

Universitas Katolik Santo Thomas

Repositori Unika Santo Thomas

<http://eprints.ust.ac.id>

---

Fakultas Teknik (FT)  
Program Studi Teknik Sipil

Undergraduate Papers

---

Sianturi, Roni Jonathan

2022

# Analisa Daya Dukung Pondasi Bore Pile Pada Pembangunan Jembatan Kereta Api Tebing - Siantar.

---

<http://eprints.ust.ac.id/id/eprint/451>

*Downloaded from Repositori Institusi UST, Universitas Katolik Santo Thomas*

Tugas Akhir

**ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI *BORE PILE* PADA  
PEMBANGUNAN JEMBATAN KERETA API TEBING- SIANTAR.**

Diajukan untuk melengkapi tugas- tugas dan memenuhi syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil

Disusun Oleh:

**RONI JONATHAN SIANTURI**

**160310011**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS**

**MEDAN**

**2022**

**ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI *BORE PILE* PADA  
PEMBANGUNAN JEMBATAN KERETA API TEBING- SIANTAR  
(STUDI KASUS)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Memenuhi Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil  
(Rekayasa Struktur)

Disusun oleh :

**RONI JONATHAN SIANTURI**

**160310011**

Seminar Proposal : 11 Juni 2021


Seminar Isi : 04 Maret 2022

Sidang Meja Hijau : 27 Mei 2022

**DISETUJUI OLEH :**

  
**(Ir. Simon Dertha Tarigan., S.T., M.T.)**  
Pembimbing

**DISAHKAN OLEH :**

  
**(Ir. Simon Dertha Tarigan., M.T.)**  
Koordinator Tugas Akhir

  
**(Ir. Binsar Silitonga., M.T.)**  
Ketua Program Studi Sipil

  
**(Ir. Olean Sitohang., M.T.)**  
Dekan Fakultas Teknik

**ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI BORE PILE PADA  
PEMBANGUNAN JEMBATAN KERETA API TEBING- SIANTAR  
(STUDI KASUS)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Melengkapi Tugas-Tugas dan Memenuhi Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil  
(Rekayasa Struktur)

Disusun oleh :

**RONI JONATHAN SIANTURI**

**1 6 0 3 1 0 0 1 1**

Seminar Proposal : 11 Juni 2021

Seminar Isi : 04 Maret 2022

Sidang Meja Hijau : 27 Mei 2022

**DISETUJUI OLEH :**

**(Ir. Simon Dertha Farigan., S.T., M.T.)**  
Pemanding I

**DISAHKAN OLEH :**

**(Ir. Martius Cinting, M.TSi.)**  
Pemanding II

**(Samsuandi Batubara, S.T., M.T.)**  
Pemanding III

**(Ir. Binsar Silitonga, M.T.)**  
Pemanding IV

## ABSTRAK

Pada suatu pekerjaan konstruksi pondasi memiliki peranan yang sangat penting. Pondasi harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk mendukung beban maksimal yang mungkin terjadi. Sehingga, pondasi suatu struktur bangunan harus diperhitungkan daya dukung agar dapat menjamin kestabilan bangunan dalam menahan beban yang bekerja dan juga penurunan pada pondasi tidak boleh melebihi batas yang telah ditentukan.

Pada Proyek Pembangunan Jembatan Rel Kereta Api Tebing- Siantar akan dicari nilai daya dukung *ultimit* pondasi *bore pile* tunggal berdasarkan data *N-SPT* dengan metode Mayerhof, daya dukung lateral dengan metode Broms, efisiensi tiang dengan metode *Converse-Labarre Formula*, dan *Los Angeles Group*, menganalisis penurunan tiang tunggal (*single pile*), penurunan kelompok (*pile group*), dan membandingkan hasil analisis dengan hasil *PDA test*, serta perhitungan dengan *soft ware All Pile*.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, beban maksimum yang bekerja pada pembangunan jembatan rel kereta api Tebing- Siantar dengan *pile* Ø80 cm dan kedalaman 12,45 m sebesar  $870,3286 \text{ kN} \leq$  kapasitas ijin tiang *bore pile* berdasarkan *N-SPT* dengan efisiensi metode *Los Angeles Group* sebesar 1050,9 kN. Maka dapat disimpulkan struktur pondasi aman, dan mampu menahan beban diatas nya.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun hanturkan kepada Tuhan yang maha kuasa atas kasih dan penyertaan-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan topik “**ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI *BORE PILE* PADA PEMBANGUNAN JEMBATAN KERETA API TEBING - SIANTAR**”. Tugas Akhir ini dibuat sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S1) di program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan.

Selesainya Tugas Akhir ini tentu tidak lepas dari dukungan doa dan motivasi serta bimbingan dari beberapa pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Oloan Sitohang, MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan.
2. Bapak Ir. Charles Sitindaon, MT. Selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan.
3. Bapak Ir. Binsar Silitonga, MT. Selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan sekaligus dosen pembimbing.
4. Bapak Reynaldo Siahaan, ST, M.Eng. Selaku Wakil Kepala Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan.
5. Bapak Ir. Simon Deryha Tarigan, MT. Selaku koordinator Tugas Akhir, sekaligus Dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Bapak Samsuardi Batubara, ST. MT. Selaku Koordinator Kerja Praktek sekaligus Dosen pembeding.
7. Bapak Ir. Martius Ginting, MT. Selaku Dosen pembeding yang telah memberikan waktu, tenaga dan masukan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
8. Terkhusus untuk Ayahanda tercinta S. Sianturi dan Ibunda H. Simamora yang selalu memberikan motivasi, mendoakan untuk kelancaran Tugas Akhir ini dan yang telah memenuhi semua kebutuhan yang diperlukan sampai saat ini.
9. Terkhusus untuk abang dan kakak yang sangat saya cintai Richy Sianturi, Evi Sianturi, Tety Sianturi, dan Sutriska Sianturi. Terimakasih atas semua doa, semangat, motivasi, dan canda tawa yang telah menemani saya hingga berada di tahap ini.
10. Abangda tercinta Ferdinan Pane, ST. Yang dengan sangat sabar mengajari, dan memberikan masukan, serta motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
11. Teman-teman seangkatan dan seperjuangan “Civil-16” yang selalu ada disaat suka maupun duka, teman bercanda tertawa ria meskipun dengan beban tugas yang seringkali mengajak kami untuk bergadang.
12. Rekan- rekan Mahasiswa Teknik Universitas Katolik Santo Thomas Medan baik Senior maupun Junior yang telah ikut membantu dan memberikan masukan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
13. Serta pihak lain yang telah ikut serta membantu dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari banyak kekurangan dan kelemahan dalam Tugas Akhir ini, oleh karena itu kritik dan saran yang baik sangat dibutuhkan penulis demi memperbaiki Tugas Akhir ini menuju kesempurnaan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi kita semua yang membacanya.

Medan,.....

**RONI JONATHAN SIANTURI**  
160310011



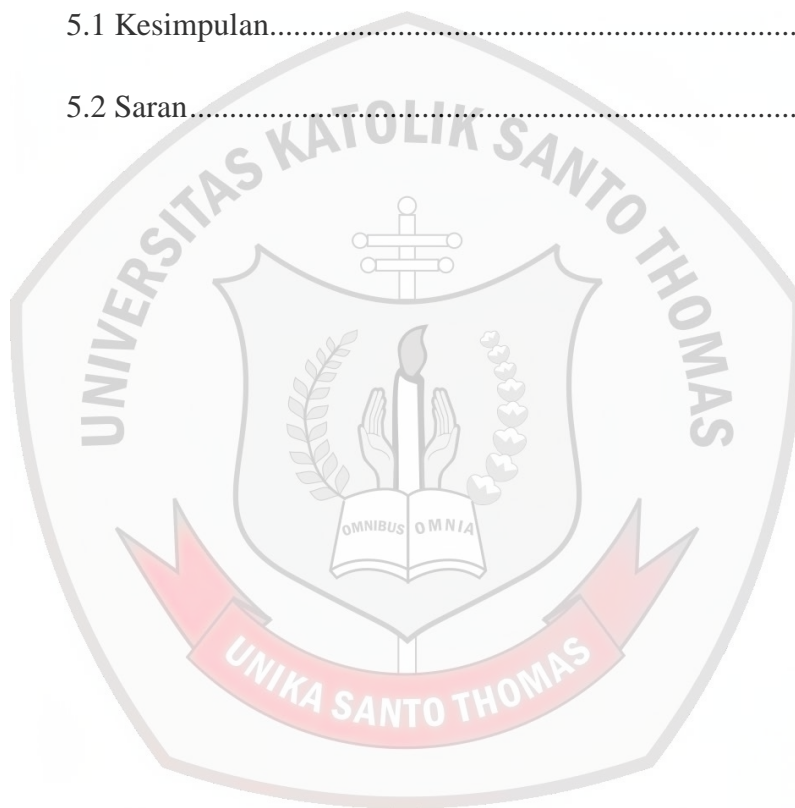
## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xv
<b>BAB I     PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat .....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
<b>BAB II    STUDI PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Penyelidikan Tanah.....	6
2.2 Cara Penyelidikan Tanah .....	7
2.3 Alat- Alat Penyelidikan Tanah.....	8
2.4 Penyelidikan Tanah di Lapangan .....	13
2.4.1 Uji Penetrasi Standar (SPT).....	14
2.4.2 Uji Penetrasi Kerucut Statis ( <i>Sondir</i> ) .....	23
2.4.3 Pengujian di Laboratorium .....	26
2.5 Daya Dukung Tiang .....	34
2.5.1 Daya Dukung Pondasi Dangkal .....	34

2.5.1.1 Analisis Terzaghi .....	34
2.5.1.2 Analisis Meyerhof.....	38
2.5.2 Daya Dukung Pondasi Dalam .....	40
2.5.2.1 Menghitung Kapasitas Kuat Dukung <i>Bore Pile</i> Pada Data Sondir .....	41
2.5.2.2 Menghitung Kapasitas Kuat Dukung <i>Bore Pile</i> Pada Data N-SPT .....	45
2.6 Pondasi Tiang Kelompok ( <i>Pile Group</i> ) .....	51
2.6.1 Jarak Antar Tiang Dalam Kelompok.....	53
2.6.2 Daya Dukung Kelompok Tiang .....	56
2.7 Penurunan Kelompok Tiang.....	58
2.8 Daya Dukung Lateral Tiang Tunggal.....	67
2.9 Beban Dinamis Tiang .....	74
2.9.1 Perhitungan Kalendering .....	74
2.9.2 Metode Kalendering .....	77
2.9.3 Pengujian Dengan <i>Pile Driving Analyzer</i> (PDA) .....	79
2.9.3.1 Metode Kerja PDA ( <i>Pile Driviling Analyzer</i> ) .....	80
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>88</b>
3.1 Deskripsi Proyek .....	88
3.2 Data Tanah .....	89
3.2.1 Data Tanah <i>Cone Penetrasi Test</i> (CPT) .....	89
3.2.2 Data Tanah <i>Standart Penetration Test</i> (N-SPT) .....	95

3.3 Jenis Pondasi .....	97
3.4 <i>Final Report Pile Driving</i> (PDA).....	100
3.4.1 Pengetesan Tiang Dengan <i>Pile Driving Analyzer</i> (RSM- PDT(B)) .....	101
3.5 Diameter Pondasi .....	102
3.6 Panjang <i>Bore Pile</i> .....	102
3.7 Mutu Beton.....	102
3.8 Data Laboratorium .....	102
3.9 Rekapitulasi Kombinasi Pembebanan Jembatan.....	104
3.10 Tahap Penelitian .....	107
<b>BAB IV ANALISA DAN PERHITUNGAN</b> .....	110
4.1 Menghitung Kapasitas Daya Dukung <i>Bore Pile</i> Dari Data <i>N-SPT</i> .....	110
4.1.1 Rekapitulasi Beban Struktur Atas Jembatan .....	119
4.2 Perhitungan Daya Dukung Aksial Dengan <i>All Pile</i> ( <i>Single Pile</i> ).....	121
4.3 Perhitungan Effisiensi Kelompok <i>Bore Pile</i> .....	126
4.4 Perhitungan Distribusi Beban Pada Tiang <i>Bore Pile</i> .....	130
4.5 Perhitungan Daya Dukung <i>Group</i> dengan <i>All Pile</i> ( <i>Group Pile</i> ) .....	135
4.6 Perhitungan Daya Dukung Lateral <i>Bore Pile</i> .....	138
4.7 Menghitung Penurunan Tiang Tunggal ( <i>Single Pile</i> ), Penurunan	

Kelompok ( <i>Pile Group</i> ), dan Penurunan Ijin .....	141
4.8 Perbandingan Hasil Analisis dengan Desain Yang Sudah Ada di Lapangan .....	144
4.9 Perbandingan Hasil Analisis dengan Hasil PDA <i>Test</i> .....	145
4.10 Pembahasan.....	146
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>147</b>
5.1 Kesimpulan.....	147
5.2 Saran.....	147



## DAFTAR GAMBAR

2.1	Bor Tangan .....	10
2.2	Penyelidikan Dengan Cara Pencucian Tanah .....	11
2.3	Alat Bor Putar ( <i>Rotary Drilling Ring</i> ).....	12
2.4	Contoh Penggambaran Simbol- Simbol Jenis Tanah .....	13
2.5	Tabung Belah <i>Standart</i> Uji SPT .....	16
2.6	Skema Alat Kerucut Statis Dan Kerja Alat .....	23
2.7	Contoh Grafik Hasil Uji Sondir .....	24
2.8	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Pada Hasil Uji Kerucut Statis ( <i>Sondir</i> ).....	25
2.9	Hubungan Sudut Gesek Dalam Puncak .....	26
2.10	Diagram Plastisitas Casagrande.....	29
2.11	Bagan Alir <i>Soil Test</i> Untuk Perencanaan Pondasi.....	33
2.12	Analisa Distribusi Tegangan Dibawah Pondasi Terzaghi .....	35
2.13	Bentuk- Bentuk Pondasi Dangkal.....	36
2.14	Faktor Daya Dukung Hubungan Antara Sudut Geser Dalam Dengan $N_c$ , $N_q$ , $N_\gamma$ .....	37
2.15	Asumsi Meyerhof Kelongsoran Tanah Dibawah Tapak .....	38
2.16	Daya Dukung Tiang Daya Dukung <i>End Bearing Piles</i> dan <i>Friction Piles</i> .....	41
2.17	Variasi $N_q^*$ Dengan L/D (Coyle dan Castello, 1981) .....	50

2.18	Variasi K Dengan L/D (Coyle dan Castello, 1981).....	51
2.19	<i>Overlapping Area</i> Tegangan Sekitar Kelompok Tiang.....	52
2.20	Jarak Anatar Tiang.....	53
2.21	Pola- Pola Kelompok Tiang Pancang Khusus .....	55
2.22	Pengaruh Tiang Akibat Pemancangan.....	56
2.23	Variasi Jenis Bentuk Unit Tahanan Friksi (Kulit) Terdistribusi Sepanjang Tiang Tertanam Kedalam Tanah .....	61
2.24	Aplikasi Pondasi Tiang Dalam Menahan Beban Lateral.....	67
2.25	Tahanan Lateral Ultimit Tiang Dalam Tanah Kohesif .....	70
2.26	Tahanan Lateral Ultimit Tiang Dalam Tanah Kohesif .....	71
2.27	Kapasitas Beban Lateral Untuk Pondasi Tiang Pendek Pada Tanah Kohesif.....	72
2.28	Defleksi dan Mekanisme Keruntuhan Untuk Pondasi Tiang Panjang Dengan Kondisi Kepala Tiang Bebas Akibat Beban Lateral Pada Tanah Kohesif.....	73
2.29	Ilustrasi Kertas Grafik Data Kalendering .....	78
2.30	<i>Strain Transducers</i> dan <i>Accelerometer</i> .....	81
2.31	Alat PDA .....	82
2.32	Pembacaan <i>Output</i> Dari <i>Software</i> CAPWAP.....	83
2.33	Hasil <i>Output</i> Dari <i>Software</i> CAPWAP.....	85
3.1	Tampak Atas Jembatan BH-66 Km 40 + 700-750 Desa Sigaga Simalungun .....	89

3.2	<i>Drilling Log</i> BH-66 Km 40 + 700-750 Desa Sigaga Simalungun .....	95
3.3	<i>Drilling Log</i> BH-66 Km 40 + 700-750 Desa Sigaga Simalungun .....	96
3.4	Tampak Samping Jembatan Rel Kereta Api Tebing – Siantar .....	97
3.5	Tampak Samping Abutmen Jembatan .....	97
3.6	Tampak Atas Susunan <i>Bore Pile</i> .....	98
3.7	Tampak Atas Jembatan Rencana .....	98
3.8	Detail Ukur <i>Bore Pile</i> .....	99
3.9	Grafik Hasil Uji PDA Dengan <i>Software</i> CAPWAP .....	102
3.10	Rekap Pembebanan Jembatan .....	104
3.11	Rekap Pembebanan Jembatan Kombinasi 1 .....	104
3.12	Rekap Pembebanan Jembatan Kombinasi 2 .....	105
3.13	Rekap Pembebanan Jembatan Kombinasi 3 .....	105
3.14	Rekap Pembebanan Jembatan Kombinasi 4 .....	106
3.15	Rekap Pembebanan Jembatan Kombinasi 5 .....	106
3.16	Diagram Alur ( <i>Flowchart</i> ) .....	109
4.1	Grafik <i>N-SPT</i> vs Kedalaman .....	115
4.2	Perhitungan Daya Dukung Aksial Metode <i>ALL PILE</i> .....	121
4.3	Perhitungan Daya Dukung Aksial Metode <i>ALL PILE</i> .....	121
4.4	Perhitungan Daya Dukung Aksial Metode <i>ALL PILE</i> .....	122
4.5	Perhitungan Daya Dukung Aksial Metode <i>ALL PILE</i> .....	122
4.6	Perhitungan Daya Dukung Aksial Metode <i>ALL PILE</i> .....	123
4.7	Perhitungan Daya Dukung Aksial Metode <i>ALL PILE</i> .....	123

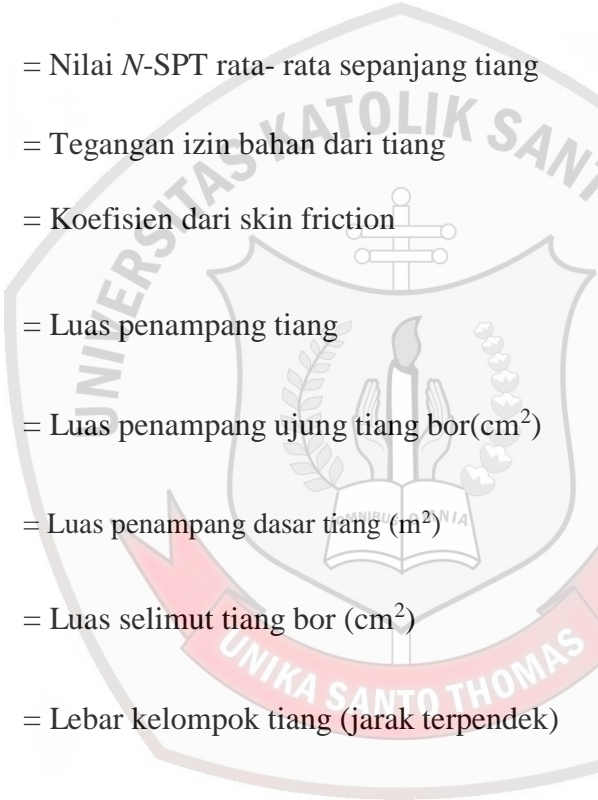
4.8	Perhitungan Daya Dukung Aksial Metode <i>ALL PILE</i> .....	123
4.9	<i>Soil Stress, Side Resistance, dan Axial Force vs Depth</i> .....	124
4.10	<i>Allowable Capacity vs Foundation Depth</i> .....	125
4.11	Bentuk Posisi Tiang <i>Bore Pile</i> .....	126
4.12	Bentuk Posisi Tiang <i>Bore Pile</i> .....	128
4.13	Ilustrasi Pendistribusian Tiang <i>Bore Pile</i> .....	130
4.14	Detail Ukuran <i>Pile Cap</i> .....	131
4.15	Pemodelan Tiang Arah X dan Y.....	132
4.16	Perhitungan Daya Dukung Aksial Metode <i>ALL PILE</i> .....	135
4.17	Perhitungan Daya Dukung Aksial Metode <i>ALL PILE</i> .....	135
4.18	<i>Soil Stress, Side Resistance, dan Axial Force vs Depth</i> .....	136
4.19	<i>Allowable Capacity vs Foundation Depth</i> .....	137
4.20	Ilustrasi Tiang <i>Bore Pile</i> .....	138
4.21	Grafik Ilustrasi Tiang <i>Bore Pile</i> .....	140
4.22	Ilustrasi Tiang <i>Bore Pile</i> .....	141
4.23	Hasil PDA <i>Test BH-66 (JAS 3)</i> .....	145

## DAFTAR TABEL

2.1	Hubungan $N$ -SPT Dengan Berat Jenis Tanah.....	14
2.2	Hubungan Nilai $N$ , Konsistensu dan Kuat Tekan Bebas ( $q_u$ ) Untuk Tanah Lempung Jenuh.....	16
2.3	Efisiensi Pemukul .....	17
2.4	Koreksi Diameter Lubang Bor.....	18
2.5	Koreksi Oleh Tipe Tabung Sampler SPT .....	18
2.6	Koreksi Untuk Panjang Batang Bor.....	18
2.7	Tanah <i>Non-Kohesif</i> .....	19
2.8	Tanah <i>Kohesif</i> .....	19
2.9	Nilai Korelasi $N$ -SPT.....	20
2.10	Faktor Daya Dukung Meyerhof.....	39
2.11	Nilai Koefisien Empiris ( $CP$ ) .....	63
2.12	Faktor Pengaruh $I_f$ .....	65
2.13	Angka Poisson Ratio Menurut Jenis Tanah.....	66
2.14	Nilai Sifat Elastisitas Tanah Menurut Jenis Tanah.....	66
2.15	Hubungan Modulus <i>Subgrade</i> Dengan Kuat Geser <i>Undrained</i> .....	68
2.16	Nilai –Nilai $n_h$ Untuk Tanah Granular .....	69
2.17	Nilai- Nilai $n_h$ untuk Tanah <i>Kohesif</i> .....	69
2.18	Harga Efisiensi Palu Pancang .....	76
2.19	Harga Koefisien Restitusi .....	76

2.20	Tabel Penilaian Kerusakan Tiang.....	83
3.1	Hasil Sondir Test Pada 3 Titik Berbeda .....	89
3.2	<i>Summary</i> Nilai CBR .....	90
3.3	Data Sondir S-1 .....	91
3.4	Data Sondir S-2 .....	92
3.5	Data Sondir S-3 .....	93
3.6	Data Tiang <i>Bore</i> .....	100
3.7	Data Hasil <i>Test</i> PDA.....	101
4.1	Data <i>N-SPT</i> Lapangan .....	112
4.2	Rekap Nilai <i>N-SPT</i> Setelah Dikorelasi Pada BH-66 KM 40+700-750 Desa Sigaga Simalungun .....	113
4.3	Rekapitulasi Perhitungan Daya Dukung Dengan Data Tanah <i>N-SPT</i> .....	116
4.4	Rekapitulasi Kombinasi Terbesar Pembebanan Struktur Atas Jembatan...	119
4.5	Penabelan Sumbu X dan Y.....	132
4.6	Rekap Perhitungan Beban Tiang <i>Bore Pile</i> Maksimum dan Minimum.....	133
4.7	Kontrol Daya Dukung Ijin Tiang <i>Bore Pile</i> .....	134
4.8	Rekapitulasi Daya Dukung Tiang.....	144
4.9	Perbandingan Hasil Analisis Dengan PDA <i>Test</i> .....	145

## DAFTAR NOTASI



$\eta$	= Efisiensi kelompok tiang
$\eta_H$	= Efisiensi pemukul
$\eta_B$	= Koreksi diameter lubang bor
$\eta_S$	= Koreksi oleh tipe tabung sampler SPT
$\eta_R$	= Koreksi untuk panjang batang bor
$\bar{N}$	= Nilai $N$ -SPT rata-rata sepanjang tiang
$\bar{\sigma}$	= Tegangan izin bahan dari tiang
$\xi$	= Koefisien dari skin friction
$A$	= Luas penampang tiang
$A_b$	= Luas penampang ujung tiang bor ( $\text{cm}^2$ )
$A_p$	= Luas penampang dasar tiang ( $\text{m}^2$ )
$A_s$	= Luas selimut tiang bor ( $\text{cm}^2$ )
$B_g$	= Lebar kelompok tiang (jarak terpendek)
$C$	= Konstanta
$C_N$	= Tekanan <i>overburden</i>
$C_p$	= Koefisien empiris
$C_s$	= Konstanta empiris $(0,93 + 0,16\sqrt{(L/D)}) \cdot C_p$
$C_u$	= Kohesi <i>undrained</i> ( $\text{kN/m}^2$ )

D	= Diameter tiang (m)
E	= Modulus elastis tiang
E	= Efisiensi palu
E <sub>g</sub>	= Efisiensi kelompok tiang
E <sub>p</sub>	= Modulus elastisitas material (umumnya: $2,1 \times 10^6$ N/m <sup>2</sup> )
f	= Jarak momen maksimum dari permukaan tanah (m)
f <sub>av</sub>	= Tahanan gesek rata-rata untuk keseluruhan tiang (kN/m <sup>2</sup> )
f <sub>b</sub>	= Tahanan ujung satuan (kg/cm <sup>2</sup> )
Fr	= <i>Ratio</i> gesekan ( <i>friction ratio</i> )
f <sub>s</sub>	= Tahanan gesek satuan (kg/cm <sup>2</sup> )
g	= Jarak dari lokasi momen maksimum sampai dasar tiang (m)
h	= Tinggi jatuh palu
H <sub>E</sub>	= Energi palu
H <sub>u</sub>	= Beban lateral (kN)
I	= Momen inersia tiang
I	= Faktor pengaruh
K	= Koefisien tekanan tanah lateral
k <sub>1</sub>	= Modulus reaksi <i>subgrade</i> dari Terzaghi
K <sub>c</sub>	= Koef. Modifikasi tahanan konus
K <sub>f</sub>	= Koef. Modifikasi tahanan gesek sisi konus
L	= Panjang total tiang (m)
L <sub>g</sub>	= Panjang kelompok tiang (jarak terpanjang)

$L_i$	= Tebal lapisan tanah (m)
$m$	= Jumlah baris tiang
$n$	= Jumlah tiang dalam satu baris
$n$	= Nilai eksponensial:
$N$	= Nilai $N$ -SPT hasil uji dilapangan
$N_1$	= Nilai $N_{60}$ yang telah di koreksi
$N_{60}$	= Nilai $N$ yang diperoleh dari korelasi
$N_p$	= Nilai $N$ -SPT pada dasar pondasi
$Nq^*$	= Faktor kuat dukung
$P$	= Beban total kontruksi bangunan atas
$P_a$	= Tekanan atmosfer ( $100 \text{ kN/m}^2$ )
$P_o'$	= Tekanan <i>overburder</i> efektif
$Q_{all}$	= Daya dukung tiang izin
$Q_c$	= $q_c$ rata-rata ( $\text{Kn/m}^2$ ) pada zona $1d$ dibawah ujung tiang dan $4d$ di atas tiang
$Q_{g(u)}$	= Daya dukung batas kelompok tiang
$Q_p$	= Daya dukung ujung tiang
$Q_s$	= Daya dukung gesekan selimut tiang
$Q_u$	= Daya dukung tiang <i>ultimit</i> (batas)
$Q_{wp}$	= Daya dukung yang bekerja pada ujung tiang (kN)
$Q_{ws}$	= Daya dukung <i>friction</i> (kN)

$R_x$	= Tahanan tanah tiang di atas kerusakan X
$s$	= Jarak pusat ke pusat tiang
$s$	= Penetrasi tiang per satuan pukulan (cm)
$S$	= Penurunan elastis tiang tunggal (mm)
$S_1$	= Penurunan yang terjadi disepanjang tiang (mm)
$S_2$	= Penurunan tiang oleh beban yang bekerja pada ujung tiang (mm)
$S_3$	= Penurunan tiang oleh beban fraksi sepanjang selimut tiang (mm)
$SF$	= Faktor keamanan ( <i>safety factor</i> )
$Sf$	= Penurunan maksimum tiang (mm)
$S_{g(e)}$	= Penurunan elastis kelompok tiang (mm)
$W_p$	= Berat sendiri tiang
$W_p$	= Berat tiang
$W_R$	= Berat palu
$\alpha$	= Koefisien <i>adhesi</i> antara tanah dan tiang
$\theta$	= Arc tan $d/s$
$\sigma$	= Tegangan pada penampang tiang
$\delta$	= Sudut gesek antara tiang dan tanah
$\sigma'$	= Tekanan <i>overburden</i> efektif rata-rata ( $kN/m^2$ )

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E., 1982, *Foundation Analysis and Design*, Terjemahan oleh Pantur Silaban. Jilid I, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Bowles, Joseph E., 1984, *Foundation Analysis and Design*, Terjemahan oleh Pantur Silaban. Jilid II, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Girsang, P., 2009, *Analisa Daya Dukung Pondasi Bored Pile Tunggal Pada Proyek Pembangunan Crystal Square Medan*, Tugas Akhir Teknik Sipil, Medan: USU.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2011), *Analisis dan Perancangan Fondasi I Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, Hary Christady. (2015), *Analisis dan Perancangan Fondasi II Edisi Ketiga*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, Graha Media.
- M Braja.Das. 2011, *Principles of Foundation Engineering 7th (Seventh Edition)*. USA: Cengage Learning.

