

PENGUNAAN TEKNIK PENAMBATAN JARUM TANAH (*SOIL NAILING*) UNTUK MENINGKATKAN STABILITAS LERENG

Ery Suryo Purnomo

NRP : 9521058

NIRM : 41077011950319

Pembimbing : Theodore F. Najoan, Ir., M.Eng

**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA
BANDUNG**

ABSTRAK

Analisis stabilitas lereng perlu dilakukan secara berkala, karena kondisi suatu lereng akan berubah dari waktu ke waktu. Perubahan tersebut disebabkan karena kekuatan tanah sangat dipengaruhi oleh perubahan kondisi lingkungan disekitarnya yang seringkali tidak dapat diperkirakan sebelumnya.

Analisis yang dilakukan bertujuan untuk melihat bagaimana pengaruh jarum tanah (*soil nailing*) sebagai suatu cara atau teknik alternatif bagi kestabilan lereng dan melihat sejauh mana peningkatan faktor keamanan dengan adanya perkuatan lereng dengan menggunakan *soil nailing*. Analisis stabilitas yang dilakukan untuk mendisain perkuatan lereng dengan memakai metoda penambatan *soil nailing* meliputi analisis stabilitas internal. Stabilitas internal perkuatan lereng meliputi *yield failure* dan *pullout capacity* pada *nailing*.

Perhitungan itersai secara numerik dilakukan dengan paket program SNAIL ver.3.09 (*Caltrans, 1991*), yang digunakan untuk menganalisis stabilitas dengan perkuatan dengan jarum tanah (*soil nailing*).

Pada tugas akhir ini di gunakan proyek konstruksi penahan tanah pada rencana pelimpah bendungan Tilog di Nusa Tenggara Timur sebagai studi kasus. Studi kasus disini mengambil tinggi lereng $H=10,38$ m, kemiringan lereng sebesar 10° . Parameter tanah pada lapis 1 sebesar $\gamma=16,73$ kN/m³ $c_1=20$ kN/m², $\phi_1=18,4^\circ$. Dan pada lapis 2 sebesar $\gamma=16,09$ kN/m³, $c_2=60$ kN/m², $\phi_2=23,6^\circ$. Pada perhitungan perencanaan *nail* dipergunakan peraturan AASHTO untuk mendisain perkuatan lereng dengan jarum tanah.

Dengan memakai bantuan program komputer SNAIL V. 3.09b didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 0,91 pada saat lereng belum mempergunakan perkuatan apapun dan faktor keamanan sebesar 1,64 dengan jumlah *nail* sebanyak 10 buah yang dipasangkan di badan lereng. Dengan demikian dapat dikatakan lereng dengan 10 buah *nailing* dikatakan stabil.

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT KETERANGAN TUGAS AKHIR.....	i
SURAT KETERANGAN SELESAI TUGAS AKHIR.....	ii
ABSTRAK.....	iii
PRAKATA.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Sistimatika Pembahasan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Jenis-jenis Lereng dan Kelongsorannya.....	5
2.1.1 Jenis-jenis Lereng.....	5
2.1.2 Jenis-jenis Kelongsoran Lereng.....	7
2.2 Tinjauan Stabilitas Lereng dengan Jarum Tanah (<i>Soil Nailing</i>).....	9
2.2.1 Penggunaan Dan Aplikasinya.....	12

2.3	Angka Keamanan.....	14
2.4	Konsep Dasar Angka Keamanan Dalam Perencanaan Jarum Tanah (<i>Soil Nailing</i>).....	19
2.5	Analisa Tegangan Total dan Effektif.....	20
2.5.1	Kuat Geser Tanah Pasir.....	22
2.5.2	Kuat Geser Tanah Lempung.....	23
2.5.3	Pengujian Kuat Geser.....	24
2.6	Keuntungan dan Kerugian Jarum Tanah (<i>Soil Nailing</i>).....	26
2.7	Sejarah dan Perkembangan Jarum Tanah (<i>Soil Nailing</i>).....	28
2.8	Beberapa Faktor Dalam Perencanaan Dinding Jarum Tanah (<i>Soil Nailing</i>).....	32
2.8.1	Tanah di Lapangan.....	32
2.8.2	Batang Penguat (<i>Nails</i>).....	32
2.8.3	Muka Dinding (<i>Facing</i>).....	38
2.8.4	Shotcrete.....	40
2.8.5	Sistem Drainase.....	43
2.8.6	Perlindungan Terhadap Karat (<i>Corrosion Protection</i>).....	45
2.9	Pemeriksaan Hasil Pekerjaan.....	52
2.10	Angker (<i>Anchor</i>).....	56
2.10.1	Tipe-Tipe Angker Tanah.....	57
2.10.2	Pelaksanaan Sistem Angker.....	59

2.10.3	Perlindungan Anti Karat Pada Angker Tanah.....	65
2.10.4	Peralatan Testing untuk Angker Tanah.....	69
2.11	Pertimbangan Disain.....	72
2.11.1	Umur Rencana (<i>Disain Life</i>).....	72
2.11.2	Defleksi.....	73
2.12	Kontrol Kualitas.....	74
2.12.1	Penyimpanan Komponen Jarum Tanah (<i>Soil Nail</i>) Dan Penanganannya Dilapangan.....	76
2.12.2	Pengawasan Perlindungan Anti Karat.....	77
2.12.3	Penyimpanan Semen (<i>Cement Storage</i>).....	77
2.12.4	Penyimpanan Penulangan Baja.....	77
2.12.5	Penyimpanan Komponen Drainase.....	78
2.12.6	Daftar Kontrol Kualitas Bahan Secara Garis Besar Yang Harus Diperiksa.....	78
2.13	Peta Zona Gempa.....	79
2.13.1	Resiko Gempa.....	79
2.13.2	Percepatan Gempa Maksimum.....	80
2.13.3	Koreksi Jenis Tanah Setempat.....	81
2.14	Tekanan Horizontal Dalam Tanah.....	83
2.14.1	Tekanan Tanah Aktif, Pasif, Dan Tekanan Tanah Pada keadaan Diam.....	84
2.14.2	Tekanan Tanah Lateral Rankine.....	85
2.14.3	Pengaruh Air Dalam Tanah.....	88

2.14.4 Tekanan Lateral Gempa Terhadap	
Dinding.....	90

BAB 3 DISAIN JARUM TANAH (*Soil Nailing*)

3.1 Pelaksanaan Konstruksi Dalam Perencanaan	
Penambatan Jarum Tanah (<i>Soil Nailing</i>).....	95
3.1.1 Penggalian Tanah (<i>Exavation</i>).....	95
3.1.2 Pengeboran (<i>Nail Drilling</i>).....	96
3.1.3 Pemancangan (<i>Nail Driven</i>)	
Dan Grouting.....	97
3.1.4 Sistem Drainase.....	97
3.1.5 Pemasangan Bearing Plate dan Baut	
Dan Dinding Sementara.....	98
3.1.6 Pengulangan Proses Sampai lapisan	
Tanah Akhir.....	98
3.1.7 Peletakan Dinding Akhir	
(<i>Permanent Facing</i>).....	98
3.2 Program SNAIL.....	100
3.2.1 Dasar Teori.....	100
3.2.2 Cara Kerja Program.....	103
3.2.3 Input Data Program SNAIL.....	105
3.3 Perecanaan Bagian Dinding Nailing.....	118

BAB 4 STUDI KASUS

4.1 Umum.....142

4.2 Deskripsi Proyek.....143

4.2.1 Data-Data Lapangan.....143

4.2.2 Penentuan Parameter Tanah.....146

4.2.3 Perencanaan Struktur.....148

4.3 Analisa Hasil Perhitungan.....148

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....161

5.2 Saran.....164

DAFTAR PUSTAKA.....165

LAMPIRAN.....166

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Pelaksanaan Proyek <i>Nailing</i> di USA.....	31
Tabel 2.2 Ukuran Tulangan Deformasian.....	35
Tabel 2.3 Tabel Ukura Wiremesh.....	40
Tabel 2.3 Tabel ukuran agregat.....	41
Tabel 2.5 Tabel Indikator Aggresifitas Tanah.....	46
Tabel 2.6 Koefisien Zona Gempa.....	81
Tabel 2.7 Percepatan gempa Dasar.....	81
Tabel 2.8 Penggolongan Jenis Lapisan Tanah.....	83
Tabel 2.9 Daftar Nilai Tekanan Total.....	90
Tabel 4.1 Tabel Kedalaman Dan Elevasi Sat Batugamping.....	144
Tabel 4.2 Tabel Kedalaman Dan Elevasi Sat Batu Lanau.....	145

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Jenis-Jenis Kelongsoran Lereng.....	8
Gambar 2.2 Keruntuhan Lereng.....	9
Gambar 2.3 Jarum Tanah Tampak Samping.....	11
Gambar 2.4 Gambar Kombinasi Penggunaan Jarum Tanah Dengan Angker (<i>Ground Anchor</i>).....	14
Gambar 2.5 Analisa Stabilitas Lereng Dengan Metoda Irisan.....	16
Gambar 2.6 Analisa Metode Keseimbangan Batas, Dalam Irisan Lereng Dengan Jarum Tanah Untuk Sebuah <i>Nailing</i>	19
Gambar 2.7 Perkuatan Lereng Pada Rel Kereta Api Di Perancis.....	28
Gambar 2.8 Sistim Kombinasi Jarum Tanah Dan Tieback Anchor Pada Terowongan Cotiere Perancis.....	29
Gambar 2.9 Keruntuhan Internal.....	33
Gambar 2.10 Keruntuhan Exsternal.....	33
Gambar 2.11 Tulangan Baja	35
Gambar 2.12 Detail Penampang Permukaan Dinding.....	39
Gambar 2.13 Detail Penampang plat baja.....	39
Gambar 2.14 Skema Sistem Shotcrete Wet Mix.....	42
Gambar 2.15 Skema Sistem Shotcrete Dry Mix.....	42
Gambar 2.16 Sistem Drainase Pada Kaki Dinding.....	44
Gambar 2.17 Sistem Drainase Tipe Weep Hole.....	44
Gambar 2.18 Perlindungan Anti Karat Dengan Pelapisan Encapsulation.....	49

Gambar 2.19 Perlindungan Anti Karat Dengan Epoxy.....	50
Gambar 2.20 Perlindungan Anti Karat Kombinasi.....	51
Gambar 2.21 Gambar Centralizer Pada Baja.....	52
Gambar 2.22 Inclinometer.....	54
Gambar 2.23 Gambar Hasil Pembacaan Inklinometer.....	54
Gambar 2.24 Gambar Angker.....	56
Gambar 2.25 Sistem Pengangkeran Dengan Baja.....	56
Gambar 2.26 Sistem Pengangkeran Dengan Kabel.....	57
Gambar 2.27 Gambar Empat Angker Utama.....	73
Gambar 2.28 Tekanan Tanah Aktif Dan Pasif.....	85
Gambar 2.29 Distribusi tekanan Tanah Aktif Rankine Minimum.....	87
Gambar 2.30 Distribusi tekanan Tanah Aktif Rankine Maksimum.....	88
Gambar 2.31 Letak Permukaan Air Dalam Tanah.....	89
Gambar 2.32 Definisi θ Dalam Persamaan Mononobe Okabe.....	91
Gambar 3.1 Urutan pelaksanaan Disain Jarum Tanah.....	99
Gambar 3.2 Gaya-Gaya Pada Irisan Tanah.....	101
Gambar 3.3 Data Search Line.....	104
Gambar 3.4 Data geometri Dinding.....	106
Gambar 3.5 Data Elemen Perkuatan.....	107
Gambar 3.6 Data Beban Luar.....	109
Gambar 3.7 Data Slope Dibawah Kaki Dinding.....	111

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

a_c	=	Percepatan gempa dasar
a_d	=	Percepatan gempa design hasil koreksi pengaruh jenis tanah
a_g	=	Percepatan gempa maksimum dipermukaan tanah
a_h	=	Percepatan gempa horizontal
a_v	=	Percepatan gempa vertical
AASHTO	=	<i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
b	=	Lebar irisan
A_B	=	Luas satu tulangan baja
A_c	=	Luas konus <i>punching shear</i> dibelakang dinding
A_E	=	Luas tegangan efektif beton dikeliling akibat tegangan <i>flexural</i> .
A_{GC}	=	Luas potongan melintang lubang bor jarum tanah
A_{HS}	=	Luas potongan melintang badan <i>headed stud</i>
A_s	=	Luas tegangan penulangan pada lebar panel dinding
$A_{S,Neg}$	=	Luas tegangan penulangan pada lebar panel dinding ‘b’ (momen negatif)
A_{TOTAL}	=	Total luas tulangan dalam lebar S_H
A_{WIRE}	=	Luas tulangan wiremesh
b	=	lebar panel dinding (sama dengan jarak <i>spacing nail</i>)
b_{PL}	=	Lebar bearing plate
C_D	=	Kohesi non dimensi
C_f	=	Faktor tekanan <i>flexure</i> dinding
C_s	=	Faktor tekanan <i>punching shear</i> dinding
c	=	Kohesi tanah

c'	=	Kohesi tanah efektif
D'_C	=	Diameter efektif konus <i>punching shear</i>
d_B	=	Diameter nominal tulangan wiremesh
D_C	=	Diameter efektif konus <i>punching shear</i> dibelakang dinding
D_{GC}	=	Diameter lubang bor jarum tanah
d_h	=	Diameter badab <i>headed stud</i>
d_{HS}	=	Diameter <i>Head</i> dari <i>headed stud</i>
E_n, E_{n+1}	=	Resultan tekanan horizontal
E_C	=	Modulus elastisitas beton
E_S	=	Modulus elastisitas tulangan baja.
F_f	=	Faktor bebab layan <i>nail head</i>
F_y	=	Tegangan leleh tulangan baja
F_u	=	Tegangan ultimate dari <i>headed stud</i>
FS	=	<i>Factor of Safety</i> (factor kemanan)
H	=	Tinggi vertical dinding jarum tanah
h_C	=	Tinggi efektif konus <i>punching shear</i>
K_A	=	Koefisient tekanan tanah aktif
K_{AE}	=	Tekanan tanah aktif seismik
K	=	Koefisien tekanan tanah lateral
K_h, k_v	=	Koefisien gempa horizontal dan vertical
K_o	=	Koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam
K_p	=	Koefisien tekanan pasif
KPa	=	Kilo pascal
KN/m ³	=	Kilo Newton per meter kubik

L	=	Panjang jarum tanah
L_{HS}	=	panjang <i>headed stud</i>
L_S	=	Panjang overlap
m	=	Tahanan moment nominal dinding
M	=	Momen satu arah yang diizinkan pada dinding
$m_{V,NEG}$	=	Tahanan momen nominal (arah vertical, momen negatif)
N_r	=	Gaya normal pada irisan ke-n
Q_D	=	Tahanan cabut yang diizinkan
r	=	jari-jari lingkaran
S_H	=	Jarak <i>nail</i> (jarak horizontal)
S_{HS}	=	Jarak pusat ke pusat antar <i>headed stud</i>
S_V	=	Jarak <i>nail</i> (jarak vertical)
S_{WIRE}	=	Jarak wiremesh lebih
t_C	=	Ketebalan selimut beton/ <i>shotcrete</i>
T_D	=	Kapasitas tegangan <i>nail</i> nondimensi
t_f	=	Beban layan <i>nail head</i>
T_{FN}	=	Kekuatan <i>nail head</i> nominal
t_H	=	Ketebalan <i>head</i> dari <i>headed stud</i>
T_{NN}	=	Kekuatan <i>nail tendon</i> nominal
t_{PL}	=	Ketebalan <i>bearing plate</i>
T	=	Beban <i>nail</i> yang diizinkan
T_F	=	Beban <i>nail head</i> yang diizinkan
T_N	=	Beban <i>nail tendon</i> yang diizinkan
u	=	Tekanan air pori

v	=	Gaya geser dinding satu arah
V_N	=	Kekuatan <i>punching shear</i> dinding nominal dalam
V_{NS}	=	Kekuatan geser dinding nominal satu arah
V	=	Gaya geser dinding satu arah yang diizinkan
W	=	berat material
X_R	=	Letak resultan gaya
X_n, X_{n+1}	=	Gaya geser vertical
z	=	kedalaman retak tarik
β	=	Sudut kemiringan <i>backslope</i> dibelakang dinding
δ	=	Sudut kemiringan <i>batter</i> dinding dari arah vertical
ϕ	=	Sudut geser tanah
ϕ_D	=	Faktor sudut geser
ϕ_U	=	Sudut geser tanah ultimate
γ	=	Berat volume tanah
γ	=	Berat volume efektif
γ_{sat}	=	Berat volume jenuh
σ	=	Tegangan normal
σ_n	=	Tegangan normal pada irisan ke-n
σ'	=	Tegangan normal efektif
τ	=	Tegangan geser
α_F	=	Faktor kekuatan <i>nail head</i>
α_N	=	Faktor kekuatan <i>nail tendon</i>
α_Q	=	Faktor kekuatan tahanan cabut <i>nail</i>

Φ_C	=	Faktor tahanan kohesi tanah
Φ_F	=	Faktor tahanan <i>nail head</i>
Φ_ϕ	=	Faktor tahanan geser tanah
Φ_N	=	Faktor tahanan <i>nail tendon</i>
Φ_q	=	Faktor tahanan kapasitas daya dukung
Φ_Q	=	Faktor tahanan cabut <i>nail</i>
Γ	=	Faktor beban