

**ANALISIS 3D FINITE ELEMENT DAN EVALUASI  
MONITORING GEOTEKNIK PERILAKU TIANG  
ABUTMEN JEMBATAN CIHERANG  
PADA MASA KONSTRUKSI**

**TESIS**



**Oleh :**

**Petrus Chanel Suprihadi Santoso  
2012831023**

**Pembimbing :**

**Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL  
SEKOLAH PASCASRJANA  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
JULI 2016**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS 3D FINITE ELEMENT DAN EVALUASI MONITORING  
GEOTEKNIK PERILAKU TIANG ABUTMEN JEMBATAN CIHERANG  
PADA MASA KONSTRUKSI**



**Oleh :**

**Petrus Chanel Suprihadi Santoso  
2012831023**

**Disetujui Untuk Diajukan Ujian Sidang pada Hari/Tanggal :  
Selasa, 19 Juli 2016**

**Pembimbing :**

**Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL  
SEKOLAH PASCASRJANA  
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
BANDUNG  
JULI 2016**

## PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Petrus Chanel Suprihadi Santoso  
Nomor Pokok Mahasiswa : 2012831023  
Program Studi : Magister Teknik Sipil Bidang Geoteknik  
Program Pascasarjana  
Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa Tesis dengan judul :

ANALISIS 3D FINITE ELEMENT DAN EVALUASI MONITORING  
GEOTEKNIK PERILAKU TIANG ABUTMEN JEMBATAN CIHERANG  
PADA MASA KONSTRUKSI

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan pembimbing, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan : di Bandung

Tanggal : 1 Juli 2016



Petrus Chanel Suprihadi Santoso

# **ANALISIS 3D FINITE ELEMENT DAN EVALUASI MONITORING GEOTEKNIK PERILAKU TIANG ABUTMEN JEMBATAN CIHERANG PADA MASA KONSTRUKSI**

**Petrus Chanel Suprihadi Santoso (NPM : 2012831023)**

**Pembimbing : Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D**  
**Magister Teknik Sipil**  
**Bandung**  
**Juli 2016**

## **ABSTRAK**

Kondisi tanah pada lokasi abutmen jembatan sangat berbahaya ketika timbunan di belakang abutment cukup tinggi. Pada beberapa kasus, terjadi kegagalan pada pondasi abutment. Pada kasus Jembatan Ciherang memiliki situasi yang sulit dimana abutmen berada di area dengan tanah permukaan yang sangat lunak dan ketebalan timbunan sangat tinggi (mencapai 9 m). Desain awal abutmen dilakukan dengan analisis 3D elemen hingga kondisi jangka pendek dengan pendekatan *strain dependent*. Selama masa konstruksi berlangsung dilakukan monitoring instrumentasi inklinometer yang berfungsi untuk mengetahui besarnya defleksi yang terjadi sepanjang pondasi tiang abutmen. Dengan mengetahui besarnya defleksi maka dapat dihitung besarnya gaya-gaya yang terjadi pada pondasi tiang dengan analisis pendekatan metode beda hingga dan elemen hingga. Besarnya defleksi dan gaya-gaya berdasarkan hasil analisis 3D elemen hingga jangka pendek, dapat dievaluasi dengan besarnya defleksi dan gaya-gaya aktual yang terjadi pada pondasi borpile selama konstruksi berlangsung. Oleh karena itu, dapat diketahui apakah pondasi abutmen jembatan ciherang masih dalam faktor keamanan yang diijinkan.

**Kata Kunci:** Abutmen, analisis elemen hingga 3 dimensi, inklinometer, perilaku tiang

# **3D FINITE ELEMENT ANALYSIS AND GEOTECHNICAL MONITORING EVALUATION PILE FOUNDATION BEHAVIOR OF CIHERANG BRIDGE ABUTMENT DURING CONSTRUCTION**

**Petrus Chanel Suprihadi Santoso (NPM : 2012831023)**

**Adviser : Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D**  
**Magister of Civil Engineering**  
**Bandung**  
**July 2016**

## **ABSTRACT**

Soil condition at bridge abutment is very critical when the back fill is very high. In some cases, the piles foundation under the abutment collapse. The case of Ciherang Bridge is one of the difficult situation where the soil is very soft and the height of backfill is significantly very high (approximately 9 m). Short term analysis for abutment design use 3D finite element with strain dependent approach. During construction, deflection monitoring along the pile foundation with inclinometer instrumentation has been carried out. Internal forces along the pile foundation can be calculated from deflection measurement using finite difference and finite element method. Deflection and force from design analysis can be evaluated with actual deflection and force from inclinometer measurement. Therefore, it can be known whether the foundation of the bridge abutments ciherang still within allowable safety factors.

**Keywords:** Abutment, 3 dimension finite element analysis, inclinometer, pile behavior

## **KATA PENGANTAR**

Puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas segala karunia dan berkat-Nya, sehingga tesis dengan judul "ANALISIS 3D FINITE ELEMENT DAN EVALUASI MONITORING GEOTEKNIK PERILAKU TIANG ABUTMEN JEMBATAN CIHERANG PADA MASA KONSTRUKSI " ini dapat diselesaikan.

Pembuatan tesis ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik Program Pascasarjana Magister Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan dan bertujuan untuk mengembangkan ilmu pengetahuan dengan bidang konsentrasi Geoteknik.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya atas bimbingan, saran, kritik, serta dorongan semangat, sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik, kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang selalu memberikan rahmat-Nya sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D, selaku dosen pembimbing tunggal yang telah memberikan banyak waktu, ilmu, dan bimbingan selama penyusunan tesis ini.
3. Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D. dan Ibu Dr. Rinda Karlinasari, selaku dosen penguji yang telah memberikan waktu dan masukan saat seminar judul, seminar isi, dan ujian sidang.
4. Kedua orang tua, Helen, dan Christien yang memberikan dukungan, semangat, dan doa.

5. Adityaputera Wirawan, Andy Sugianto, Dwi Nandya dan kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dan memberikan semangat untuk menyelesaikan tesis ini.
6. PT. Geotechincal Engineering Consultant (PT. GEC) yang telah mendukung dan memberikan kesempatan kepada saya untuk menggunakan data proyek dan program finite elemen 3D untuk menyelesaikan penulisan tesis ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna dikarenakan keterbatasan pengalaman, pengetahuan maupun pustaka yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis menyadari bahwa tesis ini perlu pengembangan lebih lanjut. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran membangun dari pembaca agar tesis ini dapat dibuat menjadi lebih sempurna di masa yang akan datang.

Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua, terutama untuk pengembangan ilmu Teknik Sipil bidang konsentrasi Geoteknik.

Bandung, Juli 2016

Penulis



Petrus Chanel Suprihadi Santoso

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

ABSTRAK

KATA PENGANTAR ..... i

DAFTAR ISI..... iii

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN ..... vii

DAFTAR GAMBAR ..... ix

DAFTAR TABEL..... xvii

DAFTAR LAMPIRAN ..... xix

BAB 1 PENDAHULUAN ..... 1

1.1 Latar Belakang Penelitian..... 1

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian ..... 3

1.3 Ruang Lingkup Penelitian ..... 3

1.4 Metode Penelitian ..... 4

BAB 2 STUDI LITERATUR ..... 7

2.1. Pondasi Tiang Bor ..... 7

2.2. Daya Dukung Lateral Tiang Pada Tanah Mengalami Pergerakan

Lateral ..... 8

2.2.1. Penelitian mengenai Pondasi Tiang Pada Tanah yang Mengalami Pergerakan Lateral..... 10

2.2.2. Perilaku Pondasi Tiang Akibat Beban Lateral Teori Poulos..... 11

2.2.3. Respon Tiang Terhadap Pergerakan Tanah Lateral ..... 13

2.2.4. Penyelesaian dengan Menggunakan Pendekatan Metode Elastis ..... 15



2.2.5. Pemodelan Tiang dengan Kombinasi Beban Vertikal dan Pergerakan Lateral	18
2.2.6. Beban Lateral pada Slope Stabilizing Pile .....	21
2.3. Elemen Hingga - Midas GTS-NX 3 Dimensi .....	22
2.4. Instrumentasi Geoteknik Inklinometer.....	23
2.5. Beda Hingga.....	25
2.6. Elemen Hingga.....	28
<b>BAB 3 METODA ANALISIS.....</b>	<b>33</b>
3.1. Metode Elemen Hingga - Midas GTS-NX 3 Dimensi .....	33
3.2.1 Model Material Elastis.....	34
3.2.2 Model Material Plastis .....	35
3.2. Metode Beda Hingga.....	43
3.3. Metode Elemen Hingga.....	45
<b>BAB 4 STUDI KASUS ABUTMEN SUNGAI CIHERANG .....</b>	<b>47</b>
4.1. Deskripsi Studi Kasus .....	47
4.2. Kondisi Tanah dan Parameter Desain .....	49
4.2.1. Penyelidikan Tanah Lapangan .....	49
4.2.2. Penyelidikan Tanah Laboratorium .....	53
4.2.3. Parameter Desain .....	60
4.3. Tahapan Pelaksanaan Konstruksi Abutmen.....	61
4.4. Analisis Perilaku Pondasi Tiang Dengan Metode Elemen Hingga- Midas GTS-NX 3 Dimensi .....	65
4.4.1. Analisis ke-1.....	66
4.4.2. Analisis ke-2.....	71
4.5. Monitoring Instrumentasi Inklinometer .....	74
4.6. Analisis Perilaku Pondasi Tiang Dengan Metode Beda Hingga dan Metode Elemen Hingga.....	76

4.6.1. Metode Beda Hingga.....	77
4.6.2. Metode Elemen Hingga.....	79
4.7. Rangkuman Hasil Metode Elemen Hingga-Midas GTS-NX 3 Dimensi, Metode Beda Hingga, Dan Metode Elemen Hingga.....	80
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	83
5.1. Kesimpulan.....	83
5.2. Saran .....	85
DAFTAR PUSTAKA .....	87
LAMPIRAN.....	89

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

$[I]$	= matrix faktor dari tanah dan perpindahan
$w'(x)$	= turunan ke 1
$w''(x)$	= turunan ke 2
$w'''(x)$	= turunan ke 3
$\{\rho_e\}$	= vector perpindahan tanah external
$\{\frac{E_{sr}}{E_s}\}$	= nilai vector dari $\frac{E_{sr}}{E_s}$
$[D]$	= matrix koefisien beda hingga
$b$	= Lebar balok
$c$	= kohesi
$c_{inc}$	= Kenaikan nilai kohesi terhadap kedalaman
$c_{ref}$	= Nilai kohesi yang digunakan
$E$	= modulus Young's
$E_s$	= modulus tanah pada titik nodal
$E_{sr}$	= modulus tanah sepanjang elemen
$F(x)$	= $EI(x)$ , kekakuan lentur
$I$	= momen inersia
$K$	= Modulus Subgrade (kPa)
$k_0$	= Modulus dari balok
$l$	= panjang elemen
$l$	= panjang elemen
$L$	= Panjang Tiang (m)

M	= Momen
$\emptyset$	= Sudut Geser Dalam
P	= Gaya reaksi yang terjadi
p	= vector gaya horisontal
$p$	= beban pada elemen
Q	= Gaya geser
s	= koordinat lokal = $(x-x_i)/l$
$\tan \theta$	= putaran sudut
$w^*$	= perpindahan melintang (transfersal)
$w_f$	= Maximum Ground Movement (m)
$w_i$	= Initial Frame Movement (m)
x	= koordinat di sepanjang sumbu pusat balok
$x$	= koordinat global
$x_l$	= koordinat global di titik 1
y	= Defleksi pada balok
$y_{ref}$	= Kedalaman dimana kenaikan nilai kohesi mulai diperhitungkan
$\theta$	= Putaran sudut
$\rho$	= vector perpindahan tiang
$\sigma$	= Tegangan normal
$\tau$	= Kuat geser tanah
$\phi$	= Sudut geser tanah

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1.</b> Kondisi Tiang Pancang Mengalami Kegagalan .....	2
<b>Gambar 1.2.</b> Potongan Memanjang Desain Jembatan Ciherang .....	2
<b>Gambar 2.1.</b> (a) Active Pile, Broms 1965 (b) Passive Pile (Sumber : Ellis&Springman 2001). .....	8
<b>Gambar 2.2.</b> Sumber dari Ground Movement (Sumber : Poulos, 2007) .....	9
<b>Gambar 2.3.</b> Model Kelompok Tiang yang Mengalami Pergerakan Lateral Tanah (Sumber : Chen et al, 1997) .....	11
<b>Gambar 2.4.</b> Pemodelan dan Perilaku Tiang Pada Tanah Masih Mengalami Pergerakan Lateral (Poulos, 1973) .....	12
<b>Gambar 2.5.</b> Pemodelan Tipikal (Sumber : Poulos, 2007) .....	14
<b>Gambar 2.6.</b> Respon Aksial Tiang (Sumber : Poulos, 2007) .....	14
<b>Gambar 2.7.</b> Respon Lateral Tiang (Sumber : Poulos, 2007) .....	15
<b>Gambar 2.8.</b> Efek dari Besarnya Ground Movement (Sumber : Chen dan Poulos, 1997) .....	16
<b>Gambar 2.9.</b> Efek Distribusi Pergerakan Tanah dengan Kepala Tiang Bebas dan Kaki Tiang terjepit, $E_s$ dan $p_y$ yang Konstan (Sumber : Chen dan Poulos, 1997) .....	17
<b>Gambar 2.10.</b> Efek dari Diameter Tiang (Sumber : Chen dan Poulos, 1997) .....	17
<b>Gambar 2.11.</b> Skema Percobaan Uji Geser Langsung. a) Tampak Depan, (b) Tampak Atas (Sumber : Guo dan Qin, 2008) .....	18
<b>Gambar 2.12.</b> Model Pengujian Tiang (a) Instrumented Pile, (b) Skema Diagram Uji Tiang (Sumber : Guo dan Qin, 2008) .....	19

<b>Gambar 2.13.</b> Pergerakan Tanah Secara Progresif (Sumber : Guo dan Qin, 2008) (a)10mm, (b)20mm, (c)30mm, (d)50mm, (e)70mm, (f)110mm, (g)140mm, (h)150mm .....	19
<b>Gambar 2.14.</b> Respon Maksimum Tiang – Kedalaman Bidang Longsor (Sumber : Guo dan Qin, 2008) (a) Measured Moment, (b) Measured Tmax .....	20
<b>Gambar 2.15.</b> Respon Momen Maksimum Tiang Terhadap Variasi Kedalaman Bidang Longsor (Sumber : Guo dan Qin, 2008).....	20
<b>Gambar 2.16.</b> Simulasi Percobaan dengan PLAXIS 2D (Sumber : Kahyaoglu et al, 2009) .....	22
<b>Gambar 2.17.</b> Detail probe inklinometer dan alat inklinometer .....	24
<b>Gambar 2.18.</b> Prinsip Penggunaan Inklinometer .....	24
<b>Gambar 2.19.</b> Arah Pembacaan Inklinometer (Sumber : Digitilt inklinometer Probe Manual, 11/2011) .....	25
<b>Gambar 2.20.</b> Potongan dari Balok dengan Beban Terpusat dan Merata. (Sumber : M. Hetenyi, 1946) .....	26
<b>Gambar 2.21.</b> Gaya yang Bekerja pada Elemen .....	26
<b>Gambar 2.22.</b> (a) Balok dengan Beban Melintang dan Beban Sepanjang Sumbu Aksial, (b) Idealisasi Satu Dimensi, (c) Diskretisasi Balok, (d) Persamaan Elemen Umum .....	28
<b>Gambar 2.23.</b> (a) Kecocokan Antarelemen untuk Deformasi Aksial, (b) Kecocokan Antarelemen untuk Pelenturan Balok .....	29
<b>Gambar 2.24.</b> Plot dari fungsi $N_i$ , dimana $i = 1, 2, 3, 4$ .....	30

<b>Gambar 3.1.</b> Sistem Koordinat dan Arah Positif dari Komponen Gaya pada Midas .....	34
<b>Gambar 3.2.</b> Model Mohr Coulomb Dibandingkan dengan Tanah Asli .....	35
<b>Gambar 3.3.</b> Kriteria Keruntuhan Mohr-Coulomb.....	37
<b>Gambar 3.4.</b> Perilaku keruntuhan mohr-coulomb pada Ruang Tegangan 3D Parameter Mohr Coulomb .....	39
<b>Gambar 3.5.</b> Perilaku material dari model Mohr Coulomb.....	39
<b>Gambar 3.6.</b> Parameter mohr coulomb.....	40
<b>Gambar 3.7.</b> Mohr-Coulomb Envelope (Terdrainase/Tidak Terdrainase) .....	41
<b>Gambar 3.8.</b> Konsep Diagram Kenaikan Nilai Kohesi (c) Terhadap Kedalaman .....	42
<b>Gambar 3.9.</b> Pemodelan Diskretisasi Elemen .....	44
<b>Gambar 4.1.</b> Lokasi Abutmen Jembatan Ciherang.....	47
<b>Gambar 4.2.</b> Rencana Abutmen Jembatan Ciherang.....	48
<b>Gambar 4.3.</b> Potongan memanjang Abutmen Jembatan Ciherang.....	48
<b>Gambar 4.4.</b> Rencana pondasi Abutmen Jembatan Ciherang .....	49
<b>Gambar 4.5.</b> Lokasi Proyek pada Peta Geologi Karawang .....	50
<b>Gambar 4.6.</b> Lokasi Penyelidikan Tanah.....	50
<b>Gambar 4.7.</b> Hasil CPTu-01 .....	51
<b>Gambar 4.8.</b> Hasil CPTu-02 .....	51
<b>Gambar 4.9.</b> Perkiraan profil tanah area Abutmen 1 .....	52
<b>Gambar 4.10.</b> Profil nilai N-spt pada area abutmen 1 .....	53
<b>Gambar 4.11.</b> Hasil Uji Berat Isi Tanah dan Angka Pori terhadap kedalaman .....	54

<b>Gambar 4.12.</b> Data Tanah Pada Kurva Plastisitas Cassagrande .....	54
<b>Gambar 4.13.</b> Hasil Uji atterberg limits dan perkiraan hasil indeks plastis dan indeks liquidity .....	55
<b>Gambar 4.14.</b> Korelasi Su terhadap N <sub>spt</sub> (After Terzaqhi and Peck, 1967 and Sowers, 1979).....	56
<b>Gambar 4.15.</b> Kuat geser dari TX-UU terhadap kedalaman.....	57
<b>Gambar 4.16.</b> Modulus Undrained dari TX-UU terhadap kedalaman.....	58
<b>Gambar 4.17.</b> N <sub>1(60)</sub> Pada Tanah Silty Clay & N <sub>spt</sub> pada Tanah Pasir Padat Terhadap Kedalaman .....	59
<b>Gambar 4.18.</b> Korelasi E <sub>u</sub> dan N <sub>1(60)</sub> .....	59
<b>Gambar 4.19.</b> Korelasi Strain Terhadap Modulus E <sub>u</sub> (K. H. Yong, 2015).....	60
<b>Gambar 4. 20.</b> Konsep Desain Abutmet Jembatan Ciherang.....	62
<b>Gambar 4. 21.</b> Konstruksi Pondasi Tiang Bor .....	62
<b>Gambar 4. 22.</b> Pemasangan Tulangan Tiang Bor .....	62
<b>Gambar 4. 23.</b> Pemasangan Inklinometer pada Pondasi Tiang Bor.....	62
<b>Gambar 4. 24.</b> Pipa Inclino Berada di Dalam Tulangan Bored Pile .....	62
<b>Gambar 4. 25.</b> Pemancangan Tiang Pancang Mini 20x20 cm <sup>2</sup> , L = 9 m.....	63
<b>Gambar 4. 26.</b> Area Konstruksi Tiang Pancang Mini (Hingga Jarak 30 m Dari Abutmen) .....	63
<b>Gambar 4. 27.</b> Konstruksi Struktur Abutmen .....	63
<b>Gambar 4. 28.</b> Konstruksi Matras Beton.....	63
<b>Gambar 4. 29.</b> Penimbunan Tanah Lapis Demi Lapis .....	64
<b>Gambar 4. 30.</b> Penimbunan Tanah Sudah Mencapai Elevasi Final .....	64



<b>Gambar 4. 31.</b> Elevasi Timbunan Final Dengan Kemiringan Lereng Sesuai Desain .....	64
<b>Gambar 4. 32.</b> <i>Girder</i> Telah Terpasang.....	64
<b>Gambar 4. 33.</b> Tampak Samping Dari <i>Girder</i> .....	64
<b>Gambar 4. 34.</b> Pemodelan 3D Secara Keseluruhan.....	66
<b>Gambar 4. 35.</b> Pemodelan 3D Abutmen, Pondasi Borpile, Tiang Pancang Mini, dan Matras Beton .....	66
<b>Gambar 4. 36.</b> Output Analisis ke-1, Perpindahan Total.....	67
<b>Gambar 4. 37.</b> Output Analisis ke-1, Perpindahan Total (Potongan Memanjang di As Abutment) .....	67
<b>Gambar 4. 38.</b> Output Analisis ke-1, Pola penurunan total yang terjadi pada Pot A-A' .....	67
<b>Gambar 4. 39.</b> Output Analisis ke-1, Perpindahan Horisontal Arah-X.....	68
<b>Gambar 4. 40.</b> Output Analisis ke-1, Perpindahan Horisontal Arah-X (Potongan Memanjang di As Abutment).....	68
<b>Gambar 4. 41.</b> Output Analisis ke-1, Perpindahan Horisontal Arah-X pada Abutmen dan Pondasi Tiang Bor.....	68
<b>Gambar 4. 42.</b> Besarnya Pergerakan Horizontal , Gaya Geser, dan Momen pada Pondasi Tiang dari Analisis ke-1 .....	69
<b>Gambar 4. 43.</b> Besarnya Strain Sepanjang Pondasi Tiang Bor .....	70
<b>Gambar 4. 44.</b> Besarnya Modulus dari Korelasi Strain terhadap Modulus Eu (K. H. Yong, 2015).....	70
<b>Gambar 4. 45.</b> Output Analisis ke-2, Perpindahan Total.....	71

<b>Gambar 4. 46.</b> Output Analisis ke-2, Perpindahan Total (Potongan Memanjang di As Abutment).....	72
<b>Gambar 4. 47.</b> Output Analisis ke-2, Pola Penurunan Total yang Terjadi pada Pot B-B' .....	72
<b>Gambar 4. 48.</b> Output Analisis ke-2, Perpindahan Horisontal Arah-X .....	72
<b>Gambar 4. 49.</b> Output Analisis ke-2, Perpindahan Horisontal Arah-X (Potongan memanjang di as abutment) .....	73
<b>Gambar 4. 50.</b> Output Analisis ke-2, Perpindahan Horisontal Arah-X pada Abutmen dan Pondasi Tiang Bor .....	73
<b>Gambar 4. 51.</b> Besarnya Pergerakan Horizontal , Gaya Geser, dan Momen pada Pondasi Tiang dari Analisis ke-2.....	74
<b>Gambar 4. 52.</b> Lokasi Pemasangan Inklinometer pada Abutmen 1 (A1) .....	74
<b>Gambar 4. 53.</b> Hasil Pembacaan Inklinometer CH-03 .....	75
<b>Gambar 4. 54.</b> Pembacaan Sebelum Pengecoran Pile Cap .....	76
<b>Gambar 4. 55.</b> Monitoring Saat Konstruksi Abutmen .....	76
<b>Gambar 4. 56.</b> Pembacaan Saat Timbunan Tanah Telah Selesai Dilakukan, Sebelum Girder Terpasang.....	76
<b>Gambar 4. 57.</b> Pembacaan Setelah Girder Terpasang.....	76
<b>Gambar 4. 58.</b> Hasil Perhitungan Dengan Metode Beda Hingga Dari Defleksi Inklinometer.....	77
<b>Gambar 4. 59.</b> Regresi Pembacaan Inklinometer Berderajat 4 Dan 6 .....	78
<b>Gambar 4. 60.</b> Hasil Perhitungan Dengan Metode Beda Hingga Dari Defleksi Inklinometer Dihaluskan .....	79

<b>Gambar 4. 61.</b> Hasil Perhitungan Dengan Metode Elemen Hingga Dari Defleksi Inklinometer Dihaluskan .....	80
<b>Gambar 4. 62.</b> Rangkuman Defleksi dan Putaran Sudut Perilaku Tiang .....	81
<b>Gambar 4. 63.</b> Rangkuman Momen Dan Gaya Geser Perilaku Tiang .....	82

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Hasil Analisis (Sumber : Kahyaoglu et al, 2009).....	22
<b>Tabel 3.1.</b> Sistem Satuan Midas GTS-NX .....	34
<b>Tabel 4. 1.</b> Korelasi Antara Dr, Nspt, dan Sudut Geser Untuk Tanah Tidak Berkohesi (G. Meyerhoff, 1956) .....	57
<b>Tabel 4. 2.</b> Parameter untuk Analisis Jangka Pendek.....	61
<b>Tabel 4. 3.</b> Korelasi Besarnya Nilai Modulus (Eu) dari Korelasi Strain.....	71
<b>Tabel 4. 4.</b> Parameter untuk Analisis Jangka Pendek ke-2.....	71

## DAFTAR LAMPIRAN

L.1. DATA HASIL PEMBORAN .....	91
L.2. DATA HASIL CPT <sub>u</sub> .....	100
L.3. RANGKUMAN HASIL UJI LABORATORIUM .....	102
L.4. HASIL UJI TRIAXIAL UU .....	103
L.5. GAMBAR DETAIL ABUTMENT .....	111
L.6. PERHITUNGAN BESARNYA MOMEN DAN GAYA GESER IJIN PONDASI TIANG BOR .....	114

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Penelitian**

Pada saat ini, pertumbuhan kendaraan dan perpindahan manusia dan barang meningkat dengan sangat cepat. Oleh karena itu, pemerintah melakukan pembangunan jalan tol untuk memenuhi kebutuhan masyarakat Indonesia. Pada saat perencanaan jalan tol, sering dijumpai hambatan dimana jalur jalan tol harus melewati sungai. Pada saat jalan harus melintasi sungai maka fungsi dari konstruksi jembatan sangat berperan penting untuk menunjang perpindahan manusia dan barang.

Pada saat pembangunan jalan tol di daerah Cikopo-Jawa Barat, jalur jalan tol harus memotong sungai yang cukup besar, sungai tersebut adalah Sungai Ciherang. Desain jembatan perlu memperhatikan beberapa aspek, yaitu lebar sungai, perubahan tinggi muka air sungai, dan kondisi tanah yang berfungsi sebagai pondasi dari abutment jembatan.

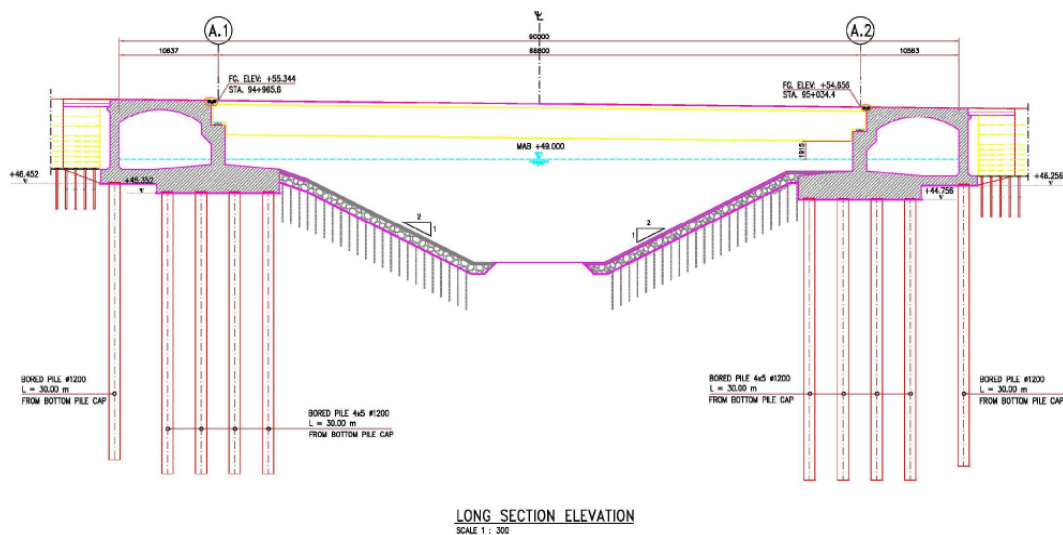
Desain awal Jembatan Ciherang menggunakan 3 buah bentang jembatan dengan panjang 30 m per bentangan dan pondasi yang digunakan merupakan pondasi tiang pancang dengan jenis spun pile. Pada saat proses pemancangan dan penimbunan tanah berlangsung terjadi kegagalan konstruksi akibat dari tekanan air pori tanah meningkat. Pondasi spun pile yang sudah dipancang bergerak ke arah sungai dan penggerusan tanah pada area pondasi oleh air sungai membuat

kondisi tiang pancang bertambah kemiringannya ke arah sungai. Kondisi tiang pancang digambarkan pada Gambar 1.1.



**Gambar 1.1.** Kondisi Tiang Pancang Mengalami Kegagalan

Oleh karena itu, bentangan jembatan diubah menjadi 1 buah dengan panjang 70 m untuk menghindari kaki jembatan dekat dengan aliran sungai dan sistem pondasi dari abutment jembatan ciherang diubah menjadi menggunakan pondasi tiang bor untuk mencegah tekanan air pori meningkat selama proses konstruksi berlangsung.



**Gambar 1.2.** Potongan Memanjang Desain Jembatan Ciherang

## **1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah :

Melakukan analisis model desain dari abutment menggunakan bantuan program dengan metode elemen hingga 3 dimensi. Hasil analisis yang diperoleh adalah besarnya defleksi, gaya geser, dan momen yang bekerja pada pondasi bor abutment.

Melakukan pengamatan lapangan berupa pergerakan lateral pondasi tiang bor abutmen dengan menggunakan alat instrumentasi geoteknik inklinometer.

Melakukan analisis besarnya defleksi, gaya geser dan momen pada pondasi tiang bor dengan menggunakan metode beda hingga dan metode elemen hingga. Data yang digunakan untuk analisis adalah pergerakan lateral sepanjang pondasi tiang bor yang terukur oleh inklinometer.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi besarnya defleksi dan gaya-gaya aktual yang bekerja pada pondasi tiang bor abutmen dengan hasil analisis menggunakan bantuan program pada saat proses konstruksi berlangsung. Pada akhirnya adalah untuk memastikan keamanan Jembatan Ciherang.

## **1.3 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang Lingkup penelitian yang dilakukan penulis dalam penelitian ini adalah untuk membandingkan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tiang bor dari hasil analisis desain dengan gaya-gaya yang bekerja pada tiang bor dari hasil analisis pergerakan aktual di lapangan.



## 1.4 Metode Penelitian

Metode Penelitian dalam penelitian ini meliputi :

### 1. Studi Literatur

Pada penelitian ini, penulis melakukan studi literatur mengenai pondasi tiang bor, metode konstruksi tiang bor, perilaku pondasi tiang bor akibat pergerakan tanah, teori metode elemen hingga, dan teori perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tiang bor.

### 2. Analisis desain pondasi tiang pondasi bor pada abutment Jembatan Ciherang dengan menggunakan metode elemen hingga. Analisis metode elemen hingga menggunakan bantuan program komputer Midas GTS NX.

### 3. Data Sekunder dan Pengamatan Lapangan

Data yang dikumpulkan dan digunakan penulis dalam penelitian ini adalah laporan penyelidikan tanah Jembatan Ciherang oleh PT. Geotechnical Engineering Constultant (2014), laporan final desain pondasi dan desain geoteknik Jembatan Ciherang oleh PT. Geotechnical Engineering Consultant (2014). Data pengamatan di lapangan merupakan pembacaan pergerakan pondasi tiang bor dengan menggunakan instrumentasi inklinometer dan foto-foto selama proses konstruksi berlangsung.

### 4. Membandingkan hasil analisis berdasarkan metode elemen hingga dengan hasil hasil pengukuran pergerakan tiang dan analisis gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tiang bor di lapangan.

### 5. Sistematika Penulisan

Penulisan penelitian ini dibagi menjadi 5 (lima) bab. Deskripsi dari masing-masing bab adalah sebagai berikut :

- Bab 1 Pendahuluan

Bab ini menguraikan secara singkat mengenai latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode penelitian yang akan digunakan, serta sistematika penulisan penelitian.

- Bab 2 Studi Literatur

Bab ini menguraikan secara lengkap mengenai penyelidikan geoteknik, pondasi tiang bor, metode konstruksi tiang bor, pergerakan tanah dan pengaruh pergerakan tanah terhadap pondasi tiang bor, dan penjelasan mengenai instrumentasi geoteknik.

- Bab 3 Metode Elemen Hingga dan Metode Beda Hingga

Bab ini membahas mengenai teori metode elemen hingga, deskripsi program komputer Midas GTS NX, dan metode perhitungan gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tiang bor.

- Bab 4 Studi Kasus Jembatan Ciherang

Bab ini membahas mengenai deskripsi proyek, kondisi tanah dan parameter desain, urutan konstruksi di lapangan, pemodelan dan hasil analisis, pengamatan instrumentasi geoteknik, dan analisis hasil dari instrumentasi geoteknik.

- Bab 5 Kesimpulan dan Saran

Pembahasan pada bab ini adalah kesimpulan dari hasil penelitian dan memberikan saran-saran untuk studi kasus tersebut.