

**SKRIPSI**

**PERBANDINGAN METODE ANALISIS UNTUK  
PERKUATAN *REINFORCED SOIL SLOPES* (STUDI  
KASUS DI BEIJING-CHENGDE, TIONGKOK)**



**KRISTIAN KRISHMA KISWANDONO  
NPM : 2016410020**

**PEMBIMBING: Budijanto Widjaja, Ph.D.**

**KO-PEMBIMBING: Michael Dobie, B.Sc., M.Sc., DIC**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JULI 2020**



**SKRIPSI**

**PERBANDINGAN METODE ANALISIS UNTUK  
PERKUATAN *REINFORCED SOIL SLOPES* (STUDI  
KASUS DI BEIJING-CHENGDE, TIONGKOK)**



**KRISTIAN KRISHMA KISWANDONO  
NPM : 2016410020**

**PEMBIMBING: Budijanto Widjaja, Ph.D.**

**KO-PEMBIMBING: Michael Dobie, B.Sc., M.Sc., DIC**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JULI 2020**



**SKRIPSI**

**PERBANDINGAN METODE ANALISIS UNTUK  
PERKUATAN *REINFORCED SOIL SLOPES* (STUDI  
KASUS DI BEIJING-CHENGDE, TIONGKOK)**



**KRISTIAN KRISHMA KISWANDONO  
NPM : 2016410020**

**BANDUNG, 23 JULI 2020**

**PEMBIMBING:**

**KO-PEMBIMBING:**



**Budijanto Widjaja, Ph.D.**



**Michael Dobie, B.Sc., M.Sc.,  
DIC**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
BANDUNG  
JULI 2020**



# PERNYATAAN

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

Nama : Kristian Krishma Kiswandono

NPM : 2016410020

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

PERBANDINGAN METODE ANALISIS UNTUK PERKUATAN REINFORCED SOIL SLOPES (STUDI KASUS DI BEIJING-CHENGDE, TIONGKOK)

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D. dan Bapak Michael Dobie, B.Sc., M.Sc., DIC. Saya tidak melakukan penjiplakan atau penipuan 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: 15 Juli 2020



Kristian Krishma Kiswandono



# **PERBANDINGAN METODE ANALISIS UNTUK PERKUATAN *REINFORCED SOIL SLOPES* (STUDI KASUS DI BEIJING- CHENGDE, TIONGKOK)**

**Kristian Krishma Kiswandono**  
**NPM: 2016410020**

**Pembimbing: Budijanto Widjaja, Ph.D.**  
**Ko-Pembimbing: Michael Dobie, B.Sc., M.Sc, DIC**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)  
**BANDUNG**  
**JULI 2020**

## **ABSTRAK**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan apakah terdapat perbedaan pada metode desain *Reinforced Soil Slope* (RSS) menurut manual FHWA dan menurut pedoman HA 68/94, dan membandingkan keduanya untuk mengetahui metode mana yang lebih menguntungkan. Data yang digunakan adalah data yang diperoleh dari proyek pembangunan jalan tol yang menghubungkan Beijing dan Chengde, Tiongkok. Segmen yang digunakan sebagai referensi dalam proyek ini adalah K119+327 dan K119+300 dengan tinggi lereng masing-masing 4 dan 16 meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua metode memiliki perbedaan yang cukup terlihat. Perbedaan faktor keamanan antara kedua metode tidak terlalu jauh, dengan metode HA 68/94 lebih besar daripada metode FHWA ( $1,44 > 1,41$  dan  $1,47 > 1,39$ ). Ini menunjukkan bahwa metode HA 68/94 lebih aman daripada metode FHWA. Jumlah geogrid yang digunakan oleh kedua metode relatif lebih hemat pada metode FHWA untuk segmen K119+300 (5 UX1400 dan 14 UX1600), tetapi jumlah minimum geogrid dalam metode HA 68/94 untuk segmen K119+327 lebih hemat (2) dibandingkan dengan metode FHWA (3) serta panjang geogrid yang digunakan untuk segmen K119+327 metode FHWA (14,0 m) lebih pendek dari metode HA 68/94 (13,6 m). Ini menunjukkan bahwa kedua metode desain memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing sehingga untuk memilih mana yang lebih baik di antara keduanya adalah relatif sesuai kebutuhannya.

Kata Kunci: *Reinforced Soil Slope*, HA 68/94, FHWA, Perkuatan Lereng



# **COMPARISON OF ANALYSIS METHOD FOR SOIL REINFORCEMENT WITH REINFORCED SOIL SLOPES (CASE STUDY IN BEIJING-CHENGDE, CHINA)**

**Kristian Krishma Kiswandono**  
**NPM: 2016410020**

**Advisor: Budijanto Widjaja, Ph.D.**  
**Co-Advisor: Michael Dobie, B.Sc., M.Sc., DIC**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL**  
**ENGINEERING**

**(Accredited by SK BAN-PT Number: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**

**BANDUNG**

**JULY 2020**

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to determine whether there were differences in the Reinforced Soil Slope (RSS) design methods according to the FHWA manual and according to HA 68/94 Advice Note, and compare them to find out which method is more beneficial. The data used is data obtained from the expressway construction project connecting Beijing and Chengde, China. The section that was used as reference in this project is section K119 + 327 and K119+300 slope heights of 4 and 16 meters respectively. The results showed that the two methods have fairly noticeable distinctions. The results showed that the two methods had quite noticeable differences. The difference in safety factors between the two methods is not too far away, with the HA 68/94 method greater than the FHWA method ( $1.44 > 1.41$  and  $1.47 > 1.39$ ). This shows that the HA 68/94 method is safer than the FHWA method. The number of geogrids used by both methods is relatively more efficient in the FHWA method for the K119 + 300 segment (5 UX1400 and 14 UX1600), but the minimum number of geogrids in the HA 68/94 method for the K119 + 327 segment is more efficient (2) compared to the FHWA method (3) and the length of the geogrid used for the K119 + 327 segment FHWA method (14.0 m) is shorter than the HA 68/94 (13.6 m) method. This shows that both design methods have advantages and disadvantages of each so that to choose which is better between the two is relatively according to their needs..

**Keywords:** Reinforced Soil Slope, HA 68/94, FHWA, Reinforced Slope



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat kasih karunia dan pertolongan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Perbandingan Metode Analisis untuk Perkuatan *Reinforced Soil Slopes* (Studi Kasus di Beijing-Chengde, Tiongkok)**”. Skripsi ini adalah salah satu syarat kelulusan dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penyusunan skripsi ini, penulis mengalami banyak rintangan dan hambatan, terlebih juga disebabkan oleh situasi dunia yang sedang terdampak pandemi Covid-19 yang meluas ketika skripsi ini ditulis. Namun, berkat bimbingan, saran, kritik, serta dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Oleh sebab itu, dengan penuh rasa hormat, penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih kepada:

1. Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D. dan Bapak Michael Dobie, B.Sc., M.Sc., DIC, selaku dosen pembimbing dan dosen ko-pembimbing skripsi yang telah dengan sabar membimbing, mendampingi, meluangkan waktu dan tenaga, serta memberikan ilmu, kritik, dan saran kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Papa, Mama, Koko, Cici, dan keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan moral dan juga selalu menyemangati serta memotivasi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Prof. Paulus P. Rahardjo, Ph.D., Bapak Aswin Lim, Ph.D., Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T., Ibu Dr. Rinda Karlinasari, Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., dan Bapak Aflizal Arafianto, S.T., M.T., selaku dosen pengajar di Pusat Studi Geoteknik yang telah memberikan waktunya untuk menjadi dosen penguji yang memberikan segala masukan, kritik, dan saran sehingga skripsi ini dapat lebih dikembangkan lagi.
4. Nicholas Bintoro, Bryan Marcus, Andy Samuel, Anthony Jeremiah, Robinson Andy, dan Lizette Kanani yang seringkali menemani dan terkadang membantu penulis di semester akhir selama perkuliahan.

5. Geraldo Axel, Kevin Kurniawan, Calvin, Hafiz, Toni, dan Kornelius selaku teman se-dosen pembimbing penulis yang bersama-sama berjuang dalam menyusun skripsi.
6. Varian Harwin dan Rocky Mountainshia selaku teman penulis yang mengizinkan skripsinya digunakan sebagai referensi format dalam menyusun skripsi ini.
7. Bagas, Edsa, Calvin, Daniel, Marcel, Alex, Victor, Ananda, Sintia, dan teman-teman penulis semasa SMA yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang senantiasa mendukung penulis selama penyusunan skripsi ini.
8. Roy Adrianto, Januar Jeremy, Jonathan Aditya, Flavia, Yohan, Tan Leonardo, Andreas, dan Steven Jayanugraha selaku teman penulis selama berkuliah di Universitas Katolik Parahyangan yang pernah berbagi suka dan duka bersama dengan penulis.
9. Ring 1 Himpunan Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Periode 2018/2019 selaku rekan kerja penulis yang telah membantu penulis berkembang menjadi pribadi yang lebih baik dan matang, serta memperoleh pengalaman berorganisasi yang tidak akan pernah terlupakan oleh penulis.
10. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung kepada penulis selama masa perkuliahan.
11. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyusun skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, penulis dengan senang hati menerima segala macam masukan, kritik, dan saran yang membangun untuk menjadikan skripsi ini lebih baik ke depannya. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna bagi teman-teman yang membutuhkannya.

Bandung, 23 Juli 2020



Kristian Krishma Kiswandono

2016410020

# DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR NOTASI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR LAMPIRAN .....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	1-1
1.2 Inti Permasalahan .....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian .....	1-2
1.4 Lingkup Penelitian .....	1-2
1.5 Metode Penelitian .....	1-3
1.6 Sistematika Penulisan .....	1-3
1.7 Diagram Alir .....	1-4
BAB 2 DASAR TEORI .....	2-1
2.1 Pengertian Perkuatan Tanah .....	2-1
2.2 Klasifikasi Perkuatan Lereng .....	2-1
2.3 Pengertian Geosintetik .....	2-3
2.3.1 Jenis-jenis Geosintetik .....	2-4
2.3.2 Geogrid .....	2-6
2.4 Metode HA 68/94 .....	2-9
2.4.1 Nilai Parameter untuk Desain .....	2-12
2.4.2 Tekanan Air Pori .....	2-15
2.4.3 Kuat Retakan Perkuatan .....	2-16
2.4.4 Tahanan Cabut Perkuatan .....	2-16
2.4.5 Tahanan Geser Dasar .....	2-17
2.4.6 Beban Tambahan .....	2-18
2.4.7 Mekanisme $T_{max}$ .....	2-20

2.4.8 Mekanisme $T_{ob}$ .....	2-20
2.5 Metode FHWA.....	2-21
2.5.1 Penentuan Geometris, Pembebanan, dan Persyaratan Kinerja Desain .....	2-21
2.5.2 Penentuan Sifat Teknis pada tanah <i>in-situ</i> .....	2-23
2.5.3 Penentuan Sifat dari Timbunan yang Diperkuat dan, jika berbeda, Timbunan yang Ditahan .....	2-24
2.5.4 Evaluasi Parameter Desain untuk Perkuatan .....	2-25
2.5.5 Peninjauan Kestabilan Tanpa Perkuatan.....	2-27
2.5.6 Desain Perkuatan untuk menghasilkan Lereng yang Stabil.....	2-28
2.5.7 Periksa Kestabilan Eksternal.....	2-37
2.5.8 Kestabilan Seismik.....	2-38
2.5.9 Mengevaluasi Persyaratan untuk Pengendalian Limpasan Air di Bawah Permukaan dan di Permukaan.....	2-38
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>3-1</b>
3.1 Pengumpulan Data Sekunder .....	3-1
3.2 Penentuan Parameter Tanah .....	3-1
3.3 Penentuan Perkuatan yang Digunakan .....	3-1
3.4 Metode Desain untuk Analisis Perkuatan Lereng .....	3-2
3.4.1 Metode HA 68/94 .....	3-2
3.4.2 Metode FHWA.....	3-2
<b>BAB 4 Hasil Analisis dan Diskusi .....</b>	<b>4-1</b>
4.1 Deskripsi Proyek .....	4-1
4.2 Lokasi Geografis Proyek.....	4-1
4.3 Denah Potongan .....	4-2
4.4 Parameter Desain.....	4-3
4.5 Spesifikasi Geogrid .....	4-3
4.5.1 Spesifikasi Geogrid yang digunakan.....	4-4
4.5.2 Spesifikasi Pabrikan Geogrid.....	4-4
4.6 Perbandingan antara Metode HA 68/94 dengan Metode FHWA pada Segmen K119+327 .....	4-5
4.6.1 Metode HA 68/94 .....	4-5
4.6.2 Metode FHWA.....	4-13

4.6.3 Hasil Perbandingan Kedua Metode pada Bagian K119+327 .....	4-20
4.7 Perbandingan antara Metode HA 68/94 dengan Metode FHWA pada Bagian K119+300 .....	4-21
4.7.1 Metode HA 68/94 .....	4-21
4.7.2 Metode FHWA .....	4-31
4.7.3 Hasil Perbandingan Kedua Metode pada Bagian K119+300 .....	4-42
4.8 Perbandingan Hasil Kedua Metode pada Segmen K119+327 dan Segmen K119+300.....	4-42
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	5-1
5.1 Kesimpulan .....	5-1
5.2 Saran .....	5-3
DAFTAR PUSTAKA .....	xxi



## DAFTAR NOTASI

$\gamma$	:	Berat Isi Tanah ( $\text{kN/m}^3$ )
$\Delta H$	:	Tinggi Tambahan Lereng (m)
$c'_{cv}$	:	Nilai Karakteristik Kohesivitas ( $\text{kN/m}^2$ )
$c'_{des}$	:	Nilai Desain Kohesivitas ( $\text{kN/m}^2$ )
$c'_{pk}$	:	Kohesivitas Puncak ( $\text{kN/m}^2$ )
$c'_r$	:	Kohesivitas Residual ( $\text{kN/m}^2$ )
$f_d$	:	Faktor Parsial untuk Kerusakan Sebelum dan Selama Pemasangan
$f_e$	:	Faktor Parsial untuk Dampak Lingkungan (misal: UV, proses kimiawi, proses biologis)
$FK_R$	:	Faktor Keamanan dengan Perkuatan yang Diperlukan
$FK_U$	:	Faktor Keamanan Tanpa Perkuatan ( <i>Unreinforced</i> )
$f_m$	:	Faktor Parsial untuk Keberagaman dan Ketidakpastian dari Material
$f_s$	:	Faktor Keamanan terhadap Penerapan dan Umur Desain Rencana
$h$	:	Kedalaman <i>Overburden</i> Tepat di atas Titik yang Ditinjau (m)
$H$	:	Tinggi Vertikal Lereng (m)
$H'$	:	Tinggi Efektif Lereng (m)
$K$	:	Koefisien Gaya Geogrid
$K_1$	:	Gaya Kohesi pada Dasar Baji 1
$K_2$	:	Gaya Kohesi pada Dasar Baji 2
$L$	:	Panjang Perkuatan (m)
$L_B$	:	Panjang Perkuatan yang Dibutuhkan pada Dasar Lereng (m)
$L_e$	:	Panjang Pembenaman Perkuatan di Luar Bidang Keruntuhan (m)
$L_{e1}$	:	Panjang Pembenaman Perkuatan Teratas di Luar Bidang Keruntuhan (m)
$L_T$	:	Panjang Perkuatan yang Dibutuhkan pada Puncak Lereng (m)
$N$	:	Jumlah Perkuatan Minimum
$\phi'$	:	Sudut Geser Dalam Efektif ( $^\circ$ )

- $\phi'_1$  : Sudut Geser Dalam Efektif Desain pada Baji 1 ( $^\circ$ )  
 $\phi'_2$  : Sudut Geser Dalam Efektif Desain pada Baji 2 ( $^\circ$ )  
 $\phi'_{cv}$  : Nilai Karakteristik Sudut Geser Dalam Efektif ( $^\circ$ )  
 $\phi'_{des}$  : Nilai Desain Sudut Geser Dalam Efektif ( $^\circ$ )  
 $\phi'_{pk}$  : Sudut Geser Dalam Efektif Puncak ( $^\circ$ )  
 $\phi'_r$  : Sudut Geser Dalam Efektif Residual ( $^\circ$ )  
 $\phi_f$  :  $\tan^{-1}\left(\frac{\tan\phi_r}{FK_R}\right)$  ( $^\circ$ )  
 $\phi_r$  : Sudut Geser Lereng yang Diperkuat ( $^\circ$ )  
 $P_c$  : Kuat Karakteristik Sesuai dengan Umur Desain yang Diperlukan dan Suhu Desain (kN/m)  
 $P_{des}$  : Nilai Desain untuk Perkuatan (kN/m)  
 $q$  : Beban Luar/Beban Tambahan (kN/m<sup>2</sup>)  
 $Q_1$  : Total Gaya Beban Luar pada Baji 1 (kN)  
 $Q_2$  : Total Gaya Beban Luar pada Baji 2 (kN)  
 $R'_2$  : Gaya Efektif Tangensial pada Dasar Baji 2 (kN)  
 $RF_{CR}$  : Faktor Reduksi terhadap Rangkak (*Creep*)  
 $RF_D$  : Faktor Reduksi terhadap Keawetan Geosintetik (*Durability*)  
 $RF_{ID}$  : Faktor Reduksi terhadap Kerusakan saat Pemasangan (*Installation Damage*)  
 $r_u$  : Parameter Tekanan Air Pori  
 $S_v$  : Jarak Vertikal Perkuatan (m)  
 $S_{v-max}$  : Jarak Vertikal Maksimum Perkuatan (m)  
 $T_1$  : Jumlah Gaya Perkuatan pada Baji 1 (kN/m)  
 $T_2$  : Jumlah Gaya Perkuatan pada Baji 2 (kN/m)  
 $T_{al}$  : Kuat Tarik Izin Perkuatan (kN/m)  
 $T_{max}$  : Jumlah Total Perkuatan pada Bidang Gelincir *Two-part Wedge* yang Paling Kritis (kN/m)  
 $T_o$  : Merujuk kepada Mekanisme *Two-part Wedge* Apapun yang Memerlukan Total Gaya Tahanan senilai Nol  
 $T_{ob}$  : Mekanisme  $T_o$  dengan  $\theta_2 = 0$   
 $T_s$  : Tegangan Total Perkuatan per Lebar Lereng [ $T_{s-max}$ ] (kN/m)

$T_{tot}$	:	Jumlah Total Perkuatan (kN/m)
$T_{ult}$	:	Kuat Tarik Ultimit Perkuatan (kN/m)
$u$	:	Tekanan Air Pori (kN/m <sup>2</sup> )
$U_1$	:	Tekanan Air Pori pada Baji 1 (kN/m <sup>2</sup> )
$U_2$	:	Tekanan Air Pori pada Baji 2 (kN/m <sup>2</sup> )
$v$	:	Ketebalan Lapis Timbunan yang Terkompaksi (m)
$W_1$	:	Berat Baji 1 (kN)
$W_2$	:	Berat Baji 2 (kN)
$X$	:	Panjang Baji 1 dari Kaki Lereng ke antarmuka dengan Baji 2 (m)
$X_T$	:	Panjang Bidang Gelincir pada Puncak Lereng (m)
$Y$	:	Tinggi Dasar Lereng ke Titik Pertemuan Dasar Baji 1 dengan Baji 2 (m)
$z'_1$	:	Kedalaman Efektif Perkuatan Teratas dari Puncak Lereng (m)
$z_1$	:	Kedalaman Perkuatan Teratas dari Puncak Lereng (m)
$\alpha'$	:	Faktor Daya Dukung
$\beta$	:	Sudut Kemiringan Lereng (°)
$\theta_1$	:	Sudut Dasar Baji 1 terhadap Sumbu Horizontal (°)
$\theta_2$	:	Sudut Dasar Baji 2 terhadap Sumbu Horizontal (°)
$\lambda_p$	:	Faktor Cabut Non-Dimensional
$\lambda_s$	:	Faktor Gelincir Dasar
$\sigma'_n$	:	Tegangan Efektif Normal (kN/m <sup>2</sup> )
$\sigma'_v$	:	Tegangan Efektif Vertikal (kN/m <sup>2</sup> )

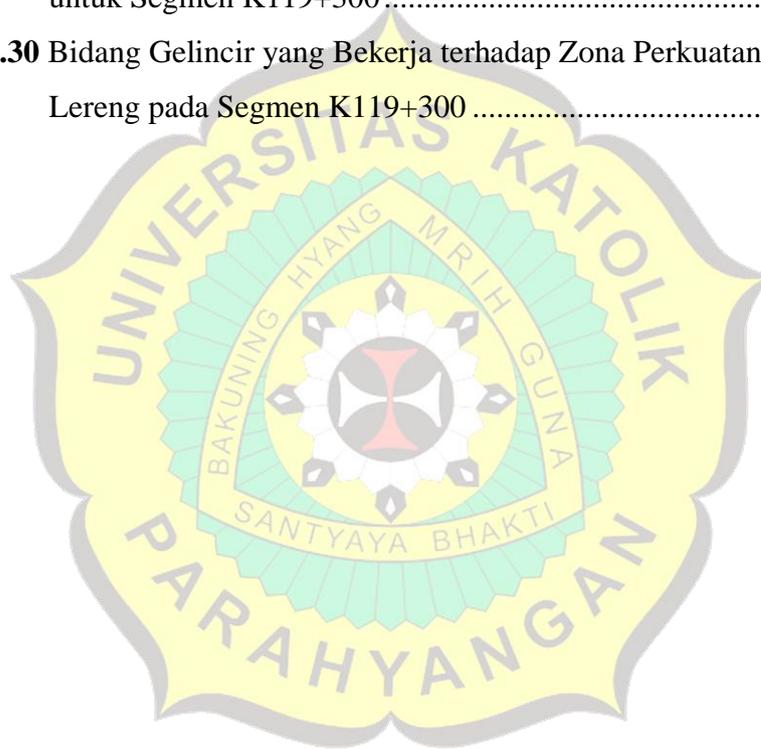
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Diagram Alir .....	1-4
<b>Gambar 2.1</b> Tampak Potongan Memanjang RSS ( <i>Mandavkar &amp; Weldu,</i> 2019) .....	2-2
<b>Gambar 2.2</b> Tampak Potongan Memanjang MSEW ( <i>Mandavkar &amp; Weldu,</i> 2019) .....	2-2
<b>Gambar 2.3</b> Jenis-jenis Geosintetik ( <i>Koerner, 2005</i> ) .....	2-5
<b>Gambar 2.4</b> <i>Unitized Polyolefin Geogrids</i> ( <i>Koerner, 2005</i> ).....	2-7
<b>Gambar 2.5</b> <i>Coated Yarn Geogrids</i> ( <i>Koerner, 2005</i> ).....	2-8
<b>Gambar 2.6</b> <i>Polymer Rod (or strap) Geogrids</i> ( <i>Koerner, 2005</i> ) .....	2-9
<b>Gambar 2.7</b> <i>Two-Part Wedge Method</i> .....	2-10
<b>Gambar 2.8</b> Penguraian Gaya pada Metode Analisis <i>Two-Part Wedge</i> ( <i>Dobie, 1997</i> ) .....	2-11
<b>Gambar 2.9</b> Variasi Nilai $\phi'$ Dibandingkan dengan Perpindahan pada Kedua Jenis Tanah ( <i>HA, 1994</i> ).....	2-13
<b>Gambar 2.10</b> Variasi dari Nilai $\phi'$ Dibandingkan dengan Indeks Plastisitas ( <i>HA, 1994</i> ) .....	2-14
<b>Gambar 2.11</b> Gaya-gaya yang Bekerja pada Baji ( <i>HA, 1994</i> ).....	2-18
<b>Gambar 2.12</b> Ilustrasi Perkiraan Perilaku Beban Tambahan ( <i>HA, 1994</i> ).....	2-19
<b>Gambar 2.13</b> Mekanisme $T_{max}$ ( <i>Dobie, 1997</i> ).....	2-20
<b>Gambar 2.14</b> Mekanisme $T_{ob}$ ( <i>Dobie, 1997</i> ).....	2-21
<b>Gambar 2.15</b> Persyaratan Desain dari <i>Reinforced Soil Slopes</i> ( <i>FHWA,</i> 2009) .....	2-22
<b>Gambar 2.16</b> Zona Kritis yang Ditunjukkan oleh Permukaan Gelincir Rotasional dan Geser ( <i>Sliding</i> ) yang Memenuhi Faktor Keamanan yang Diperlukannya ( <i>FHWA, 2009</i> ).....	2-28
<b>Gambar 2.17</b> Pendekatan dengan Bidang Gelincir Rotasional (Lingkaran) untuk Menentukan Kuat Tarik Perkuatan yang Dibutuhkan ( <i>FHWA, 2009</i> ) .....	2-30

<b>Gambar 2.18</b> Bagan untuk Menentukan Kuat Perkuatan yang Dibutuhkan (Schmertmann <i>et al.</i> , 1987) .....	2-31
<b>Gambar 2.19</b> Pertimbangan Jarak Perkuatan untuk Lereng Tinggi (FHWA, 2009).....	2-33
<b>Gambar 2.20</b> Analisis Kestabilan Seismik .....	2-38
<b>Gambar 4.1</b> Letak Geografis Proyek <i>Beijing-Chengde Expressway</i> , Tiongkok Ditandai dengan Lingkaran Berwarna Biru (Tensar, 2008).....	4-1
<b>Gambar 4.2</b> Denah Potongan Penampang Segmen K119+327 pada Proyek <i>Beijing-Chengde Expressway</i> , Tiongkok (Tensar, 2008).....	4-2
<b>Gambar 4.3</b> Denah Potongan Penampang Segmen K119+300 pada Proyek <i>Beijing-Chengde Expressway</i> , Tiongkok (Tensar, 2008).....	4-3
<b>Gambar 4.4</b> Nilai Desain untuk Geogrid Seri UX1000 yang Digunakan Dalam Desain Studi Kasus dari Tiongkok (Tensar, 2008).....	4-4
<b>Gambar 4.5</b> Nilai Desain untuk Perkuatan Sekunder yang Digunakan Dalam Desain Studi Kasus dari Tiongkok (Tensar, 2008).....	4-5
<b>Gambar 4.6</b> Ilustrasi Desain Susunan Awal Geogrid Proyek <i>Beijing- Chengde Expressway</i> , Tiongkok, Bagian K119+327 Menggunakan Metode HA68/94 .....	4-8
<b>Gambar 4.7</b> <i>Spacing Curve</i> untuk Susunan Geogrid Segmen K119+327 pada Tabel 4.3 .....	4-10
<b>Gambar 4.8</b> Ilustrasi Desain Susunan Akhir Perkuatan pada Proyek <i>Beijing-Chengde Expressway</i> , Tiongkok, Segmen K119+327 Menggunakan Metode HA68/94 .....	4-11
<b>Gambar 4.9</b> Hasil Faktor Keamanan Keseluruhan yang Diperoleh Menggunakan Bantuan Program SLIDE untuk Segmen K119+327 .....	4-12
<b>Gambar 4.10</b> Input Metode Analisis yang Digunakan Dalam Program SLIDE.....	4-14
<b>Gambar 4.11</b> Sifat Material Tanah Lereng yang Dimasukkan Dalam Program SLIDE.....	4-15

<b>Gambar 4.12</b> Sifat Material Tanah Pondasi yang Dimasukkan Dalam Program SLIDE .....	4-15
<b>Gambar 4.13</b> Sifat Perkuatan Tensar UX1400 yang Dimasukkan Dalam Program SLIDE .....	4-16
<b>Gambar 4.14</b> Sifat Perkuatan Tensar SS20 yang Dimasukkan Dalam Program SLIDE .....	4-16
<b>Gambar 4.15</b> Bagan Desain <i>Schmertmann et al.</i> (1987) untuk Mencari Koefisien Gaya Geogrid dan Panjang Sisi Atas dan Bawah Zona Perkuatan (FHWA, 2009).....	4-17
<b>Gambar 4.16</b> Hasil Komputasi dari Program SLIDE .....	4-20
<b>Gambar 4.17</b> Pengasumsian Bentuk Lereng Ditunjukkan dengan Garis Berwarna Hitam .....	4-22
<b>Gambar 4.18</b> Ilustrasi Desain Susunan Awal Geogrid Proyek <i>Beijing-Chengde Expressway</i> , Tiongkok, bagian K119+300 Menggunakan Metode HA68/94.....	4-24
<b>Gambar 4.19</b> <i>Spacing Curve</i> untuk Susunan Geogrid Segmen K119+300 pada Tabel 4.8.....	4-28
<b>Gambar 4.20</b> Ilustrasi Desain Akhir Percobaan Susunan Perkuatan Pertama Proyek <i>Beijing-Chengde Expressway</i> , Tiongkok, Segmen K119+300 Menggunakan Metode HA68/94 .....	4-29
<b>Gambar 4.21</b> Hasil Faktor Keamanan Keseluruhan Metode HA 68/94 yang diperoleh Menggunakan Bantuan Program SLIDE untuk Segmen K119+300.....	4-31
<b>Gambar 4.22</b> Sifat Material Tanah Lereng yang dimasukkan Dalam Program SLIDE .....	4-33
<b>Gambar 4.23</b> Sifat Material Tanah Pondasi yang Dimasukkan Dalam Program SLIDE .....	4-34
<b>Gambar 4.24</b> Sifat Perkuatan Tensar UX1400 yang Dimasukkan Dalam Program SLIDE .....	4-34
<b>Gambar 4.25</b> Sifat Perkuatan Tensar UX1600 yang Dimasukkan Dalam Program SLIDE .....	4-35

<b>Gambar 4.26</b> Sifat Perkuatan Tensar SS20 yang Dimasukkan Dalam Program SLIDE .....	4-35
<b>Gambar 4.27</b> Bagan Desain <i>Schmertmann et al.</i> (1987) untuk Mencari Koefisien Gaya Geogrid dan Panjang Sisi Atas dan Bawah Zona Perkuatan.....	4-36
<b>Gambar 4.28</b> Hasil Faktor Keamanan Keseluruhan Metode FHWA yang diperoleh Menggunakan Bantuan Program SLIDE untuk Segmen K119+300 .....	4-39
<b>Gambar 4.29</b> Hasil Faktor Keamanan Keseluruhan yang telah dikoreksi untuk Segmen K119+300 .....	4-40
<b>Gambar 4.30</b> Bidang Gelincir yang Bekerja terhadap Zona Perkuatan Atas Lereng pada Segmen K119+300 .....	4-41





## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Identifikasi Fungsi Primer Geosintetik ( <i>Koerner</i> , 2005).....	2-5
<b>Tabel 2.2</b> Persyaratan Timbunan Granular yang Diperkuat RSS (FHWA, 2009).....	2-24
<b>Tabel 2.3</b> Rekomendasi Batas untuk Sifat Elektrokimia pada Timbunan yang Diperkuat dengan Perkuatan Geosintetik (FHWA & Elias et al., 2009).....	2-25
<b>Tabel 2.4</b> Rekomendasi Batas untuk Sifat Elektrokimia pada Timbunan yang Diperkuat dengan Perkuatan Baja (FHWA, 2009).....	2-25
<b>Tabel 4.1</b> Data Parameter Desain untuk proyek <i>Beijing-Chengde Expressway</i> , Tiongkok (Tensar, 2008).....	4-3
<b>Tabel 4.2</b> Data Spesifikasi Geogrid yang Digunakan untuk Proyek <i>Beijing-Chengde Expressway</i> , Tiongkok (Tensar, 2008).....	4-4
<b>Tabel 4.3</b> Perhitungan Jumlah Geogrid UX1400 yang Akan Dipakai pada Segmen K119+327.....	4-9
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengecekan Akhir Desain Lereng yang Diperkuat dengan Metode HA68/94.....	4-12
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan Hasil Analisis Antara Metode HA 68/94 dan FHWA untuk Segmen K119+327.....	4-21
<b>Tabel 4.6</b> Perhitungan Jumlah Geogrid Seri UX1400 yang Dapat Dipakai pada Bagian K119+300.....	4-25
<b>Tabel 4.7</b> Perhitungan Jumlah Geogrid Seri UX1600 yang Dapat Dipakai pada Bagian K119+300.....	4-26
<b>Tabel 4.8</b> Percobaan Penentuan Susunan Geogrid yang Dipakai pada Segmen K119+300.....	4-27
<b>Tabel 4.9</b> Panjang Total Keseluruhan Geogrid yang Digunakan untuk Percobaan Susunan Geogrid Pertama yang Dipakai pada Segmen K119+300.....	4-30
<b>Tabel 4.10</b> Hasil Pengecekan Akhir Desain Lereng yang Diperkuat dengan Metode HA68/94 pada Segmen K119+300.....	4-30

<b>Tabel 4.11</b> Penentuan Jumlah Minimum Teoritis Lapis Perkuatan yang Digunakan .....	4-37
<b>Tabel 4.12</b> Penentuan Jarak Vertikal untuk Masing-Masing Geogrid yang Dapat Digunakan Dalam Desain Segmen K119+300 .....	4-38
<b>Tabel 4.13</b> Percobaan Penentuan Susunan Geogrid yang Digunakan untuk Segmen K119+300 .....	4-38
<b>Tabel 4.14</b> Percobaan Kedua Penentuan Susunan Geogrid yang Digunakan untuk Segmen K119+300 .....	4-40
<b>Tabel 4.15</b> Perbandingan Hasil Analisis Antara Metode HA 68/94 dan FHWA untuk Segmen K119+300 .....	4-42
<b>Tabel 4.16</b> Perbandingan Hasil Desain Segmen K119+327 dan Segmen K119+300 Menggunakan Metode HA 68/94 dan Metode FHWA yang Ditabulasikan .....	4-43



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN 1</b> TABEL PENENTUAN PARAMETER DESAIN PERKUATAN LERENG .....	L1-1
<b>LAMPIRAN 2</b> DOKUMENTASI PROYEK <i>BEIJING-CHENGDE</i> <i>EXPRESSWAY</i> , TIONGKOK .....	L2-1





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Dalam pekerjaan konstruksi bangunan sipil, seringkali ditemukan permasalahan-permasalahan pada tanah tempat proyek konstruksi tersebut dibangun, permasalahan yang paling sering dijumpai yaitu lapisan tanah yang memiliki daya dukung rendah sehingga dapat mempengaruhi berbagai tahapan rancang-bangun konstruksi. Oleh karena itu, solusi yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan melakukan upaya stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah didefinisikan sebagai perubahan dari setiap properti tanah untuk memperbaiki kinerja tekniknya (Lambe, 1962). Klasifikasi tindakan stabilisasi tanah dapat dibedakan atas dua macam, yakni perbaikan tanah dan perkuatan tanah (Darwis, 2017). Perkuatan tanah (*soil reinforcement*) dapat diartikan sebagai suatu jenis stabilisasi tanah yang dimaksudkan untuk memperbaiki dan/atau mempertahankan kemampuan dan kinerja tanah sesuai dengan syarat teknis yang dibutuhkan, dengan memberikan material sisipan ke dalam lapisan tanah tersebut (Darwis, 2017).

Salah satu bentuk dari perkuatan tanah yaitu dengan *mechanically stabilized earth* (MSE). Perkuatan MSE sendiri menurut sudut kemiringan lerengnya dibagi menjadi dua, yaitu *reinforced soil slopes* (RSS) dan dinding MSE (MSEW). Lereng tanah yang diperkuat (RSS) adalah suatu bentuk stabilisasi tanah secara mekanis dengan menggunakan elemen perkuatan sebidang dalam suatu struktur lereng yang mempunyai kemiringan permukaan kurang dari 70° (PU, 2009). Material yang dapat digunakan sebagai material sisipan pada MSE yaitu geosintetik (*geosynthetic*). Geosintetik adalah produk planar yang dibuat dari bahan polimer yang digunakan dengan tanah, batu, tanah, atau bahan terkait rekayasa geoteknik lainnya sebagai bagian yang tak terpisahkan dari proyek, struktur, atau sistem buatan manusia (ASTM D 4439). Pertumbuhan geogrid yang amat cepat menyebabkan geogrid menjadi salah satu tipe geosintetik yang paling banyak digunakan di lapangan. Geogrid adalah produk geosintetik yang terdiri dari jala yang beraturan dan terhubung satu sama lainnya, dengan ukuran bukaan lebih besar

dari 6,35 mm sehingga memungkinkan untuk saling mengunci dengan tanah, batuan ataupun struktur lain di sekitarnya serta memiliki fungsi primer sebagai perkuatan (ASTM D 4439).

Terdapat berbagai macam metode desain yang dapat digunakan untuk merancang sebuah RSS, salah satunya adalah metode HA 68/94. Metode ini sebenarnya telah ditarik penggunaannya pada tahun 2017 karena munculnya *Eurocode 7* (EC7). Namun, metode perhitungannya masih dapat diterapkan dan diadaptasi ke kondisi dan kebutuhan lainnya. Metode ini menggunakan *two-part wedge mechanism* karena dapat menyediakan metode sederhana untuk memperoleh solusi yang aman dan ekonomis, dan cocok untuk geometri perkuatan tanah dan *soil nailing*.

Selain metode HA 68/94, terdapat pula metode-metode lain yang dapat digunakan untuk merancang sebuah RSS, salah satunya yaitu metode FHWA. Metode FHWA merupakan metode yang dibuat oleh *U.S. Department of Transportation* yang diciptakan untuk menyediakan penatalayanan atas konstruksi, pemeliharaan, dan kelestarian dari *highway*, jembatan, dan terowongan di Amerika Serikat.

## 1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari penelitian ini adalah mencari perbedaan hasil dari metode-metode analisis yang digunakan untuk perencanaan RSS.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perbandingan perhitungan menggunakan dua metode analisis yang digunakan untuk perencanaan RSS, serta mencari kelebihan, kekurangan, dan karakteristik yang membedakan dari kedua metode tersebut.

## 1.4 Lingkup Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat batasan-batasan sebagai berikut:

1. Lereng tanah dengan kemiringan sudut di bawah  $70^\circ$ .

2. Metode analisis untuk RSS yang ditinjau adalah metode analisis menurut standar FHWA dan HA 68/94.
3. Pendekatan yang digunakan untuk menganalisa stabilitas lereng adalah menggunakan metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium method*).

### 1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Dilakukannya studi literatur ini berguna untuk memperoleh informasi dan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini melalui buku referensi, jurnal, arsip, artikel, dan dokumen-dokumen yang relevan dengan permasalahan yang dikaji.

2. Pengumpulan Data

Mengambil data dari data proyek, *conference paper*, jurnal, dan sumber literatur lainnya.

3. Perbandingan Metode Analisis

Dengan menggunakan teori-teori dan data yang telah dikumpulkan oleh penyusun, dilakukan perbandingan hasil dari berbagai metode yang ditinjau.

### 1.6 Sistematika Penulisan

Berikut ini adalah susunan dari skripsi yang disusun oleh penyusun:

1. BAB 1: PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini terdapat latar belakang penelitian, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir pengerjaan skripsi.

2. BAB 2: DASAR TEORI

Bab dasar teori ini berisikan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian ini, yaitu perkuatan tanah, RSS, geosintetik, geogrid, metode FHWA dan HA68/94.

### 3. BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian ini penyusun membahas data yang digunakan untuk analisis dan proses-proses analisis yang dilakukan untuk mendapatkan data yang diinginkan.

### 4. BAB 4: HASIL ANALISIS DAN DISKUSI

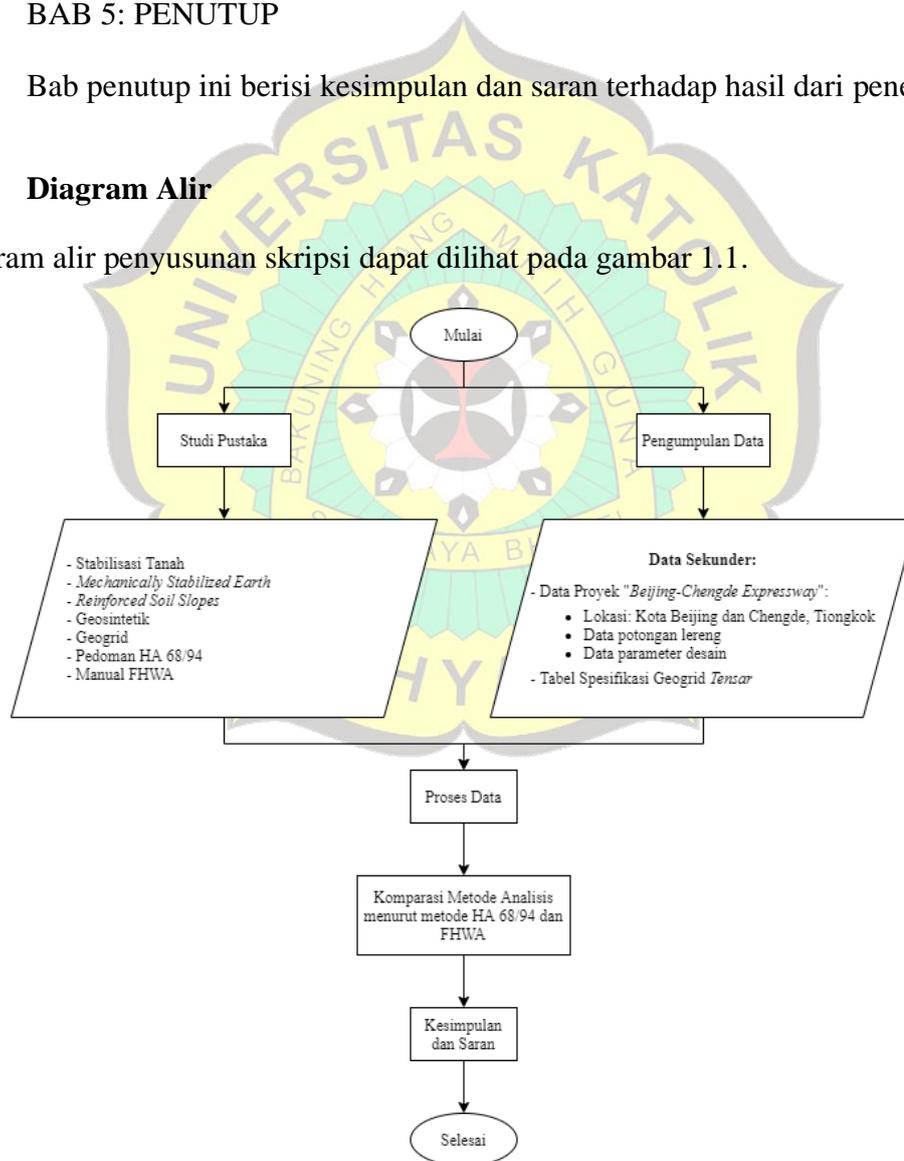
Pada bab hasil analisis dan diskusi ini berisi data proyek, proses, dan hasil perhitungan data proyek sesuai dengan metodologi yang digunakan oleh penyusun.

### 5. BAB 5: PENUTUP

Bab penutup ini berisi kesimpulan dan saran terhadap hasil dari penelitian.

## 1.7 Diagram Alir

Diagram alir penyusunan skripsi dapat dilihat pada gambar 1.1.



**Gambar 1.1** Diagram Alir