

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH POLA PEMASANGAN SOIL
NAILING UNTUK STABILITAS LERENG**



**VINCENT JEVON
NPM: 2013410010**

PEMBIMBING: Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2017**

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH POLA PEMASANGAN SOIL
NAILING UNTUK STABILITAS LERENG**



**VINCENT JEVON
NPM: 2013410010**

BANDUNG, 10 JANUARI 2017

PEMBIMBING



Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2017**

PERNYATAAN

Saya bertandatangan di bawah ini,

Nama Lengkap : Vincent Jevon

NPM : 2013 410 010

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya berjudul: “**ANALISIS PENGARUH POLA PEMASANGAN SOIL NAILING UNTUK STABILITAS LERENG**” adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 10 Januari 2017



Vincent Jevon

2013410010

ANALISIS PENGARUH POLA PEMASANGAN SOIL NAILING UNTUK STABILITAS LERENG

Vincent Jevon
NPM: 2013410010

Pembimbing: Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARI 2017

ABSTRAK

Salah satu masalah yang sering dijumpai dalam konstruksi pada suatu lereng adalah masalah kestabilan lereng. Pada lereng yang tidak stabil, suatu metode perkuatan lereng perlu diterapkan untuk memastikan lereng tersebut aman. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah *soil nailing*. *Soil nailing* adalah metode perkuatan lereng dengan memasang batangan-batangan baja ke dalam tanah.

Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mengecek keamanan dari suatu lereng. Analisis dilakukan melalui dua cara yaitu dengan perhitungan manual dan menggunakan metode elemen hingga dengan program PLAXIS. Perhitungan manual pada lereng tanpa perkuatan menggunakan analisis metode Bishop sedangkan pada lereng dengan perkuatan menggunakan analisis keamanan stabilitas global, analisis keamanan stabilitas terhadap penggeseran, dan analisis keamanan terhadap daya dukung tanah berdasarkan FHWA. Pada penelitian ini dilakukan analisis peningkatan nilai faktor keamanan lereng akibat adanya perkuatan *soil nailing* dan besarnya gaya tarik *nail* yang terjadi. Pengaruh pola pemasangan seperti sudut pemasangan dan jarak antar *nail* juga ditinjau terhadap perubahan nilai faktor keamanan. Studi kasus yang ditinjau adalah konstruksi lereng untuk perluasan area pada proyek pembangunan dermaga di Kariangau, Balikpapan, Kalimantan.

Berdasarkan analisis yang dilakukan, terjadi peningkatan nilai faktor keamanan dari sebesar 1,182 (Bishop), 0,9749 (PLAXIS), dan 1,113 (SLIDE) menjadi sebesar 2,085 (stabilitas global FHWA) dan 2,328 (PLAXIS) bila lereng diberikan perkuatan *soil nailing*. Bertambahnya sudut pemasangan *nail* setiap 10° menyebabkan penurunan rata-rata nilai faktor keamanan sebesar $\pm 8,83$ % untuk perhitungan manual dan sebesar $\pm 2,18$ % dengan program PLAXIS. Bertambahnya jarak vertikal antar *nail* dengan hanya memasang beberapa *nail* juga menyebabkan penurunan nilai faktor keamanan. Nilai faktor keamanan berdasarkan cara manual saat pemasangan *nail* 2,4,6 adalah 1,823 (menurun sebesar $\pm 12,57$ %) dan saat pemasangan *nail* 1,3,5 adalah 1,779 (menurun sebesar $\pm 14,676$ %). Nilai faktor keamanan berdasarkan program PLAXIS saat pemasangan *nail* 2,4,6 adalah 2,231 (menurun sebesar $\pm 4,17$ %) dan saat pemasangan *nail* 1,3,5 adalah 1,864 (menurun sebesar $\pm 19,89$ %). Besarnya gaya tarik *nail* yang terjadi apabila sudut pemasangan diperbesar tidak melewati gaya tarik maksimum yang diijinkan sedangkan besarnya gaya tarik apabila jarak vertikal diperbesar melewati gaya tarik maksimum yang diijinkan sehingga menambah jarak vertikal menyebabkan perkuatan tidak aman.

Kata Kunci : *soil nailing*, analisis stabilitas lereng, PLAXIS, faktor keamanan, sudut pemasangan *nail*, jarak antar *nail*

ANALYSIS OF THE EFFECT OF SOIL NAILING INSTALLATION PATTERN FOR SLOPE STABILITY

Vincent Jevon
NPM: 2013410010

Advisor: Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT No.: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)
BANDUNG
JANUARY 2017

ABSTRACT

One of the problem that often found in construction of a slope is slope stability. In an unstable slope, a method of slope reinforcement should be applied to ensure the slope safety. One of the method that can be used is soil nailing. Soil nailing is a method of slope reinforcement by installing steel bars into the ground.

Slope stability analysis is performed to check the safety of a slope. The analysis is done by two ways, there are manual calculation and using finite element method with PLAXIS. Manual calculation for slope without reinforcement is done by using Bishop's method while on the slope with reinforcement are using FHWA's global stability failure, sliding stability failure, and bearing capacity failure. In this research the increase in the slope safety factor value due to the reinforcement of soil nailing and the nail tensile force that occurs will be analyzed. The effect of installation pattern such as soil inclination and nail spacing need to be reviewed against changes in the safety factor value. The case study is conducted in Kariangau, Balikpapan, Borneo pier development where slope construction is needed for additional space.

Based on the analysis that has been done, installation of soil nailing increased the safety factor value from 1,182 (Bishop), 0,9749 (PLAXIS), and 1,113 (SLIDE) to 2,085 (FHWA's global stability) and 2,328 (PLAXIS). The increase of nail inclination every 10° caused the average safety factor value to decreased $\pm 8,83\%$ for manual calculation and $\pm 2,18\%$ by PLAXIS. Increasing the nail vertical spacing just by installing some nails also caused a decrease in the safety factor value. The safety factor value based on manual calculations when nail 2,4,6 is installed is 1,823 (decreased by $\pm 12,57\%$) and when nail 1,3,5 is installed is 1,779 (decreased by $\pm 14,676\%$). The safety factor value based on PLAXIS when nail 2,4,6 is installed is 2,231 (decreased by $\pm 4,17\%$) and when nail 1,3,5 is installed is 1,864 (decreased by $\pm 19,89\%$). The tensile force that occurs when the nail inclination is increased does not exceed the maximum allowable tensile force while the tensile force when the nail vertical spacing is increased exceed the maximum allowable tensile force therefore the increased of the nail vertical spacing causing the reinforcement become unsafe.

Keywords : soil nailing, slope stability analysis, PLAXIS, safety factor, nail inclination, nail spacing

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat yang telah diberikan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Pola Pemasangan Soil Nailing untuk Stabilitas Lereng”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat Sarjana Sains Strata Satu di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu selama proses pengerjaan skripsi ini, yaitu kepada:

- 1) Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, dan waktu sehingga membantu dalam proses penyusunan skripsi ini.
- 2) Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D., dan Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T. selaku dosen penguji atas segala bantuan dan saran-saran yang diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
- 3) Keluarga penulis yang telah memberikan banyak perhatian, dukungan semangat, doa dan nasihat selama penyusunan skripsi.
- 4) Bapak Cindarto yang telah memberikan saran dan membantu dalam menyediakan data-data untuk kepentingan skripsi.
- 5) Pak Adit, Bu Nandya, Ci Susan, Ko Kirana, Ko Hansen, dan *staff* GEC yang telah membantu dengan memberikan saran-saran yang bermanfaat.
- 6) Natasya Rahmat yang selalu sabar memberikan perhatian, dukungan, motivasi dan dorongan kepada penulis untuk tetap semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
- 7) Michael Sutoyo sebagai rekan skripsi yang telah memberikan semangat, bantuan, dan sebagai teman bertukar pikiran selama proses pembuatan skripsi.

- 8) Ivan, Reinaldo, Viki, Icha, dan Stella yang sering menemani untuk mengisi kejenuhan dan mengangkat semangat penulis dari awal perkuliahan hingga proses pengerjaan skripsi selesai.
- 9) Andre, James, Ardi, Ken, Yugi, Hengky, Yoko, Monic, Julian, Bertus, Danny, Adi, Gerald, Robby, Anna, dan Martin sebagai teman kuliah dan teman belajar yang sangat membantu penulis dari awal perkuliahan.
- 10) Claudy, Rachelle, Irvan, Chintya, dan Gaby yang telah menjadi teman suka dan duka penulis selama perkuliahan berlangsung.
- 11) Teman-teman angkatan 2013 yang telah memberikan dukungan, semangat, saran, dan untuk kebersamaannya selama perkuliahan.
- 12) Berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam skripsi ini sehingga kritik dan saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Bandung, 10 Januari 2017



Vincent Jevon

2013410010

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	1-2
1.4 Ruang Lingkup Pembahasan	1-2
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Diagram Alir	1-4
1.7 Sistematika Penulisan	1-5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-1
2.1 Tinjauan Umum Lereng	2-1
2.2 Klasifikasi Lereng	2-1
2.2.1 Lereng Alam (<i>Natural Slope</i>)	2-1
2.2.2 Lereng Buatan (<i>Man Made Slope</i>)	2-2
2.3 Jenis Mekanisme Gerakan Tanah dan Longsoran	2-3
2.3.1 Penyebab Gerakan Tanah dan Longsoran	2-3
2.3.2 Klasifikasi Jenis Pergerakan Tanah dan Longsoran	2-4
2.4 Dasar Analisis Kestabilan Lereng	2-8
2.4.1 Teori Dasar Kekuatan Geser Tanah	2-8
2.4.2 Konsep Angka Keamanan	2-10
2.5 Analisis Kestabilan Lereng	2-11
2.5.1 Metode Janbu	2-12

2.5.2	Metode Bishop	2-15
2.6	Pendahuluan <i>Soil Nailing</i>	2-17
2.7	Penggunaan dan Aplikasi <i>Soil Nailing</i>	2-20
2.7.1	Penyokong Galian	2-20
2.7.2	Perkuatan Lereng	2-21
2.7.3	Stabilisasi Lereng	2-21
2.7.4	Perbaikan Dinding Penahan Tanah	2-22
2.8	Komponen Utama Dinding <i>Soil Nailing</i>	2-23
2.8.1	Tulangan (<i>Nail Bar</i>)	2-24
2.8.2	<i>Nail Head</i>	2-25
2.8.3	Cor Beton (<i>Grout</i>)	2-26
2.8.4	Penengah (<i>Centralizer</i>)	2-26
2.8.5	Muka Dinding (<i>Wall Facing</i>).....	2-27
2.8.6	Sistem Drainase (<i>Drainage System</i>).....	2-28
2.8.7	Proteksi Korosi.....	2-29
2.9	Tahapan Konstruksi <i>Soil Nailing</i>	2-30
2.10	Jenis Tanah dan Kondisi Lapangan <i>Soil Nailing</i>	2-35
2.11	Analisis Kestabilan Lereng dengan <i>Soil Nailing</i>	2-37
2.11.1	<i>Global Stability Failure</i>	2-37
2.11.2	<i>Sliding Stability Failure</i>	2-43
2.11.3	<i>Bearing Capacity Failure</i>	2-44
2.12	Metode Elemen Hingga	2-46
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		3-1
3.1	Penentuan Karakteristik Tanah	3-1
3.1.1	Jenis Tanah dan Kedalaman Muka Air Tanah	3-1
3.1.2	Parameter Tanah.....	3-2
3.1.3	Penentuan Stratifikasi Tanah.....	3-4
3.2	Analisis Secara Manual	3-4
3.3	Analisis dengan Program PLAXIS.....	3-4
3.3.1	Pengaturan Global.....	3-5
3.3.2	Permodelan PLAXIS.....	3-7
3.3.3	Kondisi Batas	3-9

3.3.4	Input Data PLAXIS.....	3-10
3.3.5	Penyusunan Jaring Elemen (<i>Mesh Configuration</i>)	3-15
3.3.6	Kondisi Air Tanah (<i>Flow condition</i>).....	3-16
3.3.7	Perhitungan PLAXIS	3-17
3.3.8	Output PLAXIS.....	3-21
BAB 4 STUDI KASUS.....		4-1
4.1	Deskripsi Proyek	4-1
4.2	Kondisi Tanah	4-1
4.3	Analisis Stabilitas Lereng Tanpa <i>Soil Nailing</i>	4-3
4.3.1	Metode Bishop	4-3
4.3.2	Program PLAXIS	4-6
4.3.3	Program SLIDE.....	4-8
4.4	Analisis Stabilitas Lereng dengan <i>Soil Nailing</i>	4-9
4.4.1	Analisis Keamanan Stabilitas Global.....	4-10
4.4.2	Analisis Keamanan Stabilitas Terhadap Penggeseran (<i>Sliding</i>) ..	4-14
4.4.3	Analisis Keamanan Terhadap Daya Dukung Tanah (<i>Bearing</i>)....	4-15
4.4.4	Program PLAXIS	4-15
4.5	Interpretasi Hasil Analisis	4-21
4.5.1	Pengaruh Sudut Pemasangan	4-21
4.5.2	Pengaruh Jarak Vertikal	4-24
4.5.3	Analisis Gaya Tarik <i>Nail</i>	4-26
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA		6-1
LAMPIRAN.....		7-1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

FK	= faktor keamanan
u	= tegangan air pori
σ	= tegangan normal
σ'	= tegangan normal efektif
τ	= kekuatan geser tanah
τ_f	= kekuatan geser tanah pada kondisi efektif
τ_m	= kekuatan geser sepanjang bidang kegagalan
c	= kohesi tanah
c_u	= kohesi tanah <i>undrained</i>
c_b	= kohesi tanah <i>base</i>
α	= sudut kemiringan bidang longsor terhadap bidang horisontal
i	= sudut pemasangan <i>nail</i>
ϕ	= sudut geser dalam
ϕ'	= sudut geser dalam efektif
ϕ_b	= sudut geser dalam <i>base</i>
ψ	= sudut dilatasi
β	= sudut kemiringan lereng terhadap bidang horisontal
β_{eq}	= sudut ekuivalen pada <i>back slope</i>
ν	= <i>poisson's ratio</i>
γ	= berat jenis tanah
γ'	= berat jenis tanah efektif
γ_{sat}	= berat jenis tanah jenuh air
γ_w	= berat jenis air
E	= modulus elastisitas Young
I	= momen inersia
k_x	= permeabilitas dalam arah horisontal
k_y	= permeabilitas dalam arah vertikal
b	= lebar horisontal segmen metode Bishop
L	= panjang total <i>nail</i>

L_o	= panjang efektif penyaluran <i>nail</i>
L_e	= panjang <i>nail</i> dibelakang bidang longsor
L_f	= panjang bidang longsor
D_{hole}	= diameter lubang (<i>nail + grout</i>)
d_{nail}	= diameter <i>nail</i>
W	= berat dari tanah
f_{max}	= gesekan antara tanah dan <i>nail</i> (<i>ultimate bond strength</i>)
K_s	= modulus reaksi lateral tanah
R_{inter}	= koefisien interaksi antara material struktur dan tanah
K_a	= koefisien tekanan tanah lateral aktif
P_A	= tekanan tanah lateral aktif
P_{ult}	= takanan tanah lateral pasif ultimit
P_{max}	= tekanan tanah lateral pasif maksimum pada <i>nail</i>
R_n	= kekuatan tarik perkuatan <i>nail</i>
R_c	= kekuatan geser perkuatan <i>nail</i>
T_i	= gaya tarik <i>nail</i>
T_f	= gaya tarik ijin <i>nail</i>
T_{max}	= gaya tarik ijin global <i>nail</i>
V_i	= gaya geser <i>nail</i>
V_f	= gaya geser ijin <i>nail</i>
V_o	= gaya geser ijin tekanan tanah lateral pasif
V_{max}	= gaya geser ijin global <i>nail</i>
B_L	= lebar blok rigid perkuatan
Q	= beban mati diatas lereng
H_1	= tinggi efektif tekanan tanah lateral aktif bekerja
S_V	= jarak vertikal antar <i>nail</i>
S_H	= jarak horisontal antar <i>nail</i>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram alir penelitian	1-4
Gambar 2.1 Jenis pergerakan tanah dan longsoran: a. runtuhan (<i>falls</i>), b. pengelupasan (<i>topples</i>), c. longsoran (<i>slides</i>), d. aliran tanah (<i>flows</i>), e. rayapan (<i>creep</i>)	2-4
Gambar 2.2 Bentuk longsoran translasi blok	2-6
Gambar 2.3 Bentuk longsoran rotasi	2-6
Gambar 2.4 Jenis-jenis longsoran rotasi.....	2-7
Gambar 2.5 Diagram Mohr-Coulomb	2-10
Gambar 2.6 <i>Stability chart</i> untuk tanah dengan nilai $\phi = 0$	2-13
Gambar 2.7 <i>Stability chart</i> untuk tanah dengan nilai $\phi > 0$	2-13
Gambar 2.8 Faktor reduksi pengaruh beban merata untuk tanah dengan nilai $\phi = 0$ dan $\phi > 0$	2-14
Gambar 2.9 Faktor reduksi pengaruh muka air untuk tanah dengan nilai $\phi = 0$ dan $\phi > 0$	2-14
Gambar 2.10 Faktor reduksi pengaruh <i>tension crack</i> untuk tanah dengan nilai $\phi = 0$ dan $\phi > 0$	2-15
Gambar 2.11 Gaya-gaya yang bekerja menurut Bishop.....	2-16
Gambar 2.12 Diagram untuk menentukan nilai $M_{i(\alpha)}$ pada persamaan Bishop	2-17
Gambar 2.13 Perbandingan antara <i>Austrian Tunneling Method</i> dan metode konvensional	2-18
Gambar 2.14 Potongan melintang lereng dengan perkuatan <i>soil nailing</i>	2-19
Gambar 2.15 Penggunaan <i>soil nailing</i> pada penggalian.....	2-20
Gambar 2.16 Penggunaan <i>soil nailing</i> pada pintu gerbang jalan terowongan di Hawaii	2-21
Gambar 2.17 Ilustrasi penggunaan <i>soil nailing</i> untuk stabilisasi lereng	2-22
Gambar 2.18 Perbaikan dinding penahan tanah menggunakan <i>soil nailing</i>	2-22
Gambar 2.19 Perbaikan <i>tieback wall</i> menggunakan <i>soil nailing</i>	2-23
Gambar 2.20 Perbaikan <i>masonry wall</i> menggunakan <i>soil nailing</i>	2-23
Gambar 2.21 Komponen utama dinding <i>soil nailing</i>	2-24

Gambar 2.22 <i>Nail head</i>	2-25
Gambar 2.23 Pengecoran (<i>grouting</i>) melalui pipa tremie	2-26
Gambar 2.24 <i>Centralizer</i> PVC pada tulangan <i>nail</i>	2-27
Gambar 2.25 Pembuatan muka dinding (<i>facing</i>) sementara.....	2-27
Gambar 2.26 Sistem drainase pada <i>soil nailing</i>	2-28
Gambar 2.27 Tipe-tipe sistem pipa drainase untuk mengontrol air pada dinding <i>soil nailing</i>	2-29
Gambar 2.28 Proteksi <i>nail</i> dari korosi dengan melapisi HDPE	2-29
Gambar 2.29 Tahapan konstruksi dinding <i>soil nailing</i> secara umum	2-30
Gambar 2.30 Perkuatan dengan timbunan menerus	2-31
Gambar 2.31 Perkuatan dengan timbunan segmental	2-31
Gambar 2.32 Pembuatan muka dinding (<i>facing</i>) sementara.....	2-33
Gambar 2.33 Pembuatan muka dinding (<i>facing</i>) permanen	2-35
Gambar 2.34 Gaya yang bekerja dalam metode Baji (<i>Wedge Method</i>)	2-38
Gambar 2.35 4 kriteria keruntuhan.....	2-39
Gambar 2.36 Analisis elastik antara tanah dengan <i>nail</i>	2-41
Gambar 2.37 Stabilitas terhadap penggeseran pada perkuatan <i>soil nailing</i>	2-43
Gambar 2.38 Diskritisasi benda menjadi elemen-elemen kecil	2-46
Gambar 2.39 Hubungan tegangan-regangan menurut Hooke	2-49
Gambar 3.1 <i>Plasticity chart</i>	3-1
Gambar 3.2 Pengaturan global – lembar tab <i>project</i>	3-5
Gambar 3.3 Pengaturan global – lembar tab <i>model</i>	3-6
Gambar 3.4 Contoh model <i>plane strain</i> dan model <i>axisymmetric</i>	3-7
Gambar 3.5 Pengaturan global – lembar tab <i>constants</i>	3-7
Gambar 3.6 Jendela utama PLAXIS.....	3-8
Gambar 3.7 Permodelan lapisan tanah	3-9
Gambar 3.8 Permodelan lapisan tanah dan struktur <i>soil nailing</i>	3-9
Gambar 3.9 Pengaturan kondisi batas <i>standard fixities</i>	3-10
Gambar 3.10 Jendela <i>material sets</i>	3-11
Gambar 3.11 Jendela <i>soil & interfaces</i> – lembar tab <i>general</i>	3-12
Gambar 3.12 Jendela <i>soil & interfaces</i> – lembar tab <i>parameters</i>	3-13
Gambar 3.13 Jendela <i>soil & interfaces</i> – lembar tab <i>groundwater</i>	3-13

Gambar 3.14 Jendela <i>soil & interfaces</i> – lembar tab <i>interfaces</i>	3-14
Gambar 3.15 Jendela <i>plates</i> – lembar tab <i>mechanical</i>	3-15
Gambar 3.16 Jendela <i>mesh options</i> untuk penyusunan jaring elemen	3-16
Gambar 3.17 Tahapan <i>flow conditions</i>	3-17
Gambar 3.18 Tahapan awal atau <i>initial phase</i>	3-18
Gambar 3.19 Tahapan penentuan jenis perhitungan tahapan pertama	3-18
Gambar 3.20 Tahapan pengaktifan struktur tahapan pertama	3-19
Gambar 3.21 Tampilan jendela selama proses perhitungan	3-21
Gambar 3.22 Tampilan tahapan perhitungan faktor keamanan setelah proses perhitungan.....	3-21
Gambar 3.23 <i>Output</i> perhitungan berupa <i>deformed mesh</i>	3-22
Gambar 3.24 <i>Output total displacement</i> dengan pilihan <i>shading</i>	3-23
Gambar 3.25 <i>Output</i> gaya aksial nail	3-23
Gambar 4.1 Penggambaran kondisi tanah sebelum dan sesudah pekerjaan penggalian (<i>cut</i>).....	4-1
Gambar 4.2 Denah lokasi uji <i>Standard Peneration Test</i>	4-2
Gambar 4.3 Penggambaran stratifikasi lapisan tanah hasil uji <i>Standard Peneration Test</i>	4-2
Gambar 4.4 Penggambaran lapisan tanah dan parameter tanah	4-3
Gambar 4.5 Lokasi titik pusat.....	4-4
Gambar 4.6 Penggambaran pembagian segmen.....	4-4
Gambar 4.7 Nilai sudut α tiap segmen	4-5
Gambar 4.8 Permodelan geometri tanah dengan PLAXIS	4-6
Gambar 4.9 Hasil perhitungan FK lereng tanpa perkuatan dengan PLAXIS.....	4-7
Gambar 4.10 <i>Output</i> bidang kelongsoran dengan PLAXIS	4-8
Gambar 4.11 Permodelan geometri tanah dengan SLIDE	4-8
Gambar 4.12 Hasil perhitungan FK lereng dengan SLIDE.....	4-9
Gambar 4.13 Sketsa lereng dengan bidang longsor dan perkuatan <i>soil nailing</i> dengan $i = 20^\circ$	4-10
Gambar 4.14 Sketsa perhitungan stabilitas terhadap penggeseran.....	4-14
Gambar 4.15 Sketsa perhitungan stabilitas terhadap daya dukung tanah.....	4-15
Gambar 4.16 Hasil penyusunan jaring elemen.....	4-17

Gambar 4.17 Tahapan 1: pemasangan <i>nail</i> ke-1	4-18
Gambar 4.18 Tahapan 2: pemasangan <i>nail</i> ke-2	4-18
Gambar 4.19 Tahapan 3: pemasangan <i>nail</i> ke-3	4-19
Gambar 4.20 Tahapan 4: pemasangan <i>nail</i> ke-4	4-19
Gambar 4.21 Tahapan 5: pemasangan <i>nail</i> ke-5	4-19
Gambar 4.22 Tahapan 6: pemasangan <i>nail</i> ke-6	4-20
Gambar 4.23 <i>Output total displacement</i> berupa <i>shading</i>	4-20
Gambar 4.24 Hasil perhitungan FK lereng dengan perkuatan <i>soil nailing</i> dengan PLAXIS	4-21
Gambar 4.25 Hubungan sudut pemasangan <i>nail</i> dengan faktor keamanan stabilitas global	4-22
Gambar 4.26 Kombinasi pemasangan <i>nail</i> 2,4,6	4-24
Gambar 4.27 Kombinasi pemasangan <i>nail</i> 1,3,5	4-24
Gambar 4.28 Pengaruh tidak terpasangnya setiap <i>nail</i>	4-25
Gambar 4.29 <i>Output</i> besar gaya tarik program PLAXIS	4-26

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Angka faktor keamanan minimum untuk berbagai risiko (SNI 1962-1989F)	2-11
Tabel 2.2 Properti baja ulir menurut ASTM A615.....	2-25
Tabel 2.3 Estimasi <i>ultimate bond strength of soil nail</i> pada beberapa jenis tanah dan batuan	2-40
Tabel 2.4 Harga perkiraan modulus reaksi lateral tanah (K_s).....	2-42
Tabel 2.5 Faktor daya dukung tanah menurut Terzaghi.....	2-45
Tabel 3.1 Korelasi N_{SPT} dengan kohesi tanah lempung <i>undrained</i> (c_u) dan berat isi tanah (γ).....	3-2
Tabel 3.2 Korelasi jenis tanah dan permeabilitas tanah	3-3
Tabel 3.3 Korelasi jenis tanah dan nilai modulus elastisitas tanah (E)	3-3
Tabel 3.4 Korelasi jenis tanah dan angka Poisson (ν).....	3-4
Tabel 4.1 Parameter lapisan tanah yang digunakan	4-3
Tabel 4.2 Perhitungan nilai FK dengan metode Bishop.....	4-5
Tabel 4.3 Pemasukan data parameter tanah untuk program PLAXIS.....	4-7
Tabel 4.4 Pemasukan data parameter tanah untuk program SLIDE	4-8
Tabel 4.5 Perhitungan nilai T_i dan V_i untuk semua <i>nail</i>	4-13
Tabel 4.6 <i>Input</i> parameter material <i>soil nailing</i> dan <i>shotcrete</i>	4-17
Tabel 4.7 Rangkuman analisis lereng tanpa perkuatan <i>soil nailing</i>	4-21
Tabel 4.8 Rangkuman analisis lereng dengan perkuatan <i>soil nailing</i>	4-21
Tabel 4.9 Pengaruh pola sudut pemasangan <i>soil nail</i> pada analisis global	4-22
Tabel 4.10 Pengaruh pola sudut pemasangan <i>soil nail</i> pada analisis penggeseran (<i>sliding</i>)	4-23
Tabel 4.11 Pengaruh pola sudut pemasangan <i>soil nail</i> pada analisis daya dukung (<i>bearing</i>).....	4-23
Tabel 4.12 Pengaruh jarak vertikal (kombinasi pemasangan) <i>soil nailing</i> pada analisis global.....	4-25
Tabel 4.13 Pengaruh tidak terpasangnya <i>soil nail</i> pada analisis global	4-25
Tabel 4.14 Besar gaya nail manual dan program PLAXIS	4-27

Tabel 4.15 Besar gaya nail akibat pengaruh sudut pemasangan PLAXIS	4-27
Tabel 4.16 Besar gaya nail akibat pengaruh jarak vertikal PLAXIS	4-27
Tabel 4.17 Besar gaya nail akibat pengaruh tidak terpasangnya setiap nail pada PLAXIS.....	4-28

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Hasil Uji *Standard Penetration Test*

LAMPIRAN 2 Hasil Uji *Ground Water Level Monitoring*

LAMPIRAN 3 Perhitungan Manual

LAMPIRAN 4 *Output* Program PLAXIS

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi topografi di Indonesia yang beraneka ragam dapat menyebabkan adanya perbedaan elevasi antara satu tempat dengan tempat yang lain sehingga dapat membentuk suatu lereng (*slope*). Salah satu masalah yang sering dijumpai dalam konstruksi pada suatu lereng adalah masalah kestabilan lereng. Dalam pelaksanaan konstruksi pada lereng buatan (*man made slope*) maupun lereng alam (*natural slope*) berupa galian ataupun timbunan, analisis kestabilan lereng perlu dilakukan untuk menentukan keamanan dari lereng tersebut. Pada lereng yang tidak cukup stabil, suatu metode perkuatan lereng perlu diterapkan untuk memastikan lereng tersebut aman.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk perkuatan lereng buatan (*man made slope*) maupun lereng alam (*natural slope*). Salah satu metode yang dapat digunakan agar lereng lebih stabil adalah *soil nailing*. Pada metode *soil nailing*, perkuatan lereng dilakukan dengan memasang batangan-batangan baja ke dalam tanah. *Soil nailing* termasuk metode stabilitas lereng yang ekonomis karena pengerjaannya cepat dan tidak membutuhkan ruang yang luas. Pengerjaan *soil nailing* biasa menggunakan peralatan yang mudah dipindahkan dan diubah sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan.

Pada proyek pembangunan dermaga di Kariangau, Balikpapan, Kalimantan, dilakukan konstruksi galian dengan proteksi perkuatan berupa *soil nailing* pada area lereng alam. Pola pemasangan *soil nailing* menjadi salah satu hal yang perlu diperhatikan sehingga analisis dan evaluasi stabilitas lereng perlu dilakukan untuk mendapatkan pola pemasangan *soil nailing* yang efektif sebagai perkuatan lereng.

1.2 Inti Permasalahan

Pada proyek pembangunan dermaga Kariangau, Balikpapan, Kalimantan, dilakukan pekerjaan galian sehingga membentuk lereng yang curam sebagai tambahan area untuk kepentingan jalan dan gudang. Proteksi lereng dengan menggunakan *soil nailing* digunakan sebagai perkuatan lereng yang curam. Analisis kestabilan lereng dengan memperhatikan pola pemasangan *soil nailing* seperti jarak vertikal dan sudut pemasangan *soil nailing* menjadi hal yang perlu dilakukan untuk mendapatkan desain yang efektif dan efisien.

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kestabilan lereng baik sebelum maupun sesudah diberikan perkuatan dengan *soil nailing*.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa dan mendesain kestabilan lereng dengan perkuatan *soil nailing* sehingga dapat diperoleh pola pemasangan yang efektif dan efisien ditinjau dari jarak vertikal dan sudut pemasangan *soil nailing* dengan metode manual maupun dari program komputer.

1.4 Ruang Lingkup Pembahasan

Berikut merupakan ruang lingkup pembahasan pada penulisan ini agar tidak terlalu luas, antara lain:

1. Studi kasus yang digunakan adalah proyek pengembangan dermaga di Kariangau, Balikpapan, Kalimantan.
2. Analisis dan desain kestabilan lereng dengan perkuatan *soil nailing* dilakukan dengan pola:
 - a. Sudut pemasangan sebesar 10° , 20° , dan 30° ,
 - b. Jarak vertikal sebesar 2 m dan 4 m,
 - c. Jarak horisontal sebesar 1,5 m.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam proses penyusunan skripsi adalah:

1. Studi Pustaka

Studi dilakukan dengan mengumpulkan literatur-literatur yang berhubungan dengan topik yang dibahas sehingga didapat pemahaman mengenai lereng dan kestabilan lereng dengan perkuatan *soil nailing*.

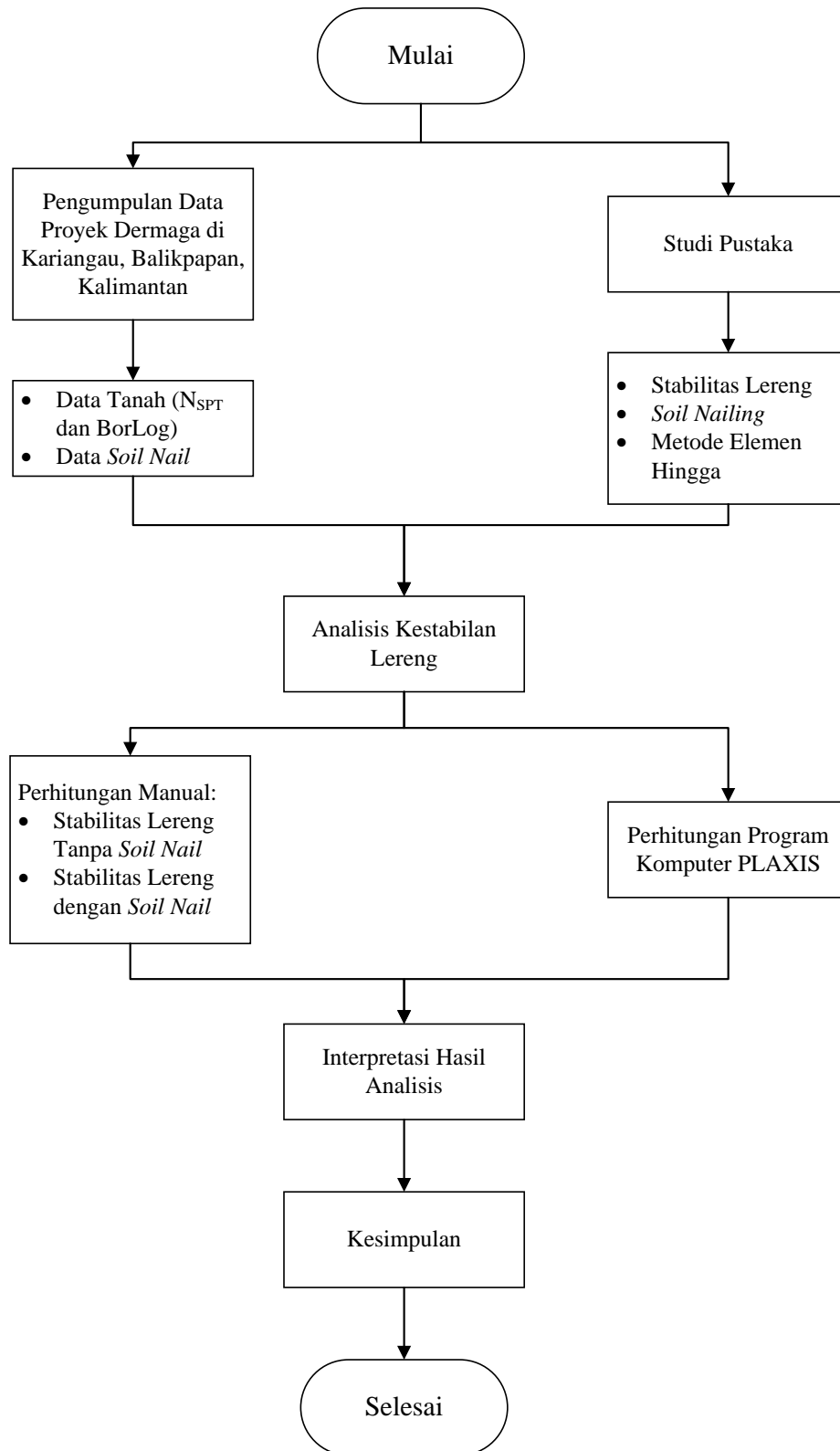
2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk analisis stabilitas lereng seperti data tanah berupa hasil uji *Standar Penetration Test*, uji *Ground Water Level Monitoring*, ukuran panjang dan diameter *nail*, serta *facing* yang digunakan.

3. Analisis Masalah

Penentuan parameter tanah berdasarkan korelasi hasil uji lapangan. Analisis perhitungan kestabilan lereng tanpa perkuatan dan dengan perkuatan *soil nailing* yang dilakukan secara manual maupun dengan bantuan program komputer yaitu PLAXIS. Hasil analisis kemudian diinterpretasi untuk mendapatkan pola pemasangan *soil nailing* yang efektif.

1.6 Diagram Alir



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan skripsi ini pembahasan dibagi menjadi 5 (lima) bab, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang masalah, maksud dan tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penelitian, diagram alir, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi uraian tentang teori-teori yang menjadi dasar penulisan dan mendukung tema yang dibahas. Teori dapat berasal dari buku, artikel, dan jurnal yang berhubungan dengan lereng dan *soil nailing* seperti beberapa metode dalam analisa kestabilan lereng dan pendekatan-pendekatan yang digunakan dalam analisa.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjabarkan penentuan parameter, stratifikasi tanah, metode analisis yang digunakan, dan penjelasan secara singkat pengoperasian program PLAXIS untuk mendapatkan *output* dari permasalahan.

BAB IV STUDI KASUS

Bab ini memaparkan tentang proyek yang menggunakan *soil nailing* untuk perkuatan lereng secara umum. Merangkum hasil pengolahan data dan interpretasi antara hasil analisis pengolahan data dengan menggunakan program PLAXIS terhadap hasil analisis manual untuk mengetahui apakah penggunaan *soil nailing* sudah cukup aman dan efektif berdasarkan studi kasus.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memberikan kesimpulan dari hasil penelitian secara singkat dan jelas sebagai jawaban dari masalah yang diangkat dalam penelitian serta memberikan saran-saran untuk penelitian lebih lanjut.