

Stabilitas Dinding Penahan Tanah Menggunakan Pondasi *Strauss Pile* dan *Soil Nailing* pada Proyek Jalan Lintas Selatan LOT 7 Blitar STA 6+570

Mohammad Muntaha¹, Fitria Wahyuni¹, Jannatul Firdausi Nuzula¹, Deris Faisa Ralindra¹

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: Mohamad_m74@ce.its.ac.id

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	31 Oktober 2022	<i>The retaining wall of the soil is one of the alternatives to strengthening the soil on the slope. Soil retaining walls are usually used on slopes with a soft soil consistency to increase soil carrying capacity and prevent cladding. In addition to using earth retaining walls, the LOT 7 Blitar South Causeway project also used a shallow foundation (Strauss pile) as an additional reinforcement of the road slope. The designed shallow foundation will be installed at as many as 144 points with a depth of 5.5 meters. However, because the consistency of the soil at a certain depth is hard soil, the shallow foundation needs to be installed according to the design. So, it is necessary to analyze these conditions, and it is found that the most significant SF value is 1.16. Therefore, an alternative reinforcement is designed in the form of soil nailing on the retaining wall and the slope above the retaining wall. The calculation results found that when soil nailing was installed on the slope above the retaining wall of ang 10 meters, SF value was 1.46.</i>
Diperbaiki	29 Desember 2022	
Disetujui	29 Desember 2022	

Keywords: slope stability, retaining wall, strauss pile, soil nailing

Abstrak

Dinding penahan tanah merupakan salah satu alternatif perkuatan tanah pada lereng. Dinding penahan tanah biasanya digunakan pada lereng dengan konsistensi tanah lunak untuk menambah daya dukung tanah serta mencegah terjadinya kelongsoran. Selain menggunakan dinding penahan tanah, proyek Jalan Lintas Selatan LOT 7 Blitar juga menggunakan pondasi dangkal (*strauss pile*) sebagai tambahan perkuatan dari lereng jalan tersebut. Pondasi dangkal yang direncanakan akan dipasang sebanyak 144 titik dengan kedalaman rencana 5,5 meter. Akan tetapi, dikarenakan konsistensi tanah pada kedalaman tertentu merupakan tanah keras, maka pondasi dangkal tidak terpasang sesuai dengan perencanaan. Sehingga diperlukan adanya analisis pada kondisi tersebut dan ditemukan nilai SF terbesar adalah 1.16. Oleh karena itu, direncanakan alternatif perkuatan tambahan berupa *soil nailing* pada dinding penahan tanah dan pada lereng diatas dinding penahan. Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa apabila dipasang *soil nailing* pada lereng diatas dinding penahan sepanjang 10 meter menghasilkan nilai SF sebesar 1.46.

Kata kunci: stabilitas lereng, dinding penahan tanah, strauss pile, soil nailing.

1. Pendahuluan

Jalan Lintas Selatan (JLS) merupakan Proyek Strategis Nasional (PSN) yang membentang sepanjang pesisir pantai selatan Jawa Timur mulai dari Pacitan hingga Banyuwangi. Jalan Lintas Selatan dibagi menjadi beberapa segmen, salah satunya LOT 7 yang berada di Kabupaten Blitar. Jalan Lintas Selatan LOT 7 berada di perbatasan Kab. Tulungagung – Serang – perbatasan Kab. Malang sepanjang 12,625 km [1]. Secara topografis Jalan Lintas Selatan LOT 7 berada pada daerah perbukitan, sehingga diperlukan adanya pekerjaan galian dan timbunan. Pada STA 6+570 struktur badan jalan berada dibawah elevasi eksisting sehingga terdapat lereng pada sisi jalan. Lereng dengan ketinggian sekitar 10,7 m bisa menyebabkan terjadinya kelongsoran, oleh karena itu diperlukan adanya perkuatan berupa dinding penahan tanah untuk mencegah kelongsoran.

Dinding penahan tanah adalah struktur perkuatan yang dirancang untuk menahan tanah agar tidak terjadi keruntuhan tanah. Dinding penahan tanah biasanya digunakan pada proyek jalan, jembatan, basement, konstruksi lereng, dan lain-lain [2]. Kekuatan dinding penahan tanah berada pada berat sendiri dan tekanan tanah dibelakang dinding. Tekanan itu biasa disebut tekanan lateral, dimana tekanan tanah lateral diperoleh dari sudut geser internal serta nilai kohesif hasil dari penyelidikan tanah [3].

Pada proyek JLS LOT 7 dilakukan penyelidikan tanah *Standart Penetration Test* (SPT), didapatkan hasil bahwa tanah pada lokasi tersebut merupakan lapisan tanah lempung yang berkonsistensi *soft to stiff* sehingga diperlukan adanya perkuatan lereng pada sisi samping badan jalan yang mampu menahan tanah sehingga mencegah terjadinya kelongsoran (*sliding*) [4]. Perkuatan yang dipilih adalah struktur dinding

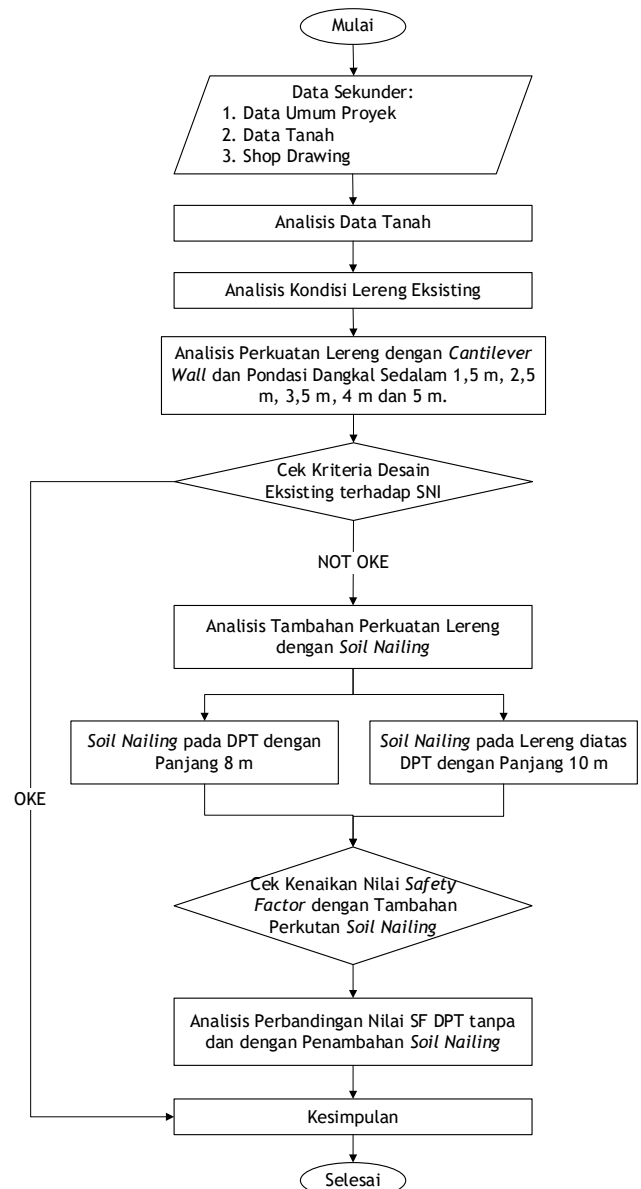
penahan tanah *type cantilever wall* setinggi 5,0 meter dengan lebar 36,30 meter yang dilengkapi dengan pondasi *strauss pile*. Pemasangan *cantilever wall* pada STA 6+570 dibagi menjadi tiga segmen, dimana setiap segmennya selebar 12,10 meter. *Cantilever wall* dilengkapi dengan pondasi *strauss pile* berdiameter 30 cm sebanyak 48 titik yang dipasang sedalam 5,50 meter.

Akan tetapi, terjadi permasalahan dalam proses pelaksanaannya, dimana terdapat lapisan tanah keras yaitu lapisan batu kapur yang berkonsistensi amat padat pada titik serta kedalaman tertentu sehingga tidak dapat dilakukan pekerjaan pengeboran atau pekerjaan pengeboran dihentikan. Adanya lapisan tanah keras pada kedalaman tertentu sebelumnya tidak diketahui dikarenakan data tanah yang digunakan sebagai acuan perencanaan tidak berada tepat pada lokasi perkuatan. Akibatnya, seluruh struktur dari pondasi *strauss pile* tidak terpasang sesuai dengan perencanaan. Sehingga diperlukan adanya evaluasi terhadap struktur dinding penahan tanah dan pondasi *strauss pile* eksisting. Selain itu dilakukan pula analisa terhadap perkuatan alternatif tambahan berupa *soil nailing*. Evaluasi yang akan dilakukan menggunakan metode manual serta metode elemen hingga (*Finite Element Method*, FEM) sesuai dengan persyaratan pada peraturan yang berlaku. *Finite Element Method* adalah metode numerik untuk mengetahui perilaku linier maupun non-linier struktur dinding beton bertulang [5].

Soil nailing adalah konstruksi perkuatan yang biasanya digunakan disebagian besar proyek jalan raya. Dimana teknik pengerjaannya yaitu dengan menanamkan batang baja atau yang disebut paku tanah dengan panjang dan kemiringan tertentu kedalam lereng kemudian permukaan lereng diberi lapisan *shotcrete*. Berdasarkan hasil penelitian, *soil nailing* merupakan perkuatan yang ekonomis dan fleksibel dalam menstabilkan lereng [6].

Dalam permodelannya *soil nailing* tidak tersedia dalam program elemen hingga, sehingga diperlukan pendekatan material untuk memodelkan hasil perkuatan yang mendekati perilaku *soil nailing*. *Soil nailing* biasanya dimodelkan dengan model *plate*, namun pada program FEM tersedia pilihan elemen material *node to node (anchors)* yang merupakan material spring yang memodelkan suatu pengaku antara dua titik. Dikarenakan *soil nailing* juga merupakan struktur pengaku, maka analisis *soil nailing* juga dilakukan dengan material *node to node (anchors)* [7]. *Soil nailing* yang dianalisis berdasarkan dua kondisi penempatan, yaitu penempatan pada dinding penahan dan penempatan pada lereng diatas dinding penahan.

2. Metodologi



Gambar 1. Diagram Alir Metodologi

Analisis Data Tanah

Parameter tanah didapatkan berdasarkan hasil korelasi terhadap nilai *Standard Penetration Test* (N-SPT) atau dihubungkan dengan data yang ada. *Standart Penetration Test* (SPT) adalah salah satu pengujian tanah lapangan yang dilakukan untuk memperoleh parameter fisik maupun kekuatan tanah [8]. Parameter-parameter tanah digunakan sebagai data input permodelan dari perkuatan lereng seperti yang terlihat pada **Tabel 1**. Pada Gambar 1 terlihat bahwa parameter-parameter data tanah merupakan data sekunder.

Analisis Kondisi Lereng Eksisting

Analisis kondisi eksisting lereng dilakukan menggunakan perhitungan manual serta metode elemen hingga (*Finite*

Element Method, FEM). Pada program FEM lereng eksisting dimodelkan dan dianalisis sesuai dengan kondisi lereng sebelum diberi perkuatan. Suatu lereng dapat dikategorikan sebagai lereng stabil apabila memiliki nilai *safety factor* lebih dari 1,25 [9].

Analisis Dinding Penahan Tanah dan Pondasi *Strauss Pile*

Analisa dinding penahan tanah dan pondasi *strauss pile* eksisting dilakukan perhitungan dan analisis secara manual serta metode elemen hingga (*Finite Element Method*, FEM) terhadap daya dukung serta stabilitasnya. Pondasi *strauss pile* direncanakan dengan panjang 5,5 meter sebanyak 144 titik. Namun pada pelaksanaannya terdapat lapisan tanah keras pada kedalaman tertentu sehingga pondasi *strauss pile* terpasang tidak sesuai dengan jumlah dan kedalaman rencana. Sehingga pondasi *strauss pile* yang dianalisis berdasarkan beberapa segmen seperti yang terlihat pada **Gambar 2** dengan kedalaman pondasi antara lain 1,5 m, 2,5 m, 3,5 m, 4 m, dan 5 m. Analisis dinding penahan tanah mengacu pada faktor keamanan pada Pasal 10.2.5.3 SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik.

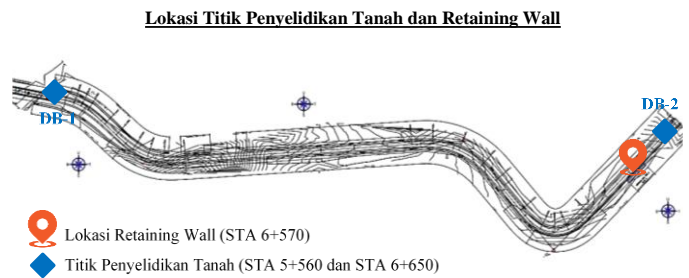
Analisis Tambahan Perkuatan Lereng dengan *Soil Nailing*

Analisis terhadap perkuatan lereng tambahan dilakukan ketika perkuatan lereng eksisting tidak memenuhi batas minimum dan persyaratan yang telah ditentukan. Perkuatan lereng tambahan yang digunakan berupa *soil nailing* yang kemudian dimodelkan serta dianalisis menggunakan *software* geoteknik metode elemen hingga (*Finite Element Method*, FEM) seperti terlihat pada **Gambar 1**. *Soil nailing* dianalisis berdasarkan dua kondisi penempatan yaitu pada dinding penahan dengan panjang *nail* 8 meter dan penempatan pada lereng diatas dinding penahan dengan panjang *nail* 10 meter. Permodelan *soil nailing* pada program FEM menggunakan dua elemen material yaitu *plate* dan *anchors*.

3. Analisa Data

Gambaran Proyek dan Karakteristik Tanah

Data tanah yang digunakan dalam Proyek Akhir ini adalah data *Standar Penetration Test* (SPT). Pada saat dilakukan penyelidikan lapangan tidak terdeteksi adanya muka air tanah dan tanah didominasi oleh tanah lempung.



Gambar 2. Lokasi *Retaining Wall* dan Titik *Bore Hole*

Data Standart Penetration Test (SPT)

Tabel 1. Hasil Uji SPT

Bore Hole No.	Depth (m)	Jenis tanah	N-Value	Grafik SPT
DB-1	0		0	
	-1	Clay and Silt	2	
	-2	(Soft)	2	
	-3		2	
	-4		1	
	-5	Clay and Silt	0	
	-6	(Very Soft)	0,5	
	-7		1,5	
	-8	Clay and Silt	1,5	
	-9	(Very Soft to Soft)	2	
	-10		1	
DB-2	-11		4	
	-12	Clay and Sand	5,5	
	-13	(Medium to Stiff)	7	
	-14		14	
	-15		11	
	-16		17	
	-17	Clay and Silt	11	
	-18	(Stiff to Very Stiff)	13	
	-19		15	
	-20		16	

Parameter Data Tanah

Parameter data tanah yang digunakan dalam analisa seperti terlihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Parameter Data Tanah

Jenis Tanah	Tanah Timbunan	Lapisan Tanah 1	Lapisan Tanah 2	Lapisan Tanah 3	Lapisan Tanah 4	Lapisan Tanah 5	Satuan
	Clay and Sand (SC)	Clay and Silt (CL)	Clay and Silt (CL)	Clay and Silt (CL)	Clay and Sand (CH)	Clay and Silt (CH)	
Consistency	Soft	Soft	Very Soft	Very Soft to Soft	Medium to Stiff	Stiff to Very Stiff	
Depth	0 - 3,5	3,5 - 7,5	7,5 - 10	10 - 15	15 - 20		m
Model	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb	-
Jenis	Drained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained	-
γ	17	16,87	16,08	16,48	16,77	16,77	kN/m ³
γ_{sat}	19,50	18,93	18,40	18,40	18,85	18,85	kN/m ³
γ_{unsat}	18	16,33	15,58	15,58	16,34	16,39	kN/m ³
γ_{dry}	16,5	13,73	12,75	12,75	13,83	13,93	kN/m ³
γ_w	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	9,81	kN/m ³
k_x	0,000864	0,000864	0,000864	0,000864	0,000864	0,000864	kN/m ²
k_y	0,000864	0,000864	0,000864	0,000864	0,000864	0,000864	kN/m ²
E_{ref}	15000	10060,59	3922,64	3922,64	11737,52	12676,99	kN/m ²
ν	0,3	0,35	0,35	0,35	0,30	0,35	kN/m ²
c_{ref}	28	20,59	7,85	7,85	39,23	49,03	kN/m ²
ϕ	27,5	10,00	10,00	10,00	13,00	11,00	°
ψ		0	0	0	0	0	°
R inter		Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	Rigid	-
K0		0,83	0,83	0,83	0,78	0,81	
eo		1,13	1,36	1,36	1,05	1,01	-
Gs	2,64	2,60	2,61	2,61	2,57	2,60	-
Ws		0,000467	0,000469	0,000469	0,000480	0,000496	kN
ω		41	48	48	34	32	%

Data Spesifikasi Elemen dan Material

Spesifikasi dinding penahan tanah yang digunakan dalam permodelan sebagai berikut:

- Berat volume beton (γ) = 24 kN/m³
- Mutu beton *cantilever wall* (f_c') = 20 Mpa
- Mutu beton lantai kerja (f_c') = 10 Mpa

Dalam permodelan menggunakan *software* berbasis FEM, pondasi *strauss pile* dimodelkan menggunakan *plate* dengan memperhitungkan nilai kekakuan normal (EA) dan kekakuan lentur (EI).

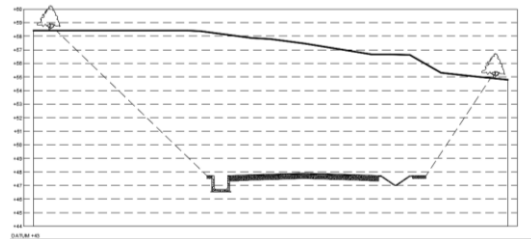
- Berat volume beton (γ) = 24 kN/m³
- Mutu beton *strauss pile* (f_c') = 30 Mpa
- Diameter *strauss pile* (d) = 0,3 meter
- Jarak antar *strauss pile* (s) = 1 meter

Dalam permodelan menggunakan *software* berbasis FEM, *soil nailing* dimodelkan menggunakan *plate* dan *anchors* dengan memperhitungkan nilai kekakuan normal (EA) dan kekakuan lentur (EI).

- Berat volume beton (γ_{beton}) = 24 kN/m³
- Berat volume baja (γ_{baja}) = 76,98 kN/m³
- Mutu baja *soil nailing* (f_y) = 420 Mpa
- Diameter *soil nailing* (d) = 0,025 meter
- Jarak antar *soil nailing* (s) = 1,5 meter

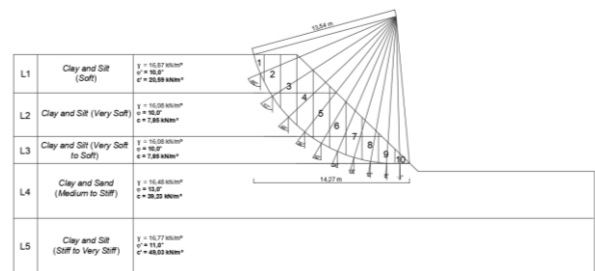
4. Hasil dan Pembahasan

Analisa Stabilitas Lereng



Gambar 3. Sketsa Lereng Eksisting

Analisa stabilitas lereng eksisting seperti yang terlihat pada **Gambar 3** menggunakan metode FEM pada tahap perhitungan *gravity load* terjadi *soil body collapse* yaitu kondisi tanah runtuh dimana tanah pada lereng tidak mampu mendukung beban sendiri yang bekerja. Sehingga diperlukan pemodelan perhitungan stabilitas lereng eksisting diperhitungkan menggunakan metode Bishop seperti **Gambar 4**.

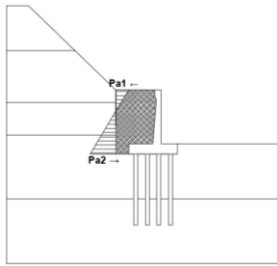


Gambar 4. Penampang Irisan Daerah Potensial Longsor

Pada perhitungan stabilitas lereng metode Bishop untuk nilai *safety factor* (F_1) digunakan *trial and error* untuk mendapat nilai SF seperti pada **Tabel 3**. Pada analisis didapatkan nilai SF yang konvergen adalah F_1 sebesar 1,17 yang ditunjukkan dengan **Tabel 4**.

Tabel 3. Contoh Perhitungan Stabilitas Lereng Bidang 2

Lapis Tanah 1		Lapis Tanah 2	
Berat Irisan 1 (W_1) = $A_1 \times \gamma_1$		Berat Irisan 2 (W_2) = $A_2 \times \gamma_2$	
= 5,09 x 16,87		= 0,63 x 16,08	
= 85,86 kN/m		= 10,20 kN/m	
$W_1 \sin \theta_i$ = $W_1 \sin 57$		$W_2 \sin \theta_i$ = $W_2 \sin 57$	
= 85,86 x 0,84		= 10,20 x 0,84	
= 72,00 kN/m		= 8,56 kN/m	
$W_1 \tan \phi'$ = $W_1 \tan 10$		$W_2 \tan \phi'$ = $W_2 \tan 10$	
= 85,86 x 0,18		= 10,20 x 0,18	
= 15,14 kN/m		= 1,80 kN/m	
$C_{1.bn}$ = 20,59 x 1,5		$C_{2.bn}$ = 7,85 x 1,5	
= 30,89 kN/m		= 11,77 kN/m	
$m\alpha$ = $\cos \theta_i \frac{(\sin \theta_i \cdot \tan \phi)}{F_1}$		$m\alpha$ = $\cos \theta_i \frac{(\sin \theta_i \cdot \tan \phi)}{F_1}$	
= $\cos 57 \frac{(\sin 57 \cdot \tan 10)}{1,17}$		= $\cos 57 \frac{(\sin 57 \cdot \tan 10)}{1,17}$	
= 0,67		= 0,67	



Gambar 7. Diagram Tekanan Tanah Lateral

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2)$$

$$= 0,368$$

$$P_{a1} = -2C\sqrt{K_a} \quad (3)$$

$$= -34 \text{ kN/m}$$

$$P_{a2} = 0,5 \times H^2 \times \gamma \times K_a \quad (4)$$

$$= 78,25 \text{ kN/m}$$

$$\Sigma P_a = P_{a1} + P_{a2} = 44,3 \text{ kN/m}$$

$$\text{Titik tangkap gaya, } Y_a = 1/3H = 1,7 \text{ m}$$

$$\Sigma M_o = P_a \times Y_a = 73,78 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen Vertikal (Mr)} = 603,01 \text{ kNm}$$

$$\text{Momen Horizontal (Mh}_{\text{aktif}}) = 73,78 \text{ kNm}$$

Dari perhitungan gaya vertikal dan tekanan tanah lateral yang ditunjukkan pada Gambar 7, didapatkan nilai stabilitas geser guling dan daya ukung tanah sebagai berikut:

1. Stabilitas Geser

$$F_{GS} = \frac{\Sigma V \tan \sigma + BC'a + Pp}{P_a} \quad (5)$$

$$= \frac{40,4 + 98 + 0}{44,27} = 3,13 > 1,5 \text{ (Memenuhi)}$$

2. Stabilitas Guling

$$F_{GL} = \frac{\Sigma Mr + \Sigma Mh \text{ Pasif}}{\Sigma Mh \text{ aktif}} \quad (6)$$

$$= \frac{603,01 + 0}{73,78} = 8,71 > 2,0 \text{ (Memenuhi)}$$

3. Daya Dukung Tanah

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\Sigma Mr - \Sigma M_o}{\Sigma V} \quad (7)$$

$$= -0,122 < B/6$$

$$= -0,122 < 0,625 \text{ m} \quad \text{OKE}$$

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{toe heel}}$$

$$Q_{\text{max}} = \frac{\Sigma V}{B} \times 1 \pm \frac{6e}{B} \quad (8)$$

$$Q_{\text{toe}} = 56,9 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{\text{heel}} = 84,45 \text{ kN/m}^2$$

Sedangkan untuk kapasitas daya dukung ultimit menurut Hansen adalah sebagai berikut:

$$q_u = C_2 \times N_c \times F_{cd} \times F_{ci} + q \times N_q \times F_{qd} \times F_{qi} + 0,5 \times \gamma_2 \times B' \times F_{\gamma d} \times F_{\gamma i} \quad (9)$$

Dimana berdasarkan *Bearing Capacity Factor*, Braja Das, untuk nilai $\phi = 13^\circ$, didapat nilai faktor daya dukung tanah sebagai berikut:

$$N_c = 9,81$$

$$N_\gamma = 1,97$$

$$N_q = 3,26$$

$$F_{DDT} = \frac{q_u}{q_{\text{max}}} \quad (10)$$

$$= \frac{374}{84,4}$$

$$= 4,43 > 3,0 \text{ (Memenuhi)}$$

4. Daya Dukung Pondasi *Strauss Pile*

Rekapitulasi perhitungan daya dukung pondasi *strauss pile* menggunakan metode Mayerhof 1956, Luciano Decourt 1978 dan Briaud et al 1985 ditunjukkan pada Tabel 7.

1) Metode Mayerhof, 1956

$$Q_p = 40 \times N_p \times A_p \quad (11)$$

$$Q_s = 0,2 \times N_s \times A_s \quad (12)$$

2) Metode Luciano Decourt, 1978

$$Q_p = \alpha \times N_p \times K \times A_p \quad (13)$$

$$Q_p = \beta \times \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \times A_s \quad (14)$$

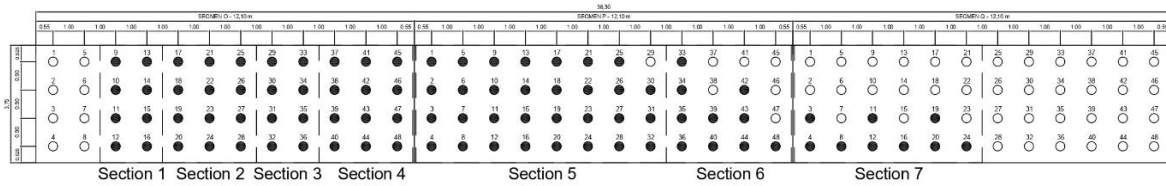
3) Metode Briaud et al, 1985

$$Q_p = 19,7 \times A_p \times P_a \times (N_p)^{0,36} \quad (15)$$

$$Q_s = 0,224 \times A_s \times P_a \times (N_s)^{0,29} \quad (16)$$

Tabel 6. Rekapitulasi Daya Dukung *Strauss Pile*

L Pile (m)	Mayerhof				Luciano Decourt				Briaud et al			
	Qp (kN)	Qs (kN)	Qu (kN)	Qall (kN)	Qp (kN)	Qs (kN)	Qu (kN)	Qall (kN)	Qp (kN)	Qs (kN)	Qu (kN)	Qall (kN)
1,5	14,67	1,45	16,12	5,37	36,68	30,63	67,31	22,44	251,87	50,87	302,74	100,91
2,5	22,80	2,98	25,78	8,59	57,01	58,64	115,65	38,55	295,21	90,14	385,35	128,45
3,5	28,54	5,32	33,86	11,29	71,37	97,31	168,68	56,23	320,08	135,35	455,43	151,81
4	32,60	6,33	38,93	12,98	81,53	114,49	196,03	65,34	335,79	156,48	492,27	164,09
5	36,76	9,12	45,88	15,29	91,92	159,36	251,28	83,76	350,61	203,90	554,50	184,83
5,5	37,29	10,41	47,70	15,90	93,24	180,28	273,52	91,17	352,42	226,68	579,09	193,03



Gambar 8. Sketsa Pembagian Section pada Cantilever Wall

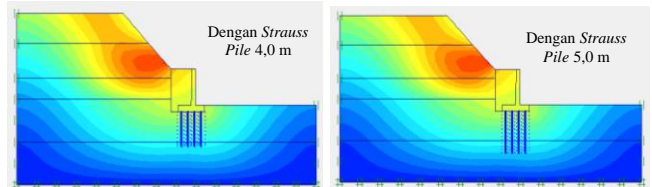
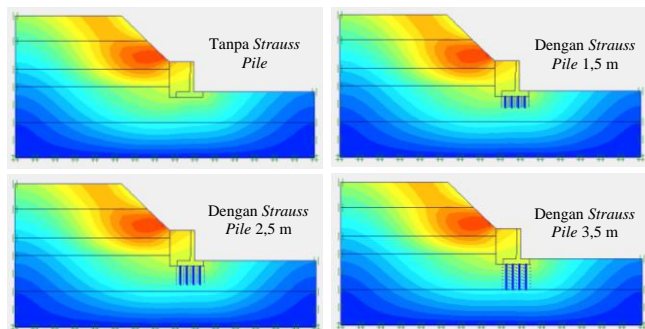
Pembagian section cantilever wall pada kondisi eksisting seperti yang terlihat pada Gambar 8 sebagai berikut:

- 1) Strauss Pile group section 1 dengan panjang strauss pile 1,5 m pada segmen O.
- 2) Strauss Pile group section 2 dengan panjang strauss pile 2,5 m pada segmen O.
- 3) Strauss Pile group section 3 dengan panjang strauss pile 3,5 m pada segmen O.
- 4) Strauss Pile group section 4 dengan panjang strauss pile 4,0 m pada segmen O.
- 5) Strauss Pile group section 5 dengan panjang strauss pile 5,0 m pada segmen P.
- 6) Strauss Pile group section 6 dengan panjang strauss pile 4,0 m pada segmen P.
- 7) Strauss Pile group section 7 dengan panjang strauss pile 1,5 m pada segmen Q.

Berdasarkan perhitungan Luciano Decourt daya dukung kelompok pondasi strauss pile rencana adalah 8867,921 kN, sedangkan daya dukung kelompok pondasi strauss pile terpasang adalah 4323,637 kN.

Analisa Lereng dengan Perkuatan Cantilever Wall dan Pondasi Strauss Pile Menggunakan Metode Finite Element Method (FEM)

Analisa lereng dengan perkuatan cantilever wall dan strauss pile dianalisa dengan berbagai kondisi, yaitu sesuai kedalaman strauss pile serta sesuai kondisi eksisting persegmennya seperti pada Gambar 9 dan rekapitulasi hasil safety factor pada Tabel 8.



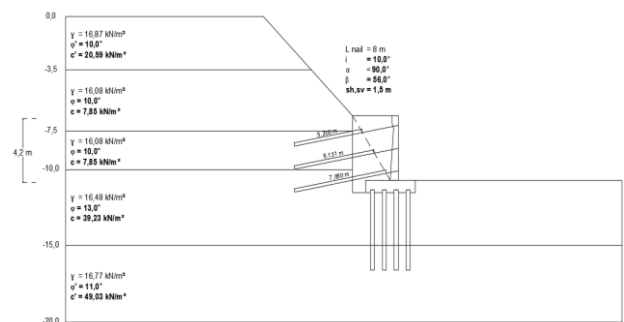
Gambar 9. Analisa Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Lereng

Tabel 7. Rekapitulasi Analisa Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Menggunakan Metode FEM

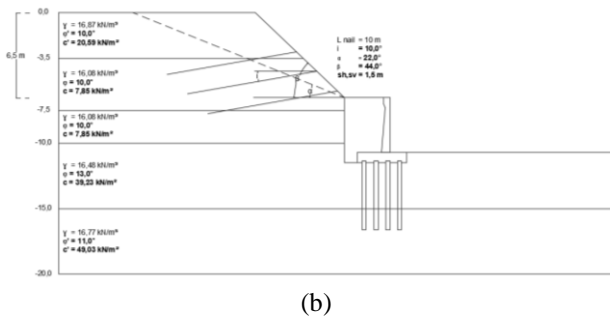
Kondisi	Safety Factor
Lereng dengan cantilever wall tanpa strauss pile	1,126
Lereng dengan cantilever wall dan strauss pile 1,50 m	1,131
Lereng dengan cantilever wall dan strauss pile 2,50 m	1,138
Lereng dengan cantilever wall dan strauss pile 3,50 m	1,145
Lereng dengan cantilever wall dan strauss pile 4,00 m	1,154
Lereng dengan cantilever wall dan strauss pile 5,00 m	1,162

Analisa Soil Nailing Sebagai Perkuatan Lereng Tambahan

Berdasarkan hasil analisa perkuatan lereng didapatkan nilai safety factor < 1,25, sehingga diperlukan perencanaan perkuatan tambahan untuk meningkatkan stabilitas lereng salah satunya dengan perkuatan soil nailing seperti pada Gambar 10. Soil nailing direncanakan pada dua kondisi, yaitu kondisi 1 soil nailing terletak pada dinding penahan tanah dan kondisi 2 soil nailing terletak pada lereng diatas dinding penahan tanah.



(a)



Gambar 10. Sketsa Soil Nailing

(a) Kondisi 1 (b) Kondisi 2

Pada perhitungan manual nilai *safety factor* perkuatan *soil nailing* diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$SF = \frac{C Lf + W \cos \alpha \tan \phi + (\Sigma Ti \sin(\alpha + i) - \Sigma Vi \cos(\alpha + i)) \tan \phi}{W \sin \alpha - \Sigma Ti \cos(\alpha + i) - \Sigma Vi \cos(\alpha + i)} \quad (17)$$

Perhitungan *soil nailing* pada kondisi 1 seperti pada Tabel 9

Tabel 8. Perhitungan Nilai Le, T dan V

No	L nail (m)	Hi (m)	Le (m)	T (kN)	V (kN)	Tmax
1	8	3,6	5,200	39,361	0,012	Aman
2	8	2,1	6,120	46,325	0,012	Aman
3	8	0,6	7,060	53,440	0,012	Aman
Total				139,13	0,036	

Gaya tarik ijin total nail bar,

$$\Sigma Ti = \frac{\Sigma T}{Sh} = 92,75 \text{ kN/m} \quad (18)$$

Gaya geser ijin total nail bar,

$$\Sigma Vi = \frac{\Sigma V}{Sh} = 0,02 \text{ kN/m} \quad (19)$$

$$SF = 1,297 > 1,25$$

Perhitungan *soil nailing* pada kondisi 2 pada Tabel 10

Tabel 9. Perhitungan Nilai Le, T dan V

No	L nail (m)	Hi (m)	Le (m)	T (kN)	V (kN)	Tmax
1	10	4	6,447	36,804	0,009	Aman
2	10	2	8,223	46,943	0,009	Aman
3	10	0,5	9,492	54,187	0,009	Aman
Total				137,93	0,026	

Gaya tarik ijin total *nail bar*,

$$\Sigma Ti = \frac{\Sigma T}{Sh} = 91,96 \text{ kN/m}$$

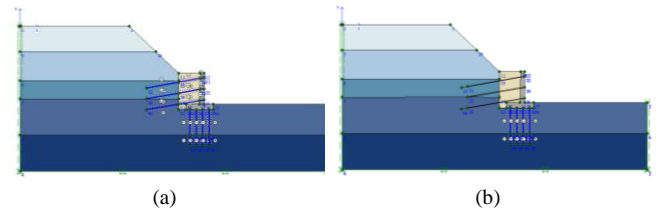
Gaya geser ijin total *nail bar*,

$$\Sigma Vi = \frac{\Sigma V}{Sh}$$

$$= 0,02 \text{ kN/m}$$

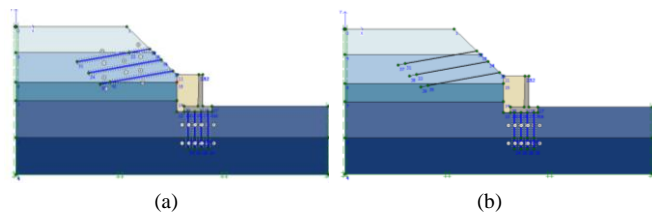
$$SF = 1,720 > 1,25$$

Analisa perkuatan *soil nailing* menggunakan metode *Finite Element Method* (FEM) dimana *soil nailing* akan dimodelkan menggunakan 2 material set yaitu *plate* dan *node to node anchors* terlihat pada Gambar 11 dan Gambar 12. Permodelan *soil nailing* kondisi 1 dan kondisi 2 sebagai berikut:



Gambar 11. Permodelan Soil Nailing Kondisi 1

(a) Material Plate (b) Material Anchors



Gambar 12. Permodelan Soil Nailing Kondisi 2

(a) Material Plate (b) Material Anchors

Dari permodelan dan perumusan *safety factor* diatas didapatkan hasil stabilitas perkuatan eksisting dengan tambahan *soil nailing* seperti pada Tabel 11 berikut:

Tabel 10. Rekapitulasi Analisa Perkuatan Lereng dengan Soil Nailing

Kondisi	SF Eksisting	SF Soil Nailing Kondisi 1		SF Soil Nailing Kondisi 2	
		Plate	Anchors	Plate	Anchors
Lereng dengan <i>soil nailing</i> perhitungan manual		1,297		1,720	
Lereng dengan <i>cantilever wall</i> tanpa <i>strauss pile</i>	1,126	1,142	1,138	1,396	1,265
Lereng dengan <i>cantilever wall</i> dan <i>strauss pile</i> 1,50 m	1,131	1,146	1,139	1,420	1,271
Lereng dengan <i>cantilever wall</i> dan <i>strauss pile</i> 2,50 m	1,138	1,152	1,142	1,429	1,277
Lereng dengan <i>cantilever wall</i> dan <i>strauss pile</i> 3,50 m	1,145	1,157	1,149	1,436	1,292
Lereng dengan <i>cantilever wall</i> dan <i>strauss pile</i> 4,00 m	1,154	1,164	1,161	1,453	1,296
Lereng dengan <i>cantilever wall</i> dan <i>strauss pile</i> 5,00 m	1,162	1,177	1,173	1,461	1,303

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan pada Proyek Akhir ini maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Mengacu pada SNI 8460-2017, analisa *cantilever wall* dan pondasi *strauss pile* dengan perhitungan manual didapatkan nilai stabilitas terhadap geser sebesar 3,13, stabilitas terhadap guling sebesar 8,17, dan stabilitas

terhadap daya dukung tanah sebesar 4,43. Nilai stabilitas *cantilver wall* tersebut sudah memenuhi persyaratan pada SNI. Sedangkan daya dukung pondasi *strauss pile* diperhitungkan menggunakan metode Mayerhof, Luciano Decourt, dan Briaud et al. Berdasarkan perhitungan Luciano Decourt daya dukung kelompok pondasi *strauss pile* rencana sebesar 8867,921 kN, sedangkan daya dukung kelompok pondasi *strauss pile* terpasang sebesar 4323,637 kN.

2. Analisa stabilitas lereng dengan perkuatan dinding penahan tanah dan pondasi *strauss pile* menggunakan metode FEM dianalisis berdasarkan dua kategori, yaitu perkuatan lereng dengan *cantilever wall* dengan dan tanpa pondasi *strauss pile*. Pondasi *strauss pile* yang ditinjau berdasarkan beberapa kedalaman yaitu kedalaman 1,5 m, 2,5 m, 3,5 m, 4 m, dan 5 m. Hasil analisa stabilitas lereng dengan perkuatan *cantilever wall* tanpa *strauss pile* didapatkan nilai *safety factor* 1,126, sedangkan stabilitas lereng dengan perkuatan *cantilever wall* dengan *strauss pile* didapatkan nilai *safety factor* 1,131 – 1,162 sesuai kedalaman *pile*. Nilai *safety factor* yang dihasilkan kurang dari 1,25 sehingga lereng masih dikategorikan sebagai lereng kritis dan mungkin akan terjadi longsor. Dari analisa tersebut diketahui bahwa perbedaan kedalaman pondasi *strauss pile* tidak terlalu berpengaruh terhadap peningkatan stabilitas lereng.
3. Hasil analisa stabilitas lereng dengan perkuatan eksisting menggunakan metode FEM diperoleh nilai *safety factor* kurang dari 1,25. Dimana kondisi lereng masih memerlukan perhatian khusus, sehingga diperlukan tambahan perkuatan berupa *soil nailing*. Dari analisa menggunakan metode manual *soil nailing* kondisi 1 memiliki nilai SF 1,297, sedangkan *soil nailing* kondisi 2 memiliki nilai SF 1,720. Berdasarkan analisa menggunakan metode FEM stabilitas lereng dengan tambahan perkuatan *soil nailing* kondisi 1 meningkat hanya 1,2% - 1,6%, sedangkan perkuatan *soil nailing* kondisi 2 meningkat hingga 14% - 30%. Sehingga alternatif tambahan perkuatan yang disarankan adalah *soil nailing* kondisi 2 dimana nilai *safety factor* yang dihasilkan lebih dari 1,25, sehingga lereng dapat

dikategorikan sebagai lereng stabil dan dapat meminimalisir terjadinya kelongsoran.

Daftar Pustaka

- [1] A. Hamid, "Potensi Investasi Jalur Lintas Selatan Di Provinsi Jawa Timur," *Jurnal Bina Praja*, vol. 6, no. 3, pp. 197- 204, 2014.
- [2] D.R. Dhamdhere, Dr. V. R. Rathi and Dr. P. K. Kolase, "Design And Analysis Of Retaining Wall," *International Journal of Management, Technology And Engineering*, vol. 8, no. IX, 2018.
- [3] S. P. Agusty, T. A. Pramesti, R. Karlinasari and A. Rochim, "Analisis Perbandingan Koefisien Tanah Lateral Menggunakan Metode Perhitungan Manual (Numerik) Dan Metode Elemen Hingga (Plaxis)," *Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU)* 3, 2020.
- [4] A.H. Daniel, S.K. Tri, P. Sri, P. Bambang, "Analisis Longsoran Ruas Jalan Cening Kecamatan Singorojo Kabupaten Kendal Jawa Tengah," *Jurnal Karya Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 323-335, 2014.
- [5] P. I. Sahfitri, F. Alami and Iswan, "Finite Element Analysis Pada Dinding Penahan Tanah Simpang Underpass Universitas Lampung," *Jurnal Ilmiah Bidang Sains-Teknologi TEKNOSIA*, vol. 1, no. 1, pp. 7-15, 2021.
- [6] M. F. Ayazi, A. Tangri and S. Jalota, "Soil Nailing – A Review," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 07, no. 12, 2020.
- [7] S. Syahidus, Zakaria, K. Rahmat, and T. U. Erdina, "Analisis Model Elemen Hingga Perkuatan Lereng Menggunakan Soil Nailing," *Fropil*, vol. 8, no. 12, 2020.
- [8] SNI 4153:2008 Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2008.
- [9] SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2017.

Halaman ini sengaja dikosongkan