai manuasia yang bermanfaat.

e-mail : evi.puspitasari29@gmail.com