



**ANALISA PERBANDINGAN KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI
BORE PILE DENGAN MENGGUNAKAN METODE EMPIRIS DAN
DINAMIK PADA PROYEK JALAN TOL PANDAAN - MALANG**

SKRIPSI

OLEH:

**YANUAR ADITYA PRATAMA
NIM 151910301049**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**ANALISA PERBANDINGAN KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI
BORE PILE DENGAN MENGGUNAKAN METODE EMPIRIS DAN
DINAMIK PADA PROYEK JALAN TOL PANDAAN - MALANG**

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 :

YANUAR ADITYA PRATAMA

NIM 151910301049

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2019

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibu saya, Nining Suryani, yang telah memberi semangat, materi dan doa yang tiada henti untuk saya hingga saat ini,
2. Keluarga saya, 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, yang telah memberikan semangat, ilmu, waktu, dan doa untuk saya hingga saat ini,
5. Sahabat saya, 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

Aku tidak khawatir akan jadi apa aku di masa depan nanti, apa aku akan berhasil atau gagal. Tapi yang pasti, apa yang aku lakukan sekarang akan membentukku di masa depan nanti

(Uzumaki Naruto)

Aku tersenyum, bukan berarti hidupku telah sempurna. Itu hanya caraku bersyukur dan menikmati hidup

(Monkey D.Luffy)

Tidak semua mimpi dan harapan akan terwujud sesuai dengan keinginan kita

(Orochimaru)

Jika kau tertawa kau akan bahagia, walau disaat sedih pun

(Jaguar D.sauro)

Saat orang-orang menganggapmu tidak bisa apa-apa, jangan pedulikan. Karena yang bisa mengubah nasibmu adalah kamu, bukan orang lain

(Rock Lee)

Jalani hidup seperti saat naik kereta. Selama tetap di jalurnya, kau pasti akan sampai tujuan dengan lancar. Jadi, duduklah dengan tenang sampai tiba di tujuan

(Shikadai Nara)

Keajaiban hanya terjadi pada mereka yang tak pernah menyerah

(Emporio Ivankov)

Mensualah untuk berilmu

(Afifa Pricillia Putri)

Jadilah orang yang tersenyum di akhir episode

(Yanuar Aditya Pratama)

Ikutilah kata hatimu, tetapi jangan lupa membawa otak bersamamu

(Albert Einstein)

Berharap memang tak berarti kita bisa memperoleh semuanya, tapi harapan akan mendorong kita untuk berusaha semampu kita

(Might Guy)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Yanuar Aditya Pratama

NIM : 151910301049

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul "ANALISA PERBANDINGAN KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI *BORE PILE* DENGAN MENGGUNAKAN METODE EMPIRIS DAN DINAMIK PADA PROYEK JALAN TOL PANDAAN - MALANG" 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, 10 Desember 2018
Yang menyatakan,

Yanuar Aditya Pratama
NIM 151910301049

SKRIPSI

**ANALISA PERBANDINGAN KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI
BORE PILE DENGAN MENGGUNAKAN METODE EMPIRIS DAN
DINAMIK PADA PROYEK JALAN TOL PANDAAN - MALANG**

Oleh

Yanuar Aditya Pratama
NIM 151910301049

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama
Dosen Pembimbing Anggota

:_Wiwik Yunarni W., ST., MT.
: Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "ANALISA PERBANDINGAN KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI *BORE PILE* DENGAN MENGGUNAKAN METODE EMPIRIS DAN DINAMIK PADA PROYEK JALAN TOL PANDAAN - MALANG" telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Senin, 14 Januari 2019

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

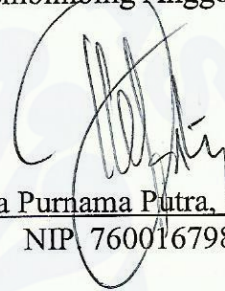
Tim Penguji:

Pembimbing Utama,



Wiwik Yunarni W., ST., MT.
NIP.19700613 199802 2 001

Pembimbing Anggota,



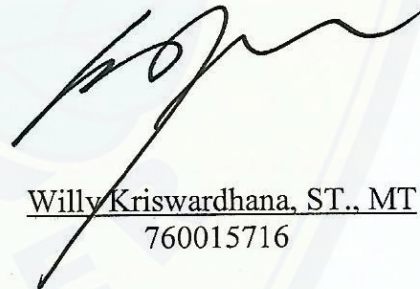
Paksitya Purnama Putra, S.T., M.T.
NIP. 760016798

Ketua Penguji,



Indra Nurtjahjaning-tyas., ST., MT.
19701024 199803 2 001

Anggota Penguji,



Willy Kriswardhana, ST., MT
760015716

Mengesahkan
Dekan



Dr. H. Entin Hidayah, M.UM
19661215 199503 2 001

RINGKASAN

ANALISA PERBANDINGAN KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI BORE PILE DENGAN MENGGUNAKAN METODE EMPIRIS DAN DINAMIK PADA PROYEK JALAN TOL PANDAAN - MALANG; Yanuar Aditya Pratama, 151910301049; 2018: 107 halaman; Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Pondasi merupakan bagian penting dari satu bangunan sipil, pondasi sebagai dasar penahan beban terdasar dari suatu konstruksi. Untuk itu diperlukan suatu desain pondasi yang tepat agar tidak terjadi kegagalan struktur pondasi, terutama desain pondasi tiang. Desain pondasi tiang dijelaskan ada empat metode, yaitu secara uji statik, empiris, uji dinamik, dan observasi. Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang akan dibandingkan daya dukung secara empiris dan uji dinamik. Dasar dari desain empiris tersebut dari hasil SPT tanah Tol Pandaan-Malang, sedangkan secara uji dinamik menggunakan PDA Test. Hasil perbandingan daya dukung untuk mengetahui pendekatan empiris yang dapat disarankan dalam mendesain daya dukung pondasi pada lokasi lain yang memiliki karakteristik tanah yang hampir sama dengan Tol Pandaan-Malang.

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 pile A1-10, pile ABT2-23, pile A1-33, pile P1-02, pile P1-08, pile A1-01. Selisih daya dukung empiris dibanding uji PDA pada pile A1-10, pile ABT2-23, pile A1-33, pile P1-02, pile P1-08, pile A1-01 yaitu pendekatan dengan Metode Meyerhof (1976) sebesar 154,356 ton; -19,487 ton; -119,654 ton; 54,276 ton; -48,203 ton; dan 10,026 ton. Metode Briaud & Tucker (1985) sebesar -393,938 ton; 45,844 ton; 258,468 ton; -348,774 ton; -558,215 ton; dan 575,297 ton. Metode Aoki & de Alencar (1975) sebesar -88,153 ton; -1852,142 ton; -1757,076 ton; -86,496 ton; -76,990 ton; dan -197,515 ton. Metode Luciano Decourt (1995) sebesar -188,231 ton; -1169,877 ton; -1011,193 ton; -208,967 ton;

-166,819 ton; dan -292,77 ton. Metode Bazara & Kurkur (1986) sebesar -44,595 ton; -2,732 ton; -24,886 ton; -38,094 ton; 3,984 ton; dan -20,871 ton.

Hasil perbandingan dengan metode Meyerhof (1976), Aoki & de Alencar (1975), dan Bazara & Kurkur (1986) dapat disarankan untuk mendesain daya dukung tiang bor karena rata-rata hasil perbandingan masuk dalam toleransi $\pm 18\%$ yaitu 9,27%, 17,10% dan 3,59%. Metode tersebut disarankan pada perencanaan daya dukung tiang bor silinder dengan diameter 120 cm pada tanah lapis lempung. Metode Briaud & Tucker (1985) dan Luciano Decourt (1995) tidak disarankan untuk mendesain daya dukung tiang bor karena rata-rata hasil perbandingan tidak masuk dalam toleransi $\pm 18\%$ yaitu 72,67% dan 31,99%. Sedangkan metode Meyerhof (1976), Briaud & Tucker (1985) dan Bazara & Kurkur (1986) dapat disarankan untuk mendesain daya dukung tiang bor karena rata-rata hasil perbandingan masuk dalam toleransi $\pm 18\%$ yaitu 4,64, 10,16% dan 0,91%. Metode tersebut disarankan pada perencanaan daya dukung tiang bor silinder dengan diameter 120 cm pada tanah pasir. Metode Aoki & de Alencar (1975) dan Luciano Decourt (1995) tidak disarankan untuk mendesain daya dukung tiang bor karena rata-rata hasil perbandingan tidak masuk dalam toleransi $\pm 18\%$ yaitu 128,25% dan 77,80%.

SUMMARY

COMPARATIVE ANALYSIS OF BORE PILE BEARING CAPACITY USING EMPIRICAL AND DYNAMICAL METHOD ON PANDAAN – MALANG TOLL ROAD PROJECT; Yanuar Aditya Pratama, 151910301049; 2018: 107 pages; Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Jember.

The foundation is an important part of a civilian building, as the basis for restraining burden of a construction. For this reason, a proper foundation design is needed to avoid the foundation structure failure, especially the design of the pile foundation. The design of the pile foundation is explained by four methods, namely static test, empirical test, dynamic test, and observation. Pandaan-Malang Toll Road Construction Project will be compared empirically and dynamically. The basis of the empirical design is from the results of the Pandaan-Malang Toll Road SPT, while the dynamic test uses PDA Test. The results of the comparison of bearing capacity to find out the empirical approach that can be suggested in designing foundation bearing capacity in other locations that have the same soil characteristics with the Pandaan-Malang Toll Road.

The empirical methods are used Meyerhof (1976), Briaud & Tucker (1985), Aoki & de Alencar (1975), Luciano Decourt (1995) and Bazara & Kurkur (1986). The bearing capacity of the dynamic test is obtained by interpreting the PDA test curve on pile A1-10, pile ABT2-23, pile A1-33, pile P1-02, pile P1-08, pile A101. The difference in empirical bearing capacity compared to the PDA test in pile A1-10, pile ABT223, pile A1-33, pile P1-02, pile P1-08, pile A1-01 which is an approach with the Meyerhof Method (1976) of 154,356 tons; -19,487 tons; -119,654 tons; 54,276 tons; -48,203 tons; and 10,026 tons. The method of Briaud & Tucker (1985) amounted to 393,938 tons; 45,844 tons; 258,468 tons; -348,774 tons; -558,215 tons; and 575,297 tons. The Aoki & de Alencar method (1975) was -88,153 tons; -1852,142 tons; 1757,076 tons; -86,496 tons; -76,990 tons; and -197,515 tons. Luciano Decourt (1995) method is -188,231 tons; -1169,877 tons; -

1011,193 tons; -208,967 tons; -166,819 tons; and -292.77 tons. The Bazara & Kurkur (1986) method is -44,595 tons; -2,732 tons; -24,886 tons; -38,094 tons; 3,984 tons; and -20,871 tons.

The results of the comparison with the methods of Meyerhof (1976), Aoki & de Alencar (1975) and Bazara & Kurkur (1986) can be suggested in designing the bearing capacity of the bore pile based on the average of the ratio result $\pm 18\%$, is 9.27%, 17.10% and 3.59%. The method is recommended for planning the bearing capacity of cylindrical bore pile with diameter 120 cm in clay soil. The methods of Briaud & Tucker (1985) and Luciano Decourt (1995) are not recommended in designing the bearing capacity of bore pile because the average of the ratio results did not include the tolerance $\pm 18\%$, is 72.67% and 31.99%. Whereas, Meyerhof (1976), Briaud & Tucker (1985) and Bazara & Kurkur (1986) can be suggested in designing the bearing capacity of bore pile because the average of the ratio result is below $\pm 18\%$, is 4.64%, 10.16% and 0.91%. The method is recommended in designing the bearing capacity of cylindrical bore pile with diameter 120 cm in sand soil. The methods of Aoki & de Alencar (1975) and Luciano Decourt (1995) are not recommended in designing the bearing capacity of bore pile because the average of the ratio result did not include the tolerance $\pm 18\%$, is 128.25% and 77.80%.

PRAKATA

Alhamdulillah, Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ANALISA PERBANDINGAN KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI *BORE PILE* DENGAN MENGGUNAKAN METODE EMPIRIS DAN DINAMIK PADA PROYEK JALAN TOL PANDAAN - MALANG”. 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, Nining Suryani,
2. Wiwik Yunarni W., ST., MT selaku dosen pembimbing utama,
3. Paksitya Purnama Putra, 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, 10 Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

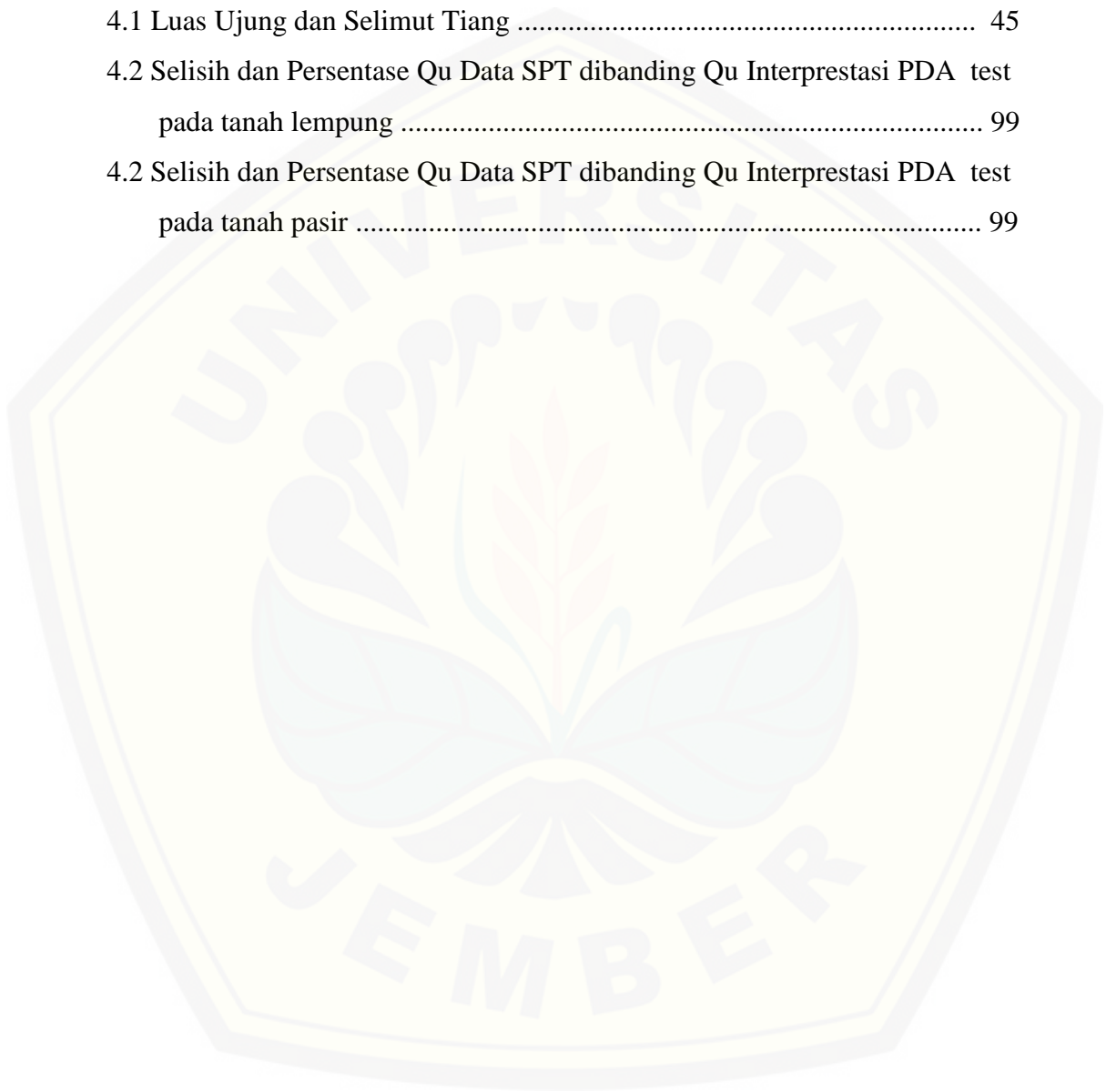
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING.....	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN.....	viii
SUMMARY	x
PRAKATA.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan	3
1.5 Manfaat	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Umum	4
2.2 Pile Driving Analyze (PDA) Test	5
2.2.1 Definisi	5
2.2.2 Pelaksanaan Pengujian dengan PDA	5
2.2.3 Hasil Uji PDA.....	7
2.3 Case Method.....	11
2.3.1 Case Pile Wave Analyze Program (CAPWAP)	11
2.3.2 Persamaan Case Method	11
2.4 Standard Penetration Test (SPT).....	13

2.4.1 Definisi	13
2.4.2 Peralatan SPT	13
2.4.3 Persiapan SPT.....	14
2.4.4 Prosedur SPT	14
2.4.5 Hasil SPT	15
2.5 Daya Dukung Pondasi Berdasarkan SPT.....	17
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	20
3.1 Persiapan.....	20
3.1.1 Studi Literatur.....	20
3.1.2 Penentuan Lokasi Penelitian.....	20
3.1.3 Pengumpulan Data.....	20
3.2 Interpretasi Uji PDA	20
3.3 Perhitungan Daya Dukung Berdasar Data SPT	21
3.4 Perbandingan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Case Method.....	22
3.5 Evaluasi Perbandingan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Case Method	22
3.6 Diagram Alir Metode Penelitian	23
3.6.1 Diagram Alir Metode Mayerhof (1976)	25
3.6.2 Diagram Alir Metode Briaud & Tucker (1985)	26
3.6.3 Diagram Alir Metode Aoki & Alencer (1975)	27
3.6.4 Diagram Alir Metode Luciano Decourt (1995)	28
3.6.5 Diagram Alir Metode Bazara & Kurkur (1976)	29
3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian Tugas Akhir	30
BAB 4. PEMBAHASAN	31
4.1 Daya Dukung Tiang Berdasarkan Pile Driving Analyze (PDA) Test	31
4.1.1 Penanda Waktu Kurva Uji PDA.....	31
4.1.2 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Kurva Uji PDA	32
4.2 Daya Dukung Berdasarkan Data Soil Penetration Test (SPT)....	44

4.2.1 Metode Meyerhof (1976)	46
4.2.2 Metode Briaud & Tucker (1985).....	54
4.2.3 Metode Aoki & de Alencar (1975)	63
4.2.4 Metode Luciano Decourt (1995)	72
4.2.5 Metode Bazara & Kurkur (1986)	80
4.3 Perbandingan Daya Dukung Berdasarkan SPT dan Interpretasi PDA test	89
BAB 5. PENUTUP.....	105
5.1 Kesimpulan.....	105
5.2 Saran	105
DAFTAR PUSTAKA	106
LAMPIRAN.....	108

DAFTAR TABEL

2.1 Pendekatan Tahanan Ujung dan Selimut	18
3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian Tugas Akhir	30
4.1 Luas Ujung dan Selimut Tiang	45
4.2 Selisih dan Persentase Q_u Data SPT dibanding Q_u Interpretasi PDA test pada tanah lempung	99
4.2 Selisih dan Persentase Q_u Data SPT dibanding Q_u Interpretasi PDA test pada tanah pasir	99



DAFTAR GAMBAR

2.1 Letak Pemasangan Instrumen	5
2.2 Contoh Kurva Hasil Uji PDA	7
2.3 Contoh Hasil Pengujian PDA	10
2.4 Contoh Hasil Pengujian PDA	10
2.5 Contoh Formulir SPT	16
4.1a Hasil Interpolasi manual grafik PDA A1-10	32
4.1b Hasil Interpolasi grafik PDA A1-10	33
4.2a Hasil Interpolasi manual grafik PDA ABT2-23	34
4.2b Hasil Interpolasi grafik PDA ABT2-23	35
4.3a Hasil Interpolasi manual grafik PDA A1-33	36
4.3b Hasil Interpolasi grafik PDA A1-33	37
4.4a Hasil Interpolasi manual grafik PDA P1-02	38
4.4b Hasil Interpolasi grafik PDA P1-02	39
4.5a Hasil Interpolasi manual grafik PDA P1-08	40
4.5b Hasil Interpolasi grafik PDA P1-08	41
4.6a Hasil Interpolasi manual grafik PDA A1-01	42
4.6a Hasil Interpolasi grafik PDA A1-01	43
4.7 Q Mayerhof (1976) Pile A1-10	52
4.8 Q Mayerhof (1976) Pile ABT2-23	53
4.9 Q Mayerhof (1976) Pile A1-33	53
4.10 Q Mayerhof (1976) Pile P1-02	53
4.11 Q Mayerhof (1976) Pile P1-08	54
4.12 Q Mayerhof (1976) Pile A1-01	54
4.13 Q Briaud and Tucker (1985) Pile A1-01	61
4.14 Q Briaud and Tucker (1985) Pile ABT2-23	61
4.15 Q Briaud and Tucker (1985) Pile A1-33	61
4.16 Q Briaud and Tucker (1985) Pile P1-02	62
4.17 Q Briaud and Tucker (1985) Pile P1-08	62
4.18 Q Briaud and Tucker (1985) Pile A1-01	62

4.19 Q Aoki and De Alencar (1975) Pile A1-10	70
4.20 Q Aoki and De Alencar (1975) Pile ABT2-23	70
4.21 Q Aoki and De Alencar (1975) Pile A1-33	71
4.22 Q Aoki and De Alencar (1975) Pile P1-02	71
4.23 Q Aoki and De Alencar (1975) Pile P1-08	71
4.24 Q Aoki and De Alencar (1975) Pile A1-01	72
4.25 Q Luciano Decourt (1995) Pile A1-10	78
4.26 Q Luciano Decourt (1995) Pile ABT2-23	79
4.27 Q Luciano Decourt (1995) Pile A1-33	79
4.28 Q Luciano Decourt (1995) Pile P1-02	79
4.29 Q Luciano Decourt (1995) Pile P1-08	80
4.30 Q Luciano Decourt (1995) Pile A1-01	80
4.31 Q Bazara and Kurkur (1986) Pile A1-10	87
4.32 Q Bazara and Kurkur (1986) Pile ABT2-23	87
4.33 Q Bazara and Kurkur (1986) Pile A1-33	87
4.34 Q Bazara and Kurkur (1986) Pile P1-02	88
4.35 Q Bazara and Kurkur (1986) Pile P1-08	88
4.36 Q Bazara and Kurkur (1986) Pile A1-01	88
4.37 Qu SPT setiap metode Pile A1-01	89
4.38 Qu Interpretasi PDA test dan Qu SPT Pile A1-01	89
4.39 Qu SPT setiap metode Pile ABT2 – 23	90
4.40 Qu Interpretasi PDA test dan Qu SPT Pile ABT2-23	90
4.41 Qu SPT setiap metode Pile A1 – 33	91
4.42 Qu Interpretasi PDA test dan Qu SPT Pile A1-33	91
4.43 Qu SPT setiap metode Pile P1 -02	92
4.44 Qu Interpretasi PDA test dan Qu SPT Pile P1-02	92
4.45 Qu SPT setiap metode Pile P1 -08	93
4.46 Qu Interpretasi PDA test dan Qu SPT Pile P1-08	93
4.47 Qu SPT setiap metode Pile P1 -08	94
4.42 Qu Interpretasi PDA test dan Qu SPT Pile A1-01	94

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 4.1 Hasil Uji PDA Pile A1-10
- Lampiran 4.2 Hasil Uji PDA Pile ABT2-23
- Lampiran 4.3 Hasil Uji PDA Pile A1-33
- Lampiran 4.4 Hasil Uji PDA Pile P1-02
- Lampiran 4.5 Hasil Uji PDA Pile P1-08
- Lampiran 4.6 Hasil Uji PDA Pile A1-01
- Lampiran 4.7 Data SPT Sta 34+093 (BH-6A)
- Lampiran 4.8 Data SPT Sta 38+034 (BH-2D)
- Lampiran 4.9 Data SPT Sta 38+107 (BH-2E)
- Lampiran 4.10 Data SPT Sta 34+669 (BH-5B)
- Lampiran 4.11 Data SPT Sta 34+669 (BH-5A)
- Lampiran 4.12 Data SPT Sta 34+093 (BH-6B)
- Lampiran 4.13 Desain Pondasi 1
- Lampiran 4.14 Desain Pondasi 2
- Lampiran 4.15 Desain Pondasi 3
- Lampiran 4.16 Interpretasi PDA Test Pile A1-10
- Lampiran 4.17 Interpretasi PDA Test Pile ABT2-23
- Lampiran 4.18 Interpretasi PDA Test Pile A1-33
- Lampiran 4.19 Interpretasi PDA Test Pile P1-02
- Lampiran 4.20 Interpretasi PDA Test Pile P1-08
- Lampiran 4.21 Interpretasi PDA Test Pile A1-01
- Lampiran 4.22 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Mayerhof (1976)
- Lampiran 4.23 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Mayerhof (1976)
- Lampiran 4.24 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Mayerhof (1976)

- Lampiran 4.25 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Briadu & Tucker (1985)
- Lampiran 4.26 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Briadu & Tucker (1985)
- Lampiran 4.27 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Briadu & Tucker (1985)
- Lampiran 4.28 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Aoki & De Alencar (1975)
- Lampiran 4.29 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Aoki & De Alencar (1975)
- Lampiran 4.30 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Aoki & De Alencar (1975)
- Lampiran 4.31 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Luciano Decourt (1995)
- Lampiran 4.32 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Luciano Decourt (1995)
- Lampiran 4.33 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Luciano Decourt (1995)
- Lampiran 4.34 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Bazara & Kurkur (1986)
- Lampiran 4.35 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Bazara & Kurkur (1986)
- Lampiran 4.36 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Bazara & Kurkur (1986)

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pondasi merupakan bagian penting dari satu bangunan sipil, pondasi sebagai dasar penahan beban terdasar dari suatu konstruksi. Untuk itu diperlukan suatu desain pondasi yang tepat agar tidak terjadi kegagalan struktur pondasi, terutama desain pondasi tiang. Desain pondasi tiang dijelaskan ada empat metode, yaitu secara uji statik, empiris, uji dinamik, dan observasi. Metode desain pondasi secara empiris yaitu metode desain yang menggunakan persamaan atau rumus pendekatan untuk mendesain daya dukung pondasi tiang. Persamaan tersebut seperti metode Meyerhof, Briaud & Tucker, Aoki & de Alencar, Luciano Decourt, dan Bazara & Kurkur. Sedangkan metode desain pondasi tiang secara dinamik yaitu metode desain yang menggunakan pengujian langsung di lapangan untuk mengetahui daya dukung pondasi tiang. Sedangkan pengujian dinamik tersebut seperti PDA test.

Pile Driving Analyzer (PDA) adalah sistem yang paling banyak digunakan untuk pengujian beban secara dinamik dan pengawasan pemancangan di dunia. PDA akan menghasilkan keluaran (output) berupa daya dukung ultimit pondasi (Qu). PDA test dilakukan pada saat pondasi telah terpasang dan berumur 1-10 hari. Sebelum melakukan PDA test perencanaan desain pondasi dengan menggunakan berbagai rumus empiris yang tepat sesuai keadaan tanah pada lokasi tertentu sangat diperlukan untuk mendapatkan daya dukung yang sesuai dalam mendesain 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. Menurut Denny (2013) perhitungan empiris pada tiang pancang dengan metode Mayerhof merupakan metode yang paling mendekati dengan hasil PDA test pada tanah lempung. 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.

Pada proyek pembangunan jalan tol Pandaan Malang digunakan metode empiris dan uji dinamik dalam mendesain tiang bor. Dasar dari desain metode empiris tersebut dari hasil SPT tanah jembatan jalan tol Pandaan Malang. Sedangkan desain dengan metode uji dinamik menggunakan data 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 bor dari pengujian PDA dan SPT. Hasil evaluasi yang didapat berupa daya dukung setiap metode empiris dengan hasil daya dukung PDA test berupa perhitungan manual dengan metode case. Kemudian hasil tersebut dibandingkan dan mencari selisih perbandingan yang hasilnya dalam toleransi $\pm 18\%$ sebagai toleransi desain daya dukung tiang bor. Jika hasil perhitungan metode empiris tersebut masuk dalam toleransi $\pm 18\%$ maka metode tersebut dapat digunakan sebagai perencanaan perhitungan daya dukung pondasi tiang bor pada karakteristik tanah pada lokasi yang berbeda tetapi memiliki karakteristik jenis tanah yang hampir sama pada lokasi penelitian. Toleransi $\pm 18\%$ tersebut diambil dari hasil statistika berdasarkan jurnal yang pernah melakukan penelitian sebelumnya.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Reni Mareta Putri pada tahun 2017 pada proyek pembangunan Jembatan Sungai Manggar. Dari penelitian yang dilakukan Reni Mareta Putri di daerah Jembatan Sungai Manggar didapatkan bahwa metode empiris yang bisa digunakan dalam karakteristik tanah di tempat tersebut adalah dengan metode Meyerhof, Luciano Decourt, dan Bazara & Kurkur. Penelitian sebelumnya hanya menggunakan perbandingan dengan 2 hasil PDA test dan juga karakteristik tanah yang hampir sama pada titik lokasi dimana PDA test dilakukan. Penelitian ini akan dilakukan menggunakan perbandingan dengan 6 hasil PDA test dan juga karakteristik tanah yang berbeda-beda karena lokasi pengujian PDA nya dilakukan pada setiap jembatan jalan tol yang berbeda tempat dan karakteristik

tanahnya. Untuk itu hasil yang didapat lebih bervariasi yang nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam mendesain daya dukung pondasi tiang bor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, didapatkan rumusan masalah yaitu bagaimana perbandingan daya dukung pondasi tiang bor berdasarkan hasil interpretasi Pile Driving Analyzer (PDA) dan perhitungan dari hasil data SPT.

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini meliputi interpretasi daya dukung tiang dari uji PDA dan perhitungan pondasi tiang bor 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 bor dari intrerpretasi pengujian PDA dengan perhitungan berdasarkan hasil SPT.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Sebagai tinjauan perhitungan daya dukung pondasi tiang bor dari hasil SPT.
2. Sebagai bahan pertimbangan pemilihan metode empiris dalam mendesain pondasi tiang bor pada daerah tertentu yang memiliki karakteristik jenis tanah yang hampir sama pada daerah Jalan Tol Pandaan-Malang.

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 dan Skripsi oleh Reni Mareta Putri 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 impak *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

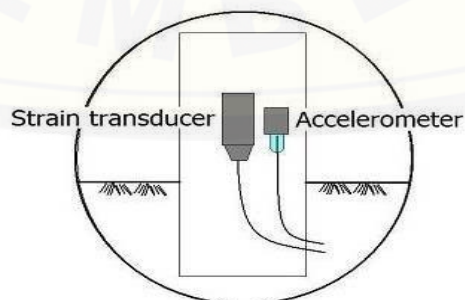
Tahap pelaksanaan pengujian menurut Laporan Akhir Pengujian Testing meliputi :

a. Pemasangan Instrumen

Regangan dan percepatan gelombang akibat impak 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. Pemukulan 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 Test

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:

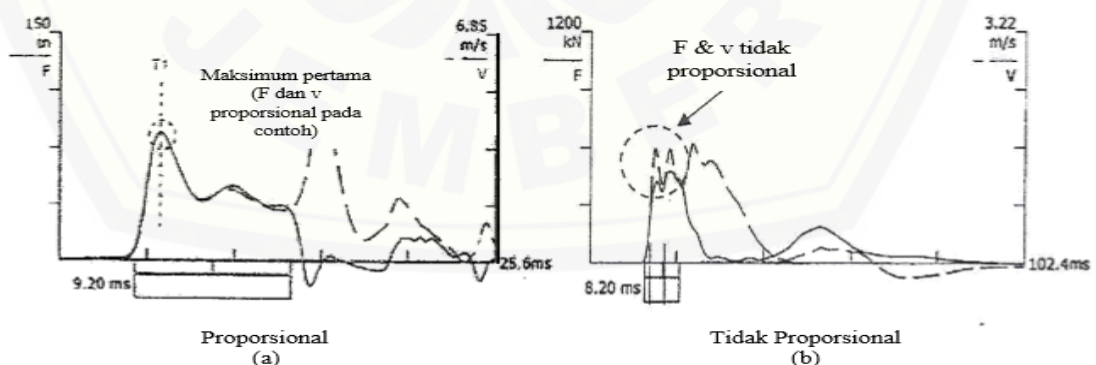
- a. Proporsi garis awal naik pada awal kurva (puncak tidak harus sesuai)

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 impact
 - 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 $\frac{1}{3}$ sampai $\frac{1}{2}$.
 - e. F pada akhir perekaman kembali ke 0.



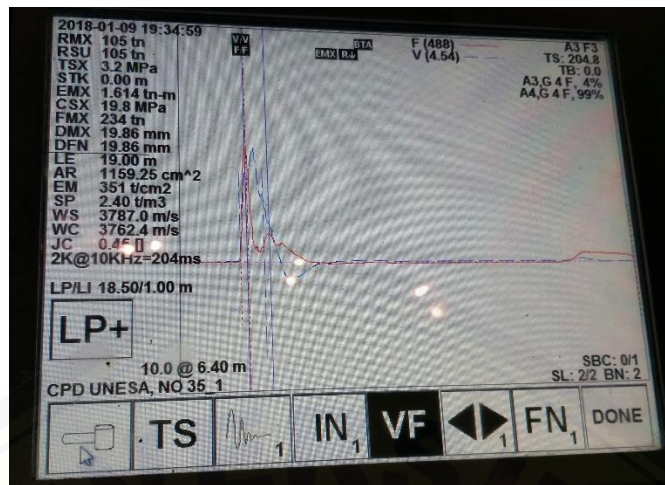
Gambar 2.2 Contoh Kurva Hasil Uji PDA

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

Data-data yang diperoleh dari test PDA, meliputi :

1. RMX = Daya dukung tiang (ton)
2. RSU = Daya dukung tiang (ton)
*Untuk penggunaan RMX dan RSU di lihat dari grafik negatif pada garis warna biru, jika garis negatif itu berada diantara garis tegak maka digunakan RSU, jika di luar maka digunakan RMX
3. EMX = Energi maksimum yang di transfer (ton.m)
4. CSX = Daya tekan maksimum (Mpa)
5. TSX = Daya tarik maksimum (Mpa)
6. STK = Tinggi jatuh palu (m)
7. DMX = Penurunan maksimum (mm)
*Perkiraan penurunan maksimum yang dapat di alami oleh pile tersebut
8. DFN = Penurunan Permanen (mm)
*Jika nilai yang terbaca negatif, maka DFN menjadi penurunan rebound, yang artinya pile tersebut tidak mengalami penurunan tetapi memental (kembali ke tempat semula)
9. FMX = Gaya tekan maksimum (ton)
10. LE = Panjang tiang di bawah instrumen (m)
11. AR = Luas penampang tiang (cm^2)
12. EM = Modulus elastisitas (t/cm^2)
13. SP = Berat jenis beton (t/cm^3)
14. WS = Cepat rambat (m/s)
15. WC = Cepat rambat (m/s)
16. JC = Damping Faktor (tergantung dengan kondis dan jenis tanah di lapangan)

NB :Sefety factor pada PDA test adalah 2,25 dari Daya dukung design



Gambar 2.3 Contoh Hasil Pengujian PDA

Sumber : Hasil Pengamatan Test PDA proyek PPHK Gedung UNESA

PILE INDONESIA KONSTRUKSI
STATIC LOADING, PILE DRIVING ANALYSER, PILE INTEGRITY TEST

Jl. Kapuk Raya, Ruko Maisonette Garden Boulevard
Blok A2 No. 7, Cengkareng - Jakarta Barat
Telp. (021) 29029074
www.pileindonesiakonstruksi.co.id

LAPORAN LAPANGAN FIELD REPORT

Nama Proyek / Project Name : CPD UNESA
Lokasi / Location : kampus UNESA LIDAH WETAN
Tanggal / Date : 9 Januari 2018
Data Tiang / Pile Info : ~~140-115~~ NO: 13.16.

Tipe Tiang / Pile Type :
 Panjang Total / Pile Length : 20. Meter
 Panjang Sampai Sensor / Length of Embedment : 19. Meter
 Panjang Tertanam / Length of Penetration : 18.5 Meter
 Tipe Palu / Type Hammer : Hidrolik Diesel Drop
 Berat Palu / Hammer Weight : 3.6 Ton
 Area : 1159.25 cm²
 EM : 351 Ton/cm²
 WS : 3787 M/s
 SP : 2.40 t/m³

BN	2.
FMX	46 ton
CSX	3.7 MPa
TSX	2.5 MPa
STK	50 cm
RSU	16 ton
RMX	63 ton
DMX	11.08 mm
DFN	7.95 mm
EMX	0.186 tn-m

Note :

PT. PILE INDONESIA KONSTRUKSI

Gambar 2.4 Contoh Hasil Pengujian PDA

Sumber : Hasil Pengamatan Test PDA proyek PPHK Gedung UNESA

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:

$$W_d = \frac{1}{2} (F_{t1} + Z_{vt1}) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$W_u = \frac{1}{2} (F_{t2} - Z_{vt2}) \dots\dots\dots (2.3)$$

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

$$= \frac{1}{2} (F_{t1} + Z_{vt1} + F_{t2} - Z_{vt2})$$

- keterangan, W_d = Downward wave (ton)
 W_u = Upward wave (ton)
 F_{t1} = 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 *Standart 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

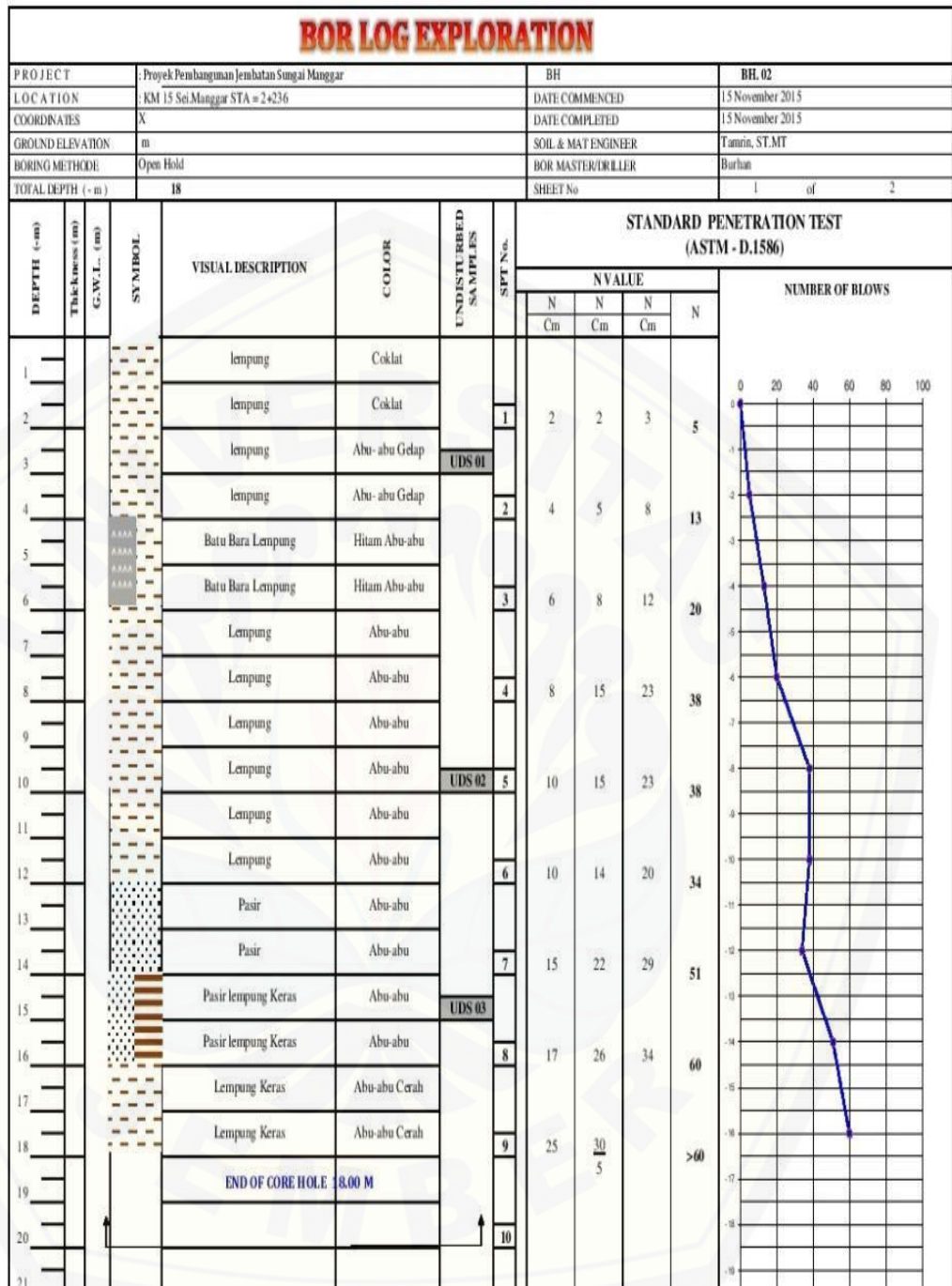
Prosedur uji SPT di lapang berdasar SNI 4153:2008, yaitu:

- a. Melakukan 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 2.5 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
Mayerhof (1976)	<p>Lempung :</p> $q_b = k \cdot N_b \cdot (L/D)$ <p>Pasir :</p> $q_b = 9 \cdot c_u$ $c_u = 2/3 \cdot N_b \cdot 10$	<p>Lempung :</p> $q_s = n_s \cdot N_s$ <p>Pasir :</p> $q_s = \alpha \cdot C_u$	<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>$q_b \leq m \cdot N_b$</p> <p>$q_s \leq m \cdot N_b$</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)	$q_b = 19,7 \cdot p_a \cdot (N_{60})^{0,36}$	$q_s = 0,224 \cdot p_a \cdot (N_s)^{0,29}$	<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)	$q_b = (k / 1,75) \cdot N_b$	$q_s = (a \cdot k / 3,5) \cdot N_s$	<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)	$q_b = k \cdot N_b$	$q_s = \alpha(2,8 \cdot N_s + 10)$	<p>N_b = Rata-rata nilai N-SPT</p> <p>N_s = Sekitar ujung tiang Rata- rata nilai N-SPT sekitar tiang yang tertanam</p> <p>α pasir = 0,5-0,6</p> <p>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>

<p>Bazara & Kurkur (1986)</p>	$q_b = n_b \cdot N_b$	$q_s = n_s \cdot N_s$	<p>N_b = Rata-rata N-SPT antara ID diatas dan 3,75D di bawah ujung tiang $N_b \leq 50$</p> <p>N_s = Rata-rata N-SPT selimut tiang yang</p> <p>n_b = 0,06 - 0,2</p> <p>n_s = 2 - 4</p>
---------------------------------------	-----------------------	-----------------------	--

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)

Pemilihan 5 Metode Perhitungan Daya Dukung berdasarkan SPT tersebut berdasarkan metode pendekatan daya dukung yang cocok untuk tanah dengan kondisi sampel saya berdasarkan penelitian sebelumnya, yaitu dari jurnal dan skripsi sebelumnya. Setelah itu saya tahu presentasi kedekatan perhitungan analisis berdasarkan SPT dibanding PDA, sehingga saya dapat menyarankan metode yang digunakan untuk analisis daya dalam perencanaan dengan menggunakan 5 metode tersebut. Kemudian evaluasi dilakukan dengan cara menghitung presentase selisih daya dukung dengan uji PDA dan berdasarkan data SPT, yaitu:

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

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Persiapan Penelitian

3.1.1 Studi Literatur

Tahap pertama dalam melaksanakan penelitian ini adalah dengan cara pengumpulan data dan pemahaman studi literatur. Pengumpulan data dan pemahaman studi literatur seputar uji PDA test, nilai SPT, dan daya dukung pondasi tiang pancang. Literatur berasal dari jurnal penelitian terdahulu, buku, artikel, internet, dan peraturan yang berlaku seputar penelitian.

3.1.2 Penentuan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian yang dipilih yaitu pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan - Malang. Objek penelitian yang dipilih pada penelitian ini yaitu Pile pada daerah Jembatan jalan Tol. Pemilihan objek tersebut berdasar ketersediaan data yang diperlukan untuk penelitian.

3.1.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan yaitu hasil uji PDA test dan SPT. Data tersebut merupakan data sekunder, karena didapat dari kontraktor atau instansi yaitu PT. PP (Persero) Tbk dan PT. Virama Karya (Persero)

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 impact, 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 impact, 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

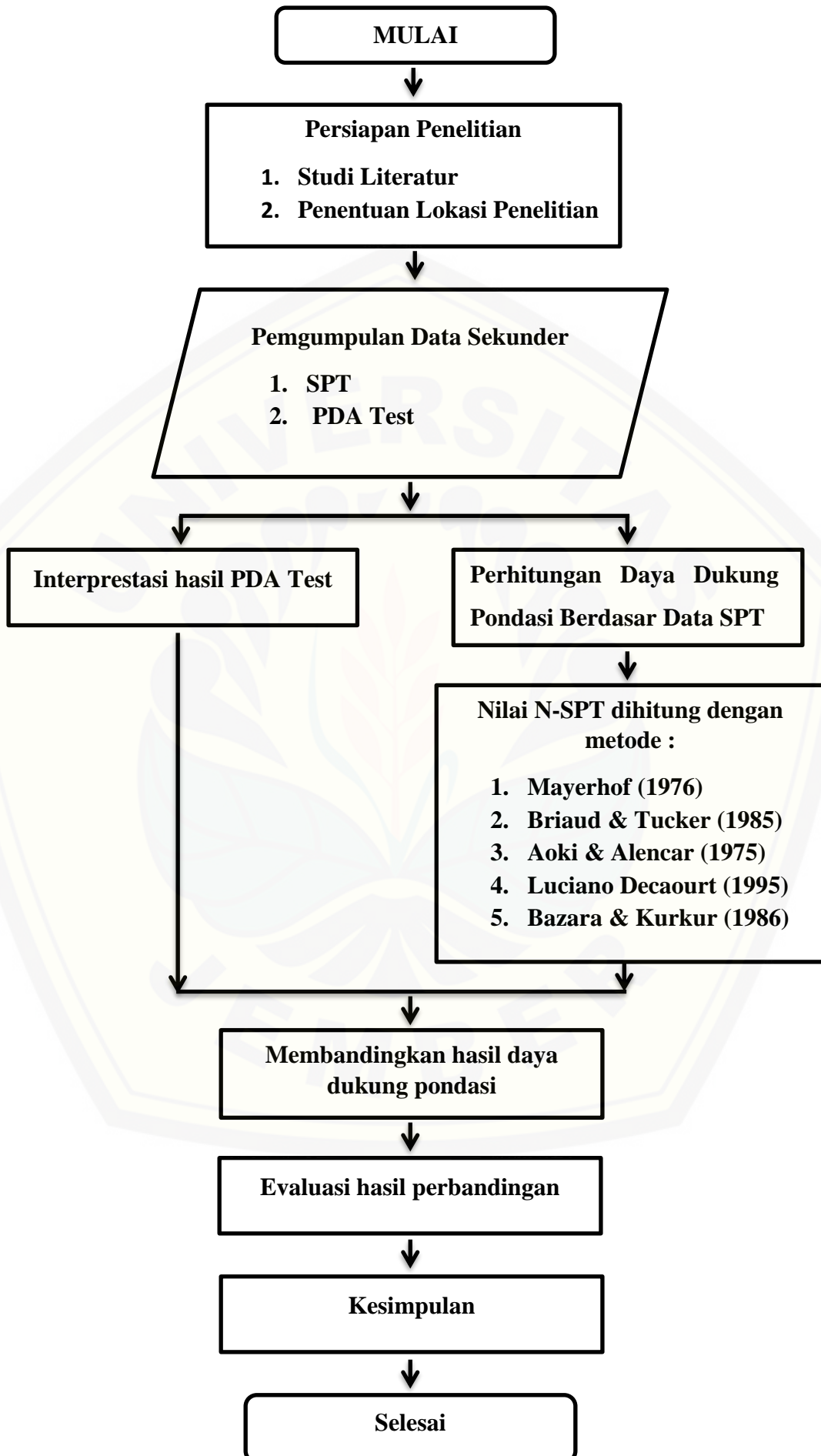
Setelah didapat nilai daya dukung dari hasil interpretasi uji PDA dan perhitungan berdasar SPT, nilai dari daya dukung uji PDA dibandingkan dengan nilai daya dukung perhitungan SPT setiap metode. Daya dukung yang dibandingkan merupakan daya dukung total.

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 Jalan Tol Pandaan - Malang. 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



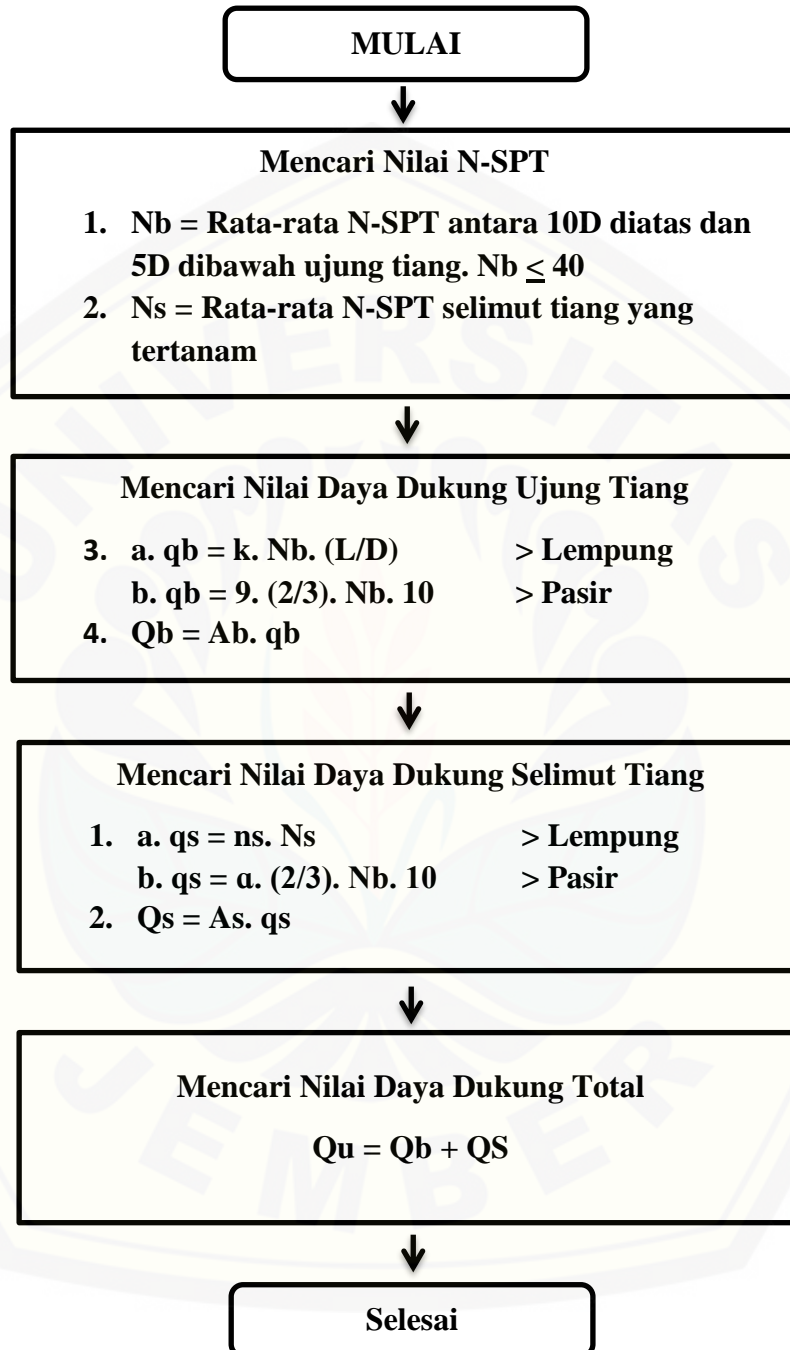
Untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini tahapan - tahapan hal yang harus dikerjakan yaitu:

Pertama, melakukan studi literatur tentang berbagai hal yang dibutuhkan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Kedua, tentukan lokasi yang akan dibuat sebagai tempat penelitian. Kemudian dibutuhkan 2 (dua) data sekunder yaitu meliputi data SPT tanah dan data hasil pengujian PDA test dan data tersebut diolah agar menjadi data yang diperlukan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir. Selanjutnya, data hasil pengujian daya dukung tiang pancang atau PDA test yang berupa data gelombang akan diolah untuk mendapatkan daya dukung pondasi tiang melalui sebuah aplikasi. Kedua, data SPT tanah diolah dengan beberapa cara metode empiris untuk mendapatkan daya dukung pondasi tiang pancang. Metode yang digunakan ada 5 yaitu : a. Metode Mayerhof (1976) b. Briaud & Tucker (1985) c. Aoki & de Alencar (1975) d. Luciano Decourt (1995) e. Bazara and Kurkur (1986).

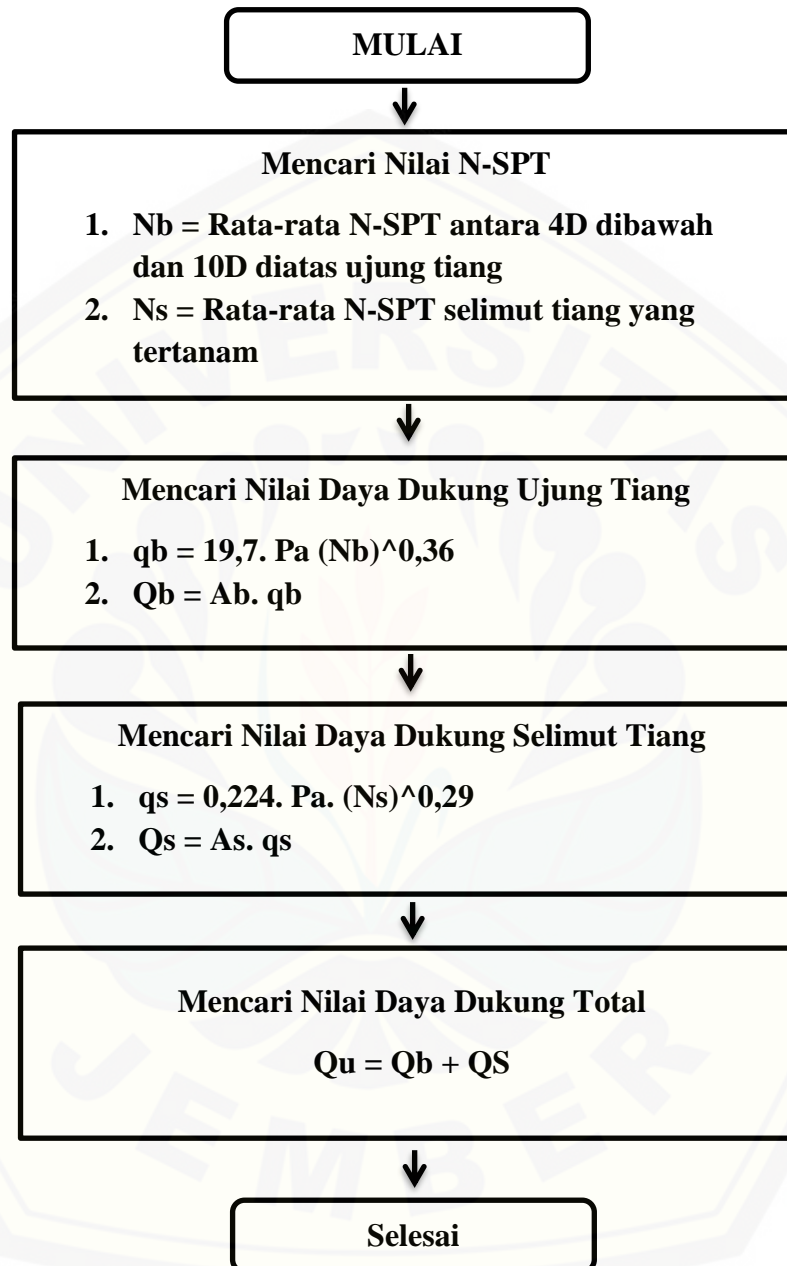
Setelah selesai mengolah data dari hasil pengujian PDA test dan data SPT tanah, dilakukan perbandingan daya dukung hasil pengujian PDA test dan daya dukung dari data SPT tanah menggunakan 5 (lima) metode tersebut. Setelah mendapatkan perbandingan selisih daya dukung (Q_u) dari hasil pengujian PDA test dan dari hasil data SPT tanah menggunakan 5 (lima) metode, kita evaluasi hasil perbandingannya terdapat berapa selisih hasil daya dukungnya. Terakhir setelah selesai mengevaluasi hasil perbandingan tersebut didapatkan kesimpulan akhir yaitu: dari kelima metode empiris itu manakah metode yang memiliki selisih terkecil dengan hasil daya dukung menggunakan PDA test. Hasil tersebut dapat dibuat sebagai acuan dalam menentukan rumus empiris yang tepat dalam mendesain daya dukung pondasi tiang pancang untuk karakteristik jenis tanah yang hampir sama pada lokasi lainnya. Laporan Tugas Akhir dapat terselesaikan.

Berikut Diagram Alir Metode-metode empiris perhitungan daya dukung tiang pancang :

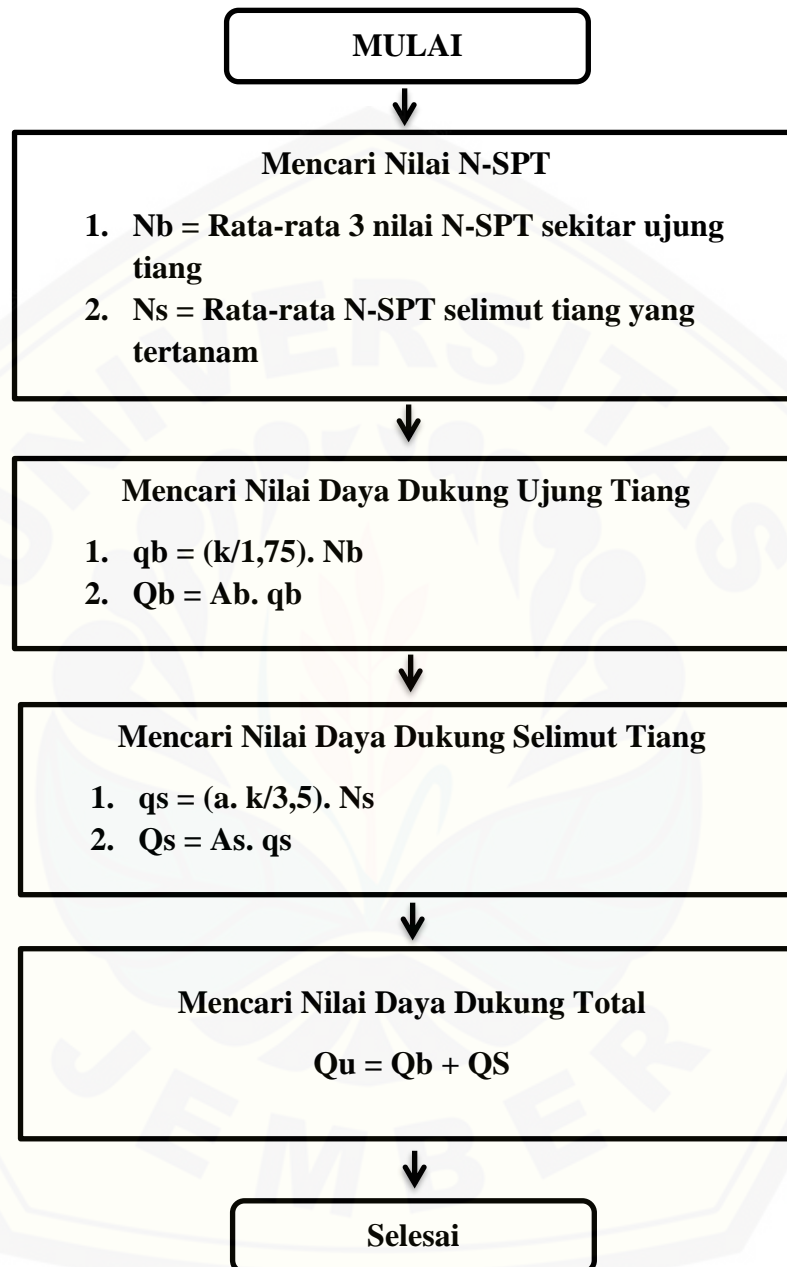
3.6.1 Diagram Alir Metode Mayerhof (1976)



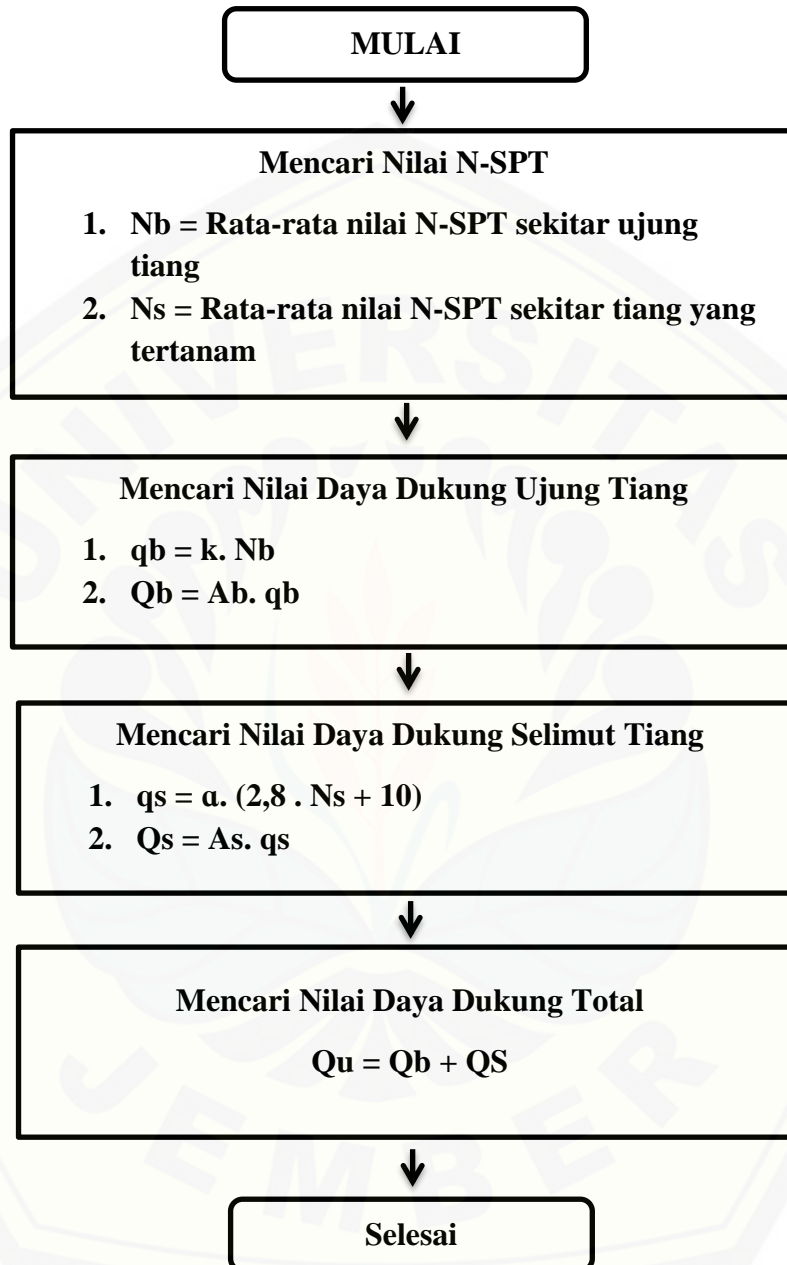
3.6.2 Diagram Alir Metode Briaud & Tucker (1985)



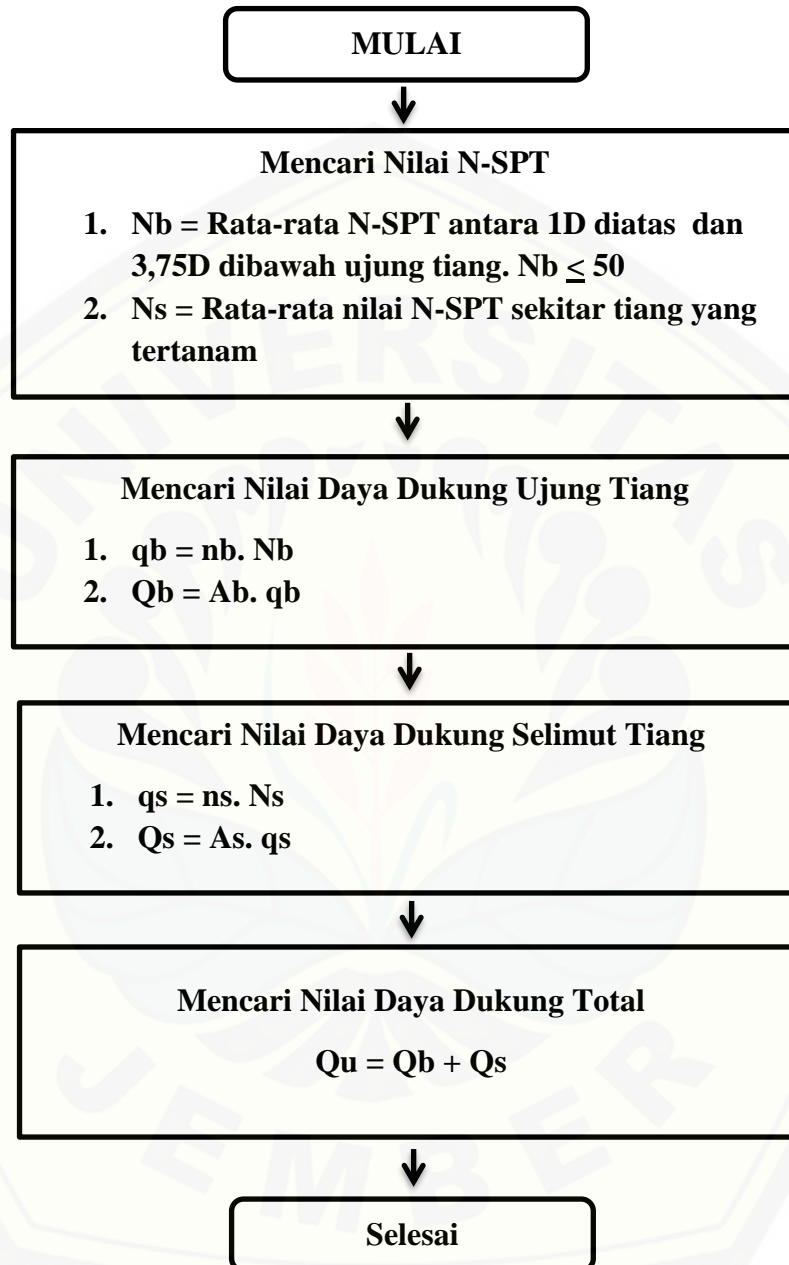
3.6.3 Diagram Alir Metode Aoki & Alencer (1975)



3.6.4 Diagram Alir Metode Luciano Decaurt (1995)



3.6.5 Diagram Alir Metode Bazara & Kurkur (1986)



3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian Tugas Akhir

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian Tugas Akhir

No	NAMA KEGIATAN	Juni 2018				Juli 2018				Agustus 2018				September 2018				Oktober 2018				November 2018				Desember 2018				Januari 2018			
		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	Penyusunan Proposal					■	■	■	■	■	■	■	■																				
4	Pengambilan Data											■																					
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

Hasil perbandingan dengan metode Meyerhof (1976), Aoki & de Alencar (1975), dan Bazara & Kurkur (1986) dapat disarankan untuk mendesain daya dukung tiang bor karena rata-rata hasil perbandingan masuk dalam toleransi $\pm 18\%$ yaitu 9,27%, 17.10% dan 3,59%. Metode tersebut disarankan pada perencanaan daya dukung tiang bor silinder dengan diameter 120 cm pada tanah lapis lempung. Metode Briaud & Tucker (1985) dan Luciano Decourt (1995) tidak disarankan untuk mendesain daya dukung tiang bor karena rata-rata hasil perbandingan tidak masuk dalam toleransi $\pm 18\%$ yaitu 72.67% dan 31.99%. Sedangkan Metode metode Meyerhof (1976), Briaud & Tucker (1985) dan Bazara & Kurkur (1986) dapat disarankan untuk mendesain daya dukung tiang bor karena rata-rata hasil perbandingan masuk dalam toleransi $\pm 18\%$ yaitu 4.64, 10.16% dan 0.91%. Metode tersebut disarankan pada perencanaan daya dukung tiang bor silinder dengan diameter 120 cm pada tanah pasir. Metode Aoki & de Alencar (1975) dan Luciano Decourt (1995) tidak disarankan untuk mendesain daya dukung tiang bor karena rata-rata hasil perbandingan tidak masuk dalam toleransi $\pm 18\%$ yaitu 128.25% dan 77.80%.

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,
3. Menambah metode-metode lainnya perhitungan daya dukung berdasarkan nilai SPT.

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. 2008. Teknik Fondasi 2. Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. Analisis dan Perancangan Fondasi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- 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 Testana Engineering,INC. 2018. Laporan Uji Integritas dan Pembebanan Dinamis Proyek Jalan Tol Pandaan Malang.

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.

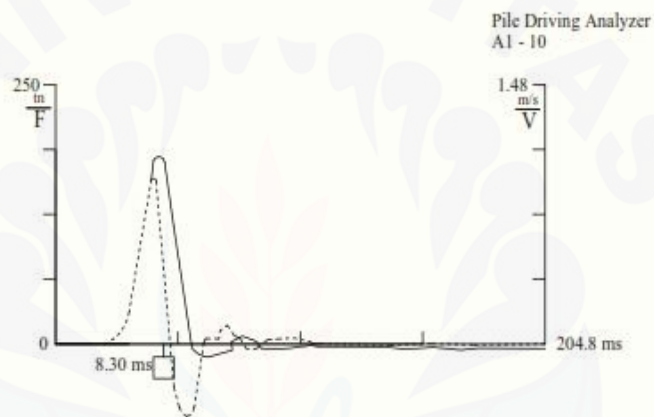
Yusti, Andi. 2014. Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Diverifikasi dengan Hasil Uji *Pile Driving Analyzer* Test dan CAPWAP (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel di Pangkalpinang). Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung.

Lampiran 4.1 Hasil Uji PDA Pile A1-10

PT TESTANA ENGINEERING, INC

Jl. Opak 66, Surabaya
Telp. / Fax : (031) 5678329
e-mail : testana_sby@yahoo.com

PT TESTANA ENGINEERING, INC
TOL PANDAAN - MALANG



KODE	KETERANGAN	TIANG A1 - 10
BHP	Berat Hammer PDA [ton]	12
RMX	Daya Dukung Tiang [ton]	760
FMX	Gaya Tekan Maksimum [ton]	1835
CTN	Gaya Tarik Maksimum [ton]	0
EMX	Energi maksimum yang ditransfer [tonm]	6,54
DMX	Penurunan Maksimum [mm]	4
DFN	Penurunan Permanen [mm]	2
STK	Tinggi Jatuh Palu [m]	3
CSX	Daya Tekan Maksimum [MPa]	15,9
BTA	Nilai Keutuhan Tiang [%]	100
LE	Panjang Tiang Dibawah Instrumen [m]	10,4
LP	Panjang Tiang Tertanam [m]	10
AR	Luas Penampang [cm ²]	11309,73

Lampiran PDA Test Tol Pandaan - Malang

Sumber : Laporan Uji PDA PT. Testana Engineering, INC

Lampiran 4.2 Hasil Uji PDA Pile ABT2-23

PT TESTANA ENGINEERING, INC

Jl. Opak 66, Surabaya
 Telp. / Fax : (031) 5678329
 e-mail : testana_sby@yahoo.com

PT TESTANA ENGINEERING, INC TOL PANDAAN - MALANG



KODE	KETERANGAN	TIANG ABT2 - 23
BHP	Berat Hammer PDA [ton]	12
RMX	Daya Dukung Tiang [ton]	1299
FMX	Gaya Tekan Maksimum [ton]	1614
CTN	Gaya Tarik Maksimum [ton]	0
EMX	Energi maksimum yang ditransfer [tonm]	4,49
DMX	Penurunan Maksimum [mm]	4
DFN	Penurunan Permanen [mm]	1
STK	Tinggi Jatuh Palu [m]	3
CSX	Daya Tekan Maksimum [MPa]	14,0
BTA	Nilai Keutuhan Tiang [%]	100
LE	Panjang Tiang Dibawah Instrumen [m]	12,4
LP	Panjang Tiang Tertanam [m]	12
AR	Luas Penampang [cm ²]	11309,73

Lampiran PDA Test Tol Pandaan - Malang

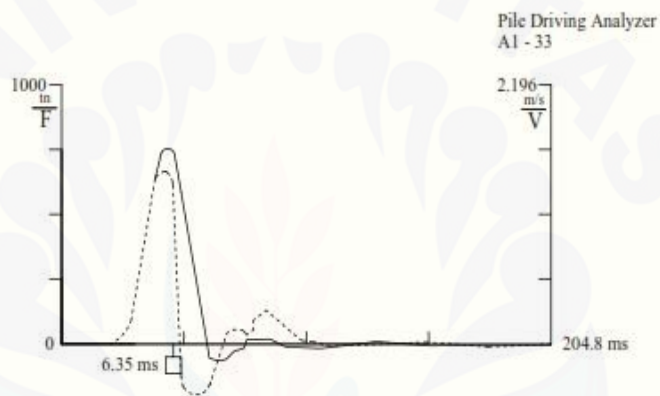
Sumber : Laporan Uji PDA PT. Testana Engineering, INC

Lampiran 4.3 Hasil Uji PDA Pile A1-33

PT TESTANA ENGINEERING, INC

Jl. Opak 66, Surabaya
 Telp. / Fax : (031) 5678329
 e-mail : testana_sby@yahoo.com

PT TESTANA ENGINEERING, INC TOL PANDAAN - MALANG



KODE	KETERANGAN	TIANG A1 - 33
BHP	Berat Hammer PDA [ton]	12
RMX	Daya Dukung Tiang [ton]	1510
FMX	Gaya Tekan Maksimum [ton]	1563
CTN	Gaya Tarik Maksimum [ton]	0
EMX	Energi maksimum yang ditransfer [tonm]	0,99
DMX	Penurunan Maksimum [mm]	1
DFN	Penurunan Permanen [mm]	1
STK	Tinggi Jatuh Palu [m]	3
CSX	Daya Tekan Maksimum [MPa]	13,6
BTA	Nilai Keutuhan Tiang [%]	100
LE	Panjang Tiang Dibawah Instrumen [m]	12,2
LP	Panjang Tiang Tertanam [m]	12
AR	Luas Penampang [cm ²]	11309,73

Lampiran PDA Test Tol Pandaan - Malang

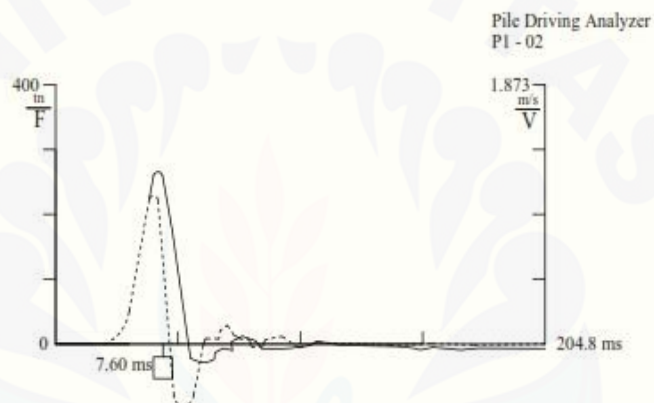
Sumber : Laporan Uji PDA PT. Testana Engineering, INC

Lampiran 4.4 Hasil Uji PDA Pile P1-02

PT TESTANA ENGINEERING, INC

Jl. Opak 66, Surabaya
Telp. / Fax : (031) 5678329
e-mail : testana_sby@yahoo.com

PT TESTANA ENGINEERING, INC TOL PANDAAN - MALANG



KODE	KETERANGAN	TIANG P1 - 02
BHP	Berat Hammer PDA [ton]	12
RMX	Daya Dukung Tiang [ton]	879
FMX	Gaya Tekan Maksimum [ton]	2500
CTN	Gaya Tarik Maksimum [ton]	0
EMX	Energi maksimum yang ditransfer [tonm]	19,098
DMX	Penurunan Maksimum [mm]	17,61
DFN	Penurunan Permanen [mm]	6,33
STK	Tinggi Jatuh Palu [m]	3
CSX	Daya Tekan Maksimum [MPa]	21,7
BTA	Nilai Keutuhan Tiang [%]	100
LE	Panjang Tiang Dibawah Instrumen [m]	14,2
LP	Panjang Tiang Tertanam [m]	14
AR	Luas Penampang [cm ²]	11309,73

Lampiran PDA Test Tol Pandaan - Malang

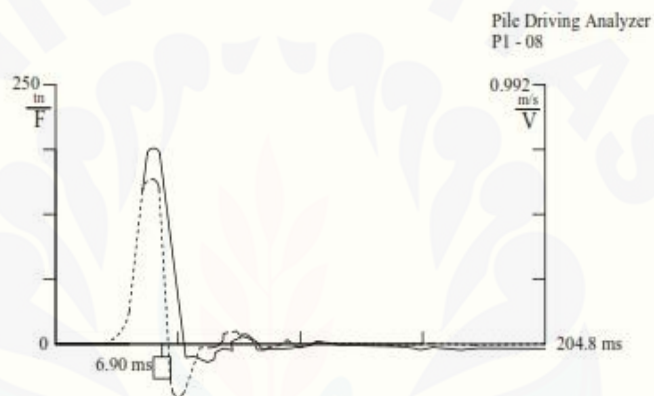
Sumber : Laporan Uji PDA PT. Testana Engineering, INC

Lampiran 4.5 Hasil Uji PDA Pile P1-08

PT TESTANA ENGINEERING, INC

Jl. Opak 66, Surabaya
 Telp. / Fax : (031) 5678329
 e-mail : testana_sby@yahoo.com

PT TESTANA ENGINEERING, INC
TOL PANDAAN - MALANG



KODE	KETERANGAN	TIANG P1 - 08
BHP	Berat Hammer PDA [ton]	12
RMX	Daya Dukung Tiang [ton]	533
FMX	Gaya Tekan Maksimum [ton]	1468
CTN	Gaya Tarik Maksimum [ton]	0
EMX	Energi maksimum yang ditransfer [tonm]	5,903
DMX	Penurunan Maksimum [mm]	8,23
DFN	Penurunan Permanen [mm]	35,44
STK	Tinggi Jatuh Palu [m]	3
CSX	Daya Tekan Maksimum [MPa]	12,7
BTA	Nilai Keutuhan Tiang [%]	100
LE	Panjang Tiang Dibawah Instrumen [m]	10,6
LP	Panjang Tiang Tertanam [m]	10
AR	Luas Penampang [cm ²]	11309,73

Lampiran PDA Test Tol Pandaan - Malang

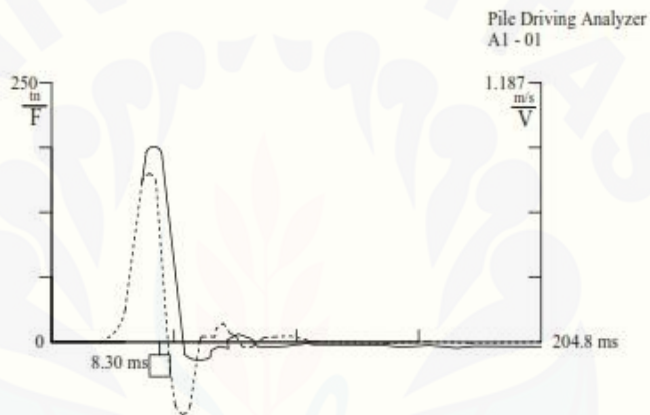
Sumber : Laporan Uji PDA PT. Testana Engineering, INC

Lampiran 4.6 Hasil Uji PDA Pile A1-01

PT TESTANA ENGINEERING, INC

Jl. Opak 66, Surabaya
 Telp. / Fax : (031) 5678329
 e-mail : testana_sby@yahoo.com

PT TESTANA ENGINEERING, INC
TOL PANDAAN - MALANG



KODE	KETERANGAN	TIANG A1 - 01
BHP	Berat Hammer PDA [ton]	12
RMX	Daya Dukung Tiang [ton]	605
FMX	Gaya Tekan Maksimum [ton]	1324
CTN	Gaya Tarik Maksimum [ton]	0
EMX	Energi maksimum yang ditransfer [tonm]	5,437
DMX	Penurunan Maksimum [mm]	6,09
DFN	Penurunan Permanen [mm]	1,64
STK	Tinggi Jatuh Palu [m]	3
CSX	Daya Tekan Maksimum [MPa]	11,5
BTA	Nilai Keutuhan Tiang [%]	100
LE	Panjang Tiang Dibawah Instrumen [m]	10,5
LP	Panjang Tiang Tertanam [m]	10
AR	Luas Penampang [cm ²]	11309,73

Lampiran PDA Test Tol Pandaan - Malang

Sumber : Laporan Uji PDA PT. Testana Engineering, INC

Lampiran 4.7 Data SPT Sta 34+093 (BH-6A)

PT WIRANUSANTARA BUMI Tollroad Development Consultant			EXPLORATION BOR LOG											
PROJECT : Perencanaan Akhir Jalan Tol Pandaan - Malang					BORE HOLE NO. BH - 6 A									
LOCATION		JALAN ABDULRAHMAN SALEH NO (6A) STA.34+093												
COORDINATES	E	686551.61	DATE COMMENCED		30 Desember 2016									
	S	9120988.04	DATE COMPLETED		2 Januari 2017									
METHODE OF BORING	Rotary Core Drilling		SOIL & MAT. ENGINEER		Subal									
BOR MACHINE TYPE	YBM - YSO.1HE		BOR MASTER / DRILLER		Abin									
TOTAL DEPTH (- m)	21.00 Meter		GROUND WATER LEVEL		- 17.00 Meter									
DEPTH (Mtr)	G.W.L (Mtr)	BOR PROFILE	VISUAL DESCRIPTION	Thin-walled Tube S.P.T. Number	STANDARD PENETRATION TEST (ASTM - D.1586)									
					N VALUE				NUMBER OF BLOWS					
					15 Cm	30 Cm	45 Cm	N	10	20	30	40	50	60
1			LEMPUNG lanauan, plastisitas tinggi - sedang, CH, agak padat - lemah, coklat kehitaman. Lempung = 60 % lanau = 40 %.	1	5	7	12	19	[SPT Chart]					
2			TUFA lapuk, berupa lanau pasiran mengandung lempung, padat, tersemen lemah, coklat. Lanau = 60 %, pasir = 25 %, lempung = 15 %.	2	18	29	37	>60	[SPT Chart]					
3				3	6	12	18	30	[SPT Chart]					
4				4	12	16	22	38	[SPT Chart]					
5				5	16	28	35	>60	[SPT Chart]					
6				6	12	26	37	>60	[SPT Chart]					
7				7	16	28	35	>60	[SPT Chart]					
8				8	35	60	-	>60	[SPT Chart]					
9			9	41	60	10	>60	[SPT Chart]						
10			10	60	-	-	>60	[SPT Chart]						
11								[SPT Chart]						
12								[SPT Chart]						
13								[SPT Chart]						
14								[SPT Chart]						
15								[SPT Chart]						
16	17.00		TUFA setengah lapuk, berupa pasir lanauan mengandung lempung, tersemen sedang - lemah, padat - keras, coklat kekuningan. Pasir = 60 %, lanau = 30 %, lempung = 10 %.	8	35	60	-	>60	[SPT Chart]					
17			PASIR sedikit berangkal (batu pasir), urai, gradasi buruk, hitam.	9	41	60	10	>60	[SPT Chart]					
18				10	60	-	-	>60	[SPT Chart]					
19								[SPT Chart]						
20								[SPT Chart]						
21								[SPT Chart]						
			END OF BORE HOLE 21.00 Mtr											

Sumber : Exploration Bor Log, Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang

Lampiran 4.8 Data SPT Sta 38+034 (BH-2D)

PT WIRANUSANTARA BUMI Tollroad Development Consultant		EXPLORATION BOR LOG																	
PROJECT : Perencanaan Akhir Jalan Tol Pandaan - Malang					BORE HOLE NO. BH - 2D														
LOCATION		Tepi sungai K sari sebrang 2C STA 38+034																	
COORDINATES	E	685106	DATE COMMENCED	7 April; 2017															
	S	9117909	DATE COMPLETED	09 April 2017															
METHODE OF BORING	Rotary Core Drilling		SOIL & MAT. ENGINEER	Subal															
BOR MACHINE TYPE	YBM - YSO.1HE		BOR MASTER / DRILLER	Ahma															
TOTAL DEPTH (- m)	17.00 Meter		GROUND WATER LEVEL	- 3.00 Meter															
DEPTH (Mtr)	G.W.L (Mtr)	BOR PROFILE	VISUAL DESCRIPTION	Thin-walled Tube	S.P. T. Number	STANDARD PENETRATION TEST (ASTM - D.1586)													
						N VALUE				NUMBER OF BLOWS									
						15 Cm	30 Cm	45 Cm	N	10	20	30	40	50	60				
1	3.00		PASIR halus, endapan sungai, urai, tidak tersemen, gradasi buruk, SP, hitam kecoklatan. Pasir = 100 %.	1	0	1	3	4											
2				2	1	3	4	7											
3				3	5	8	10	18											
4				4	19	27	35	>60											
5				5	22	28	33	>60											
6				6	20	28	36	>60											
7				7	18	26	37	>60											
8				8	25	30	33	>60											
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
			END OF BORE HOLE 17.00 Mtr																

Sumber : Exploration Bor Log, Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang

Lampiran 4.10 Data SPT Sta 34+669 (BH-5B)


PT WIRANUSANTARA BUMI Tollroad Development Consultant		EXPLORATION BOR LOG																			
PROJECT : Perencanaan Akhir Jalan Tol Pandaan - Malang					BORE HOLE NO. BH - 5 B																
LOCATION		ASRIKATON NO (5B) STA.34+669																			
COORDINATES	E	686798.74	DATE COMMENCED		3 Januari 2017																
	S	9120518.64	DATE COMPLETED		5 Januari 2017																
METHODE OF BORING		Rotary Core Drilling	SOIL & MAT. ENGINEER		Subal																
BOR MACHINE TYPE		YBM - YSO.1HE	BOR MASTER / DRILLER		Ahma																
TOTAL DEPTH (- m)		25.00 Meter	GROUND WATER LEVEL		- 25.00 Meter																
DEPTH (Mtr)	G.W.L (Mtr)	BOR PROFILE	VISUAL DESCRIPTION	Thin-walled Tube	S.P.T. Number	STANDARD PENETRATION TEST (ASTM - D.1586)															
						N VALUE				NUMBER OF BLOWS											
						15 Cm	30 Cm	45 Cm	N	10	20	30	40	50	60						
1			TUFA sangat lapuk, berupa lempung lanauan, lunak, plastisitas tinggi, CH, hitam kecoklatan. Lempung = 80%, lanau = 20 %.																		
2				1	6	9	13	22													
3																					
4					2	8	12	20	32												
5																					
6					3	16	18	25	43												
7																					
8					4	20	24	27	51												
9																					
10					5	10	19	25	44												
11																					
12					6	13	20	27	47												
13																					
14					7	16	24	36	60												
15																					
16					8	24	29	33	>60												
17																					
18					9	22	30	33	>60												
19																					
20					10	25	33	35	>60												
21																					
22					11	20	28	35	>60												
23																					
24					12	26	27	38	>60												
25																					

END OF BORE HOLE 25.00 Mtr

KETERANGAN = MAT KERING

Sumber : Exploration Bor Log, Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang

Lampiran 4.11 Data SPT Sta 34+669 (BH-5A)

				EXPLORATION BOR LOG											
PROJECT : Perencanaan Akhir Jalan Tol Pandaan - Malang						BORE HOLE NO. BH - 5 A									
LOCATION			ASRIKATON NO (5A) STA.34+669												
COORDINATES		E	686803.63	DATE COMMENCED		30 Desember 2017									
		S	9120481.41	DATE COMPLETED		2 Januari 2017									
METHODE OF BORING			Rotary Core Drilling		SOIL & MAT. ENGINEER		Subal								
BOR MACHINE TYPE			YBM - YSO.1HE		BOR MASTER / DRILLER		Ahma								
TOTAL DEPTH (- m)			25.00 Meter		GROUND WATER LEVEL		- 25.00 Meter								
DEPTH (Mtr)	G.W.L (Mtr)	BOR PROFILE	VISUAL DESCRIPTION	Thin-walled Tube	S.P.T. Number	STANDARD PENETRATION TEST (ASTM - D.1586)									
						N VALUE				NUMBER OF BLOWS					
						15 Cm	30 Cm	45 Cm	N	10	20	30	40	50	60
1			TUFA lapuk kuat, berupa lempung lanauan, lunak - padat, plastisitas sedang - kuat, CH, coklat kehitaman. Lempung = 70 %, lanau = 30 %.		1	9	12	16	28	[Bar chart showing blow counts for depth 1m]					
2					2	12	18	22	40	[Bar chart showing blow counts for depth 2m]					
3					3	15	20	32	52	[Bar chart showing blow counts for depth 3m]					
4			TUFA lapuk, berupa lanau lempungan campur pasir, padat, tersemen lemah, coklat - coklat kehitaman. Lanau = 60 %, lempung = 30 %, pasir = 10 %.		4	8	12	13	25	[Bar chart showing blow counts for depth 4m]					
5					5	10	12	16	28	[Bar chart showing blow counts for depth 5m]					
6					6	12	21	25	46	[Bar chart showing blow counts for depth 6m]					
7					7	13	23	37	60	[Bar chart showing blow counts for depth 7m]					
8					8	20	27	34	>60	[Bar chart showing blow counts for depth 8m]					
9			TUFA pasir setengah lapuk, berupa pasir lanauan mengandung lempung, padat, tersemen sedang, coklat - coklat kekuningan. Pasir = 60 %, lanau = 30 %, Lempung = 10 %.		9	17	25	35	>60	[Bar chart showing blow counts for depth 9m]					
10					10	20	27	35	>60	[Bar chart showing blow counts for depth 10m]					
11			PASIR, padat, tersemen lemah, urai, hitam. Pasir = 100 %.		11	25	28	33	>60	[Bar chart showing blow counts for depth 11m]					
12					12	26	29	37	>60	[Bar chart showing blow counts for depth 12m]					
13										[Bar chart showing blow counts for depth 13m]					
14										[Bar chart showing blow counts for depth 14m]					
15										[Bar chart showing blow counts for depth 15m]					
16										[Bar chart showing blow counts for depth 16m]					
17										[Bar chart showing blow counts for depth 17m]					
18										[Bar chart showing blow counts for depth 18m]					
19										[Bar chart showing blow counts for depth 19m]					
20										[Bar chart showing blow counts for depth 20m]					
21										[Bar chart showing blow counts for depth 21m]					
22										[Bar chart showing blow counts for depth 22m]					
23			TUFA setengah lapuk, berupa pasir lanauan, tersemen sedang - lemah, kuning - kecoklatan.							[Bar chart showing blow counts for depth 23m]					
24										[Bar chart showing blow counts for depth 24m]					
25			PASIR, padat, tersemen lemah, urai, hitam. Pasir = 100 %.							[Bar chart showing blow counts for depth 25m]					

END OF BORE HOLE 25.00 Mtr

KETERANGAN = MAT KERING

Sumber : Exploration Bor Log, Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan - Malang

Lampiran 4.12 Data SPT Sta 34+093 (BH-6B)

PT WIRANUSANTARA BUMI Tollroad Development Consultant		EXPLORATION BOR LOG																			
PROJECT : Perencanaan Akhir Jalan Tol Pandaan - Malang					BORE HOLE NO. BH - 6 B																
LOCATION		JALAN ABDULRAHMAN SALEH NO (6B) STA.34+093																			
COORDINATES	E	686527.42	DATE COMMENCED	3 Januari 2017																	
	S	9121012.86	DATE COMPLETED	4 Januari 2017																	
METHODE OF BORING	Rotary Core Drilling		SOIL & MAT. ENGINEER	Subal																	
BOR MACHINE TYPE	YBM - YSO.1HE		BOR MASTER / DRILLER	Abin																	
TOTAL DEPTH (- m)	22.00 Meter		GROUND WATER LEVEL	- 18.00 Meter																	
DEPTH (Mtr)	G.W.L (Mtr)	BOR PROFILE	VISUAL DESCRIPTION	Thin-walled Tube	S.P.T. Number	STANDARD PENETRATION TEST (ASTM - D.1586)															
						N VALUE			NUMBER OF BLOWS												
						15 Cm	30 Cm	45 Cm	N	10	20	30	40	50	60						
1			TUFA lapuk kuat , berupa lempung campur lanau, lunak - padat, plastisitas sedang - tinggi, CH _v coklat kehitaman. Lempung = 70 % , lanau = 30 % .																		
2				1	4	5	12	17													
3																					
4				2	5	9	13	22													
5																					
6			TUFA lapuk, lanau pasiran mengandung lempung, padat, plastisitas sedang, ML _v colat tua. Lanau = 65 % , pasir = 25 % , lempung = 10 % .																		
7				3	17	29	35	>60													
8																					
9			TUFA lapuk, lempung lanauan sedikit pasir, plasatisitas sedang, CL _v coklat kehitaman. Lempung = 50 % , lanau = 35 % , pasir = 15 % .																		
10				4	9	17	18	35													
11																					
12				5	12	22	35	57													
13			TUFA agak lapuk, berupa lanau pasiran sedikit lempung, padat, tersemen lemah - tidak tersemen, coklat kekuningan. Lanau = 60 % , pasir = 30 % , lempung = 10 % .																		
14				6	20	31	35	>60													
15																					
16				7	22	31	28	>60													
17																					
18	18,00		PASIR sisipan, urai, berbutir kasar, gradasi buruk, SP, hitam.																		
19				8	25	37	30	>60													
20			TUFA agak lapuk, berupa lanau pasiran campur lempung dan kerikil, padat, tidak tersemen - tersemen lemah, ML _v coklat. Lanau = 60 % , pasir = 30 % , lempung = 6 % , kerikil = 4 % .																		
21				9	43	60	10	>60													
22				10	60	10	-	>60													
			END OF BORE HOLE 22.00 Mtr																		

Sumber : Exploration Bor Log, Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan - Malang

Lampiran 4.22 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Mayerhof (1976)

Pile A1-10 STA 34+094 (BH-6A)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	36.33	19.00	7.267	0.19	82.1	14.3	96.5
4	36.75	39.50	14.700	0.40	166.2	59.5	225.7
6	40.00	36.33	24.000	0.36	271.3	82.1	353.4
8	40.00	36.75	32.000	0.37	361.7	110.8	472.5
10	40.00	41.40	40.000	0.41	452.2	156.0	608.2
12	40.00	44.50	48.000	0.45	542.6	201.2	743.8
14	40.00	46.71	56.000	0.47	633.0	211.2	844.2
16	40.00	48.38	64.000	0.48	723.5	218.7	942.2

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile ABT2-23 STA38+034 (BH-2D)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	9.67	4.00	5.80	0.27	65.56	20.1	85.7
4	22.25	5.50	13.35	0.37	150.91	55.3	206.2
6	29.80	9.67	17.88	0.64	202.12	145.7	347.8
8	40.00	22.25	24.00	1.48	271.30	447.1	718.4
10	40.00	29.80	24.00	1.99	271.30	748.6	1019.9
12	40.00	34.83	24.00	2.32	271.30	1050.0	1321.3
14	40.00	38.43	24.00	2.56	271.30	1158.4	1429.7
16	40.00	41.13	24.00	2.74	271.30	1239.7	1511.0

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.23 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Mayerhof (1976)

Pile A1-33 STA 38+107 (BH-2E)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	32.00	21.00	19.20	1.40	217.04	105.6	322.7
4	39.00	25.50	23.40	1.70	264.51	256.2	520.7
6	40.00	32.00	24.00	2.13	271.30	482.3	753.6
8	40.00	39.00	24.00	2.60	271.30	783.7	1055.0
10	40.00	43.20	24.00	2.88	271.30	1085.2	1356.5
12	40.00	46.00	24.00	3.07	271.30	1386.6	1657.9
14	40.00	48.00	24.00	3.20	271.30	1446.9	1718.2
16	40.00	49.50	24.00	3.30	271.30	1492.1	1763.4

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile P1-02 STA 34+669 (BH-5B)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	32.33	22.00	6.467	0.22	73.1	16.6	89.7
4	37.00	27.00	14.800	0.27	167.3	40.7	208.0
6	38.40	32.33	23.040	0.32	260.4	73.1	333.5
8	40.00	37.00	32.000	0.37	361.7	111.5	473.3
10	40.00	38.40	40.000	0.38	452.2	144.7	596.9
12	40.00	39.83	48.000	0.40	542.6	180.1	722.7
14	40.00	42.71	56.000	0.43	633.0	193.1	826.2
16	40.00	44.88	64.000	0.45	723.5	202.9	926.4

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.24 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Mayerhof (1976)

Pile P1-08 STA 34+669 (BH-5A)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	40.00	28.00	8.000	0.28	90.4	21.1	111.6
4	36.25	34.00	14.500	0.34	163.9	51.2	215.2
6	34.60	40.00	20.760	0.40	234.7	90.4	325.1
8	38.20	36.25	30.560	0.36	345.5	109.3	454.7
10	40.00	34.60	40.000	0.35	452.2	130.4	582.5
12	40.00	36.50	48.000	0.37	542.6	165.0	707.6
14	40.00	39.86	56.000	0.40	633.0	180.2	813.2
16	40.00	42.38	64.000	0.42	723.5	191.6	915.1

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile A1-01 STA 34+093 (BH-6B)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	33.00	17.00	6.600	0.17	74.6	12.8	87.4
4	33.50	19.50	13.400	0.20	151.5	29.4	180.9
6	38.20	33.00	22.920	0.33	259.1	74.6	333.7
8	40.00	33.50	32.000	0.34	361.7	101.0	462.7
10	40.00	38.20	40.000	0.38	452.2	143.9	596.1
12	40.00	41.83	48.000	0.42	542.6	189.2	731.7
14	40.00	44.43	56.000	0.44	633.0	200.9	833.9
16	40.00	46.38	64.000	0.46	723.5	209.7	933.1

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.25 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Briadu & Tucker (1985)

Pile A1-10 STA 34+094 (BH-6A)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	36.33	19.00	71.81	0.53	811.7	39.7	851.4
4	36.75	39.50	72.10	0.65	815.1	98.0	913.1
6	41.40	36.33	75.26	0.63	850.8	143.5	994.3
8	49.60	36.75	80.32	0.64	908.0	192.0	1100.0
10	49.60	41.40	80.32	0.66	908.0	248.5	1156.4
12	55.60	44.50	83.69	0.67	946.1	304.5	1250.6
14	60.00	46.71	86.02	0.68	972.4	308.8	1281.2
16	60.00	48.38	86.02	0.69	972.4	311.9	1284.3

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile ABT2-23 STA38+034 (BH-2D)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	9.67	4.00	44.58	0.33	503.96	25.3	529.2
4	22.25	5.50	60.19	0.37	680.36	55.4	735.7
6	29.80	9.67	66.86	0.43	755.82	97.8	853.6
8	41.00	22.25	75.00	0.55	847.81	166.0	1013.8
10	51.60	29.80	81.47	0.60	920.98	225.9	1146.9
12	60.00	34.83	86.02	0.63	972.37	283.6	1256.0
14	60.00	38.43	86.02	0.65	972.37	291.8	1264.2
16	60.00	41.13	86.02	0.66	972.37	297.6	1270.0

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.26 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Briadu & Tucker (1985)

Pile A1-33 STA 38+107 (BH-2E)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	32.00	21.00	68.60	0.54	775.45	40.9	816.3
4	39.00	25.50	73.66	0.57	832.69	86.4	919.0
6	43.20	32.00	76.43	0.61	863.92	138.4	1002.3
8	51.00	39.00	81.13	0.65	917.11	195.4	1112.5
10	57.00	43.20	84.45	0.67	954.58	251.6	1206.1
12	60.00	46.00	86.02	0.68	972.37	307.4	1279.8
14	60.00	48.00	86.02	0.69	972.37	311.2	1283.6
16	60.00	49.50	86.02	0.69	972.37	314.0	1286.4

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile P1-02 STA 34+669 (BH-5B)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	32.33	22.00	68.86	0.55	778.3	41.4	819.8
4	37.00	27.00	72.28	0.58	817.1	87.8	904.9
6	38.40	32.33	73.25	0.61	828.1	138.8	966.8
8	43.40	37.00	76.55	0.64	865.4	192.4	1057.8
10	49.00	38.40	79.97	0.65	904.0	243.1	1147.1
12	52.40	39.83	81.93	0.65	926.1	294.9	1221.0
14	52.75	42.71	82.12	0.67	928.3	300.9	1229.2
16	55.67	44.88	83.73	0.68	946.5	305.2	1251.7

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.27 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Briadu & Tucker (1985)

Pile P1-08 STA 34+669 (BH-5A)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	40.00	28.00	74.34	0.59	840.3	44.4	884.7
4	36.25	34.00	71.75	0.62	811.1	93.9	904.9
6	34.60	40.00	70.56	0.65	797.6	147.6	945.2
8	38.20	36.25	73.12	0.63	826.5	191.3	1017.8
10	42.20	34.60	75.78	0.63	856.7	235.9	1092.5
12	43.80	36.50	76.81	0.64	868.2	287.5	1155.7
14	48.50	39.86	79.68	0.65	900.7	294.9	1195.6
16	55.33	42.38	83.55	0.66	944.4	300.2	1244.6

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile A1-01 STA 34+093 (BH-6B)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	33.00	17.00	69.36	0.51	784.1	38.4	822.5
4	33.50	19.50	69.74	0.53	788.3	79.9	868.2
6	38.20	33.00	73.12	0.62	826.5	139.6	966.1
8	46.80	33.50	78.66	0.62	889.2	186.9	1076.1
10	54.40	38.20	83.04	0.64	938.7	242.7	1181.4
12	54.40	41.83	83.04	0.66	938.7	299.1	1237.7
14	59.25	44.43	85.63	0.67	968.0	304.3	1272.3
16	60.00	46.38	86.02	0.68	972.4	308.2	1280.5

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.28 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Aoki & De Alencar (1975)

Pile A1-10 STA 34+094 (BH-6A)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	27.65	13.30	31.60	0.46	357.2	34.4	391.6
4	25.43	27.65	29.07	0.95	328.6	142.9	471.5
6	29.87	25.43	34.13	0.87	385.8	197.1	583.0
8	29.87	25.73	34.13	0.88	385.8	265.9	651.7
10	36.87	28.98	42.13	0.99	476.3	374.4	850.7
12	42.00	31.15	48.00	1.07	542.6	482.9	1025.5
14	42.00	32.70	48.00	1.12	542.6	506.9	1049.5
16	42.00	33.86	48.00	1.16	542.6	525.0	1067.5

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile ABT2-23 STA38+034 (BH-2D)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	3.85	2.80	22.00	0.11	248.69	8.5	257.1
4	6.77	3.85	38.67	0.15	437.09	23.2	460.3
6	19.83	6.77	113.33	0.27	1281.12	61.2	1342.3
8	32.20	15.58	184.00	0.62	2079.94	187.8	2267.7
10	42.00	20.86	240.00	0.83	2712.96	314.4	3027.4
12	42.00	24.38	240.00	0.98	2712.96	441.0	3154.0
14	42.00	26.90	240.00	1.08	2712.96	486.5	3199.5
16	42.00	28.79	240.00	1.15	2712.96	520.7	3233.6

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.29 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Aoki & De Alencar (1975)

Pile A1-33 STA 38+107 (BH-2E)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	17.85	14.70	102.00	0.59	1153.01	44.4	1197.4
4	22.40	17.85	128.00	0.71	1446.91	107.6	1554.5
6	31.50	22.40	180.00	0.90	2034.72	202.6	2237.3
8	38.50	27.30	220.00	1.09	2486.88	329.2	2816.1
10	42.00	30.24	240.00	1.21	2712.96	455.8	3168.7
12	42.00	32.20	240.00	1.29	2712.96	582.4	3295.3
14	42.00	33.60	240.00	1.34	2712.96	607.7	3320.7
16	42.00	34.65	240.00	1.39	2712.96	626.7	3339.7

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile P1-02 STA 34+669 (BH-5B)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	18.90	15.40	21.60	0.53	244.2	39.8	284.0
4	22.63	18.90	25.87	0.65	292.4	97.7	390.1
6	29.40	22.63	33.60	0.78	379.8	175.4	555.3
8	32.20	25.90	36.80	0.89	416.0	267.7	683.7
10	33.13	26.88	37.87	0.92	428.0	347.3	775.3
12	35.23	27.88	40.27	0.96	455.2	432.3	887.4
14	38.97	29.90	44.53	1.03	503.4	463.5	966.9
16	42.00	31.41	48.00	1.08	542.6	487.0	1029.6

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.30 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Aoki & De Alencar (1975)

Pile P1-08 STA 34+669 (BH-5A)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	23.80	19.60	27.20	0.67	307.5	50.7	358.2
4	28.00	23.80	32.00	0.82	361.7	123.0	484.7
6	27.30	28.00	31.20	0.96	352.7	217.0	569.7
8	24.50	25.38	28.00	0.87	316.5	262.3	578.8
10	23.10	24.22	26.40	0.83	298.4	312.9	611.3
12	31.27	25.55	35.73	0.88	403.9	396.1	800.0
14	38.73	27.90	44.27	0.96	500.4	432.5	932.9
16	42.00	29.66	48.00	1.02	542.6	459.8	1002.4

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile A1-01 STA 34+093 (BH-6B)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	13.65	11.90	15.60	0.41	176.3	30.8	207.1
4	23.10	13.65	26.40	0.47	298.4	70.5	369.0
6	27.30	23.10	31.20	0.79	352.7	179.1	531.7
8	35.47	23.45	40.53	0.80	458.2	242.4	700.5
10	35.47	26.74	40.53	0.92	458.2	345.5	803.6
12	41.30	29.28	47.20	1.00	533.5	454.0	987.5
14	42.00	31.10	48.00	1.07	542.6	482.1	1024.7
16	42.00	32.46	48.00	1.11	542.6	503.3	1045.8

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.31 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Luciano Decourt (1995)

Pile A1-10 STA 34+094 (BH-6A)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	39.50	19.00	31.60	0.63	357.2	47.7	404.9
4	36.33	39.50	29.07	1.21	328.6	181.8	510.3
6	42.67	36.33	34.13	1.12	385.8	252.6	638.4
8	42.67	36.75	34.13	1.13	385.8	340.3	726.2
10	52.67	41.40	42.13	1.26	476.3	474.5	950.7
12	60.00	44.50	48.00	1.35	542.6	608.6	1151.2
14	60.00	46.71	48.00	1.41	542.6	636.6	1179.2
16	60.00	48.38	48.00	1.45	542.6	657.7	1200.3

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile ABT2-23 STA38+034 (BH-2D)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	5.50	4.00	17.88	0.12	202.06	8.8	210.9
4	9.67	5.50	31.42	0.14	355.13	21.1	376.2
6	28.33	9.67	92.08	0.20	1040.91	46.1	1087.0
8	46.00	22.25	149.50	0.40	1689.95	119.9	1809.8
10	60.00	29.80	195.00	0.51	2204.28	193.6	2397.9
12	60.00	34.83	195.00	0.59	2204.28	267.4	2471.7
14	60.00	38.43	195.00	0.65	2204.28	292.5	2496.7
16	60.00	41.13	195.00	0.69	2204.28	311.2	2515.5

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.32 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Luciano Decourt (1995)

Pile A1-33 STA 38+107 (BH-2E)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	25.50	21.00	82.88	0.38	936.82	28.6	965.4
4	32.00	25.50	104.00	0.45	1175.62	67.5	1243.1
6	45.00	32.00	146.25	0.55	1653.21	123.8	1777.1
8	55.00	39.00	178.75	0.66	2020.59	197.6	2218.2
10	60.00	43.20	195.00	0.72	2204.28	271.4	2475.7
12	60.00	46.00	195.00	0.76	2204.28	345.2	2549.5
14	60.00	48.00	195.00	0.79	2204.28	359.1	2563.4
16	60.00	49.50	195.00	0.82	2204.28	369.6	2573.8

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile P1-02 STA 34+669 (BH-5B)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	27.00	22.00	21.60	0.72	244.2	54.0	298.2
4	32.33	27.00	25.87	0.86	292.4	129.0	421.4
6	42.00	32.33	33.60	1.01	379.8	227.3	607.1
8	46.00	37.00	36.80	1.14	416.0	342.4	758.4
10	47.33	38.40	37.87	1.18	428.0	442.8	870.9
12	50.33	39.83	40.27	1.22	455.2	549.5	1004.7
14	55.67	42.71	44.53	1.30	503.4	586.0	1089.4
16	60.00	44.88	48.00	1.36	542.6	613.4	1155.9

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.33 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Luciano Decourt (1995)

Pile P1-08 STA 34+669 (BH-5A)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	34.00	28.00	27.20	0.88	307.5	66.7	374.2
4	40.00	34.00	32.00	1.05	361.7	158.6	520.3
6	39.00	40.00	31.20	1.22	352.7	275.8	628.5
8	35.00	36.25	28.00	1.12	316.5	336.1	652.6
10	33.00	34.60	26.40	1.07	298.4	402.7	701.1
12	44.67	36.50	35.73	1.12	403.9	507.3	911.3
14	55.33	39.86	44.27	1.22	500.4	549.8	1050.2
16	60.00	42.38	48.00	1.29	542.6	581.7	1124.3

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile A1-01 STA 34+093 (BH-6B)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	19.50	17.00	15.60	0.58	176.3	43.5	219.8
4	33.00	19.50	26.40	0.65	298.4	97.4	395.8
6	39.00	33.00	31.20	1.02	352.7	231.5	584.2
8	50.67	33.50	40.53	1.04	458.2	312.9	771.1
10	50.67	38.20	40.53	1.17	458.2	440.7	898.9
12	59.00	41.83	47.20	1.27	533.5	574.8	1108.4
14	60.00	44.43	48.00	1.34	542.6	607.7	1150.3
16	60.00	46.38	48.00	1.40	542.6	632.3	1174.9

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.34 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Bazara & Kurkur (1986)

Pile A1-10 STA 34+094 (BH-6A)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	36.33	19.00	21.80	0.57	246.4	43.0	289.4
4	36.75	39.50	22.05	1.19	249.3	178.6	427.9
6	47.00	36.33	28.20	1.09	318.8	246.4	565.2
8	47.00	36.75	28.20	1.10	318.8	332.3	651.1
10	50.00	41.40	30.00	1.24	339.1	468.0	807.1
12	50.00	44.50	30.00	1.34	339.1	603.6	942.8
14	50.00	46.71	30.00	1.40	339.1	633.7	972.8
16	50.00	48.38	30.00	1.45	339.1	656.2	995.3

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile ABT2-23 STA38+034 (BH-2D)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	9.67	4.00	14.50	0.12	163.91	8.8	172.7
4	22.25	5.50	33.38	0.16	377.27	24.0	401.3
6	36.25	9.67	54.38	0.28	614.66	63.4	678.0
8	49.50	22.25	74.25	0.65	839.32	194.5	1033.8
10	50.00	29.80	75.00	0.86	847.80	325.6	1173.4
12	50.00	34.83	75.00	1.01	847.80	456.8	1304.6
14	50.00	38.43	75.00	1.11	847.80	503.9	1351.7
16	50.00	41.13	75.00	1.19	847.80	539.3	1387.1

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.35 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Bazara & Kurkur (1986)

Pile A1-33 STA 38+107 (BH-2E)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	32.00	21.00	48.00	0.67	542.59	50.7	593.3
4	39.00	25.50	58.50	0.82	661.28	123.0	784.3
6	48.75	32.00	73.13	1.02	826.61	231.5	1058.1
8	50.00	39.00	75.00	1.25	847.80	376.2	1224.0
10	50.00	43.20	75.00	1.38	847.80	520.9	1368.7
12	50.00	46.00	75.00	1.47	847.80	665.6	1513.4
14	50.00	48.00	75.00	1.54	847.80	694.5	1542.3
16	50.00	49.50	75.00	1.58	847.80	716.2	1564.0

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile P1-02 STA 34+669 (BH-5B)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	32.33	22.00	19.40	0.66	219.3	49.8	269.1
4	37.00	27.00	22.20	0.81	250.9	122.1	373.0
6	42.50	32.33	25.50	0.97	288.3	219.3	507.5
8	46.25	37.00	27.75	1.11	313.7	334.6	648.3
10	50.00	38.40	30.00	1.15	339.1	434.1	773.2
12	50.00	39.83	30.00	1.20	339.1	540.3	879.5
14	50.00	42.71	30.00	1.28	339.1	579.4	918.5
16	50.00	44.88	30.00	1.35	339.1	608.7	947.8

Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.36 Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dengan Metode Bazara & Kurkur (1986)

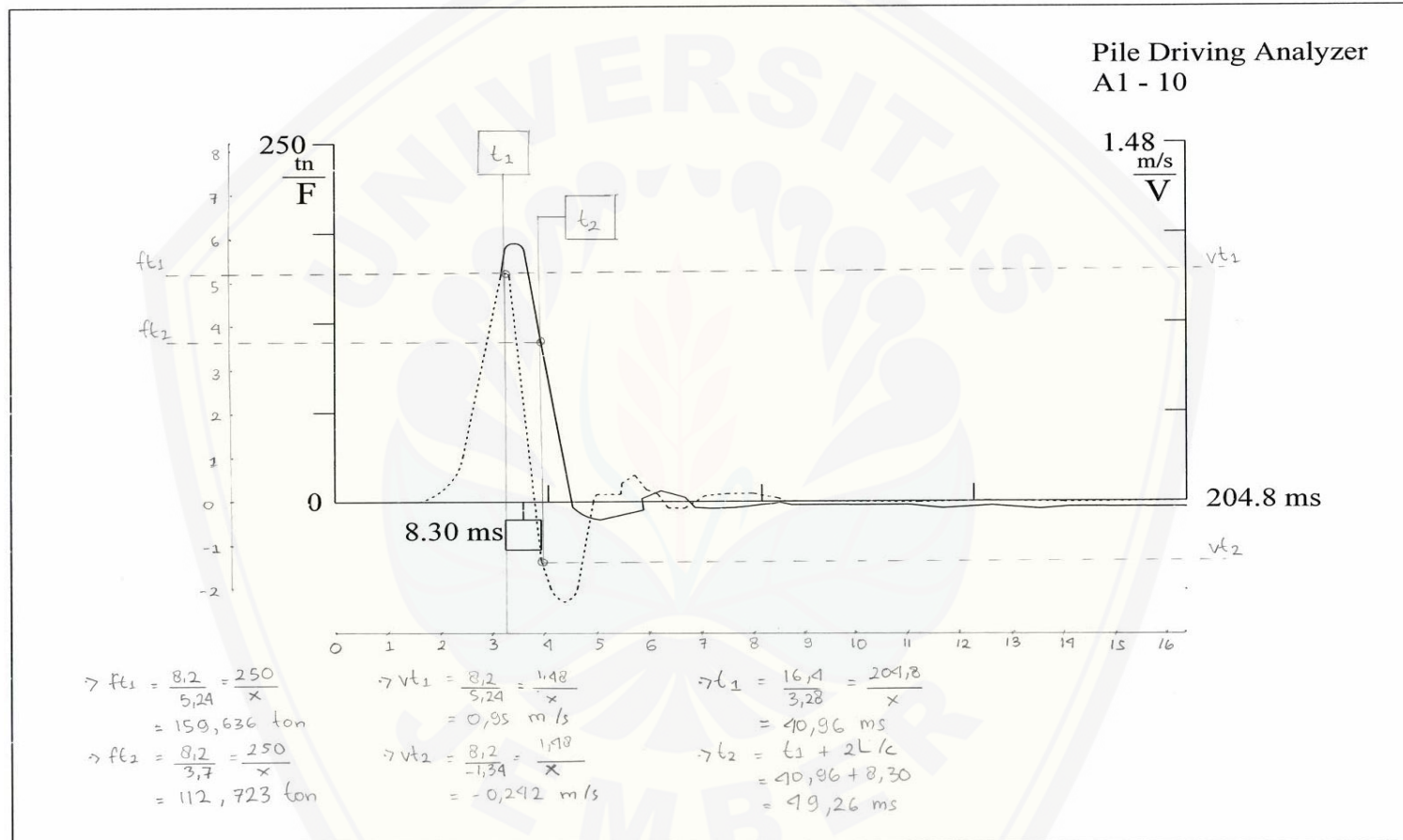
Pile P1-08 STA 34+669 (BH-5A)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	40.00	28.00	24.00	0.56	271.3	42.3	313.6
4	36.25	34.00	21.75	0.68	245.9	102.5	348.4
6	36.25	40.00	21.75	0.80	245.9	180.9	426.7
8	37.75	36.25	22.65	0.73	256.0	218.5	474.6
10	39.75	34.60	23.85	0.69	269.6	260.7	530.3
12	48.50	36.50	29.10	0.73	328.9	330.1	659.0
14	50.00	39.86	30.00	0.80	339.1	360.4	699.6
16	50.00	42.38	30.00	0.85	339.1	383.2	722.3

Sumber : Data Pribadi, 2018

Pile A1-01 STA 34+093 (BH-6B)							
h(m)	Nb	Ns	qb (kg/cm ²)	qs (kg/cm ²)	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
2	33.00	17.00	19.80	0.34	223.8	25.7	249.5
4	33.50	19.50	20.10	0.39	227.2	58.8	286.0
6	43.50	33.00	26.10	0.66	295.0	149.2	444.2
8	50.00	33.50	30.00	0.67	339.1	202.0	541.1
10	50.00	38.20	30.00	0.76	339.1	287.9	627.0
12	50.00	41.83	30.00	0.84	339.1	378.3	717.4
14	50.00	44.43	30.00	0.89	339.1	401.8	740.9
16	50.00	46.38	30.00	0.93	339.1	419.4	758.5

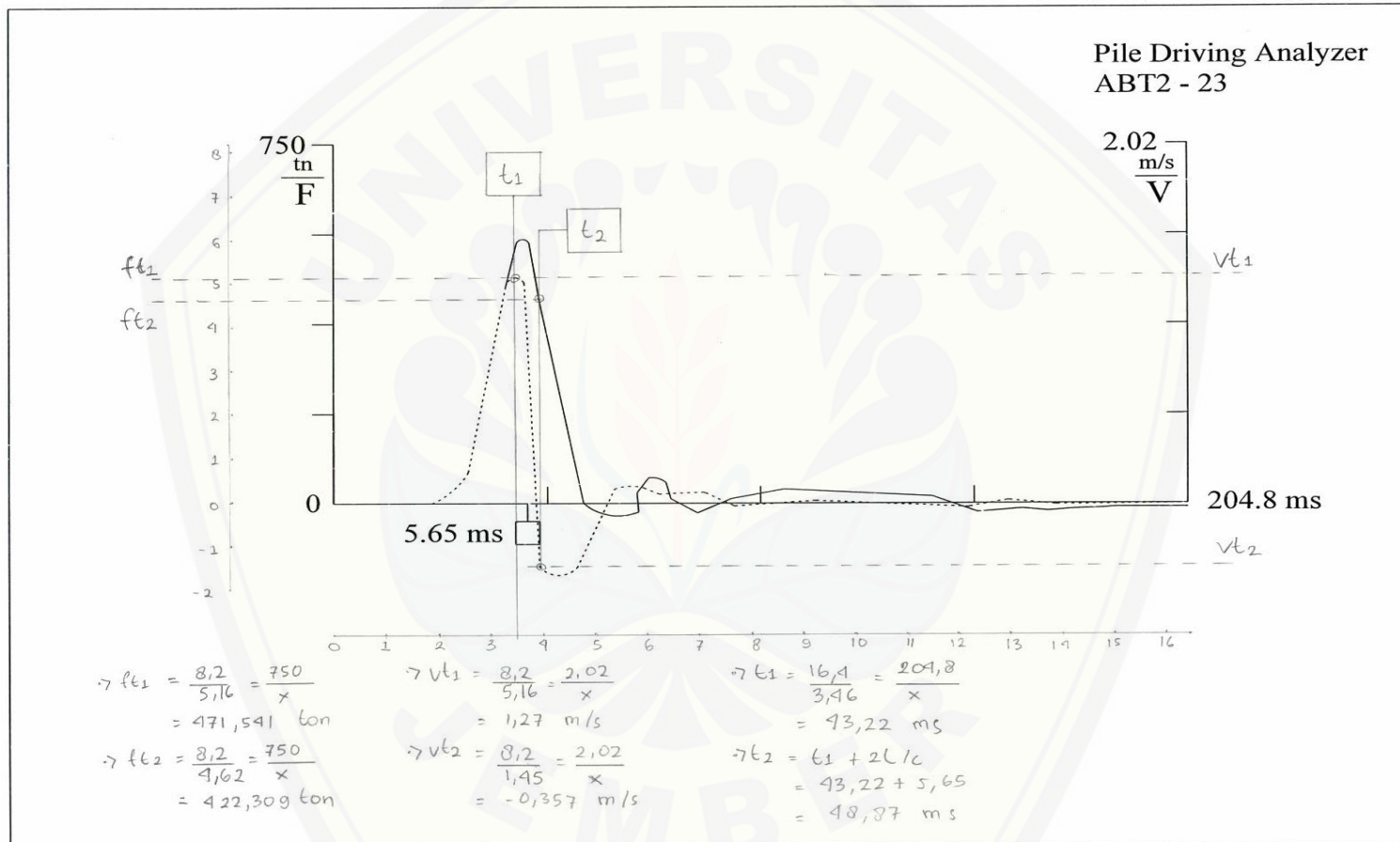
Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.16 Interpretasi PDA Test Pile A1-10



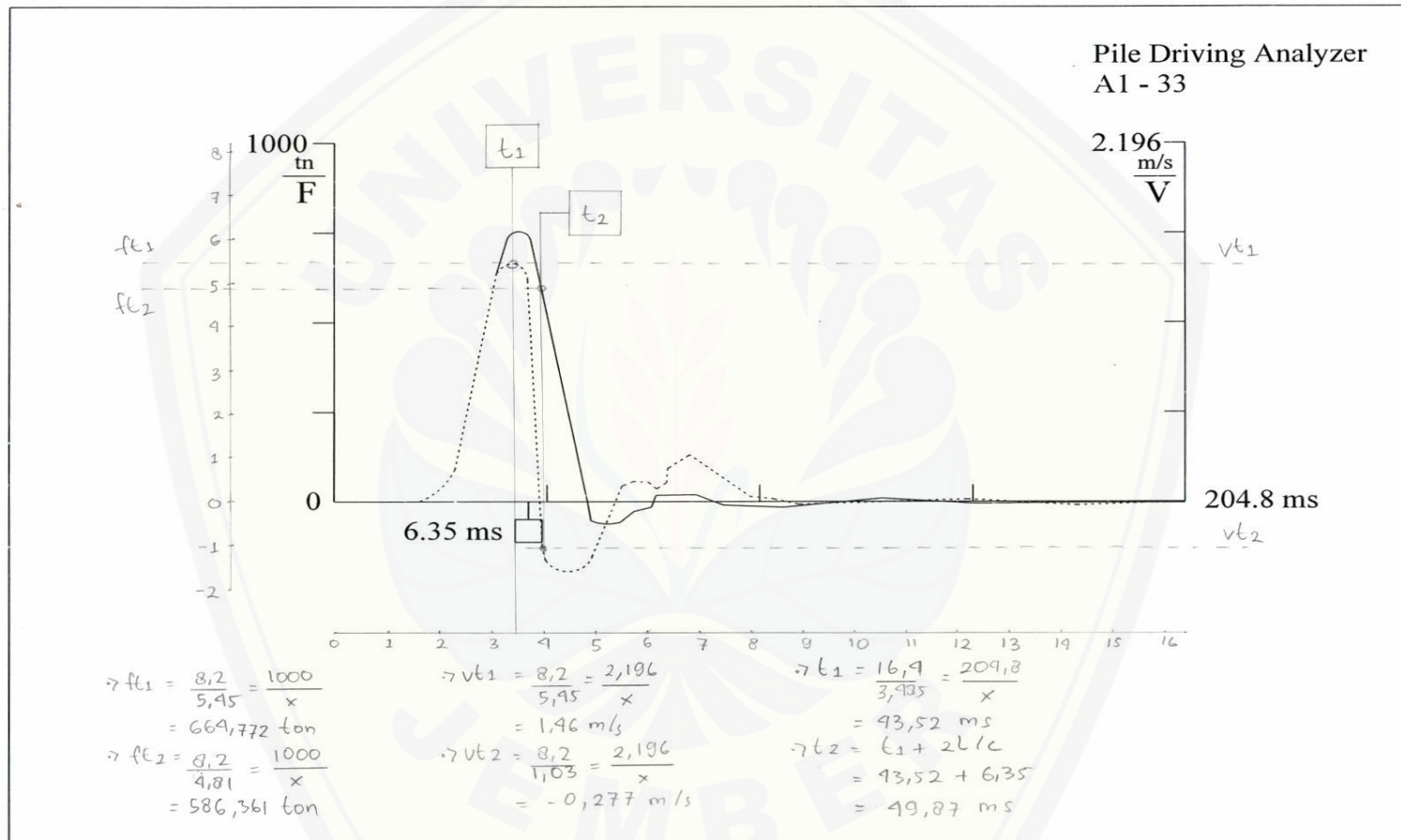
Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.17 Interpretasi PDA Test Pile ABT2-23



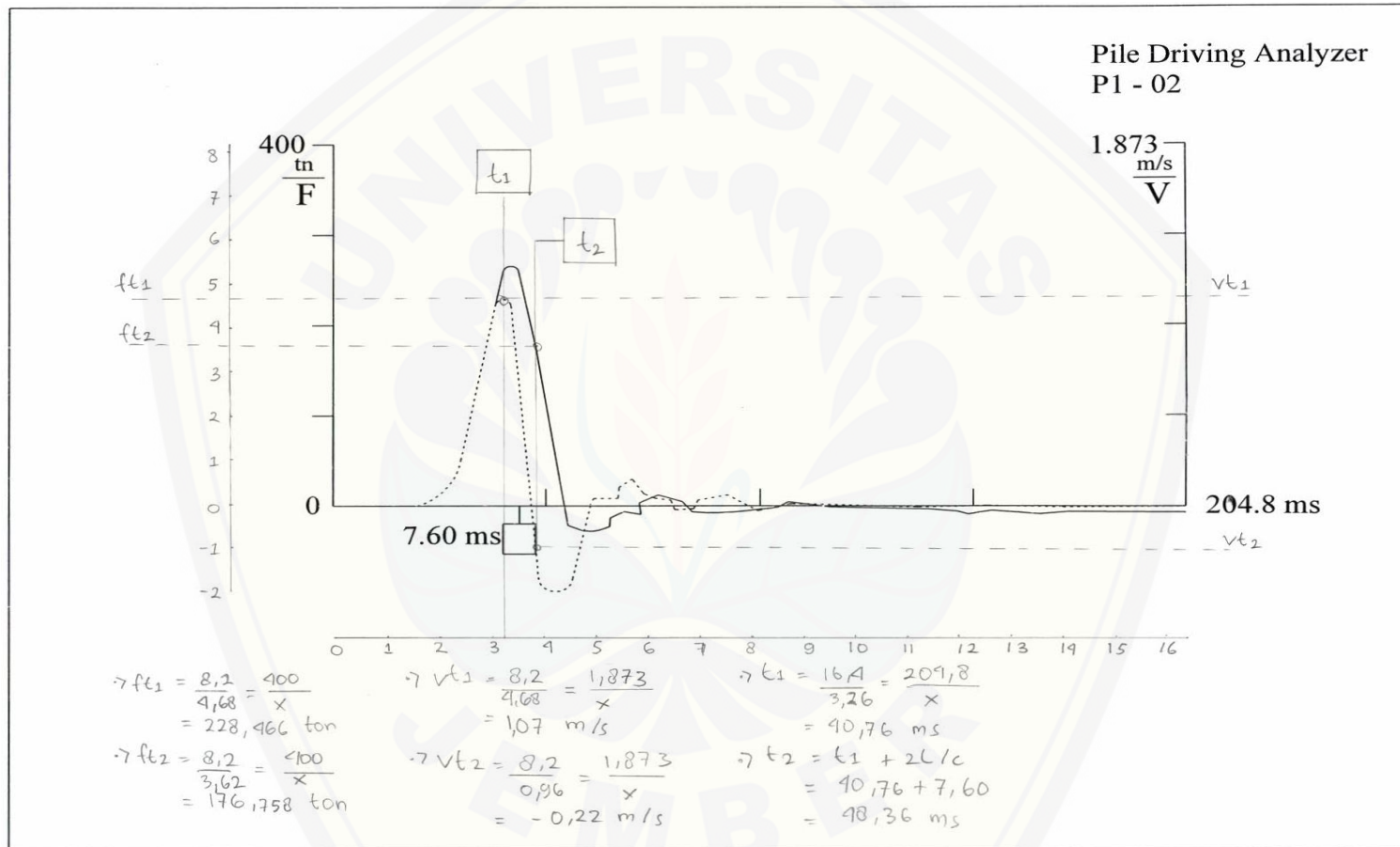
Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.18 Interpretasi PDA Test Pile A1-33



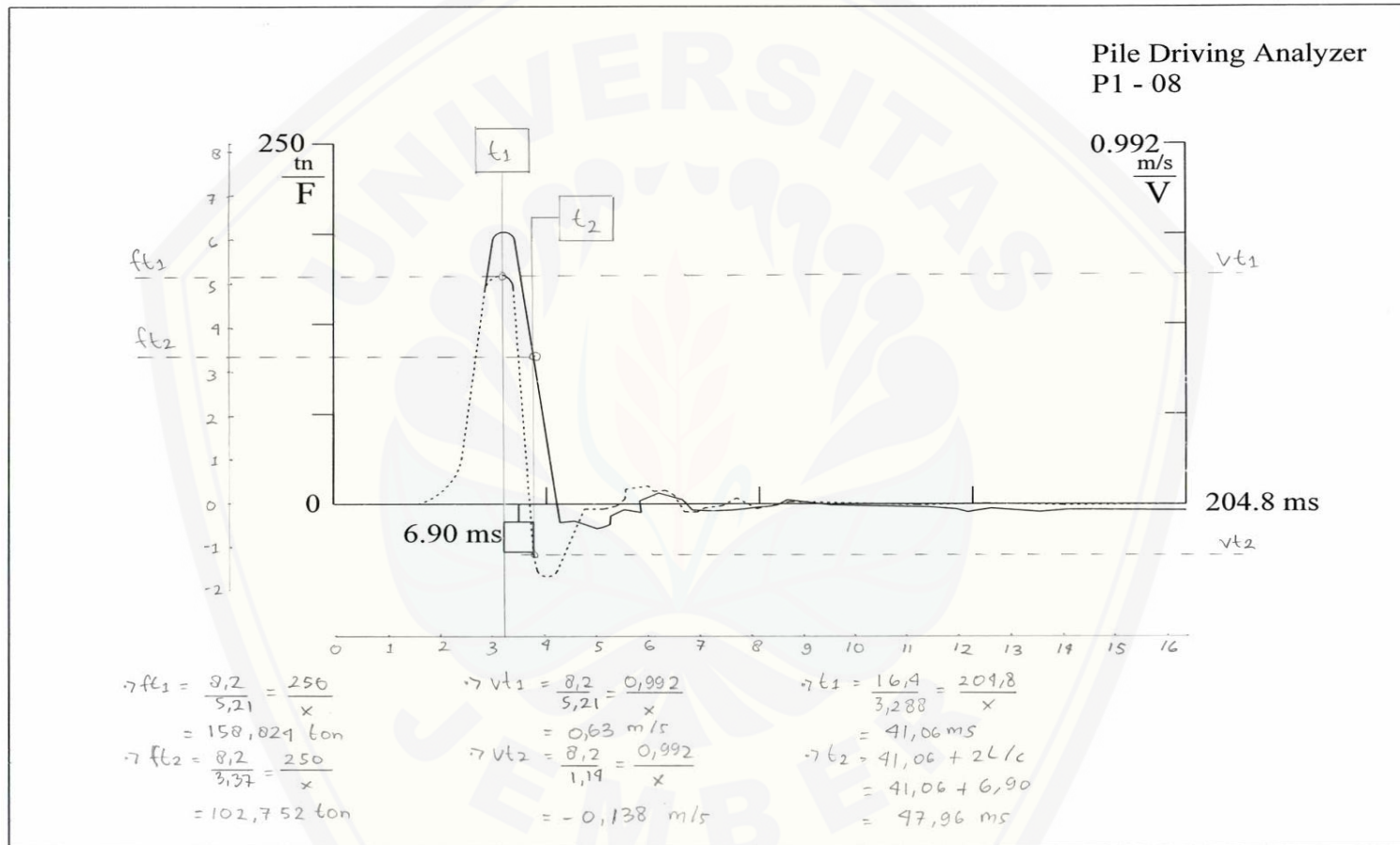
Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.19 Interpretasi PDA Test Pile P1-02



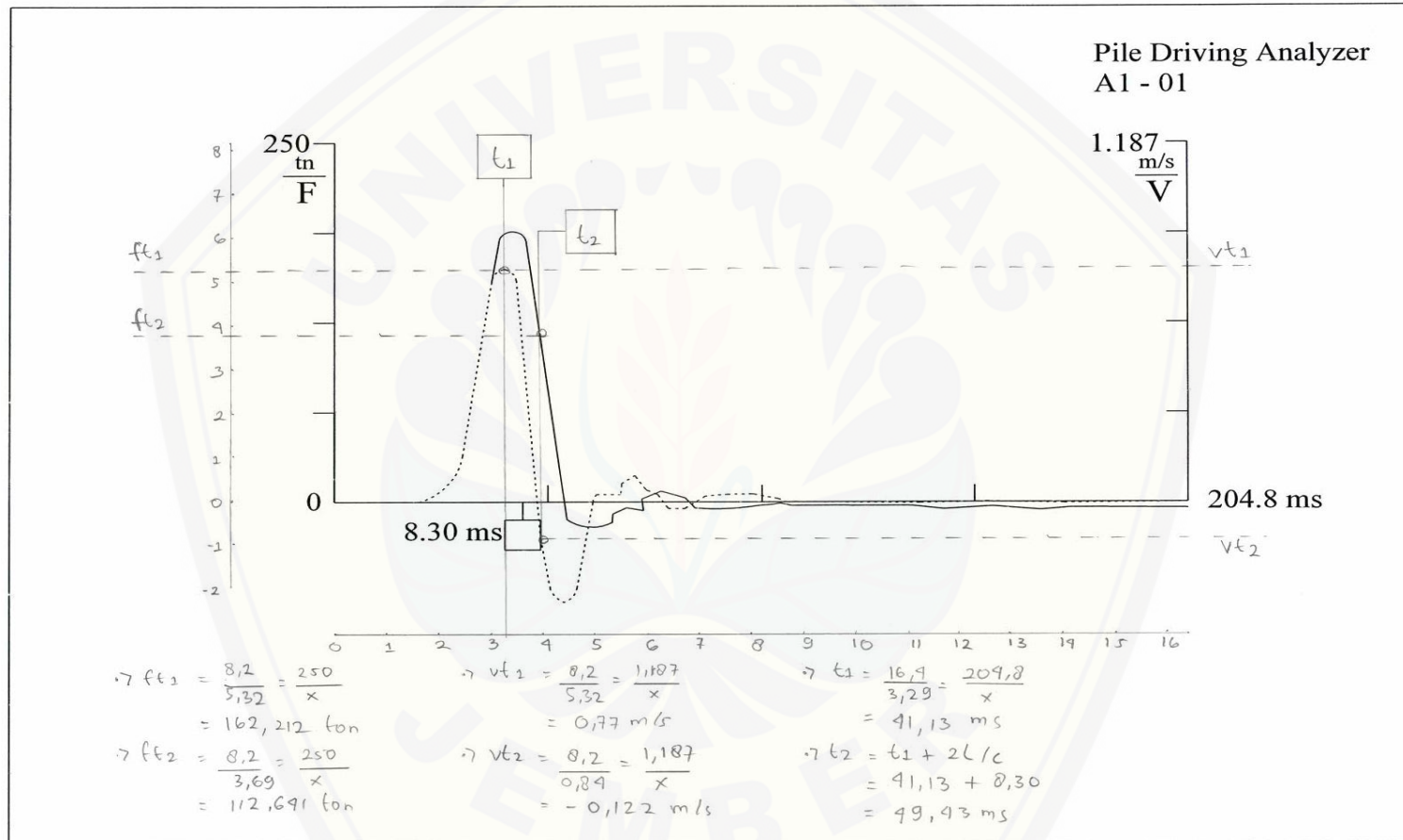
Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.20 Interpretasi PDA Test Pile P1-08



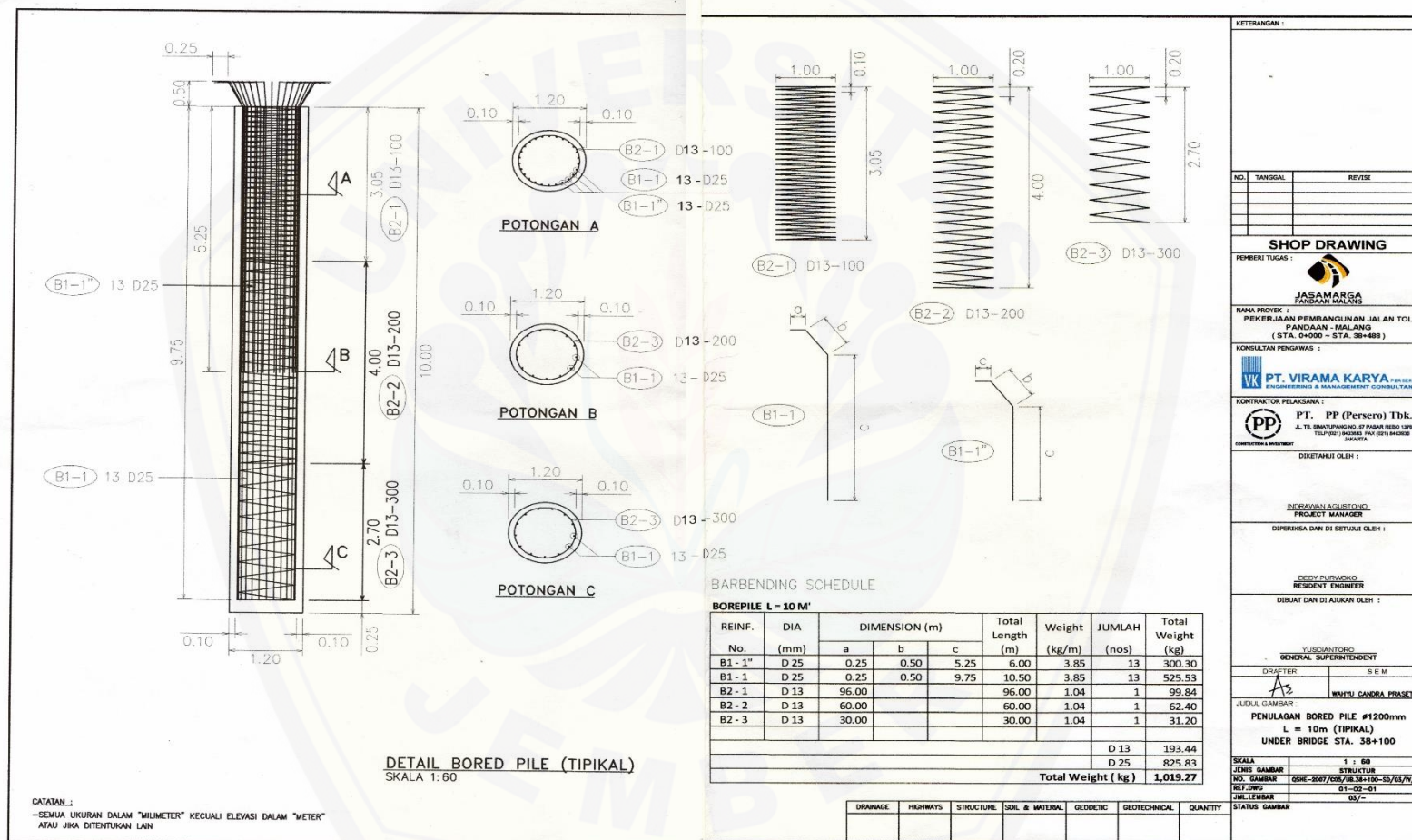
Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.21 Interpretasi PDA Test Pile A1-01



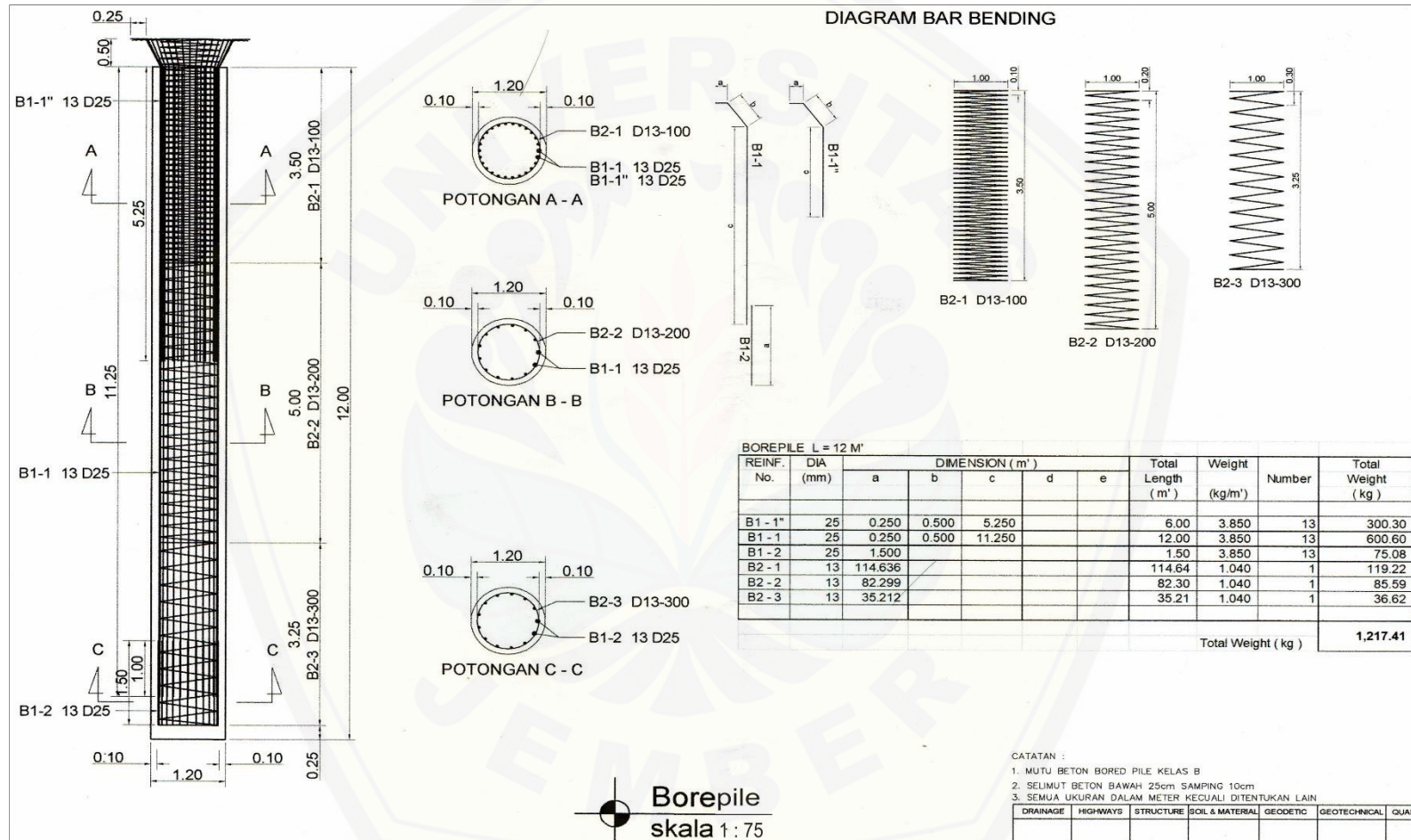
Sumber : Data Pribadi, 2018

Lampiran 4.13 Desain Pondasi 1



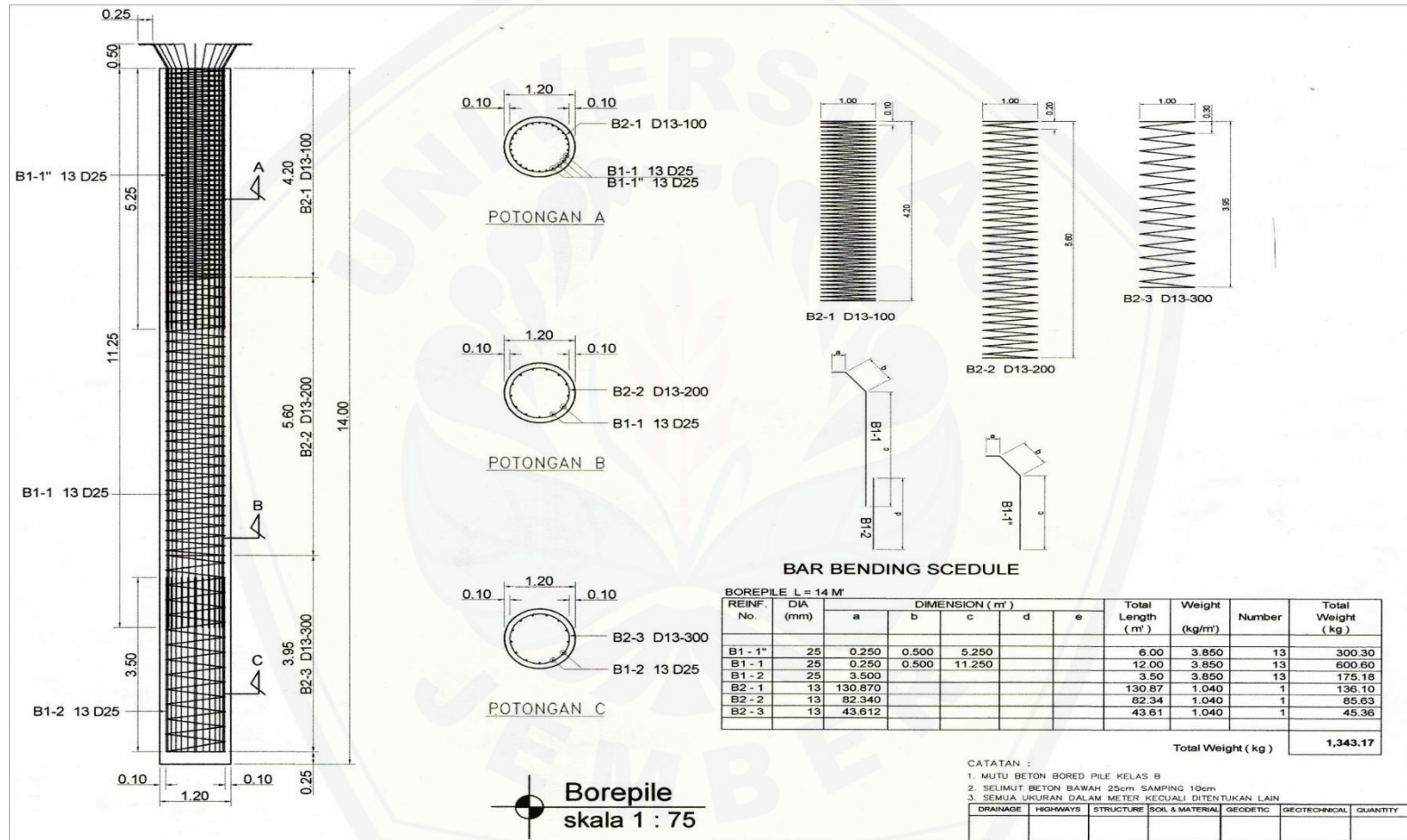
Sumber : Shop Drawing Desain Pondasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang

Lampiran 4.14 Desain Pondasi 2



Sumber : Shop Drawing Desain Pondasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang

Lampiran 4.15 Desain Pondasi 3



Sumber : Shop Drawing Desain Pondasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan – Malang