

SKRIPSI

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN *ABUTMENT* DAN PONDASI
BORED PILE PADA JEMBATAN SAMBIREJO STA 163+144
TOL SOLO-KERTOSONO FASE 1**

*Disusun Dan Ditunjukkan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
S-1 Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang*



Disusun Oleh :

**WIDYA LELY WILIS
NIM 17.21.907**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2019

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN *ABUTMENT* DAN PONDASI
BORED PILE PADA JEMBATAN SAMBIREJO STA 163+144
TOL SOLO-KERTOSONO FASE 1**

Oleh:

WIDYA LELY WILIS

NIM 17.21.907

Telah disetujui oleh pembimbing

Pada tanggal 20 Agustus 2019

Menyetujui,

Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. A. Agus Santosa, MT
NIP. Y .101 8700 155

Ir. Ester Priskasari, MT
NIP. Y .103 9400 265

**Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**

Ir. I. Wayan Mundra, MT
NIP . Y. 101 8700 150

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2019

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

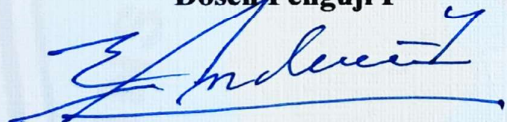
**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN *ABUTMENT* DAN PONDASI
BORED PILE PADA JEMBATAN SAMBIREJO STA 163+144
TOL SOLO-KERTOSONO FASE 1**

**Skripsi Ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Penguji Ujian Skripsi Jenjang
Strata (S-1) Pada Tanggal 20 Agustus 2019 Dan Diterima
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil S-1**

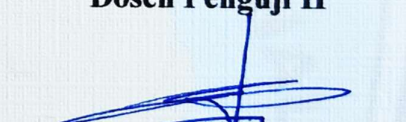
**Oleh:
WIDYA LELY WILIS
NIM 17.21.907**

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

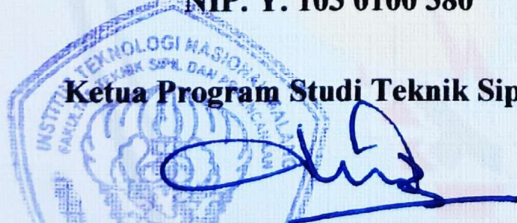

Eri Andriyan Yudianto, ST, MT
NIP. Y. 103 0100 380

Dosen Penguji II

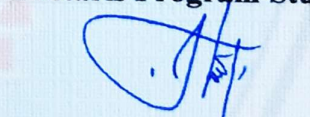

Mohammad Erfan, ST, MT
NIP. Y. 103 1500 508

Disahkan Oleh :

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1


Ir. I. Wayan Mundra, MT
NIP. Y. 101 8700 150

Sekretaris Program Studi


Ir. Munasih, MT
NIP. Y. 102 8800 187

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2019

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Widya Lely Wilis

NIM : 1721907

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan (FTSP)

Menyatakan bahwa Skripsi saya yang berjudul :

“STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN *ABUTMENT* DAN PONDASI *BORED PILE* PADA JEMBATAN SAMBIREJO STA 163+144 TOL SOLO-KERTOSONO FASE 1”

Adalah sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya di dalam Naskah SKRIPSI ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah SKRIPSI ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI , saya bersedia SKRIPSI ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, Agustus 2019

Yang Membuat Pernyataan



Widya Lely Wilis
NIM. 17.21.907

ABSTRAK

WIDYA LELY WILIS, S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Malang, Agustus 2019, *Studi Alternatif Perencanaan Abutment Dan Pondasi Bored Pile Pada Jembatan Sambirejo STA 163+144 Tol Solo - Kertosono Fase 1*, A. Agus Santosa, Ester Priskasari.

Pembangunan jalan Tol Solo-Kertosono fase 1 seksi Wilangan-Kertosono merupakan bagian tol trans Jawa yang sedang dikerjakan sepanjang 37,39 km. Pada seksi ini rencananya akan dibangun 24 jembatan. Salah satunya adalah Jembatan Sambirejo STA 163+144 dengan panjang bentang 30 m dan lebar 16,2 m yang terletak di Desa Sambirejo, Kabupaten Nganjuk. Sebelumnya jenis pondasi yang digunakan adalah pondasi tiang pancang dengan $D=60$ cm. Berdasarkan hasil *drilling log* pada kedalaman 6,5 m sudah mencapai tanah keras dengan $N-SPT > 50$ jenis tanah pasir padat. Pengambilan judul ini bertujuan untuk merencanakan dimensi serta penulangan *abutment* dan alternatif pondasi *bored pile* yang mampu menahan beban struktur atasnya.

Beban-beban struktur atas jembatan yang bekerja pada *abutment* mengacu pada SNI-1725-2016 dan SNI-2833-2016. Evaluasi untuk stabilitas *abutment* serta pondasi diselidiki pada kondisi layan dan kondisi ekstrim (gempa). Metode yang digunakan untuk menghitung daya dukung pondasi *bored pile* adalah metode *Reese and Wright* dan untuk perhitungan penurunan menggunakan metode semi-empiris.

Dari hasil perhitungan diperoleh dimensi *abutment* dengan tinggi 8,35 m, lebar 6,4 m, panjang 16,2 m. Tulangan yang digunakan untuk *breast wall* adalah tulangan pokok D32-110, tulangan susut D19-200 serta tulangan geser D16-400. Sedangkan tulangan pada *pile cap* adalah tulangan pokok D32-70 dengan tulangan susut D32-280. Pondasi yang digunakan adalah pondasi *bored pile* $D=80$ cm dengan kedalaman 9 m. Daya dukung kelompok pondasi sebesar $16230,713 \text{ kN} > \Sigma P = 14409,540 \text{ kN}$. Tulangan yang digunakan untuk pondasi adalah tulangan pokok 12 D25 dengan sengkang spiral D10-100. Hasil penurunan tiang tunggal sebesar 5,840 cm dan penurunan tiang kelompok sebesar 16,517 cm. Dapat disimpulkan bahwa desain *abutment* dan pondasi *bored pile* dapat digunakan pada pembangunan Jembatan Sambirejo STA 163+144 Tol Solo-Kertosono Fase 1.

Kata kunci : Jembatan, Abutment, Bored Pile

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya yang telah memberikan kemudahan dan kelancaran dalam penyusunan skripsi ini. Judul skripsi ini adalah “*Studi Alternatif Perencanaan Abutment dan Pondasi Bored Pile pada Jembatan Sambirejo STA 163+144 Tol Solo-Kertosono Fase I*”.

Adapun tujuan dari penyusunan skripsi ini untuk memenuhi persyaratan dalam menempuh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Sipil S1 Institut Teknologi Nasional Malang. Semua ini tidak terlepas dari bimbingan dan bantuan serta saran – saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, MSc selaku Dekan Fakultas Teknik sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang,
2. Bapak Ir. I Wayan Mundra, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang,
3. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku dosen pembimbing I,
4. Ibu Ir. Ester Priskasari, MT selaku dosen pembimbing II,
5. Bapak Eri Andriyan Yudianto, ST, MT selaku penguji I,
6. Mohammad Erfan, ST, MT selaku penguji II,
7. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang, atas ilmu, bimbingan dan bantuannya hingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini,
8. Bapak Eddi Siswoyo dan Ibu Wahyu Susantini selaku orang tua penulis yang merupakan *support system* terhebat,
9. Teman-teman eigtsquare ada Repaldi , Roliams Mayaut (Kak Jello), Lourin, Monalisa Prisilia Hattu, Riski Ramadhan, Lukman Hakim dan M. Dhian Hidayat, teman-teman alih jenjang 2017 yang sudah saling memberikan semangat untuk lulus bersama,
10. M. Sakti Yoga Pradana yang lebih dari teman yang membantu penulis pada keadaan apapun selalu sigap,

11. Rekan-rekan di Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang yang juga telah banyak membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini belum sempurna, baik dari segi materi maupun penyajiannya. Untuk itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan dalam penyempurnaan skripsi ini.

Malang, Agustus 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR NOTASI	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Rumusan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Perencanaan.....	3
1.6 Kegunaan Hasil Perencanaan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Kasus.....	4
2.1.1 Studi Terdahulu	4
2.2 Jembatan.....	5
2.2.1 Struktur Atas (<i>Upper Structure</i>).....	5
2.2.2 Struktur Bawah (<i>Sub Structure</i>)	6
2.2.3 Oprit.....	7
2.3 Kepala Jembatan (<i>Abutment</i>)	7
2.3.1 Pembebanan <i>Abutment</i>	9
2.3.1 Beban Permanen.....	10
2.3.1.1 Berat Sendiri (<i>MS</i>)	11

2.3.1.2	Beban Mati Tambahan/ Utilitas (<i>MA</i>).....	11
2.3.1.3	Beban Akibat Tekanan Tanah (<i>TA</i>)	12
2.3.2	Beban Lalu Lintas.....	14
2.3.2.1	Lajur lalu lintas rencana	15
2.3.2.2	Beban Lajur “ <i>TD</i> ”	15
2.3.2.3	Beban Truk “ <i>T</i> ” (<i>TT</i>).....	17
2.3.2.4	Faktor Beban Dinamis.....	18
2.3.2.5	Gaya Rem (<i>TB</i>)	18
2.3.3	Aksi Lingkungan	18
2.3.3.1	Pengaruh Temperatur (<i>TE</i>).....	18
2.3.3.2	Beban Angin	19
2.3.3.3	Pengaruh Gempa.....	22
2.3.4	Aksi Lainnya	24
2.3.4.1	Gesekan pada perletakan (<i>BF</i>).....	24
2.3.5	Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan	25
2.3.6	Kontrol Stabilitas <i>Abutment</i>	28
2.3.7	Penulangan <i>Abutment</i>	31
2.4	Pondasi <i>Bored Pile</i>	32
2.4.1	Pengambilan Contoh Tanah	33
2.4.1.1	Uji SPT (<i>Standard Penetration Test</i>).....	33
2.4.2	Kapasitas Dukung Pondasi <i>Bored Pile</i>	34
2.4.2.1	Kapasitas Dukung Tiang Tunggal <i>Metode Reese & Wright</i> (1977)	
	35	
2.4.3	Kapasitas Dukung Ijin Tiang (Q_a).....	37
2.4.4	Jumlah Tiang	39
2.4.5	Jarak Antar Tiang Dalam Kelompok.....	39
2.4.6	Kapasitas Dukung Kelompok Tiang dan Efisiensi <i>Bored Pile</i>	40
2.4.7	Beban Maksimum Tiang Pada Kelompok Tiang Bor	42
2.4.8	Kapasitas Dukung Lateral Tiang (<i>Hu</i>).....	43
2.4.9	Penurunan.....	45
2.4.9.1	Penurunan Pondasi Tiang Tunggal	45

2.4.9.2	Penurunan Pondasi Kelompok Tiang.....	46
2.4.9.3	Penurunan Diizinkan.....	47
2.4.10	Perencanaan Desain Tulangan Pondasi <i>Bored Pile</i>	47
2.4.10.1	Perhitungan Tulangan Utama.....	47
2.4.10.2	Perhitungan Tulangan Sengkang.....	48
BAB III	METODOLOGI STUDI.....	49
3.1	Lokasi.....	49
3.2	Data Perencanaan	49
3.2.1	Data Umum Proyek	50
3.2.2	Data Teknis Proyek	50
3.3	Teknik Analisis Data	51
3.3	Diagram Alir Perencanaan	52
BAB IV	PERENCANAAN	54
4.1	Perencanaan <i>Abutment</i>	54
4.1.1	Data Teknis Jembatan.....	54
4.1.2	Pembebanan	54
4.2	Analisa Beban Kerja	55
4.2.1	Beban Permanen.....	55
4.2.1.1	Berat Sendiri Struktur Atas (MS_a).....	55
4.2.1.2	Beban Mati Tambahan (MA).....	56
4.2.1.3	Berat Sendiri Struktur Bawah (MS_b).....	57
4.2.1.4	Tekanan Tanah (TA).....	60
4.2.2	Beban Lalu Lintas.....	62
4.2.2.1	Beban Lajur “D” (TD).....	62
4.2.2.2	Beban Rem (TB)	63
4.2.3	Aksi Lingkungan	64
4.2.3.1	Pengaruh Temperatur (T_{ET})	64
4.2.3.2	Beban Angin (EW).....	65
4.2.3.3	Beban Gempa (EQ).....	67
4.2.3.4	Beban Tekanan Tanah Aktif Akibat Gempa (E_{AE})	72
4.2.4	Aksi Lainnya	74

4.2.4.1	Aksi gesekan pada perletakan (<i>BF</i>)	74
4.3	Kombinasi Beban Kerja	75
4.4	Kontrol Stabilitas <i>Abutment</i>	85
4.4.1	Stabilitas Guling.....	85
4.4.2	Stabilitas Geser	87
4.4.3	Stabilitas Daya Dukung Tanah	88
4.5	Perencanaan Pondasi <i>Bored Pile</i>	90
4.5.1	Perhitungan Daya Dukung Aksial.....	91
4.5.2	Perhitungan Daya Dukung Lateral Ijin	96
4.5.3	Penjabaran Reaksi Tiang Vertikal.....	100
4.5.4	Penurunan	102
4.5.4.1	Penurunan Pondasi Tiang Tunggal	102
4.5.4.2	Penurunan Pondasi Kelompok Tiang.....	104
4.6	Penulangan Pondasi <i>Bored Pile</i>	105
4.6.1.1	Desain Tulangan Pokok Pondasi	105
4.6.1.2	Desain Tulangan Spiral	106
4.6.1.3	Penyaluran Kait Standar Dari Pondasi Ke <i>Pile Cap</i>	108
4.7	Penulangan <i>Abutment</i>	109
4.7.1.1	Penulangan <i>Pile Cap</i>	109
4.7.1.2	Penulangan Badan <i>Abutment (Breast Wall)</i>	123
BAB V	PENUTUP	135
5.1	Kesimpulan	135
5.2	Saran	135

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinggi Abutment Berdasarkan Jenisnya.....	8
Tabel 2. 2 Berat Isi Untuk Beban Mati.....	10
Tabel 2. 3 Faktor Beban Untuk Beban Mati.....	11
Tabel 2. 4 Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan.....	12
Tabel 2. 5 Sudut Geser Berbagai Material.....	12
Tabel 2. 6 Faktor Beban Akibat Tekanan Tanah.....	14
Tabel 2. 7 Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana.....	15
Tabel 2. 8 Faktor Beban Untuk Beban Lajur “D”.....	16
Tabel 2. 9 Faktor Beban Untuk Beban Lajur “T”.....	17
Tabel 2. 10 Temperatur Jembatan Rata-rata Nominal.....	19
Tabel 2. 11 Sifat Bahan Rata-Rata Akibat Pengaruh Temperatur.....	19
Tabel 2. 12 Nilai V_0 dan Z_0 Berbagai Variasi Kondisi.....	20
Tabel 2. 13 Tekanan Angin Dasar.....	21
Tabel 2. 14 Komponen Beban Angin yang Bekerja pada Kendaraan.....	22
Tabel 2. 15 Kelas Situs.....	23
Tabel 2. 16 Faktor Modifikasi Respon (R) untuk Bangunan Bawah.....	24
Tabel 2. 17 Faktor Modifikasi Respons untuk Hubungan Antar Elemen.....	24
Tabel 2. 18 Faktor Beban Akibat Gesekan pada Perletakan.....	25
Tabel 2. 19 Kombinasi Beban dan Faktor Beban.....	27
Tabel 2. 20 Nilai-nilai tipikal n , e , w , γd , dan γb untuk Tanah Asli.....	30
Tabel 2. 21 Nilai-nilai Faktor Daya Dukung Geser Umum (Vesic,1973).....	30
Tabel 2. 22 Faktor Keamanan untuk Pondasi Dalam.....	38
Tabel 2. 23 Kriteria Jenis Perilaku Tiang.....	44
Tabel 3. 1 Rekap Hasil Laboratorium.....	50
Tabel 4. 1 Berat Sendiri Struktur Atas.....	55
Tabel 4. 2 Berat Mati Tambahan.....	56
Tabel 4. 3 Berat Sendiri Struktur Bawah.....	59
Tabel 4. 4 Beban Horisontal Akibat Tekanan Tanah Aktif.....	61
Tabel 4. 5 Beban Horisontal Akibat Tekanan Tanah Pasif.....	61

Tabel 4. 6 Reaksi Beban untuk Seluruh Perletakan Beban Lalu Lintas	64
Tabel 4. 7 Menentukan Klasifikasi Situs Tanah Berdasarkan Data N-SPT.....	67
Tabel 4. 8 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Bawah	72
Tabel 4. 9 Rekap Beban Kerja.....	75
Tabel 4. 10 Kombinasi Daya Layan I.....	77
Tabel 4. 11 Kombinasi Daya Layan II.....	78
Tabel 4. 12 Kombinasi Daya Layan III	79
Tabel 4. 13 Kombinasi Daya Layan IV	80
Tabel 4. 14 Kombinasi $DL + 0.5LL + EQ_x + 0.3 EQ_y$	81
Tabel 4. 15 Kombinasi $DL + 0.5LL + EQ_x - 0.3 EQ_y$	82
Tabel 4. 16 Kombinasi $DL + 0.5LL + EQ_y + 0.3 EQ_x$	83
Tabel 4. 17 Kombinasi $DL + 0.5LL + EQ_y - 0.3 EQ_x$	84
Tabel 4. 18 Rekap Beban Kombinasi yang Bekerja	85
Tabel 4. 19 Kontrol Stabilitas Guling.....	85
Tabel 4. 20 Kontrol Stabilitas Geser.....	87
Tabel 4. 21 Kontrol Stabilitas Daya Dukung Tanah Terhadap Eksentrisitas	88
Tabel 4. 22 Kontrol Tekanan Tanah dan Daya Dukung Tanah Dibawah.....	89
Tabel 4. 23 Koreksi N-SPT	90
Tabel 4. 24 Nilai Rata-rata N-SPT	92
Tabel 4. 25 Nilai Faktor Keamanan Pondasi.....	94
Tabel 4. 26 Korelasi N-SPT Dengan Berat Isi (ρ) Untuk Tanah Pasir.....	96
Tabel 4. 27 Korelasi N-SPT dengan Berat Jenis	98
Tabel 4. 28 Kontrol Geser terhadap Abutmen dan Pondasi.....	100
Tabel 4. 29 Kontrol Terhadap Reaksi Beban Vertikal.....	102
Tabel 4. 30 Nilai koefisien C_p	102
Tabel 4. 31 Modulus Elastis Tanah (E_s).....	103
Tabel 4. 32 Angka Poisson (μ)	104
Tabel 4. 33 Rekap Beban yang Bekerja pada Pile Cap	110
Tabel 4. 34 Kombinasi Kuat I	111
Tabel 4. 35 Kombinasi Kuat II.....	112
Tabel 4. 36 Kombinasi Kuat III.....	113

Tabel 4. 37 Kombinasi Kuat IV	114
Tabel 4. 38 Kombinasi Kuat V.....	115
Tabel 4. 39 Ekstrem I.....	116
Tabel 4. 40 Rekap Beban Ultimit Kombinasi Pile cap.....	117
Tabel 4. 41 Berat Sendiri Breast Wall	123
Tabel 4. 42 Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Tanah.....	124
Tabel 4. 43 Rekap Beban yang Bekerja Pada Breast Wall	125
Tabel 4. 44 Kombinasi Kuat I	126
Tabel 4. 45 Kombinasi Kuat II.....	127
Tabel 4. 46 Kombinasi Kuat III.....	128
Tabel 4. 47 Kombinasi Kuat IV	129
Tabel 4. 48 Kombinasi Kuat V.....	130
Tabel 4. 49 Ekstrem I.....	131
Tabel 4. 50 Rekap Beban Ultimit Kombinasi <i>Breast Wall</i>	132

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian-bagian Jembatan	5
Gambar 2. 2 Bagian-bagian <i>Abutment</i>	6
Gambar 2. 3 Bentuk <i>Abutment</i>	8
Gambar 2. 4 Pembebanan pada <i>Abutment</i>	9
Gambar 2. 5 Analisa Beban pada <i>Abutment</i>	9
Gambar 2. 6 Tekanan Tanah Pada Dinding <i>Abutment</i>	14
Gambar 2. 7 Beban Lajur “D”	16
Gambar 2. 8 Pembebanan Truk “T” (500 kN)	17
Gambar 2. 9 Faktor Beban Dinamis Untuk Beban T pada Pembebanan.....	18
Gambar 2. 10 Pelaksanaan <i>Bored Pile</i>	32
Gambar 2. 11 Tiang Ditinjau Dari Cara Mendukung Beban	35
Gambar 2. 12 Kapasitas Ujung Ultimit pada Tanah Non-Kohesif.....	35
Gambar 2. 13 Kapasitas Selimut Ultimit pada Tanah Non-Kohesif	36
Gambar 2. 14 Kapasitas Dukung Tiang	37
Gambar 2. 15 Jarak Antar Tiang Dalam Kelompok Tiang	39
Gambar 2. 16 Perbandingan Zona Tanah Tertekan (Tomlison,1994).....	40
Gambar 2. 17 Baris Kelompok Tiang (Bowles,1997)	41
Gambar 2. 18 Kondisi Pembebanan Lateral pada Pondasi Tiang	43
Gambar 2. 19 Mekanisme Keruntuhan Tiang Pendek dan Tiang Panjang pada Keadaan Tiang Ujung Jepit dalam Tanah Non-Kohesif (Broms, 1964).....	44
Gambar 3. 1 Lokasi Proyek Pembangunan Jembatan Sambirejo	49
Gambar 3. 2 Diagram Alir Perencanaan <i>Abutment</i> dan Pondasi <i>Bored Pile</i>	52
Gambar 4. 1 Tampak Melintang Struktur Atas	55
Gambar 4. 2 Dimensi dan Notasi <i>Abutment</i>	58
Gambar 4. 3 Parameter Struktur Bawah	59
Gambar 4. 4 Beban Horizontal Akibat Tekanan Tanah Aktif dan Pasif	60
Gambar 4. 5 Beban BGT.....	62
Gambar 4. 6 Pendistribusian Beban BTR	62
Gambar 4. 7 Faktor Beban Dinamis	63

Gambar 4. 8 Pendistribusian Beban BGT	63
Gambar 4. 9 Pendistribusian Beban Angin pada Kendaraan	66
Gambar 4. 10 Grafik Percepatan Respon Spektrum Pada Tanah Sedang.....	69
Gambar 4. 11 Distribusi Tekanan Tanah Dinamis	73
Gambar 4. 12 Stabilitas Guling	85
Gambar 4. 13 Skema Beban pada Balok Kantilever	86
Gambar 4. 14 Stabilitas Geser	87
Gambar 4. 15 Rencana Dimensi Pondasi.....	91
Gambar 4. 16 Plot Nilai Kapasitas Ujung Ultimit pada Tanah Non-Kohesif.....	92
Gambar 4. 17 Plot Nilai Kapasitas Selimut Ultimit pada Tanah Non-Kohesif.....	93
Gambar 4. 18 Susunan Pondasi <i>Bored Pile</i>	95
Gambar 4. 19 Rata-rata N-SPT Di Sepanjang Tiang.....	96
Gambar 4. 20 Hubungan ηh dengan Kepadatan Relatif Tanah Pasir	97
Gambar 4. 21 Gaya Yang Bekerja Pada Tiang	100
Gambar 4. 22 Beban yang Diterima Tiang	101
Gambar 4. 23 Rencana Penampang <i>Bored Pile</i>	109
Gambar 4. 24 Penampang Bidang Kritis Akibat <i>Breast Wall</i>	119
Gambar 4. 25 Penampang Bidang Kritis Akibat <i>Bored Pile</i>	121
Gambar 4. 26 Beban yang Bekerja pada <i>Breast Wall</i>	123

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A_p	= Luas penampang tiang
B	= Nilai lebar pondasi (m)
c	= Kohesi (kg/cm ²)
C_p	= Nilai koefisien empiris tanah
C_{sm}	= Koefisien respons seismik
D	= Diameter tiang
d	= Tinggi efektif
D_r	= Kerapatan relatif
E_g	= Efisiensi kelompok tiang
E_p	= Modulus elastis pondasi (kN/m ²)
E_s	= Nilai modulus elastisitas tanah
f_c'	= Kuat tekan beton
F_r	= Friction rasio
f_y	= Tegangan leleh tulangan
h	= Tinggi penampang
h'	= lebar penampang
H_u	= Beban lateral ultimit (kN)
I_e	= Faktor keamanan gempa
I_p	= Momen inersia tiang
kh	= Koefisien reaksi tanah dalam arah horizontal (kN/m ³)
K_s	= Modulus subgrade tanah dalam arah horizontal
L	= Nilai kedalaman pondasi (m)
m	= Jumlah tiang pada deretan baris
M_{mak}	= Momen maksimum (kN.m)
M_n	= Momen nominal
M_u	= Momen kapasitas ultimit dari penampang tiang
M_x	= Momen yang bekerja pada bidang tegak lurus sumbu x
M_y	= Momen yang bekerja pada bidang tegak lurus sumbu y
n	= Jumlah tiang pada deretan kolom

n_x	= Banyak tiang dalam satu baris searah sumbu x
n_y	= Banyak tiang dalam satu baris searah sumbu y
P	= Beban yang bekerja
P_{max}	= Beban maksimum yang diterima oleh pondasi
P_{MS}	= Gaya tekan vertikal akibat berat sendiri abutment (kN)
P_u	= Jumlah total beban normal / gaya aksial
P_{VD}	= Gaya tekan vertikal akibat beban dari atas (kN)
q	= Beban merata plat injak akibat berat timbunan tanah (kN)
Q_a	= Daya dukung ijin tiang
Q_c	= Tahanan konus
Q_p	= Daya dukung ujung ultimit tiang
Q_{pg}	= Daya dukung kelompok tiang
Q_s	= Daya dukung selimut tiang
Q_u	= Daya dukung total
Q_x	= Gempa statik ekuivalen x
Q_y	= Gempa statik ekuivalen y
R_d	= Faktor kekakuan
R_n	= Koefisien kapasitas penampang
s	= Jarak antar tiang
SF	= Faktor keamanan
S_p	= Penurunan dari ujung tiang
S_{ps}	= Penurunan akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang
S_s	= Penurunan akibat deformasi aksial tiang
T	= Karakteristik panjang tiang (m)
T_{BF}	= Gaya gesekan pada perletakan (kN)
T_{EQ}	= Tekanan tanah dinamis akibat gempa (kN)
T_{ET}	= Pengaruh temperature (kN)
T_{EW}	= Beban angin (kN)
T_{TA}	= Gaya akibat tekanan tanah (kN)
T_{TB}	= Gaya rem (kN)
ν	= Poisson's ratio

V_c	= Kuat geser beton
V_s	= Nilai angka poisson tanah
V_z	= Gaya geser pada tiang (kN)
W_s	= Berat tanah
X_{max}	= Jarak terjauh tiang kepusat berat kelompok tiang searah sumbu x
Y_{max}	= Jarak terjauh tiang kepusat berat kelompok tiang searah sumbu y
z	= Kedalaman (m)
γ	= Berat volume tanah (kN/m ³)
φ	= Sudut geser (°)
ρ_b	= Berat jenis balance
\emptyset	= Faktor reduksi