



**PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG
BERDASAR HASIL *PILE DRIVING ANALYZE (PDA) TEST* DAN
*STANDARD PENETRATION TEST (SPT)***

SKRIPSI

Oleh

**Reni Mareta Putri
NIM 131910301104**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG
BERDASAR HASIL *PILE DRIVING ANALYZE (PDA) TEST* DAN
*STANDARD PENETRATION TEST (SPT)***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Strata 1 Teknik Sipil
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Reni Mareta Putri
NIM 131910301104**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibu saya, Murni Astuti, yang telah memberi semangat, materi dan doa yang tiada henti untuk saya hingga saat ini,
2. Kedua saudara saya, Desiana Kurniasari dan Agil Juninto Putra Maulana, yang telah memberi semangat, materi dan doa untuk saya hingga saat ini,
3. Almamater Universitas Jember, yang telah memberikan fasilitas untuk saya dalam berproses di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil,
4. Teman-teman Teknik Sipil 2013, yang telah memberikan semangat, ilmu, waktu, dan doa untuk saya hingga saat ini,
5. Keluarga Accstate, yang telah memberikan semangat, inspirasi, motivasi, nasehat dan doa untuk saya mulai SMA hingga saat ini,
6. Pembaca, semoga untuk kedepannya dapat bermanfaat dan berkembang lagi mengenai pembahasan skripsi saya.

MOTO

Keajaiban hanya terjadi pada mereka yang tak pernah menyerah.

(Emporio Ivankov)*



*⁾ Oda, Eiichoro. 2009. One Piece Chapter 538: Reberu Go ten Go Banchi Nyukama Rando.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Reni Mareta Putri

NIM : 131910301104

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul ”Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil *Pile Driving Analyze (PDA) Test* dan *Standard Penetration Test (SPT)*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya. Saya bertanggung jawab penuh atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 13 Juli 2017

Yang menyatakan,

Reni Mareta Putri
NIM 131910301104

SKRIPSI

**PERBANDINGAN DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG
BERDASAR HASIL *PILE DRIVING ANALYZE (PDA) TEST* DAN
*STANDARD PENETRATION TEST (SPT)***

Oleh

Reni Mareta Putri
NIM 131910301104

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D
Dosen Pembimbing Anggota : Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T.

PENGESAHAN

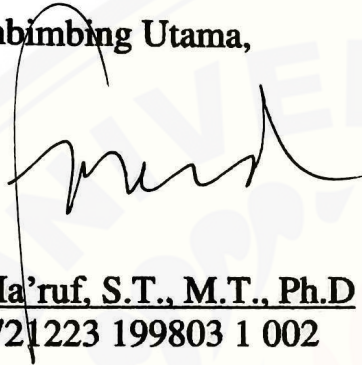
Skripsi berjudul “Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil *Pile Driving Analyze (PDA) Test* dan *Standard Penetration Test (SPT)*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 13 Juli 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji:

Pembimbing Utama,



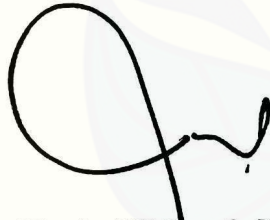
M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D
NIP. 19721223 199803 1 002

Pembimbing Anggota,



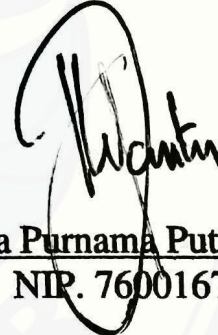
Luthfi Amri Wicaksono
NIP. 760016771

Ketua Penguji,



Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M
NIP. 19661215 199503 2 001

Anggota Penguji,



Paksitya Purnama Putra, ST., MT
NIP. 760016798

Mengesahkan
Dekan,



Dr. Ir. Entin Hidayah M.U.M
NIP. 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil *Pile Driving Analyze (PDA) Test* dan *Standard Penetration Test (SPT)*; Reni Mareta Putri, 131910301104; 2017: 46 halaman; Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Eurocode merupakan standarisasi di daerah Uni Eropa pada desain struktur konstruksi, salah satunya *Eurocode 7* mengenai desain geoteknik. Pada *Eurocode 7* menerangkan ada empat metode desain pondasi tiang, yaitu secara uji statik, empiris, uji dinamik, dan observasi. Pada Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Manggar akan dibandingkan daya dukung secara empiris dan uji dinamik. Dasar dari desain empiris tersebut dari hasil SPT tanah Sungai Manggar, sedangkan secara uji dinamik menggunakan *PDA Test*. Hasil perbandingan daya dukung untuk mengetahui pendekatan empiris yang dapat disarankan dalam mendesain daya dukung.

Metode empiris yang digunakan yaitu Meyerhof (1976), Briaud & Tucker (1985), Aoki & de Alencar (1975), Luciano Decourt (1995) dan Bazara & Kurkur (1986). Daya dukung uji dinamik didapat dengan menginterpretasikan kurva uji PDA pada pier 3 pile 7 (P3-07) dan pier 4 pile 1 (P4-01). Selisih daya dukung empiris dibanding uji PDA pada P3-07 dan P4-01 yaitu pendekatan dengan Meyerhof (1976) sebesar 38,571 ton dan 1,847 ton, Briaud & Tucker (1985) sebesar -87,628 ton dan 120,142 ton, Aoki & de Alencar (1975) sebesar 116,652 ton dan 132,676 ton, Luciano Decourt (1995) sebesar 30,048 ton dan 36,150 ton, dan Bazara & Kurkur (1986) sebesar 3,391 ton dan -6,184 ton. Perbandingan pendekatan Meyerhof (1976), Luciano Decourt (1995), dan Bazara & Kurkur (1986) dapat disarankan untuk mendesain daya dukung tiang pancang karena rata-rata hasil perbandingan masuk dalam toleransi $\pm 20\%$ yaitu 7,25%, 11,24% dan 1,59%. Pendekatan tersebut disarankan pada tiang beton silinder dengan diameter 60 cm di tanah lapis lempung dan pasir. Pendekatan Briaud & Tucker (1985) dan Aoki & de Alencar (1975) tidak disarankan karena rata-rata hasil perbandingan tidak masuk dalam toleransi $\pm 20\%$ yaitu 34,90% dan 42,13%.

SUMMARY

Comparison Bearing Capacity of Driven Pile Based on Pile Driving Analyze (PDA) Test and Standard Penetration Test (SPT) Result; Reni Mareta Putri, 131910301104; 2017: 46 pages; Department of Civil Engineering Faculty of Engineering, University of Jember.

Eurocode is standardization on Europe area in design construction, one of them is Eurocode 7 for geotechnical design. On Eurocode 7, there are four design methods for pile foundation, namely static test, empirical, dynamic test, and observation. At Manggar River Bridge Construction Project, bearing capacity from empirical and dynamic test will be compared. The basic of empirical design is from the result of SPT Manggar River soil, while dynamic test is using PDA Test. Comparison of bearing capacity result is conducted in order to know empirical method which can be suggested in design of bearing capacity.

The empirical methods used Meyerhof (1976), Briaud & Tucker (1985), Aoki & de Alencar (1975), Luciano Decourt (1995) and Bazara & Kurkur (1986). Bearing capacity of dynamic test is obtained by interpreting curve of PDA Test on pier 3 pile 7 (P3-07) and pier 4 pile 1 (P4-01). Deviations of empirical bearing capacity compared to PDA Test on P3-07 and P4-01 approaches with Meyerhof (1976) of 38,571 tons and 1,847 tons, Briaud & Tucker (1985) of -87,628 tons and 120,142 tons, Aoki & de Alencar (1975) of 116,652 tons and 132,676 tons, Luciano Decourt (1995) of 30,048 tons and 36,150 tons, and Bazara & Kurkur (1986) of 3,391 tons and -6,184 tons. Comparison of Meyerhof (1976), Luciano Decourt (1995), and Bazara & Kurkur (1986) may be suggested to design the bearing capacity of the pile foundation because the results of comparison include in tolerance of $\pm 20\%$, i.e., 7,25%, 11,24% and 1,59%. Those are recommended on a cylindrical concrete pile with a diameter of 60 cm in clay and sand. Briaud & Tucker (1985) and Aoki & de Alencar (1975) are not recommended, because the results of comparison are not include in tolerance of $\pm 20\%$, i.e., 34,90% and 42,13%.

PRAKATA

Alhamdulillah, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang pancang Berdasar Hasil *Pile Driving Analyze (PDA) Test* dan *Standard Penetration Test (SPT)*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu saya, Murni Astuti,
2. M. Farid Ma'ruf, S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen pembimbing utama,
3. Luthfi Amri Wicaksono, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing anggota,
4. saudara dan teman-teman yang telah memberikan dukungan selama penyusunan skripsi ini;
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Segala kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca sekalian.

Jember, 13 Juli 2017

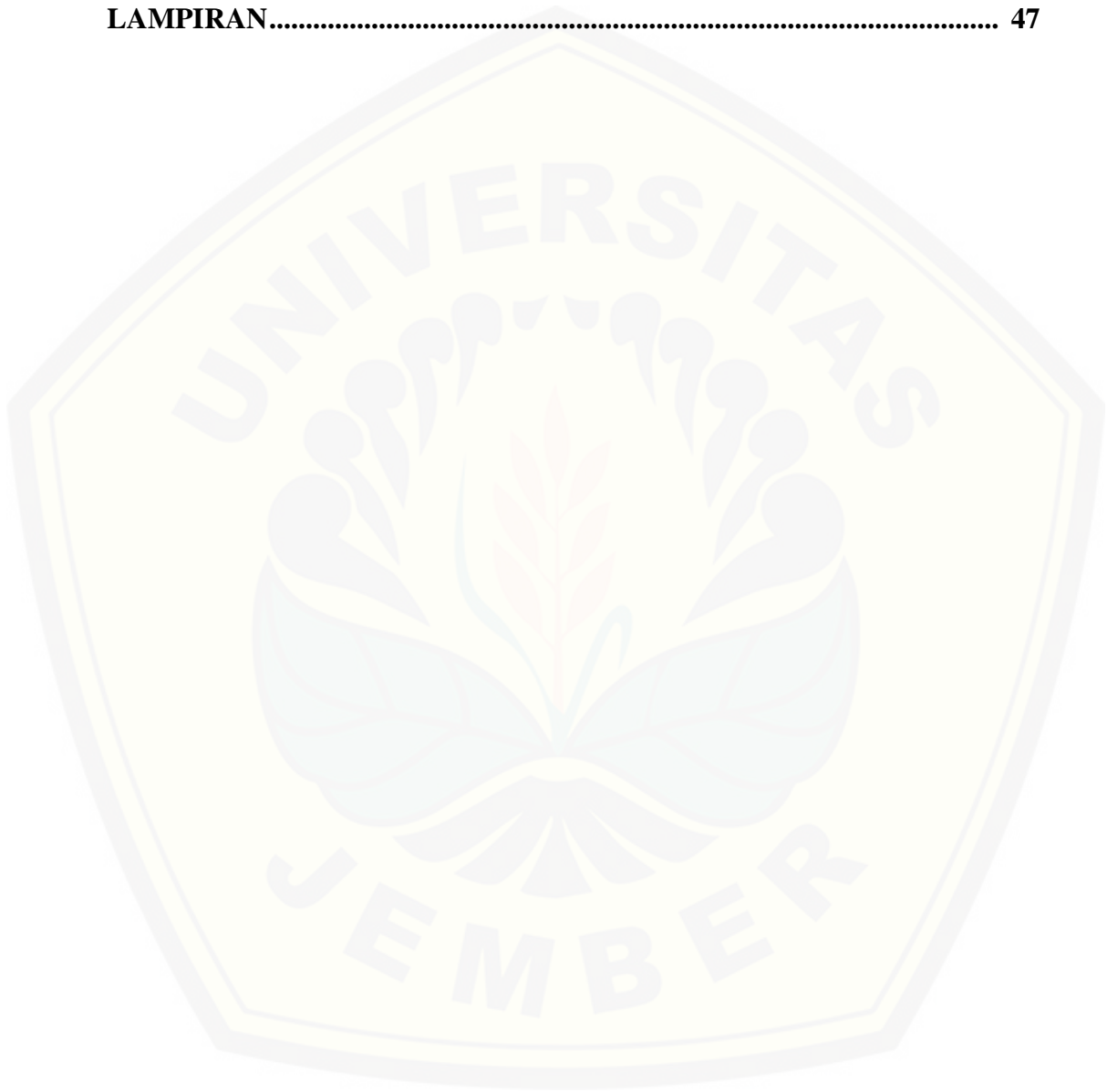
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN.....	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup.....	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Manfaat	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Umum	3
2.2 <i>Pile Driving Analyze (PDA) Test</i>	4
2.2.1 Definisi	4
2.2.2 Pelaksanaan Pengujian dengan PDA	4
2.2.3 Hasil Uji PDA.....	6
2.3 <i>Case Method</i>.....	8
2.3.1 <i>Case Pile Wave Analyze Program (CAPWAP)</i>	8
2.3.2 <i>Persamaan Case Method</i>	8

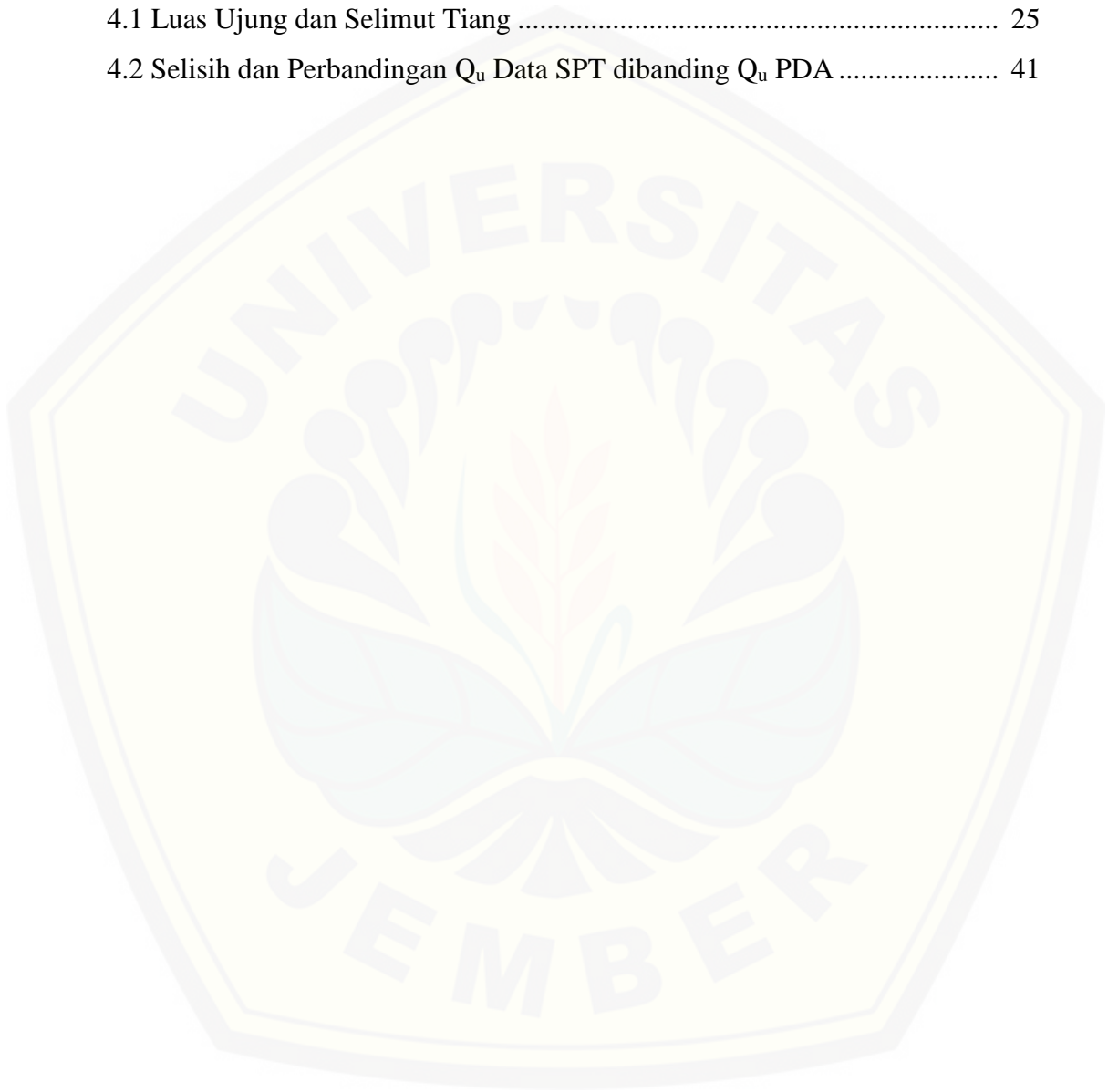
2.4 <i>Standard Penetration Test (SPT)</i>	9
2.4.1 Definisi	9
2.4.2 Peralatan SPT	10
2.4.3 Persiapan SPT.....	10
2.4.4 Prosedur SPT	11
2.4.5 Hasil SPT	11
2.5 Daya Dukung Pondasi Berdasarkan SPT	13
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Persiapan.....	16
3.1.1 Studi Literatur.....	16
3.1.2 Penentuan Lokasi Penelitian.....	16
3.1.3 Pengumpulan Data.....	16
3.2 Interpretasi Uji PDA	16
3.3 Perhitungan Daya Dukung Berdasar Data SPT	17
3.4 Perbandingan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan <i>Case Method</i>.....	18
3.5 Evaluasi Perbandingan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan <i>Case Method</i>	18
3.6 Diagram Alir Metode Penelitian	19
3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian Tugas Akhir	20
BAB 4. PEMBAHASAN	21
4.1 Daya Dukung Tiang Berdasarkan <i>Pile Driving Analyze (PDA) Test</i> .	21
4.1.1 Penanda Waktu Kurva Uji PDA.....	21
4.1.2 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Kurva Uji PDA	22
4.2 Daya Dukung Berdasarkan Data <i>Soil Penetration Test (SPT)</i>.....	24
4.2.1 Meyerhof (1976).....	25
4.2.2 Briaud & Tucker (1985).....	28
4.2.3 Aoki & de Alencar (1975)	31
4.2.4 Luciano Decourt (1995).....	34
4.2.5 Bazara & Kurkur (1986)	37
4.3 Perbandingan Daya Dukung Berdasarkan SPT dan Uji PDA	40

BAB 5. PENUTUP.....	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	47



DAFTAR TABEL

2.1 Pendekatan Tahanan Ujung dan Selimut	14
3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian Tugas Akhir	20
4.1 Luas Ujung dan Selimut Tiang	25
4.2 Selisih dan Perbandingan Q_u Data SPT dibanding Q_u PDA	41



DAFTAR GAMBAR

2.1 Letak Pemasangan Instrumen.....	5
2.2 Contoh Kurva Hasil Uji PDA.....	7
2.3 Contoh Formulir SPT	12
3.1 Diagram Alir Metode Penelitian.....	19
4.1 Kurva Uji PDA P3-07.....	22
4.2 Kurva Uji PDA P4-01.....	22
4.3 Q Meyerhof (1976) P3-07	28
4.4 Q Meyerhof (1976) P4-01	28
4.5 Q Briaud & Tucker (1985) P3-07.....	31
4.6 Q Briaud & Tucker (1985) P4-01.....	31
4.7 Q Aoki & de Alencar (1975) P3-07.....	34
4.8 Q Aoki & de Alencar (1975) P4-01.....	34
4.9 Q Luciano Decourt (1986) P3-07	37
4.10 Q Luciano Decourt (1986) P4-01	37
4.11 Q_u Bazara & Kurkur (1986) P3-07	40
4.12 Q_u Bazara & Kurkur (1986) P4-01	40
4.13 Perbandingan Q_u P3-07	43
4.14 Perbandingan Q_u P4-01	43

DAFTAR LAMPIRAN

- 4.1 Hasil Uji PDA P3-07
- 4.2 Hasil Uji PDA P4-01
- 4.3 Letak Titik Pengujian SPT
- 4.4 Data SPT Sta. 2+236
- 4.5 Data SPT Sta 2+275
- 4.6 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Meyerhof (1976)
- 4.7 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Briaud & Tucker (1985)
- 4.8 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Aoki & de Alencar (1975)
- 4.9 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Luciano Decourt (1995)
- 4.10 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Bazara & Kurkur (1986)

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Eurocode merupakan standarisasi di daerah Uni Eropa pada bidang desain struktur konstruksi. *Eurocode* terdiri dari 10 bagian salah satunya *Eurocode 7* mengenai desain geoteknik. Pada desain geoteknik tersebut salah satunya membahas tentang desain pondasi tiang. Desain pondasi tiang dijelaskan ada empat metode, yaitu secara uji statik, empiris, uji dinamik, dan observasi.

Metode desain pondasi tiang secara empiris yaitu metode desain yang menggunakan persamaan atau rumus pendekatan untuk mendesain daya dukung pondasi tiang. Persamaan tersebut seperti metode Meyerhof, Vesic, dan Terzaghi. Sedangkan metode desain pondasi tiang secara uji dinamik yaitu metode desain yang menggunakan pengujian langsung di lapangan untuk mengetahui daya dukung pondasi tiang. Uji dinamik tersebut seperti pengujian PDA.

Menurut Sanjaya (2014) perhitungan empiris pada *bored pile* dengan metode Meyerhof dan Briaud & Tucker merupakan metode terbaik pada tanah pasir. Hasil perhitungan tersebut mendekati dengan hasil uji PDA. Selain Sanjaya, Yusti (2014) juga menyatakan metode Meyerhof dengan menggunakan SPT paling mendekati hasilnya dengan uji PDA pada tanah lempung pada pondasi tiang pancang. Fard dkk (2008) menyatakan bahwa metode Meyerhof dan Briaud & Tucker dapat memprediksi daya dukung dengan akurasi yang baik berdasar data SPT atau *Cone Penetration Test* (CPT) pada tanah pasir dan lempung.

Pada Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Manggar digunakan metode empiris dan uji dinamik dalam mendesain pondasi tiang pancang. Dasar dari desain metode empiris tersebut dari hasil SPT tanah Sungai Manggar. Sedangkan desain dengan metode uji dinamik menggunakan PDA *Test*. Namun, hasil nilai daya dukung yang dihasilkan dari metode empiris dan uji dinamik dapat berbeda karena pada metode empiris mempunyai pendekatan desain masing-masing (Saputri, 2012). Penelitian ini akan membandingkan daya dukung pondasi tiang

pancang dari pengujian PDA dan SPT. Hasil SPT dihitung dengan beberapa metode empiris.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah yang didapat yaitu bagaimana perbandingan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan hasil interpretasi PDA dan perhitungan dari hasil SPT.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini meliputi interpretasi daya dukung tiang dari uji PDA dan perhitungan pondasi tiang pancang berdasarkan SPT. Hasil daya dukung tiang interpretasi uji PDA dan perhitungan berdasarkan SPT akan dibandingkan dengan memperhatikan kondisi lapang.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian dilakukan adalah membandingkan hasil pengujian daya dukung pondasi tiang pancang dari intrerpretasi pengujian PDA dengan perhitungan berdasarkan hasil SPT.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Sebagai tinjauan perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang dari hasil SPT.
2. Sebagai bahan pertimbangan pemilihan metode empiris dalam mendesain pondasi tiang pancang.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Eurocode merupakan standar teknis spesifikasi di daerah Uni Eropa pada bidang desain struktur konstruksi. Standarisasi tersebut sebagai kiblat teknis struktural dan geotek di Uni Eropa karena ada perbedaan aturan di beberapa negara anggota Uni Eropa. Pada tahun 2004, *Eurocode* yang sudah diterbitkan dan dikembangkan berisi 10 bagian yaitu:

1. EN 1990: Dasar Desain Struktural
2. EN 1991: (*Eurocode 1*) Tindakan pada Struktur
3. EN 1992: (*Eurocode 2*) Desain Struktur Beton
4. EN 1993: (*Eurocode 3*) Desain Struktur Baja
5. EN 1994: (*Eurocode 4*) Desain dari Baja Komposit dan Struktur Beton
6. EN 1995: (*Eurocode 5*) Desain Struktur Kayu
7. EN 1996: (*Eurocode 6*) Desain Struktur Batu
8. EN 1997: (*Eurocode 7*) Desain Geoteknik
9. EN 1998: (*Eurocode 8*) Desain Struktur untuk Resistensi Gempa
10. EN 1999: (*Eurocode 9*) Desain Struktur Aluminium

Pada *Eurocode 7*, terdapat sub-bab desain pondasi tiang. Metode desain pada sub-bab tersebut, berisi:

1. Dasar desain pondasi tiang harus mengikuti:
 - a) Hasil uji statik, yang telah di buktikan, dengan cara perhitungan atau lainnya, disesuaikan dengan pengalaman yang relevan.
 - b) Metode perhitungan empiris atau analisis yang mana keakuratannya dapat dibuktikan dengan uji statik pada situasi yang sebanding.
 - c) Hasil uji dinamik yang mana keakuratannya dapat dibuktikan dengan uji statik pada situasi yang sebanding.
 - d) Pengamatan kinerja pondasi tiang yang sebanding, asalkan pendekatan ini didukung hasil penyelidikan perletakan dan uji tanah.

2. Nilai desain untuk parameter yang digunakan pada perhitungan umumnya harus sesuai dengan bab 3 (data tanah), tapi hasil dari tes pembebanan juga diperhitungkan dalam memilih nilai parameter.
3. Tes pembebanan statis dapat dilakukan pada pemeriksaan tiang, pemasangan hanya untuk tujuan pengujian, sebelum desain selesai, atau tiang dalam pengerjaan, yang mana bagian dari pondasi.

Menurut Laporan Akhir Pengujian Dinamis Tiang Pancang Spun oleh PT. Geo-Pondasi Testing bahwa pengujian tiang dengan cara dinamis didasarkan pada analisis data hasil rekaman getaran gelombang yang terjadi pada waktu tiang dipukul dengan *hammer*. Regangan dan percepatan gelombang akibat dampak *hammer* diukur dengan instrumen dan direkam dengan alat PDA dan dianalisis dengan cara *Case Method*. Uji pembebanan statik merupakan pengujian dengan meletakkan beban tertentu di atas tiang dalam waktu tertentu (Rosa dan Orsetti). Sedangkan mengetahui daya dukung secara analisis atau empirik yaitu dengan persamaan atau perhitungan yang berdasarkan data SPT, CPT dan laboratorium (Yusti, 2014).

2.2 Pile Driving Analyzer Test (PDA Test)

2.2.1 Definisi

Nji (2012), *Pile Driving Analyzer Test* atau *PDA Test* merupakan pengujian di lapangan untuk mendapatkan data *Force* (F) dan *velocity* (v) pada pondasi dalam, seperti tiang pancang dan *bored pile*, yang kemudian akan dianalisis secara komputasi. Pelaksanaan *PDA Test* mengacu pada ASTM D-4945 (*Standart Test Method for High Strain Dynamic Testing of Deep Foundation*) karena *PDA Test* termasuk salah satu dari uji *High Strain Dynamic Testing* (HSDT). Pada pondasi tiang pancang, *PDA Test* berguna untuk memonitoring kapasitas tiang, integritas tiang dan energi dari *hammer* di lapangan.

2.2.2 Pelaksanaan Pengujian dengan PDA

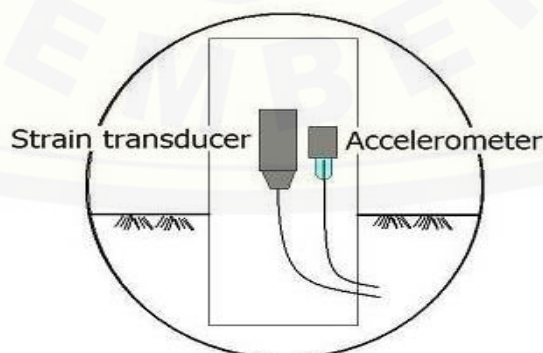
Tahap pelaksanaan pengujian menurut Laporan Akhir Pengujian Dinamis Tiang Pancang Spun oleh PT. Geo-Pondasi Testing meliputi:

a. Pemasangan Instrumen

Regangan dan percepatan gelombang akibat impact alat pancang diukur dengan menggunakan *strain transducer* dan *accelerometer*. Jumlah *strain transducer* dan *accelerometer* masing-masing adalah 2 buah dan dipasang pada bagian atas tiang (1,5D – 2D dari kepala tiang). Tujuan pemasangan dua buah untuk masing-masing pengukuran untuk mendapatkan data yang baik (rata-rata) disamping sebagai faktor keamanan apabila salah satu instrumen tidak bekerja dengan baik. Pemasangan instrumen pada tiang pancang *spun pile*, dipasang pada garis netral tiang seperti Gambar 2.1 dengan melakukan pengeboran lubang pada tiang.

b. Pengujian

Data awal yang dibutuhkan untuk pengujian adalah tanggal pemancangan, panjang tiang, panjang tiang tertanam dan ukuran penampang tiang. Tanggal pemancangan tiang berguna untuk mengetahui umur tiang yang akan diuji. Umur tiang yang akan diuji minimal 1-10 hari setelah pemancangan. Pengujian dilakukan dengan melakukan pemukulan ulang (*re-strike*) pada tiang yang diuji dalam keadaan sudah terpancang sebanyak 30-40 pukulan. Penumbukan dihentikan setelah diperoleh kualitas rekaman yang cukup baik dan energi pukulan relatif yang cukup tinggi. Kualitas rekaman tergantung dari pemasangan instrumen, bekerjanya komputer dan sistem elektronik. Apabila instrumen tidak terpasang dengan baik atau sistem komputer tidak bekerja seperti yang diharapkan, hal ini akan segera diketahui dari beberapa rekaman *blow* yang pertama.



Gambar 2.1 Letak Pemasangan Instrumen

Sumber: Laporan Akhir Pengujian Dinamis Tiang Pancang Spun oleh PT. Geo-Pondasi Testing

2.2.3 Hasil Uji PDA

Masagung (2014) menyatakan bahwa proses hasil uji PDA didapat dari *strain transducer* mengukur nilai *Force* (F) yang terjadi didekat kepala tiang/ pada posisi sensor setelah ada tumbukan dari *hammer* terhadap kepala tiang dan dari *accelerometer* akan mengukur nilai *velocity* (v) seperti Gambar 2.2.

Pada *Interpretation of HSDPT, Work Instructions for Engineers* (G&P Geotechnics SDN BHD, 2009) menerangkan bahwa hasil kurva PDA butuh dikonfirmasi bahwa data tersebut baik atau tidak. Langkah untuk menkonfirmasi kualitas data yaitu:

- a. Proporsi garis awal naik pada awal kurva (puncak tidak harus sesuai)

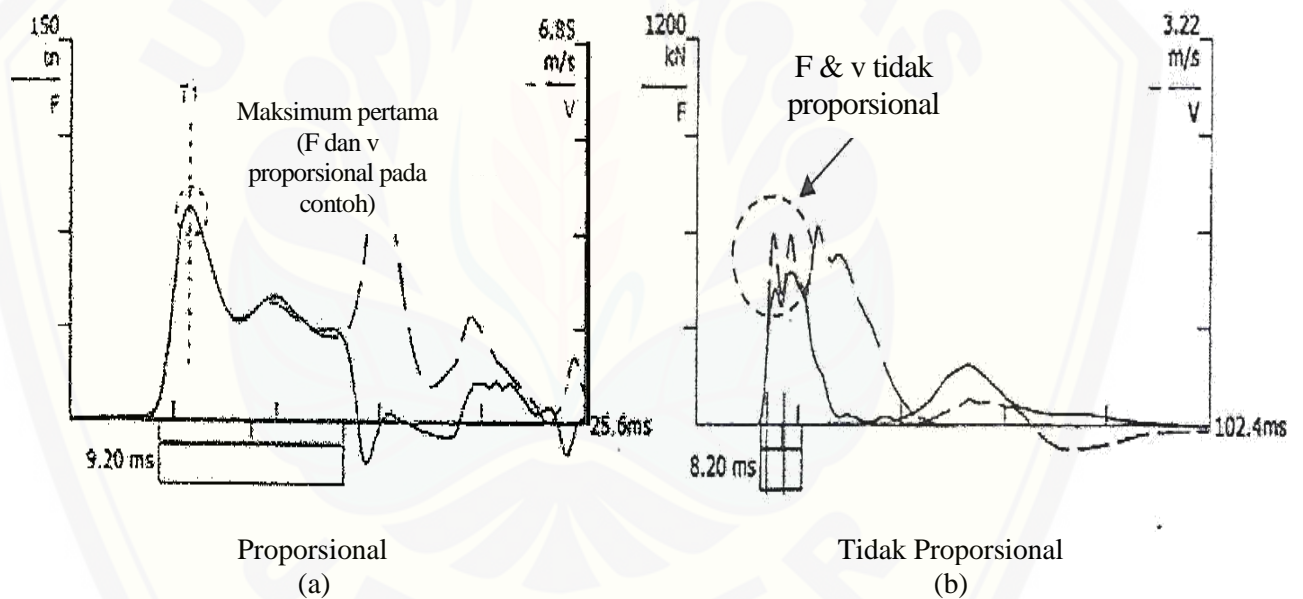
Catatan: 1) Jika F dan v tidak proporsional pada peak pertama, dan F lebih besar dari v, alasan yang memungkinkan karena:

- a) *Over estimate* modulus (EM) dan kecepatan gelombang (WS). Ini mungkin untuk tiang beton dan timber. Hal tersebut harus dikoreksi. *Over estimate* tidak mungkin pada tiang baja karena memiliki modulus dan kecepatan gelombang yang pasti.
- b) Ada tahanan selimut yang signifikan dekat dengan *transducer*. Pada kasus ini, ada alasan fisik yang mana membuat proporsionalitas tidak ada. Tanpa penyesuaian yang dibutuhkan.
- c) Adanya kenaikan pantulan yang dekat dengan *transducer*. Cek geometri tiang dan catatan konstruksi, khususnya tiang *cast in situ*.

2) Jika F dan v tidak proporsional pada peak pertama, dan F kurang dari v, alasan yang memungkinkan karena:

- a) *Under estimate* modulus (EM) dan kecepatan gelombang (WS). Ini mungkin untuk tiang beton dan timber. Hal tersebut harus dikoreksi. *Under estimate* tidak mungkin pada tiang baja karena memiliki modulus dan kecepatan gelombang yang pasti.
- b) Tidak mungkin pada tahanan selimut, tapi mungkin pada respon tekan dari bawah tiang.

- c) Adanya penurunan pantulan yang dekat dengan *transducer*. Cek geometri tiang dan catatan konstruksi, khususnya tiang *cast in situ*.
 - d) Kerusakan tiang dekat dengan *transducer*.
- b. Semua garis lengkung kurva F dan V harus 0 sebelum impak
 - c. Kecepatan (v) pada akhir rekaman kembali ke 0. Apabila tidak 0, maka indikasi *accelometer* yaitu tidak berfungsi atau gerakan dari pile belum selesai. Jika gerakan pile belum selesai, maka perkiraan perpindahan akhir mungkin tidak akurat.
 - d. Perbedaan pengukuran respon F dari 2 *strain transducer* seharusnya tidak berbeda lebih dari 1/3 sampai 1/2.
 - e. F pada akhir perekaman kembali ke 0.



Gambar 2.2 Contoh Kurva Hasil Uji PDA

Sumber: *Interpretation of HSDPT, Work Instructions for Engineers*, G&P Geotechnics SDN BHD, 2009

2.3 Case Method

2.3.1 Case Wave Analyze Program (CAPWAP)

Menurut Nji (2012) *Case Wave Analyze Program (CAPWAP)* merupakan Analisa lanjutan yang dilakukan setelah pengujian PDA yang merupakan salah satu metoda *signal matching analysis (SMA)*. Analisa ini menggunakan data yang diperoleh dari pengujian PDA berupa F dan v untuk memberikan hasil analisa yang lebih detail. Hasil analisa CAPWAP tersebut memberikan data lebih rinci dari pengujian PDA *Test* seperti perkiraan daya dukung tiang, distribusi kekuatan lapisan tanah dan simulasi pembebanan statik. Pada Konverensi Transportasi Louisiana hasil analisis CAPWAP dari uji PDA didapat nilai daya dukung ultimat CAPWAP mendekati $\pm 20\%$ dari hasil *Static Load Test (SLT)*.

2.3.2 Persamaan Case Method

Persamaan *Case Methode* untuk uji PDA berawal dari persamaan Jean Le Rond D'Alambert 1747 pada artikel Masagung (2014) yaitu:

$$u = F(x - ct) + G(x + ct) \dots\dots\dots (2.1)$$

keterangan, u = perpindahan tiang

F = *impact force for wave up*

G = *impact force for wave down*

x = jarak dari tiang atas

c = kecepatan gelombang, t sebagai fungsi waktu tertentu

Berdasarkan persamaan 2.1, *case method* untuk hasil uji PDA didapat sebagai berikut:

$$W_d = \frac{1}{2} (F_{t1} + Zv_{t1}) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$W_u = \frac{1}{2} (F_{t2} - Zv_{t2}) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$R = W_d + W_u \dots\dots\dots (2.4)$$

$$= \frac{1}{2} (F_{t1} + Zv_{t1} + F_{t2} - Zv_{t2})$$

keterangan, W_d = *Downward wave (ton)*

W_u = *Upward wave (ton)*

F_{t1}, F_{t2} = *Force pada t tertentu (ton)*

Z = EA/c (E = modulus elastisitas, A = luas penampang tiang)

v_{t1}, v_{t2} = kecepatan impak dari tumbukan pada t tertentu (m/s)

t_1 = waktu impak dari tumbukan (ms)

t_2 = $t_1 + 2L/c$ (L = panjang tiang)

R = tahanan tanah total (ton)

Persamaan 2.4 merupakan persamaan daya dukung total yang meliputi daya dukung selimut dan ujung. Untuk mengetahui tahanan statis yaitu dengan menurunkan persamaan sebagai berikut:

$$R = R_S + R_D$$

$$R_S = R - R_D \dots \dots \dots (2.5)$$

$$= R - J_c (2W_d - R)$$

$$= (W_d + W_u) - J_c [2W_d - (W_d + W_u)]$$

$$= (W_d + W_u) - J_c (W_d - W_u)$$

$$= (W_d + W_u) - J_c W_d + J_c W_u$$

$$= (1 + J_c)W_u + (1 - J_c)W_d \dots \dots \dots (2.6)$$

$$R_D = J_c Z v \dots \dots \dots (2.7)$$

$$v = 2W_d - R \dots \dots \dots (2.8)$$

keterangan, J_c = nilai damping factor tergantung jenis tanah, batuan: 0.3-0.4; pasir: 0.4-0.5; lanau: 0.5-0.7; lempung: 0.7-1

R_S = daya dukung statis (ton)

R_D = daya dukung dinamik (ton)

2.4 Standard Penetration Test (SPT)

2.4.1 Definisi

Menurut SNI 4153:2008, *Standard Penetration Test* atau 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.

2.4.2 Peralatan SPT

Berdasarkan SNI 4153:2008, peralatan yang dibutuhkan pada pengujian SPT di lapang, yaitu:

- a. Mesin bor yang dilengkapi dengan peralatannya
- b. Mesin pompa yang dilengkapi dengan peralatannya
- c. *Split barrel sampler*
- d. Palu dengan berat 63,5 kg dengan toleransi meleset $\pm 1\%$
- e. Alat penahan (tripod)
- f. Rol meter
- g. Alat penyipat datar
- h. Kerekan
- i. Kunci-kunci pipa
- j. Tali yang cukup kuat untuk menarik palu
- k. Bahan bakar (bensin, solar)
- l. Bahan pelumas
- m. Kantong plastik
- n. Formulir untuk pengujian
- o. Perlengkapan lain yang dibutuhkan.

2.4.3 Persiapan SPT

Persiapan pengujian SPT di lapangan berdasar SNI 4153:2008, yaitu:

- a. Memasang blok penahan (knocking block) pada pipa bor
- b. Memberi tanda pada ketinggian sekitar 75 cm pada pipa bor yang berada di atas penahan
- c. Membersihkan lubang bor pada kedalaman yang akan dilakukan pengujian dari bekas-bekas pengeboran
- d. Memasang split barrel sampler pada pipa bor, dan pada ujung lainnya disambungkan dengan pipa bor yang telah dipasang blok penahan
- e. Memasukkan peralatan uji SPT ke dalam dasar lubang bor atau sampai kedalaman pengujian yang diinginkan

- f. Memberi tanda pada batang bor mulai dari muka tanah sampai ketinggian 15 cm, 30 cm dan 45 cm.

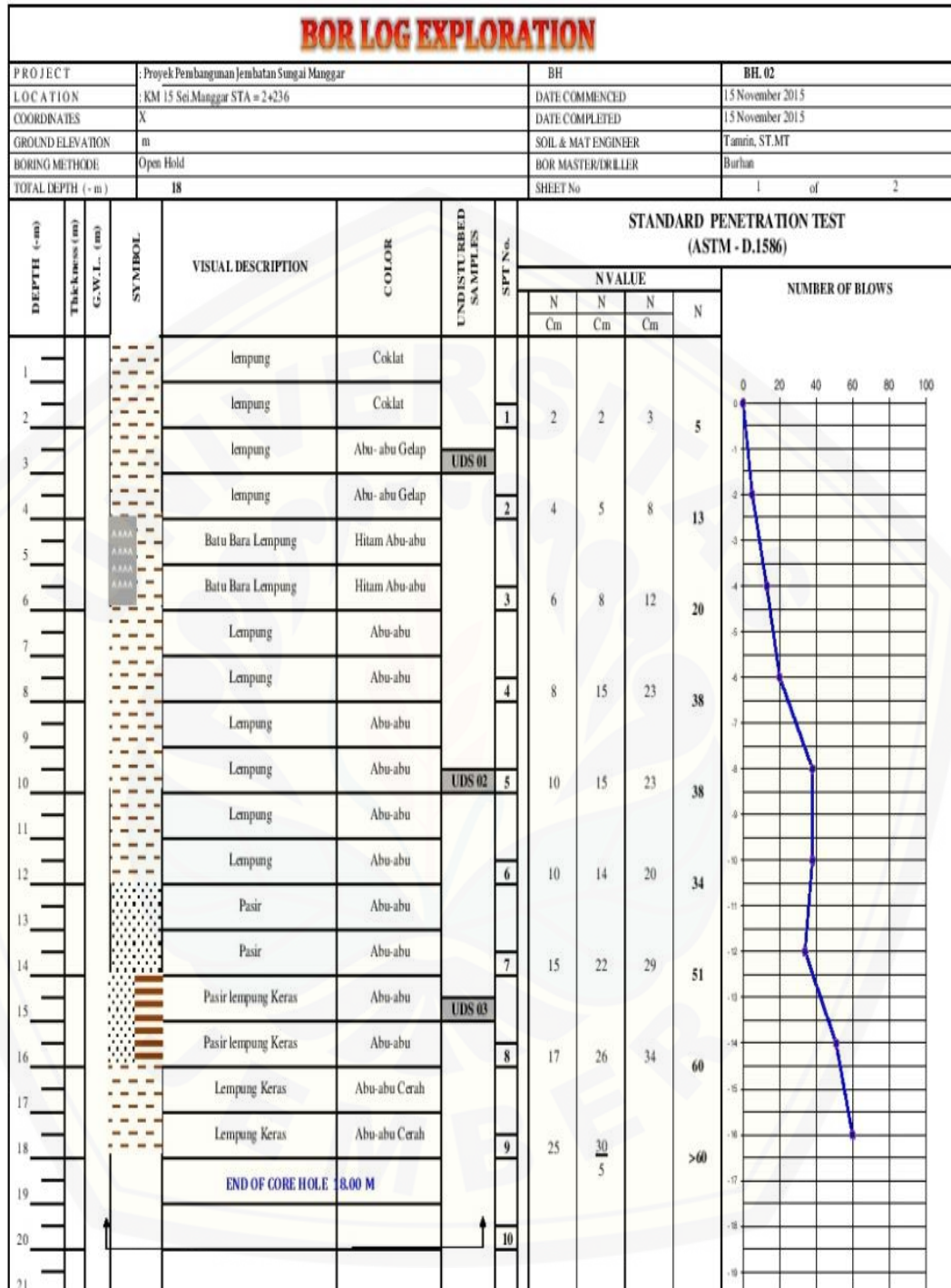
2.4.4 Prosedur SPT

Prosedur uji SPT di lapang berdasar SNI 4153:2008, yaitu:

- a. Mekukan pengujian pada setiap perubahan lapisan tanah atau pada interval sekitar 1,50 m s.d 2,00 m atau sesuai keperluan
- b. Menarik tali pengikat *hammer* sampai pada tanda yang telah dibuat sebelumnya (kira-kira 75 cm)
- c. Melepaskan tali sehingga palu jatuh bebas menimpa penahan
- d. Mengulangi point (b) dan (c) berkali-kali sampai mencapai penetrasi 15 cm
- e. Menghitung jumlah pukulan atau tumbukan N pada penetrasi 15 cm yang pertama
- f. Mengulangi prosedur point (b), (c), (d) dan (e) sampai pada penetrasi 15 cm yang ke-dua dan ke-tiga
- g. Mencatat jumlah pukulan N pada setiap penetrasi 15 cm: 15 cm pertama dicatat N1; 15 cm ke-dua dicatat N2; 15 cm ke-tiga dicatat N3; Jumlah pukulan yang dihitung adalah $N2 + N3$. Nilai N1 tidak diperhitungkan karena masih kotor bekas pengeboran
- h. Bila nilai N lebih besar daripada 50 pukulan, hentikan pengujian dan tambah pengujian sampai minimum 6 meter
- i. Mencatat jumlah pukulan pada setiap penetrasi 5 cm untuk jenis tanah batuan.

2.4.5 Hasil SPT

Hasil uji penetrasi lapang berdasar SNI 4153:2008, dilaporkan dengan hasil *borlog* dari hasil pengeboran dalam bentuk formulir seperti pada Gambar 2.4. Pada formulir tersebut, dijelaskan letak kedalaman tanah keras dengan karakteristik tanahnya dan nilai N-SPT pada kedalaman tertentu. Nilai N-SPT tersebut dapat digunakan sebagai dasar pemilihan dan desain pondasi.



Gambar 2.3 Contoh Formulir SPT

Sumber: Laporan Akhir Pengujian Dinamis Tiang Pancang Spun oleh PT. Geo-Pondasi Testing

2.5 Daya Dukung Pondasi Berdasarkan SPT

Daya dukung atau kapasitas dukung menurut Hardiyatmo (2010) mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi dari struktur beban atas. Daya dukung menyatakan tahanan geser yang dikerahkan pada bidang-bidang geser yang dapat menahan beban. Saat merencanakan pondasi, harus mempertimbangkan keruntuhan dan penurunan pondasi. Keruntuhan yang dimaksud adalah perilaku tanah yang bereaksi terhadap pondasi dapat menyebabkan tanah mengembang atau mampat pada sekitar pondasi.

Pada buku Analisis dan Perancangan Pondasi (Hardiyatmo, 2010), analisa daya dukung dilakukan dengan cara pendekatan untuk mempermudah hitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser berdasarkan keruntuhan. Analisisnya, dilakukan dengan mengnganggap bahwa tanah bersifat plastis. Konsep yang dikenalkan oleh Pradtl (1921) ini didasarkan pada persamaan Mohr-Coulomb sebagai berikut:

$$\tau = c + \sigma \cdot \tan \varphi \dots \dots \dots (2.9)$$

keterangan, τ = tahanan geser tanah (kN/m²)

c = kohesi tanah (kN/m²)

σ = tegangan normal (kN/m²)

φ = sudut gesek dalam tanah (derajat)

Pendekatan analisa daya dukung berdasarkan uji SPT yang telah dikembangkan dapat dihitung dengan pendekatan pada Tabel 2.1. Selanjutnya perhitungan daya dukung dapat dihitung dengan Persamaan 2.10 dengan memperhatikan kedalaman kritis (*overburden*) yaitu 10D – 20D (Hardiyatmo, 2008).

$$Q = q \cdot A \dots \dots \dots (2.10)$$

keterangan, Q = daya dukung (kN)

q = tahanan tanah (kN/m²)

A = luas penampang pondasi (m²)

Tabel 2.1 Pendekatan Tahanan Ujung dan Selimut

Metode	Daya Dukung Ujung (Mpa)	Daya Dukung Selimut (kPa)	Keterangan
Meyerhof (1976) ⁽¹⁾	<p>Pasir: $q_b = k \cdot N_b \cdot (L/D)$</p> <p>Lempung: $q_b = 9 \cdot c_u$ $c_u = 2/3 \cdot N_b \cdot 10$</p>	<p>Pasir: $q_s = n_s \cdot N_s$</p> <p>Lempung: $q_s = \alpha \cdot c_u$</p>	<p>N_b = Rata-rata N-SPT antara 10D diatas dan 5D di bawah ujung tiang ≤ 40</p> <p>N_s = Rata-rata N-SPT selimut tiang yang tertanam</p> <p>L = Panjang tiang tertanam (m)</p> <p>D = Diameter tiang (m)</p> <p>$q_b \leq m \cdot N_b$ $q_s \leq 10 \text{ kN/m}^2$</p> <p>Tiang bor, $n_s = 1$; $k = 0,012$; $m = 0,12$</p> <p>Tiang pancang, $n_s = 2$; $k = 0,04$; $m = 0,4$</p>
Briaud & Tucker (1985) ⁽³⁾	$q_b = 19,7 \cdot p_a \cdot (N_{60})^{0,36}$	$q_s = 0,224 \cdot p_a \cdot (N_s)^{0,29}$	<p>p_a = Tekanan atmosfer (100 kN/ m²)</p> <p>N_{60} = Rata-rata N-SPT antara 4D di bawah dan 10 D di atas ujung tiang</p>
Aoki & de Alencar (1975) ⁽²⁾	$q_b = (k / 1,75) \cdot N_b$	$q_s = (a \cdot k / 3,5) \cdot N_s$	<p>N_b = Rata-rata 3 nilai N-SPT sekitar ujung tiang</p> <p>Pasir, $a = 14$; $k = 1$</p> <p>Lempung, $a = 60$; $k = 0,2$</p> <p>Rasio energi N : 70%</p>
Luciano Decourt (1995) ⁽⁴⁾	$q_b = k \cdot N_b$	$q_s = \alpha(2,8 \cdot N_s + 10)$	<p>N_b = Rata-rata nilai N-SPT sekitar ujung tiang</p> <p>N_s = Rata-rata nilai N-SPT sekitar tiang yang tertanam</p> <p>α pasir = 0,5-0,6 α lempung = 1</p> <p>Tiang Pancang, k_b pasir = 0,325 k_b lempung = 0,1</p> <p>Tiang bor, k_b pasir = 0,325 k_b lempung = 0,08</p>

Metode	Daya Dukung Ujung (Mpa)	Daya Dukung Selimut (kPa)	Keterangan
Bazara & Kurkur (1986) ⁽¹⁾	$q_b = n_b \cdot N_b$	$q_s = n_s \cdot N_s$	N_b = Rata-rata N-SPT antara 1D diatas dan 3,75D di bawah ujung tiang, $N_b \leq 50$ N_s = Rata-rata N-SPT selimut tiang yang tertanam n_b = 0,06 - 0,2 n_s = 2 - 4

Sumber: (1) Issa S, Ali H and Abbasali T. 2013. *Prediction of the Axial Bearing Capacity of Piles by SPT-based and Numerical Design Methods*; (2) N Shariatmadari, A Eslami and M Karimpour F. 2008. *Bearing Capacity of Driven Piles in Sands from SPT Applied to 60 Case Histories*; (3) Andriani R N. 2012. *Analisa Daya Dukung Tiang Spun Pile dengan Metode Uji Pembebanan Statik (Loading Test)*

Persamaan 2.10 berlaku untuk daya dukung ujung dan selimut pada pondasi yang ditinjau. Daya dukung total didapat dengan menjumlahkan daya dukung ujung dan selimut seperti pada persamaan berikut:

$$Q_u = Q_b + Q_s \dots\dots\dots (2.11)$$

- keterangan,
- Q_u = daya dukung total (ton)
 - Q_b = daya dukung ujung pondasi (ton)
 - Q_s = daya dukung selimut pondasi (ton)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Persiapan

3.1.1 Studi Literatur

Tahap pertama pelaksanaan penelitian ini adalah pengumpulan dan pemahaman studi literatur. Pengumpulan dan pemahaman studi literatur seputar uji PDA, SPT, dan pondasi tiang pancang. Literatur berasal dari jurnal penelitian terdahulu, buku, artikel, dan peraturan yang berlaku seputar penelitian.

3.1.2 Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih yaitu pada Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Manggar. Objek penelitian yang dipilih pada penelitian ini yaitu Pier 3 Pile 7 (P3-07) dan Pier 4 Pile 1 (P4-01). Pemilihan objek tersebut berdasar ketersediaan data yang diperlukan untuk penelitian.

3.1.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan yaitu hasil uji PDA dan SPT. Data tersebut merupakan data sekunder, karena didapat dari kontraktor atau instansi yaitu PT.Wijaya Karya Divisi V Satuan Kerja Tol Balikpapan - Samarinda.

3.2 Interpretasi Uji PDA

Interpretasi data uji PDA dilakukan dengan membaca kurva untuk mengetahui nilai F dan v . Mengetahui nilai daya dukung atau tahanan pondasi, nilai dari F dan v disubstitusikan pada Persamaan 2.2, 2.3 dan 2.4 pada BAB 2. Selain itu, menganalisis apakah kurva tersebut dalam kondisi bagus atau tidak sesuai dengan *Interpretation of HSDPT Work Instructions for Engineers* (G&P Geotechnics SDN BHD, 2009). Cara membaca kurva untuk mengetahui harga F dan v sesuai petunjuk *Interpretation of HSDPT Work Instructions for Engineers* (G&P Geotechnics SDN BHD, 2009), yaitu:

1. Lihat salah satu kurva hubungan F dan v atau kurva hubungan W_d dan W_u .

2. Lihat garis kurva hubungan F dan v atau kurva hubungan W_d dan W_u dimana garis tersebut mulai naik yang menandakan adanya reaksi selimut tiang karena dampak, tandai dengan t_1 . Selanjutnya lihat garis kurva hubungan F dan v atau kurva hubungan W_d dan W_u dimana garis tersebut mulai turun yang menandakan reaksi ujung tiang karena dampak, tandai dengan t_2 .
3. Lihat garis horizontal untuk mengetahui t tertentu tiang antara t_1 sampai dengan t_2 .
4. Setelah letak t_1 sampai dengan t_2 diketahui, baca F dan v pada garis vertikal sebelah kanan dan kiri kurva untuk mengetahui harganya.

3.3 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Berdasar Data SPT

Pada data SPT didapatkan nilai N-SPT untuk perhitungan daya dukung. Selain untuk mendapat nilai N-SPT, pada data SPT terdapat data karakteristik tanah dan kedalaman tanah keras. Data karakteristik tanah tersebut berguna untuk menentukan nilai parameter pada perhitungan. Perhitungan daya dukung dilakukan pada pondasi tiang tunggal. Daya dukung yang dihitung meliputi tahanan ujung dan selimut. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan pendekatan beberapa metode, yaitu:

- a. Meyerhof (1976)
- b. Briaud & Tucker (1985)
- c. Aoki & de Alencar (1975)
- d. Luciano Decourt (1995)
- e. Bazara & Kurkur (1986)

Nilai N-SPT yang dipakai perhitungan sebelumnya harus dikoreksi sesuai setiap metode pada Tabel 2.1. Setelah N-SPT terkoreksi, dapat dihitung daya dukung ujung dan selimut menggunakan Persamaan 2.10 dengan pendekatan tahanan pada setiap metode (lihat Tabel 2.1). Sedangkan daya dukung total didapat dari Persamaan 2.11.

3.4 Perbandingan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan *Case Method*

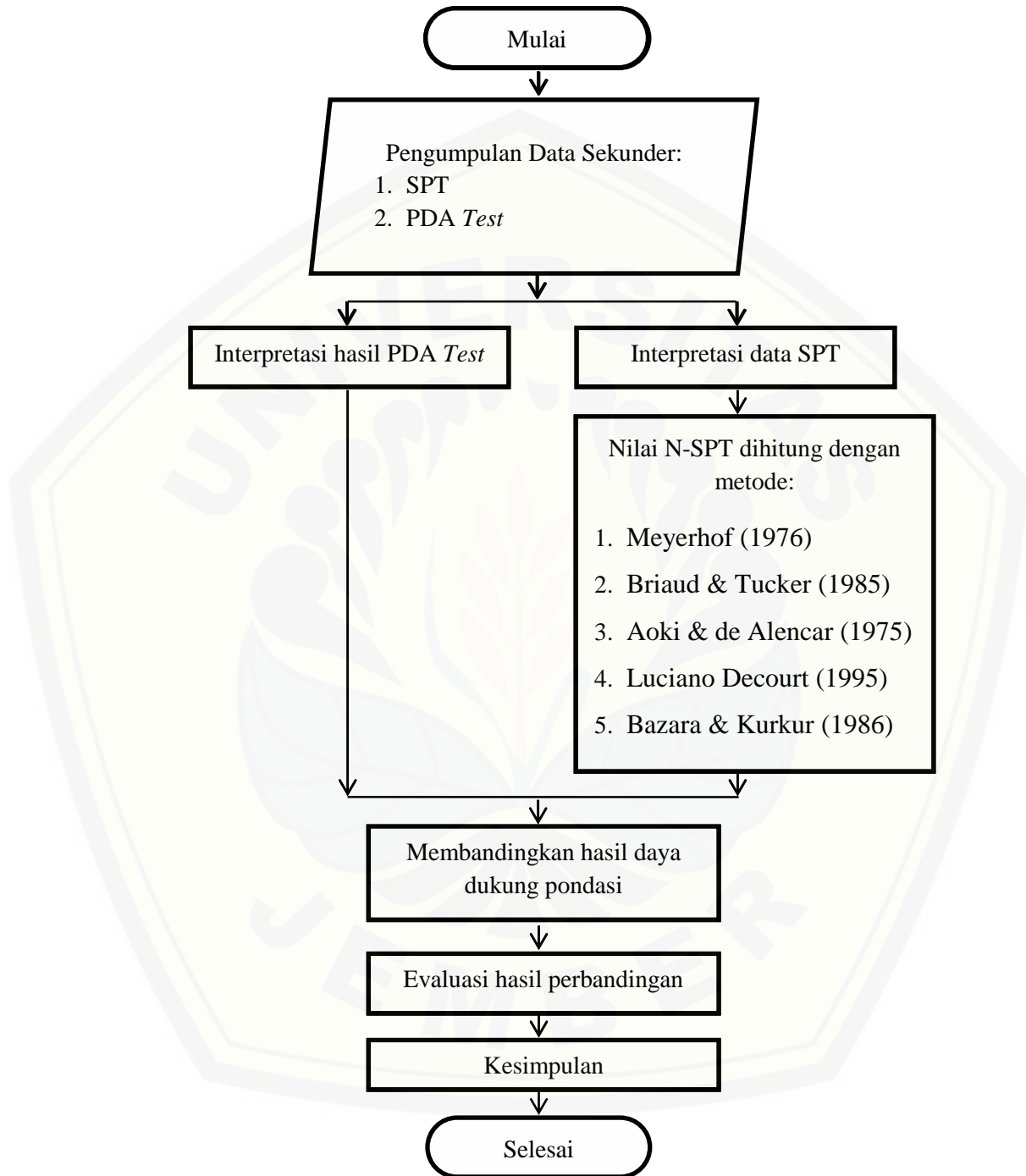
Setelah didapat nilai daya dukung dari hasil interpretasi uji PDA dan perhitungan berdasar SPT, nilai dari daya dukung uji PDA dibandingkan dengan nilai daya dukung perhitungan SPT setiap metode. Daya dukung yang dibandingkan merupakan daya dukung total.

3.5 Evaluasi Perbandingan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan *Case Method*

Evaluasi ini berguna untuk mendapatkan metode mana yang dapat disarankan dalam mendesain pondasi dengan karakteristik tanah seperti di Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Manggar. Evaluasi dilakukan dengan cara menghitung presentase selisih daya dukung dengan uji PDA dan berdasarkan data SPT, yaitu:

$$\% \text{Perbandingan } Q_u = \frac{(Q_u \text{ Uji PDA} - Q_u \text{ berdasar SPT})}{Q_u \text{ Uji PDA}} \cdot 100\% \dots\dots\dots (3.1)$$

3.6 Diagram Alir Metode Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian Tugas Akhir

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian Tugas Akhir

No.	Nama Kegiatan	Desember '16				Januari '17				Februari '17				Maret '17				April '17				Mei '17				Juni '17				Juli '17			
		Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-							
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi literatur	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Penentuan tema dan diskusi			■	■																												
3	Pengambilan data					■																											
4	Penyusunan proposal							■	■	■	■	■	■																				
5	Seminar proposal											■																					
6	Penyempurnaan proposal															■	■																
7	Interpretasi data																			■	■	■	■	■									
8	Pengolahan data															■	■	■	■	■	■												
9	Evaluasi data																			■	■	■	■	■									
10	Penyusunan hasil evaluasi																			■	■	■	■	■									
11	Seminar hasil																							■									
12	Penyempurnaan hasil																								■	■	■	■					
13	Sidang akhir																															■	

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Selisih daya dukung berdasarkan data SPT dan uji PDA pada P3-07 dan P4-01 yaitu pendekatan dengan metode Meyerhof (1976) sebesar 38,571 ton dan 1,847 ton, metode Briaud & Tucker (1985) sebesar -87,628 ton dan 120,142 ton, metode Aoki & de Alencar (1975) sebesar 116,652 ton dan 132,676 ton, metode Luciano Decourt (1995) sebesar 30,048 ton dan 36,150 ton, dan metode Bazara & Kurkur (1986) sebesar 3,391 ton dan -6,184 ton.

Hasil perbandingan dengan metode Meyerhof (1976), Luciano Decourt (1995), dan Bazara & Kurkur (1986) dapat disarankan untuk mendesain daya dukung tiang pancang karena rata-rata hasil perbandingan masuk dalam toleransi $\pm 20\%$ yaitu 7,25%, 11,24% dan 1,59%. Metode tersebut disarankan pada tiang beton silinder dengan diameter 60 cm pada tanah lapis lempung dan pasir. Metode Briaud & Tucker (1985) dan Aoki & de Alencar (1975) tidak disarankan untuk mendesain daya dukung tiang pancang karena rata-rata hasil perbandingan tidak masuk dalam toleransi $\pm 20\%$ yaitu 34,90% dan 42,13%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian perbandingan daya dukung tiang berdasarkan data SPT dan uji PDA, disarankan untuk penelitian selanjutnya:

1. Menambah jenis tiang dan ukuran penampangnya,
2. Menambah lokasi penelitian agar dapat mengetahui variasi nilai setiap metode.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, Rien Novita. Analisa Daya Dukung Tiang Spunpile dengan Metode Uji Pembebanan Statik (Loading Test). Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. 2008. *SNI 4153:2008 tentang Cara Uji Penetrasi Lapang dengan SPT*. Badan Standarisasi Nasional.
- Fard, M. Karimpour, dkk. 2008. Bearing Capacity of Driven Piles in Sands from SPT-Applied to 60 Case Histories. *Iranian Journal of Science & Technology, Transaction B, Engineering*. Vol.32, No.B2.
- G&P GOTECHNICS SDN BHD. 2009. *Operating Procedure for Interpretation of High Strain Dynamic Pile Tests (HSDPT)*. G&P GOTECHNICS SDN BHD.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2008. *Teknik Fondasi 2*. Jakarta.
- Issa S, Ali H and Abbasali T. 2013. *Prediction of the Axial Bearing Capacity of Piles by SPT-based and Numerical Design Methods*.
- Masagung. 2014. Mengenal *Pile Dynamic Analyzer (PDA) Test*. <https://massagung.wordpress.com/2014/03/31/mengenal-pile-dynamic-analyzer-pda-test/>. [Diakses pada 10 Januari 2017].
- Nji, Lauw Tjun. 2012. *PDA Test*. <http://lauwtjunnji.weebly.com/pda-test.html>. [Diakses pada 10 Januari 2017]

Orsetti, B. Dan Rosa, V. Eurocode 7 Dynamic Pile Testing: Philosophy and Application. *France: Rincent BTP Engineering Instrumentation.*

PT Geo-Pondasi Testing. 2015. *Laporan Akhir Pengujian Dinamis Tiang Pancang Spun dengan Pile Driving Analyzer (PDA) dan Analisis CAPWAP Proyek Jembatan Sungai Manggar Lokasi Balikpapan.* Tangerang. PT Geo-Pondasi Testing.

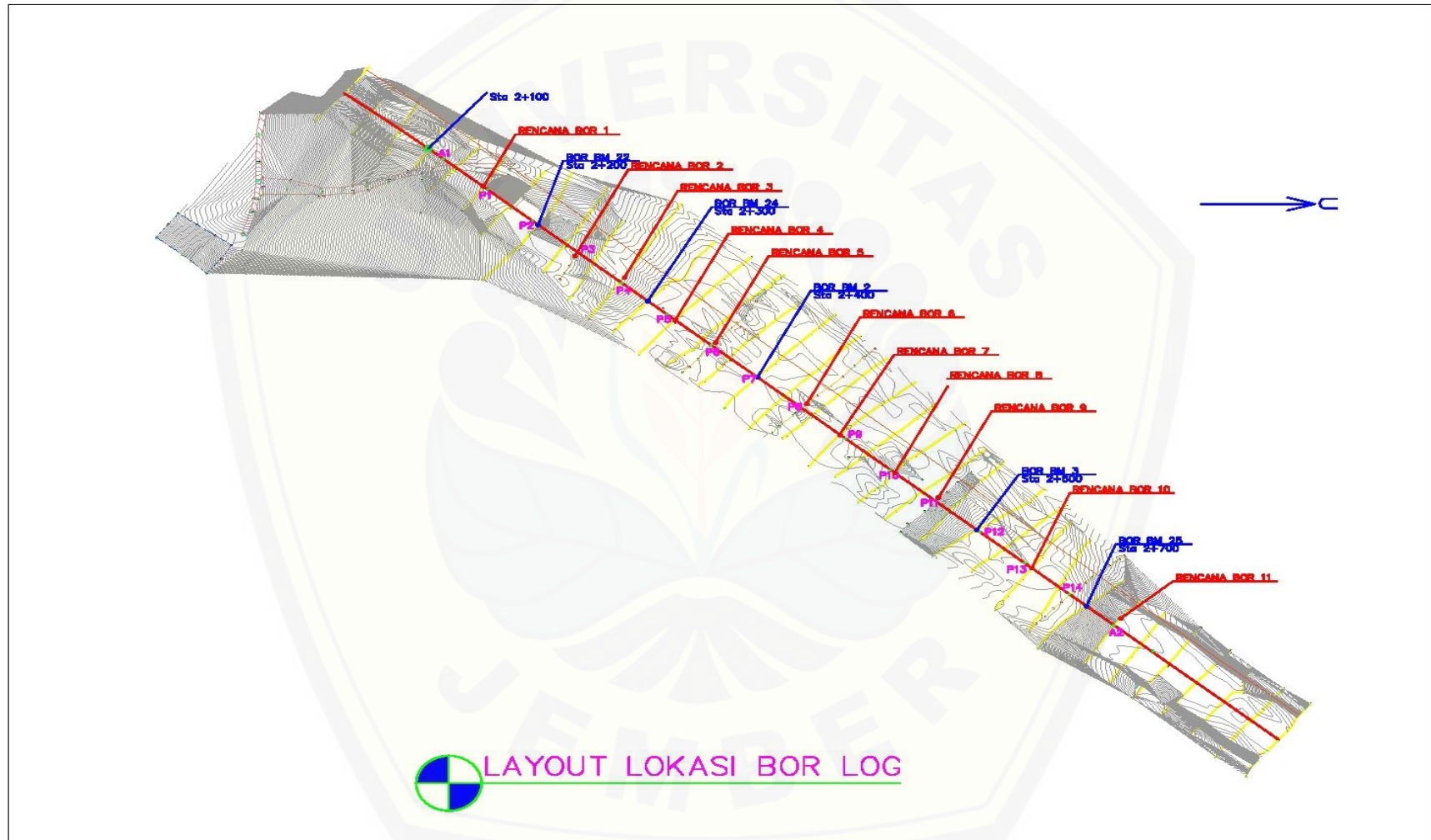
Sanjaya, Gigih. 2014. Perbandingan Kapasitas Dukung Aksial Pondasi Tiang Tunggal dengan Beberapa Metode Analisis (Studi Kasus: Pondasi Rumah Sakit Pendidikan Universitas Riau Pekanbaru). Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik – Universitas Riau.

Saputri, Sartika Yuni. 2014. Studi Perbandingan Perancangan Pondasi Dangkal dengan Menggunakan Eurocode 7 terhadap NAVFAC. Universitas Kristen Maranatha.

The European Union Per Regulation. 2004. *Eurocode 7: Geotechnical Design.*

Yusti, Andi. 2014. 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). Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.

Lampiran 4.3 Letak Titik Pengujian SPT



Sumber: *Result Soil Investigation*, Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Manggar, Inovasi Konsultan

Lampiran 4.4 Data SPT Sta. 2+236



**LABORATORIUM REKAYASA SIPIL
INOVASI CONSULTANT**

Sondir, Bor Mesin, Bor Dangkal, SPT, DCP, Sand Cone, Hammer Test, Core Drill Beton, Uji Tekan Beton
 Alamat : Perumnas Bengkurung Jl. Labu Putih 2 Blok B No. 451 Samarinda (75119)
 Telepon : 0941-778622 | Email : lqr_inovasi@yahoo.com

BOR LOG EXPLORATION												
PROJECT		: Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Manggar			BH		BH. 02					
LOCATION		: KM 15 Sei Manggar STA = 2+236			DATE COMMENCED		15 November 2015					
COORDINATES		X			DATE COMPLETED		15 November 2015					
GROUND ELEVATION		m			SOIL & MAT ENGINEER		Tamin, ST.MT					
BORING METHODE		Open Hole			BOR MASTER/DRILLER		Burhan					
TOTAL DEPTH (- m)		18			SHEET No		1 of 2					
DEPTH (m)	Thickness (m)	G.W.L. (m)	SYMBOL	VISUAL DESCRIPTION	COLOR	UNDISTURBED SAMPLES	SPT No.	STANDARD PENETRATION TEST (ASTM - D.1586)				
								N VALUE			NUMBER OF BLOWS	
								N	N	N		N
								Cm	Cm	Cm	Cm	
1				lempung	Coklat							
2				lempung	Coklat		1	2	2	3	5	
3				lempung	Abu- abu Gelap	UDS 01						
4				lempung	Abu- abu Gelap		2	4	5	8	13	
5			AAAA	Batu Bara Lempung	Hitam Abu-abu							
6			AAAA	Batu Bara Lempung	Hitam Abu-abu		3	6	8	12	20	
7				Lempung	Abu-abu							
8				Lempung	Abu-abu		4	8	15	23	38	
9				Lempung	Abu-abu							
10				Lempung	Abu-abu	UDS 02	5	10	15	23	38	
11				Lempung	Abu-abu							
12				Lempung	Abu-abu		6	10	14	20	34	
13				Pasir	Abu-abu							
14				Pasir	Abu-abu		7	15	22	29	51	
15				Pasir lempung Keras	Abu-abu	UDS 03						
16				Pasir lempung Keras	Abu-abu		8	17	26	34	60	
17				Lempung Keras	Abu-abu Cerah							
18				Lempung Keras	Abu-abu Cerah		9	25	30	5	>60	
19				END OF CORE HOLE : 18.00 M								
20							10					
21							11					
22							12					
23							13					
24							14					
25							15					
26							16					
27							17					
28							18					
29							19					
30							20					
31							21					
32							22					
33							23					
34							24					

Sumber: Result Soil Investigation, Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Manggar, Inovasi Konsultan

Lampiran 4.5 Data SPT Sta. 2+275



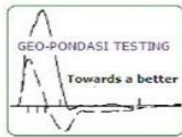
**LABORATORIUM REKAYASA SIPIL
INOVASI CONSULTANT**

Sondir, Bor Meja, Bor Dangkal, SPT, DCP, Sand Cone, Hammer Test, Core Drill Beton, Uji Tekan Beton
 Alamat : Perumahan Dangkuring Jl. Labu Putih 2 Blok B No. 451 Samarinda (75119)
 Telepon : 0541-7779231 Email : ipk.inovasi@yahoo.com

BOR LOG EXPLORATION												
PROJECT : Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Manggar			BH			BH. 03						
LOCATION : KM 1.5 Sel. Manggar STA = 2+275			DATE COMMENCED			16 November 2015						
COORDINATES : X			DATE COMPLETED			18 November 2015						
GROUND ELEVATION : m			SOIL & MAT ENGINEER			Tamrin, ST.MT						
BORING METHODE : Open Hold			BOR MASTER/DRILLER			Burhan						
TOTAL DEPTH (- m) : 18			SHEET No			1 of 2						
DEPTH (cm)	Thickness (m)	G.W.L. (m)	SYMBOL	VISUAL DESCRIPTION	COLOR	UNDISTURBED SAMPLES	SPT No.	STANDARD PENETRATION TEST (ASTM - D.1586)				
								N VALUE			NUMBER OF BLOWS	
								N	N	N		N
								Cm	Cm	Cm	Cm	
1				lempung	Coklat							
2				lempung	Coklat		1	3	4	6	10	
3				lempung	Abu-abu Gelap							
4				lempung	Abu-abu Gelap		2	4	5	8	13	
5				lempung	Hitam Abu-abu							
6				lempung	Hitam Abu-abu		3	5	7	12	19	
7				Lempung Batu Bara	Abu-abu							
8				Lempung Batu Bara	Abu-abu		4	7	9	14	23	
9				Lempung	Abu-abu							
10				Lempung	Abu-abu		5	8	14	20	34	
11				Lempung Keras	Abu-abu							
12				Lempung Keras	Abu-abu		6	15	19	27	46	
13				Lempung Pasir Padat	Abu-abu							
14				Lempung Pasir Padat	Abu-abu		7	18	25	32	57	
15				Pasir Padat	Abu-abu							
16				Pasir Padat	Abu-abu		8	23	30	37	67	
17				Pasir Padat	Abu-abu Cerah							
18				Pasir Padat	Abu-abu Cerah		9	30	37	44	>67	
19				END OF CORE HOLE 18.00 M				7				
20							10					
21							11					
22							12					
23							13					
24							14					
25							15					
26							16					
27							17					
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												

Sumber: Result Soil Investigation, Proyek Pembangunan Jembatan Sungai Manggar, Inovasi Konsultan

Lampiran 4.1 Hasil Uji PDA Pier 3 Pile 7 (P3-07)



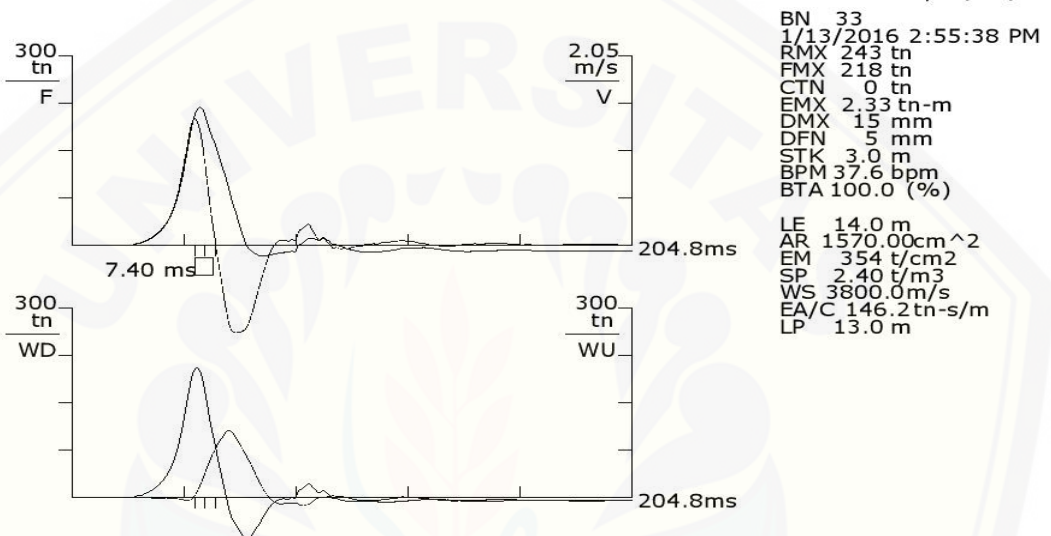
PT GEO-PONDASI TESTING

Jl. Kucica X Blok JF 6 No. 20 Sektor 9 Bintaro Jaya
Tangerang 15229 Indonesia
Telephone : +62 21 7452510
Fax : +62 21 7455893
e-mail : geopond11@gmail.com

PT Geo-Pondasi Testing
JEMBATAN SUNGAI MANGGAR
BALIKPAPAN

PDA OP: LM

PILE DRIVING ANALYZER ®
Version 2012.106
JSMB-P3-07
DIESEL HAMMER DD-53;02/01/16



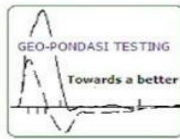
KODE	KETERANGAN	Tiang:#JSMB-P3-07
BN	Pukulan	33
RMX	Daya dukung tiang [ton]	243
FMX	Gaya tekan maksimum [ton]	218
CTN	Gaya tarik maksimum [ton]	0
EMX	Energi maksimum yang ditransfer [tonm]	2,33
DMX	Penurunan maksimum [mm]	15
DFN	Penurunan permanen [mm]	5
STK	Tinggi jatuh palu [m]	3
BPM	Pukulan per menit	37,6
BTA	Nilai keutuhan tiang [%]	100
LE	Panjang tiang dibawah instrumen [m]	14
LP	Panjang tiang tertanam [m]	13
AR	Luas penampang tiang [cm ²]	1570

Gambar 3a. Hasil pengujian PDA untuk tiang:#JSMB-P3-07

Lampiran- PDA-JembatanSungaiManggar-Balikpapan-WIKA

Sumber: Laporan Akhir Uji PDA PT. GEO-Pondasi Testing

Lampiran 4.2 Hasil Uji PDA Pier 4 Pile 1 (P4-01)



PT GEO-PONDASI TESTING

Jl. Kucica X Blok JF 6 No. 20 Sektor 9 Bintaro Jaya
 Tangerang 15229 Indonesia
 Telephone : +62 21 7452510
 Fax : +62 21 7455893
 e-mail : geopond11@gmail.com

PT Geo-Pondasi Testing

JEMBATAN SUNGAI MANGGAR
 BALIKPAPAN

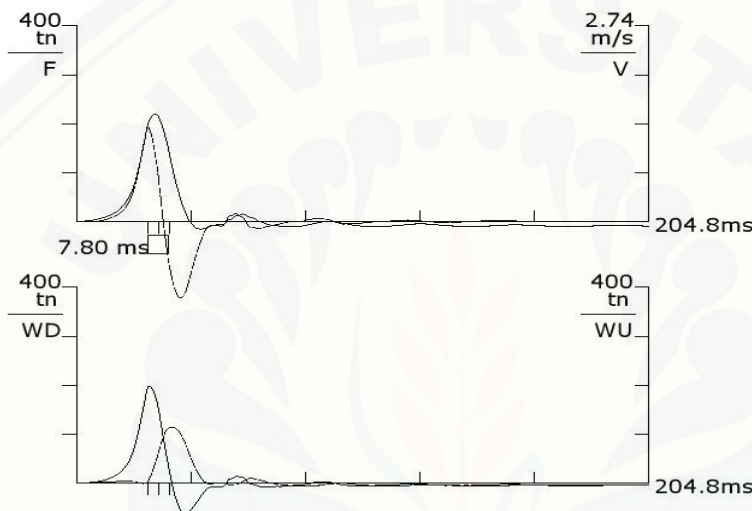
PDA OP: LM

PILE DRIVING ANALYZER ®

Version 2012.114

JSMB-P4-01

DIESEL HAMMER DD-53;03/01/16



BN 10
 1/13/2016 1:15:00 PM
 RSU 312 tn
 FMX 220 tn
 CTN 0 tn
 EMX 1.68 tn-m
 DMX 11 mm
 DFN 1 mm
 STK 2.8 m
 BPM 39.3 bpm
 BTA 100.0 (%)
 LE 15.0 m
 AR 1570.00cm²
 EM 354 t/cm²
 SP 2.40 t/m³
 WS 3800.0m/s
 EA/C 146.2 tn-s/m
 LP 14.4 m

KODE	KETERANGAN	Tiang:#JSMB-P4-01
BN	Pukulan	10
RSU	Daya dukung tiang [ton]	312
FMX	Gaya tekan maksimum [ton]	220
CTN	Gaya tarik maksimum [ton]	0
EMX	Energi maksimum yang ditransfer [tonm]	1,68
DMX	Penurunan maksimum [mm]	11
DFN	Penurunan permanen [mm]	1
STK	Tinggi jatuh palu [m]	2,8
BPM	Pukulan per menit	39,3
BTA	Nilai keutuhan tiang [%]	100
LE	Panjang tiang dibawah instrumen [m]	15
LP	Panjang tiang tertanam [m]	14,4
AR	Luas penampang tiang [cm ²]	1570

Gambar 4a. Hasil pengujian PDA untuk tiang:#JSMB-P4-01

Lampiran- PDA-JembatanSungaiManggar-Balikpapan-WIKA

Sumber: Laporan Akhir Uji PDA PT. GEO-Pondasi Testing

Lampiran 4.6 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Meyerhof (1976)

Tabel 1 Daya Dukung Pier 3 Pile 7 (P3-07)

h (m)	N _b	N _s	q _b (kg/cm ²)	q _s (kg/cm ²)	Q _b (ton)	Q _s (ton)	Q _u (ton)
2	12.667	5.000	7.600	0.333	11.938	12.566	24.504
4	19.000	9.000	11.400	0.600	17.907	45.239	63.146
6	22.800	12.667	13.680	0.844	21.488	95.504	116.993
8	28.600	19.000	17.160	1.000	26.955	113.097	140.052
10	36.200	22.800	21.720	1.000	34.118	113.097	147.215
12	40.000	24.667	24.000	1.000	37.699	113.097	150.796
14	40.000	28.429	160.000	0.569	251.327	64.304	315.631
16	40.000	32.375	160.000	0.648	251.327	73.231	324.558
18	40.000	32.375	160.000	0.648	251.327	73.231	324.558

Sumber: Data Pribadi, 2017

Tabel 2 Daya Dukung Pier 4 Pile 1 (P4-01)

h (m)	N _b	N _s	q _b (kg/cm ²)	q _s (kg/cm ²)	Q _b (ton)	Q _s (ton)	Q _u (ton)
2	14.000	10.000	8.400	0.667	13.195	25.133	38.327
4	14.000	11.500	8.400	0.767	13.195	57.805	71.000
6	19.800	14.000	11.880	0.933	18.661	105.558	124.219
8	27.000	16.250	16.200	1.000	25.447	113.097	138.544
10	35.800	19.800	21.480	1.000	33.741	113.097	146.838
12	40.000	24.167	24.000	1.000	37.699	113.097	150.796
14	40.000	28.857	160.000	0.577	251.327	65.273	316.601
16	40.000	33.625	160.000	0.673	251.327	76.058	327.385
18	40.000	33.625	160.000	0.673	251.327	76.058	327.385

Sumber: Data Pribadi, 2017

Lampiran 4.7 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Briaud & Tucker (1985)

Tabel 1 Daya Dukung Pier 3 Pile 7 (P3-07)

h (m)	N _b	N _s	q _b (kg/cm ²)	q _s (kg/cm ²)	Q _b (ton)	Q _s (ton)	Q _u (ton)
2	12.667	5.000	49.139	0.357	77.187	13.467	90.654
4	19.000	9.000	56.861	0.424	89.318	31.940	121.258
6	22.800	12.667	60.719	0.468	95.377	52.902	148.279
8	28.600	19.000	65.881	0.526	103.485	59.503	162.988
10	36.200	22.800	71.714	0.555	112.647	62.734	175.381
12	44.200	24.667	77.058	0.567	121.043	64.182	185.224
14	45.750	28.429	78.020	0.591	122.554	66.879	189.433
16	48.333	32.375	79.578	0.614	125.001	69.448	194.450
18	55.500	32.375	83.640	0.614	131.381	69.448	200.829

Sumber: Data Pribadi, 2017

Tabel 2 Daya Dukung Pier 4 Pile 1 (P4-01)

h (m)	N _b	N _s	q _b (kg/cm ²)	q _s (kg/cm ²)	Q _b (ton)	Q _s (ton)	Q _u (ton)
2	14.000	10.000	50.942	0.437	80.019	16.466	96.484
4	16.250	11.500	53.749	0.455	84.429	34.293	118.723
6	19.800	14.000	57.712	0.482	90.654	54.460	145.114
8	27.000	16.250	64.529	0.503	101.362	56.865	158.228
10	35.800	19.800	71.427	0.532	112.198	60.219	172.417
12	45.400	24.167	77.805	0.564	122.215	63.802	186.017
14	51.000	28.857	81.132	0.594	127.442	67.170	194.611
16	56.667	33.625	84.268	0.621	132.368	70.215	202.584
18	60.000	33.625	86.020	0.621	135.120	70.215	205.336

Sumber: Data Pribadi, 2017

Lampiran 4.8 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Aoki & de Alencar (1975)

Tabel 1 Daya Dukung Pier 3 Pile 7 (P3-07)

h (m)	N _b	N _s	q _b (kg/cm ²)	q _s (kg/cm ²)	Q _b (ton)	Q _s (ton)	Q _u (ton)
2	6.300	3.500	7.200	0.120	11.310	4.524	15.834
4	8.867	6.300	10.133	0.216	15.917	16.286	32.203
6	16.567	8.867	18.933	0.304	29.740	34.382	64.122
8	22.400	13.300	25.600	0.456	40.212	51.572	91.785
10	25.667	15.960	29.333	0.547	46.077	61.887	107.964
12	28.700	17.267	32.800	0.592	51.522	66.954	118.476
14	33.833	19.900	193.333	0.796	303.687	90.025	393.713
16	38.850	22.663	222.000	0.907	348.717	102.523	451.240
18	42.000	22.663	240.000	0.907	376.991	102.523	479.514

Sumber: Data Pribadi, 2017

Tabel 2 Daya Dukung Pier 4 Pile 1 (P4-01)

h (m)	N _b	N _s	q _b (kg/cm ²)	q _s (kg/cm ²)	Q _b (ton)	Q _s (ton)	Q _u (ton)
2	8.050	7.000	9.200	0.240	14.451	9.048	23.499
4	9.800	8.050	11.200	0.276	17.593	20.810	38.403
6	12.833	9.800	14.667	0.336	23.038	38.001	61.039
8	17.733	11.375	20.267	0.390	31.835	44.108	75.943
10	24.033	13.860	27.467	0.475	43.145	53.744	96.888
12	31.967	16.917	36.533	0.580	57.386	65.596	122.983
14	39.667	20.200	226.667	0.808	356.047	91.383	447.430
16	43.400	23.538	248.000	0.942	389.557	106.481	496.039
18	46.900	23.538	268.000	0.942	420.973	106.481	527.455

Sumber: Data Pribadi, 2017

Lampiran 4.9 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Luciano Decourt (1995)

Tabel 1 Daya Dukung Pier 3 Pile 7 (P3-07)

h (m)	N _b	N _s	q _b (kg/cm ²)	q _s (kg/cm ²)	Q _b (ton)	Q _s (ton)	Q _u (ton)
2	9.000	5.000	9.000	0.240	14.137	9.048	23.185
4	12.667	9.000	12.667	0.352	19.897	26.540	46.437
6	23.667	12.667	23.667	0.455	37.176	51.422	88.597
8	32.000	19.000	32.000	0.632	50.265	71.478	121.743
10	36.667	22.800	36.667	0.738	57.596	83.511	141.107
12	41.000	24.667	41.000	0.791	64.403	89.422	153.825
14	48.333	28.429	157.083	0.538	246.746	60.801	307.547
16	55.500	32.375	180.375	0.604	283.332	68.299	351.632
18	60.000	32.375	195.000	0.604	306.305	68.299	374.605

Sumber: Data Pribadi, 2017

Tabel 2 Daya Dukung Pier 4 Pile 1 (P4-01)

h (m)	N _b	N _s	q _b (kg/cm ²)	q _s (kg/cm ²)	Q _b (ton)	Q _s (ton)	Q _u (ton)
2	11.500	10.000	11.500	0.380	18.064	14.326	32.390
4	14.000	11.500	14.000	0.422	21.991	31.818	53.809
6	18.333	14.000	18.333	0.492	28.798	55.644	84.442
8	25.333	16.250	25.333	0.555	39.794	62.769	102.563
10	34.333	19.800	34.333	0.654	53.931	74.011	127.942
12	45.667	24.167	45.667	0.777	71.733	87.839	159.572
14	56.667	28.857	184.167	0.545	289.288	61.615	350.904
16	60.000	33.625	195.000	0.625	306.305	70.675	376.980
18	60.000	33.625	195.000	0.625	306.305	70.675	376.980

Sumber: Data Pribadi, 2017

Lampiran 4.10 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Bazara & Kurkur (1986)

Tabel 1 Daya Dukung Pier 3 Pile 7 (P3-07)

h (m)	N _b	N _s	q _b (kg/cm ²)	q _s (kg/cm ²)	Q _b (ton)	Q _s (ton)	Q _u (ton)
2	12.667	5.000	25.333	0.200	39.794	7.540	47.333
4	19.000	9.000	38.000	0.360	59.690	27.143	86.834
6	27.250	12.667	54.500	0.507	85.608	57.303	142.911
8	32.500	19.000	65.000	0.760	102.102	85.954	188.056
10	40.250	22.800	80.500	0.912	126.449	103.145	229.594
12	45.750	24.667	91.500	0.987	143.728	111.589	255.317
14	48.333	28.429	96.667	1.137	151.844	128.608	280.451
16	50.000	32.375	100	1.295	157.080	146.461	303.541
18	50.000	32.375	100	1.295	157.080	146.461	303.541

Sumber: Data Pribadi, 2017

Tabel 2 Daya Dukung Pier 4 Pile 1 (P4-01)

h (m)	N _b	N _s	q _b (kg/cm ²)	q _s (kg/cm ²)	Q _b (ton)	Q _s (ton)	Q _u (ton)
2	14.000	10.000	28.000	0.400	43.982	15.080	59.062
4	16.250	11.500	32.500	0.460	51.051	34.683	85.734
6	22.250	14.000	44.500	0.560	69.900	63.335	133.235
8	30.500	16.250	61.000	0.650	95.819	73.513	169.332
10	40.000	19.800	80.000	0.792	125.664	89.573	215.237
12	50.000	24.167	100.000	0.967	157.080	109.327	266.407
14	50.000	28.857	100.000	1.154	157.080	130.547	287.626
16	50.000	33.625	100.000	1.345	157.080	152.116	309.196
18	50.000	33.625	100.000	1.345	157.080	152.116	309.196

Sumber: Data Pribadi, 2017