

# **BACK ANALYSIS BASED ON MATCHING DISPLACEMENT OF A LANDSLIDE IN SEMARANG**

**Stephen Lunardi**  
**NPM: 2015410070**

**Pembimbing: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
**(Accredited by SK BAN-PT No. 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**  
**BANDUNG**  
**DESEMBER 2019**

## **ABSTRACT**

Penggaron Bridge is part of the Semarang-Solo Toll Road, the Semarang-Unggaran toll road has a problem because the Penggaron Bridge is constructed in an old landslide reactivation area. As a result of this avalanche problem, it is known that the foundation of the bridge experienced a movement of 44 cm. This movement is known by monitoring the foundation using an inclinometer. Because the bridge pillar has experienced movement, this study wants to find out what is the remaining strength possessed by the slope on the pole of the Penggaron Bridge 4 before it collapses. The analysis was performed using the PLAXIS 2D program with the back analysis method to determine the parameters of the soil shear strength that occurred during the displacement of 44 cm by trial and error on the R interface value on the slip plane. Based on the analysis results obtained a cohesion value of 0.93 kN/m<sup>2</sup> and value of deep shear angle of 4.75 ° in weathered clayshale soil layers, for fresh clayshale soils obtained cohesion value of 0.03 kN / m<sup>2</sup> and deep shear angle values of 11,86 °. The value of the safety factor with a displacement of 44 obtained from the analysis shows a value of 1.2766, which indicates that the slope of the 4th slope of the Penggaron Bridge has a residual strength of 27.66% before experiencing collapse.

**Keywords:** Back Analysis, Displacement, Landslide, Slope Stability, PLAXIS 2D

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul *Back Analysis Berdasarkan Matching Displacement* pada Longsoran di Semarang. Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan S1.

Dalam proses penyusunan skripsi ini penulis merasa bersyukur dengan adanya bimbingan, saran, kritik, dan dorongan semangat dari banyak pihak sehingga akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Orang tua yang tercinta dan seluruh keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan selama penulisan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu, dan arahan selama penulisan skripsi ini.
3. Seluruh dosen dan staff pengajar KBI Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran selama penulisan skripsi ini.
4. Alflizal Arafianto, S.T. selaku Staff Geotechnical Engineering Center yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini
5. Ivan dan teman-teman sesama dosen pembimbing, yang selalu menemani selama proses bimbingan dan penyusunan skripsi ini.
6. Jojo, George, Benito, Alex yang telah membantu memberi masukan dalam penyusunan skripsi ini.
7. Teman-Teman Litera yang selalu ada di saat penulis mengalami kejenuhan dalam penyusunan skripsi ini
8. Renard, Souw, Glenn, Adrian, William, Reza, Aldy yang menemani di saat suka dan duka kepada penulis
9. Teman – teman Teknik Sipil 2015 yang selalu bersama selama menuntut ilmu di Universitas Katolik Parahyangan.

10. Seluruh staff dan karyawan Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan bantuan kepada penulis.

Bandung, Desember 2019



Stephen Lunardi

2015410070

# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR NOTASI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1-1
1.1 Latar Belakang .....	1-1
1.2 Inti Permasalahan .....	1-1
1.3 Tujuan Penelitian .....	1-1
1.4 Lingkup Penelitian .....	1-2
1.5 Metode Penelitian .....	1-2
1.7 Diagram Alir Penelitian .....	1-3
1.8 Sistematika Penulisan .....	1-4
BAB 2 DASAR TEORI .....	2-1
2.1 Longsor .....	2-1
2.1.1 Tipe / Jenis Tanah Longsor .....	2-1
2.1.1.2 Falls (Runtuhan) .....	2-2
2.1.1.3 <i>Topple</i> (Runtuhan) .....	2-2
2.1.1.4 <i>Slides</i> ( Longsoran ) .....	2-3
2.1.1.5 Lateral Spreads ( Bentangan Lateral) .....	2-4
2.1.1.6 Flows ( Aliran) .....	2-5
2.1.2 Penyebab Longsoran .....	2-7

2.1.2.1	Air .....	2-7
2.1.2.2	Aktivitas Seismik .....	2-8
2.1.2.3	Aktivitas Vulkanik .....	2-8
2.1.2.4	Faktor Lainnya .....	2-8
2.2	Kestabilan Lereng .....	2-9
2.2.1	Faktor Keamanan .....	2-11
2.2.2	Analisis Kestabilan Lereng .....	2-12
2.2.2.1	<i>Infinite Slope Procedure</i> .....	2-13
2.2.2.2	<i>Method of Slices</i> .....	2-14
2.2.2.3	Metode Fellenius .....	2-15
2.2.2.4	Metode Bishop .....	2-16
2.3	Inklinometer .....	2-18
2.3.1	Komponen Inklinometer .....	2-18
2.3.2	Prinsip pengukuran pergerakan horizontal .....	2-19
2.3.3	Jadwal selang waktu pengukuran .....	2-20
2.4	<i>Back Analysis</i> .....	2-20
2.5	<i>Matching Displacement</i> .....	2-21
BAB 3 METODE PENELITIAN .....		3-1
3.1	<i>Finite Element Method</i> .....	3-1
3.2	PLAXIS 2D .....	3-4
3.2.1	<i>Input Procedure</i> .....	3-4
3.2.1.1	Geometri .....	3-4
3.2.1.2	Beban dan Kondisi Batas .....	3-5
3.2.1.3	Properti Material .....	3-6
3.2.1.4	<i>Mesh Generation</i> .....	3-8
3.2.1.5	<i>Initial Condition</i> .....	3-8

3.2.1.6	<i>Phreatic Levels</i> .....	3-9
3.2.1.7	<i>Water Pressure Generation</i> .....	3-9
3.2.1.8	<i>Initial Stress Generation</i> .....	3-9
3.2.2	<i>Calculation</i> .....	3-9
3.2.3	<i>Output</i> .....	3-10
3.2.4	<i>Curve</i> .....	3-10
BAB 4 ANALISIS DATA .....		4-1
4.1	Deskripsi Proyek .....	4-1
4.2	Penentuan Parameter Tanah .....	4-2
4.3	Parameter <i>beton</i> .....	4-2
4.4	Parameter elemen Plate .....	4-3
4.5	Pemodelan dengan PLAXIS 2D .....	4-3
4.6	Proses Perhitungan dengan PLAXIS 2D .....	4-6
4.6.1	Gravity Loading .....	4-6
4.6.2	Pemasangan <i>Bore Pile</i> .....	4-7
4.6.3	Pemasangan <i>Pile Cap</i> , kolom, dan Girder .....	4-8
4.6.4	Pemasangan Beban .....	4-8
4.6.5	Reset Displacement to Zero .....	4-9
4.6.6	Interfaces .....	4-9
4.6.7	<i>Matching Displacement</i> .....	4-10
4.7	Hasil Analisis .....	4-10
4.7.1	<i>Bending Moment</i> yang bekerja pada <i>bore pile</i> .....	4-13
4.7.2	Faktor Keamanan .....	4-17
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		5-1
5.1	Kesimpulan .....	5-1
5.2	Saran .....	5-1

DAFTAR PUSTAKA.....xiv

## DAFTAR NOTASI

$c$	: Kohesi tanah
$C_d$	: Kohesi tanah yang terjadi
$E$	: Modulus Young
$L$	: Panjang irisan
$R$	: Jari-jari lingkaran bidang longsor
$S$	: Jumlah pergerakan horizontal
$u$	: Tekanan air pori
$W$	: Berat segmen tanah
$Y$	: Berat isi tanah
$\tau$	: Tahanan geser
$\sigma$	: Tegangan normal
$\nu$	: Angka Poisson
$\theta$	: Sudut geser dalam ( $^\circ$ )
$\Psi$	: Sudut Dilatasi



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	1-3
<b>Gambar 2.1</b> Sketsa Runtuhan ( Highland & Bobrowsky , 2008).....	2-2
<b>Gambar 2.2</b> Sketsa <i>Topple</i> ( Highland & Bobrowsky , 2008).....	2-3
<b>Gambar 2.3</b> Sketsa <i>Translational Slide</i> ( Highland & Bobrowsky , 2008) .....	2-3
<b>Gambar 2.4</b> Sketsa <i>Rotational Slide</i> ( Highland & Bobrowsky , 2008) .....	2-4
<b>Gambar 2.5</b> Sketsa Bentangan Lateral ( Highland & Bobrowsky , 2008).....	2-4
<b>Gambar 2.6</b> Sketsa <i>Debris Flow</i> ( Highland & Bobrowsky , 2008).....	2-5
<b>Gambar 2.7</b> Sketsa <i>Debris Avalanche</i> ( Highland & Bobrowsky , 2008) .....	2-5
<b>Gambar 2.8</b> <i>Sketsa Earthflow</i> ( Highland & Bobrowsky , 2008) .....	2-6
<b>Gambar 2.9</b> Sketsa <i>Creep</i> ( Highland & Bobrowsky , 2008) .....	2-7
<b>Gambar 2.10</b> Lereng tak hingga dan permukaan bidang gelincir (Duncan & Wright,2005) .....	2-14
<b>Gambar 2.11</b> Gaya-gaya yang bekerja pada irisan. ( Hardiyatmo,2010).....	2-14
<b>Gambar 2.12</b> Gaya-gaya yang bekerja pada longsoran lingkaran (Rahardjo,1999) .....	2-15
<b>Gambar 2.13</b> Gaya-gaya yang bekerja pada irisan ( Metode Bishop).....	2-17
<b>Gambar 2.14</b> Prinsip operasi inklinometer (Dunnicliff,1982).....	2-18
<b>Gambar 3.1</b> <i>Meshing</i> pada plate ( Fish & Belytschko, 2007).....	3-2
<b>Gambar 3.2</b> Garis Geometri .....	3-4
<b>Gambar 3.3</b> <i>Interfaces</i> .....	3-5
<b>Gambar 3.4</b> <i>Plates</i> .....	3-5
<b>Gambar 3.5</b> <i>Prescribed Displacement</i> .....	3-5
<b>Gambar 3.6</b> <i>Standard Fixites</i> .....	3-6
<b>Gambar 3.7</b> Beban merata.....	3-6

<b>Gambar 3.8</b> Beban terpusat .....	3-6
<b>Gambar 3.9</b> <i>Mesh</i> .....	3-8
<b>Gambar 3.10</b> <i>Intial Condition</i> .....	3-9
<b>Gambar 3.11</b> <i>Phreatic Levels</i> .....	3-9
<b>Gambar 3.12</b> <i>Water Pressure Generation</i> .....	3-9
<b>Gambar 3.13</b> <i>Intial Stress Generation</i> .....	3-9
<b>Gambar 4.1</b> Tampak Atas Jembatan Penggaron (Google Earth).....	4-1
<b>Gambar 4.2</b> Potongan memanjang Jembatan Penggaron (GEC).....	4-1
<b>Gambar 4.3</b> Denah Jembatan Penggaron.....	4-2
<b>Gambar 4.4</b> Pemodelan Lapisan Tanah (GEC,2019) .....	4-3
<b>Gambar 4.5</b> Pemodelan pada PLAXIS 2D .....	4-4
<b>Gambar 4.6</b> <i>Material Sets</i> Parameter Tanah dan <i>Interfaces</i> .....	4-4
<b>Gambar 4.7</b> <i>Material Sets</i> untuk <i>Plates</i> .....	4-5
<b>Gambar 4.8</b> <i>Generate Mesh</i> .....	4-5
<b>Gambar 4.9</b> Pemodelan Muka Air tanah .....	4-6
<b>Gambar 4.10</b> <i>Intial Stress</i> .....	4-6
<b>Gambar 4.11</b> <i>Gravity Loading</i> .....	4-7
<b>Gambar 4.12</b> Pengaktifan <i>pile</i> .....	4-7
<b>Gambar 4.13</b> Pengaktifan <i>Pile Cap</i> ,kolom, dan Gerder .....	4-8
<b>Gambar 4.14</b> Pemasangan Beban .....	4-8
<b>Gambar 4.15</b> <i>Reset Displacement to Zero</i> .....	4-9
<b>Gambar 4.16</b> <i>Interfaces</i> .....	4-9
<b>Gambar 4.17</b> <i>Horizontal Displacement</i> Jembatan Penggaron Pier 4 .....	4-10
<b>Gambar 4.18</b> <i>Cross Section</i> potongan A-A' .....	4-11
<b>Gambar 4.19</b> Diagram <i>horizontal displacment</i> .....	4-12
<b>Gambar 4.20</b> <i>Bending Moment bore pile 1</i> .....	4-13

<b>Gambar 4.21</b> <i>Bending Moment bore pile 2</i> .....	4-14
<b>Gambar 4.22</b> <i>Bending Moment Bore Pile 3</i> .....	4-15
<b>Gambar 4.23</b> <i>Bending Moment Bore Pile 4</i> .....	4-16
<b>Gambar 4.24</b> <i>Bending Moment Bore Pile 5</i> .....	4-17
<b>Gambar 4.25</b> Faktor Keamanan .....	4-18

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tipe Longsoran ( Varnes,1978).....	2-1
<b>Tabel 2.2</b> Jadwal selang waktu pengukuran (SNI,2008).....	2-20
<b>Tabel 4.1</b> Tabel Parameter Tanah.....	4-2
<b>Tabel 4.2</b> Tabel Parameter Elemen Plate .....	4-3
<b>Tabel 4.3</b> Parameter kuat geser tanah pada bidang gelincir .....	4-12

## **DAFTAR LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN 1</b> DATA INKLINOMETER.....	L1-1
<b>LAMPIRAN 2</b> NILAI DISPLACEMENT PERHITUNGAN PLAXIS.....	L2-1
<b>LAMPIRAN 3</b> GAYA AXIAL <i>PILE</i> .....	L3-1
<b>LAMPIRAN 4</b> GAYA GESER PADA <i>PILE</i> .....	L4-1

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Longsoran secara umum dapat didefinisikan sebagai pergerakan lereng batuan, batuan, atau material organik yang terjadi karena efek gravitasi dan juga bentuk lahan yang dihasilkan dari pergerakan tersebut (Highland & Bobrowsky, 2008). Penyebab longsoran sendiri terdiri dari kejadian-kejadian yang berasal dari alam maupun oleh manusia. Penyebab longsoran secara alami memiliki 3 mekanisme pemicu utama yang dapat terjadi sendiri atau dalam kombinasi, mekanisme tersebut adalah air, aktivitas seismik, dan aktivitas vulkanik.

Jembatan Penggaron yang terletak di kilometer 20 ruas Jalan Tol Semarang-Unggaran, tepatnya di perbatasan antara Kota Semarang dan Kabupaten Semarang Jawa Tengah memiliki masalah longsoran. Permasalahan longsoran pada Jembatan Penggaron ini dikarenakan tempat konstruksi jembatan berada pada daerah reaktivasi longsoran tua. Diketahui dengan menggunakan alat inklinometer pada pondasi Jembatan Penggaron mengalami perpindahan yang menyebabkan kerusakan pada struktur jembatan tersebut.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin melakukan analisa untuk mengetahui berapa besar kekuatan sisa dari Jembatan Penggaron. Dengan menggunakan pemodelan pada Program Plaxis 2D akan dianalisis lereng yang telah mengalami perpindahan untuk mencari nilai faktor keamanan.

### **1.2 Inti Permasalahan**

Jembatan Penggaron pada ruas Jalan Tol Semarang-Unggaran dibangun pada lokasi reaktivasi longsoran tua, pada Jembatan Penggaron diketahui mengalami perpindahan pada pondasi setelah dimonitor dengan alat inklinometer.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh parameter tanah.

2. Mendapatkan nilai Faktor Keamanan berdasarkan perpindahan yang terukur.
3. Mengetahui kekuatan sisa pada lereng.
4. Mengetahui nilai Faktor Keamanan setelah dipasang perkuatan *pile*.

#### **1.4 Lingkup Penelitian**

Lingkup pembahasan pada penelitian ini adalah:

1. Objek penelitian adalah jembatan tol antara Semarang dan Unggaran.
2. Analisis menggunakan program PLAXIS 2D.
3. Hasil penelitian berupa kekuatan sisa pada lereng.

#### **1.5 Metode Penelitian**

Metode yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari buku, artikel, jurnal, skripsi, dan referensi lainnya yang berhubungan dengan penelitian longsor di Kota Semarang dengan menggunakan cara *Matching Displacement*.

2. Pengumpulan Data

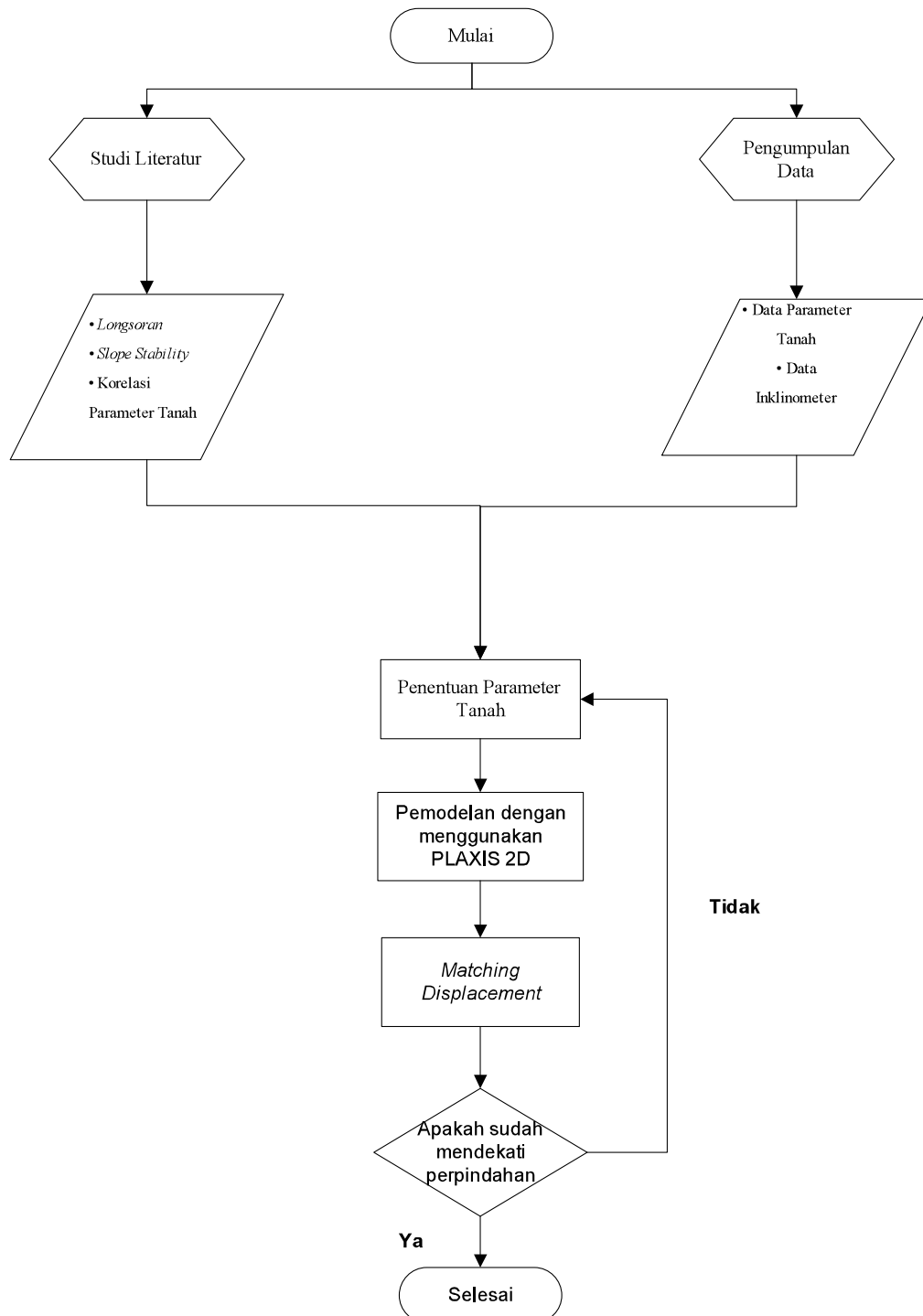
Data yang dikumpulkan pada penelitian ini berupa data sekunder

3. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan Program PLAXIS 2D.

### 1.7 Diagram Alir Penelitian

Proses penyusunan skripsi ini dapat digambarkan dengan diagram alir seperti pada Gambar 1.1



**Gambar 1.1** Diagram Alir Penelitian



### **1.8 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari 5 bab yang disusun sebagai berikut:

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup penelitian, metode penelitian, diagram alir penelitian, dan sistematika penulisan.

#### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini memaparkan teori-teori yang digunakan untuk mendukung penulisan skripsi ini.

#### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi prosedur penentuan parameter tanah dan faktor keamanan berdasarkan matching displacement menggunakan Program PLAXIS 2D.

#### **BAB 4 ANALISIS DATA**

Bab ini menampilkan hasil analisis yang didapat menggunakan Program PLAXIS 2D.

#### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada bab ini terdapat kesimpulan serta saran dari pembahasan penelitian ini