

JURNAL KONSTRUKSI DAN INFRASTRUKTUR

Teknik Sipil dan Perencanaan

ALTERNATIF PENANGGULANGAN MASALAH LONGSORAN TEBING (STUDI KASUS LERENG KM 20+300 RUAS TOL PEKANBARU-KANDIS-DUMAI)

Yohan Handoko^{1*}, Yudhi Lastiasih¹, Indrasurya Budisatria Mochtar¹

^{1*)} Departemen Teknik Sipil, FTSPK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya
Email Penulis Korespondensi: yohan.handoko.its@gmail.com
Nomor HP Penulis Korespondensi: 08123163272

ABSTRACT

The Pekanbaru-Kandis-Dumai Toll Road passes through a hilly topography with steep valleys. In April 2024, a landslide occurred at Station 20+300, disrupting toll road traffic towards Pekanbaru. This condition forces the toll road to be cut and follow the contours to obtain both horizontal and vertical alignments. The purpose of this study was to determine the cause of the landslide and to find alternative repair methods using Geo5 analysis with two methods: crack soil approaches. The results of the analysis of existing conditions with the conventional method, the safety factor value is 1.082 and the crack soil method obtained a value of 0.882. After being reinforced with secant piles, the static safety factor value is 1.56 and the earthquake safety factor value is 1.122.

Keyword: Analisa Stabilitas Lereng, Safety Factor, Secant Pile, Geo5

1. PENDAHULUAN

Daratan tanah pada daerah [1] Riau merupakan daratan yang mengalami formasi alluvium (endapan) [1], adapun di beberapa tempat daerah tersebut [2] terdapat selingan neogen, misalnya pada sepanjang Sungai Kampar. Pada Bulan April 2024, di daerah Sta. 20+300 terjadi keruntuhan lereng atau longsor yang berakibat mengganggu aktivitas jalan tol ke arah Pekanbaru. Analisa Metode Equilibrium [3] sering digunakan dalam mencari faktor keamanan lereng. Peneliti mencoba melakukan analisa mengenai faktor [4] apa yang mempengaruhi stabilitas lereng Ruas Tol Pekanbaru-Kandis-Dumai dengan melakukan pemodelan ke dalam *software*. Analisa Metode Equilibrium [5] menggunakan *software* Geo5. Dengan *software* Geo5 kita dapat mengetahui pengaruh kenaikan muka air tanah terhadap keamanan lereng, pengaruh variasi beban pada puncak lereng terhadap keamanan lereng.

Berdasarkan rute terpilih Jalan Tol Pekanbaru-Kandis-Dumai **Gambar 1.** menunjukkan bahwa daerah dengan kondisi topografi [7] yang berbukit dengan lembah yang curam. Kondisi seperti ini akan memaksa trase jalan tol untuk memotong dan mengikuti kontur untuk mendapatkan alinyemen jalan, baik alinyemen horisontal maupun vertikal, yang memenuhi standar desain. Perencanaan kemiringan samping (*slide slope*) Jalan Tol Pekanbaru-Kandis-Dumai adalah sebagai berikut :

- Kemiringan pada timbunan
Kemiringan pada bagian timbunan adalah 1 : 2 (2H = 1V), untuk kondisi timbunan kurang dari 6 meter
- Kemiringan samping galian
Kemiringan samping galian adalah 1 : 2 (2H = 1V), untuk galian kurang dari 6 meter



Sumber : PT.Hutama Karya,2023

Gambar 1. Peta Jalan Tol Pekanbaru-Kandis-Dumai (Permai)

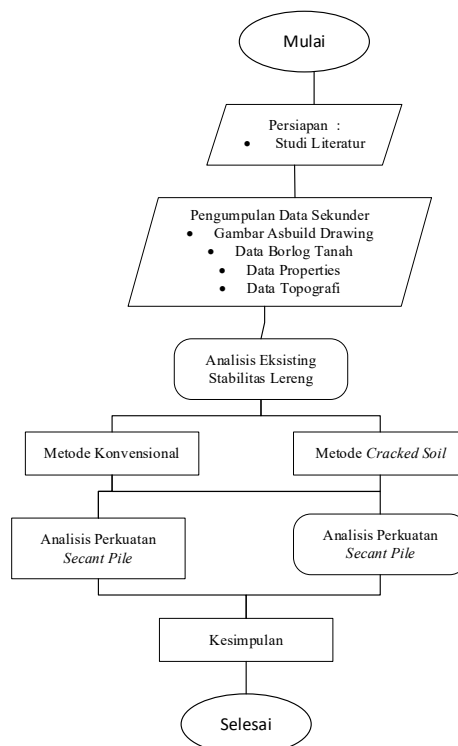
Tujuan penelitian ini ingin dicapai sebagai berikut:

1. Mengetahui penyebab terjadinya kelongsoran Jalan Tol Trans Sumatra Ruas Jalan Tol Pekanbaru - Kandis - Dumai Sta. 20+300.
2. Mendapatkan alternatif penanganan perbaikan kerusakan

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini memanfaatkan data sekunder untuk memodelkan analisis longsoran pada tebing dengan memodelkan stabilitas lereng dengan menggunakan Geo5. analisis ini dilakukan untuk memahami potensi kelongsoran, mengidentifikasi factor-faktor yang mempengaruhi stabilitas lereng dengan menggunakan 2 metode pendekatan yaitu metode *crack soil*. Pengumpulan data yang dikumpulkan berupa data sekunder, dengan mengumpulkan informasi dan dokumentasi yang berasal dari:

- a. Data properties tanah yang terkait dengan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan sebelumnya.
- b. Data tambahan berupa kontur dan potongan melintang lereng kajian untuk dianalisis kestabilannya



Gambar 2. Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Stabilitas Lereng

Analisa stabilitas lereng menggunakan Pemodelan geometri kondisi eksisting dengan 4 lapisan tanah dapat dilihat pada **Gambar 6** Sedangkan untuk kondisi Muka air tanah di -1m dapat dilihat pada **Gambar 6** dan Muka air tanah di -6 m yang dimana kondisi perbedaan muka air tanah tidak terlalu berpengaruh untuk memperngaruhi kondisi faktor keamanan pada tanah dapat dilihat pada **Gambar 7**.

PROJECT		Longsoran Pekanbaru Dumai			
STA		20+300	20+300	20+300	20+300
GWL		-1	-6.8	-1	-6.8
REFF		BH-01	BH-02	CPT-01	CPT-02
Depth (m)	Unit	NSPT	NSPT	NSPT	NSPT
	-2	3	3	2	6
	-4	6	4	6	10
	-6	12	4	7	17
	-8	13	13	12	27
	-10	14	14	19	24
	-12	15	15	20	18
	-14	13	13	28	28
	-16	10	12	38	37
	-18		14	37	41
	-20		15	45	35
	-22		16	40	48
	-24		16	50	>60
	-26		17	>60	
	-28		19		
	-30		31		
	-32		27		
	-34		29		
	-36		34		
	-38		34		
	-40		29		
	-42		37		
	-44		33		
	-46		38		
	-48		32		
	-50		35		
	N Average	-	9	-	-
	Site Class	-	SE	-	-

Gambar 3. Interpretasi Uji Bor dan Sondir (actual)

Remarks:			
Tanah Berbutir kasar		Tanah Berbutir Halus	
Pasiran		Lempung/Lanau	
< 4	= sangat urai	< 2	= sangat lunak
4 sd. 10	= urai	2 sd. 4	= lunak
10 sd. 30	= agak padat	4 sd. 8	= teguh
30 sd. 50	= padat	8 sd. 15	= sangat teguh
> 50	= sangat padat	15 sd. 30	= keras
> 50	= Batuan	> 30	= sangat keras

Gambar 4. Keterangan Warna Berdasarkan Nilai N_{SPT}

Hasil pembacaan dari grafik korelasi nilai sudut geser berdasarkan nilai PI diatas ditunjukkan pada **Tabel 1 dan Tabel 2**

Tabel 1. Hasil pembacaan korelasi nilai sudut geser berdasarkan nilai PI (lab)

	Depth	PI Average (lab)	Phi (deg)
Layer 1	2 m	30	19
Layer 2	9 m	21	23
Layer 3	15 m	18	25

Tabel 2. Hasil pembacaan korelasi nilai sudut geser berdasarkan N_{SPT}

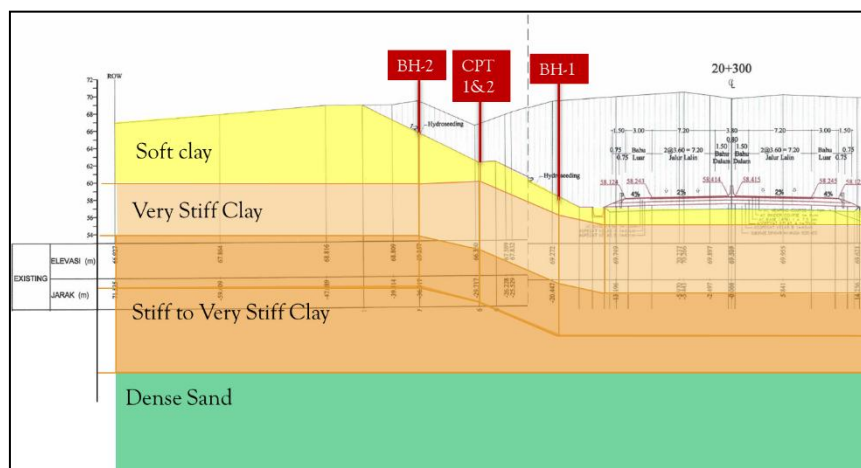
	Depth	N_{SPT}	Cu (Kpa)
Layer 1	0 – 6 m	30	33
Layer 2	6 – 12 m	21	123
Layer 3	12 – 28 m	18	21

Setelah mendapatkan nilai N koreksi maka dilakukan korelasi antar parameter tanah, sehingga diperoleh input parameter tanah seperti pada **Gambar 5.** dibawah ini.

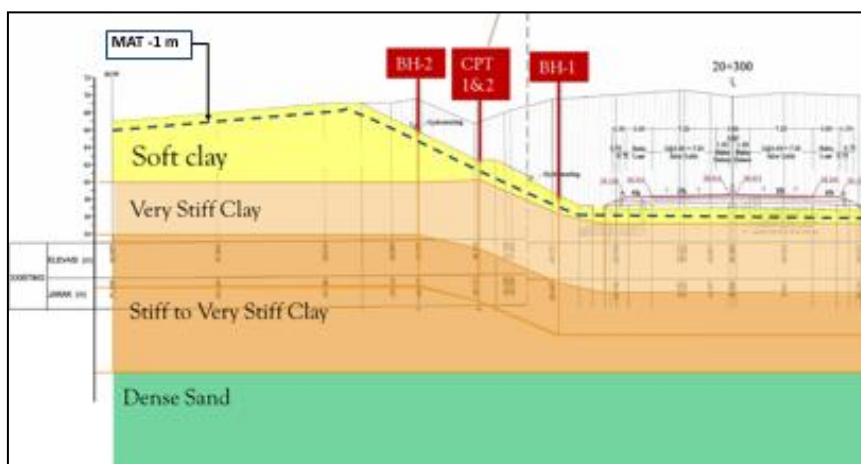
corrected										from soil interpretation		from correlation PI			
Data Tanah	Kedalaman			Tebal Lapisan	NSPT average	Jenis Tanah		Material Model	Drainage Type	γ unsat (kN/m³)	γ sat (kN/m³)	Long Term			
	(m)			(m)								c' (kN/m²)	φ' (°)		
	Ref: BH-02, BH-01, CPT-01, CPT-02	0	-	6	6	6	Soft	Clay	Mohr Coloumb	Drained	16,00	17,00	0	19	
6		-	12	6	19	Very Stiff	Clay	Mohr Coloumb	Drained	18,28	19,28	0	23		
12		-	28	16	14	Stiff	Clay	Mohr Coloumb	Drained	17,87	18,87	0	25		
28		-	50	22	35	Dense	Sand	Mohr Coloumb	Drained	18,80	19,80	0	35		

Gambar 5. Input Parameter Tanah Metode Crack Soil

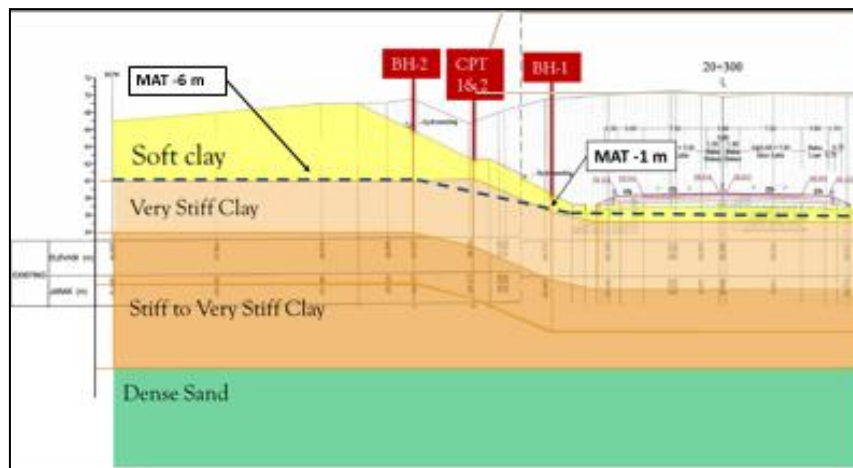
Catatan: *drainage type Drained* digunakan pada pemodelan galian, untuk memperoleh analisis yang konservatif. Karena kondisi longterm pada galian, adalah kondisi paling kritis.



Gambar 6. Pemodelan Geometrik Kondisi Eksisting



Gambar 7. Kondisi Muka Air Tanah di -1m dari Permukaan Tanah



Gambar 8. Kondisi Muka Air Tanah di -6m dari Permukaan Tanah

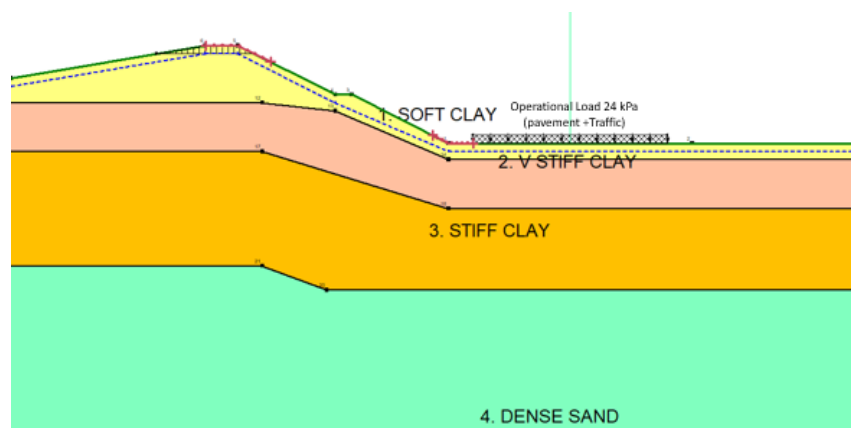
3.2 Analisis Kondisi Eksisting

Analisis pemodelan kondisi eksisting dilakukan dengan pendekatan teori *crack soil*, hal ini dikarenakan kenyataan dilapangan lereng sudah mengalami keruntuhan. Dilihat dari **Gambar 10** dengan metode pendekatan *crack soil* *Safety Factor* **0.774**.

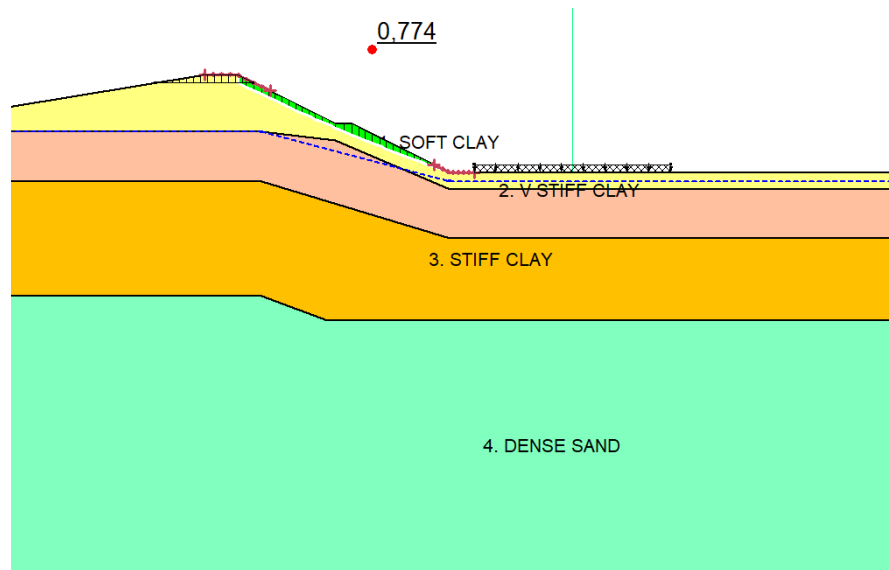
1. Metode *Crack Soil*

Analisis dengan menggunakan metode pendekatan *crack soil* kenyataan sesuai dengan dilapangan sudah mengalami keruntuhan oleh karena itu dilakukan analisis dengan dengan posisi m.a.t -1,0 m dan -6,0m. Untuk pendekatan *crack soil* menggunakan input parameter tanah seperti pada **Gambar 5**.

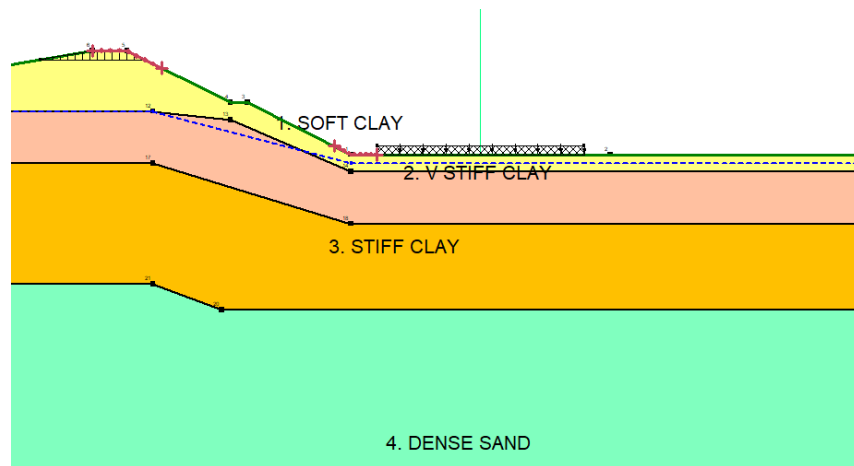
Analisis dengan pendekatan *crack soil* menggunakan geometri seperti pada **Gambar 9** untuk m.a.t -1,0 m dan geometri pada **Gambar 11** untuk m.a.t -6,0 m. Dari hasil analisis stabilitas lereng dapat dilihat pada **Gambar 10** dan **Gambar 11** Hasil nilai angka keamanan untuk m.a.t -1,0 m adalah 0,774 sedangkan kondisi m.a.t -6,0 m adalah 0,950. Hasil ini menunjukkan kondisi lereng sudah runtuh sesuai dengan kondisi yang ada dilapangan.



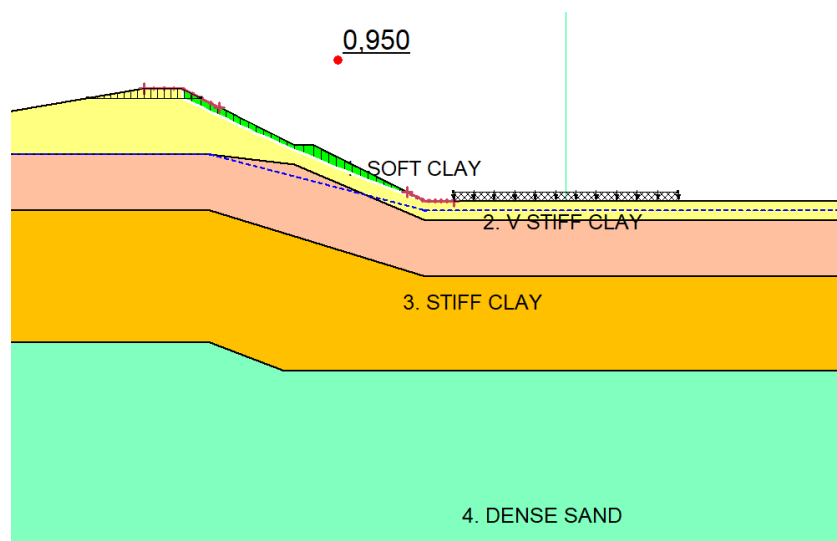
Gambar 9. Analisis Kondisi Eksisting Metode *Crack Soil* MAT -1m



Gambar 10. Analisis Kondisi Eksisting Metode *Crack Soil MAT* -1m dengan Lapisan 1 $C=0$



Gambar 11. Analisis Kondisi Eksisting Metode *Crack Soil MAT* -6,0 m dengan Lapisan 1 $C=0$



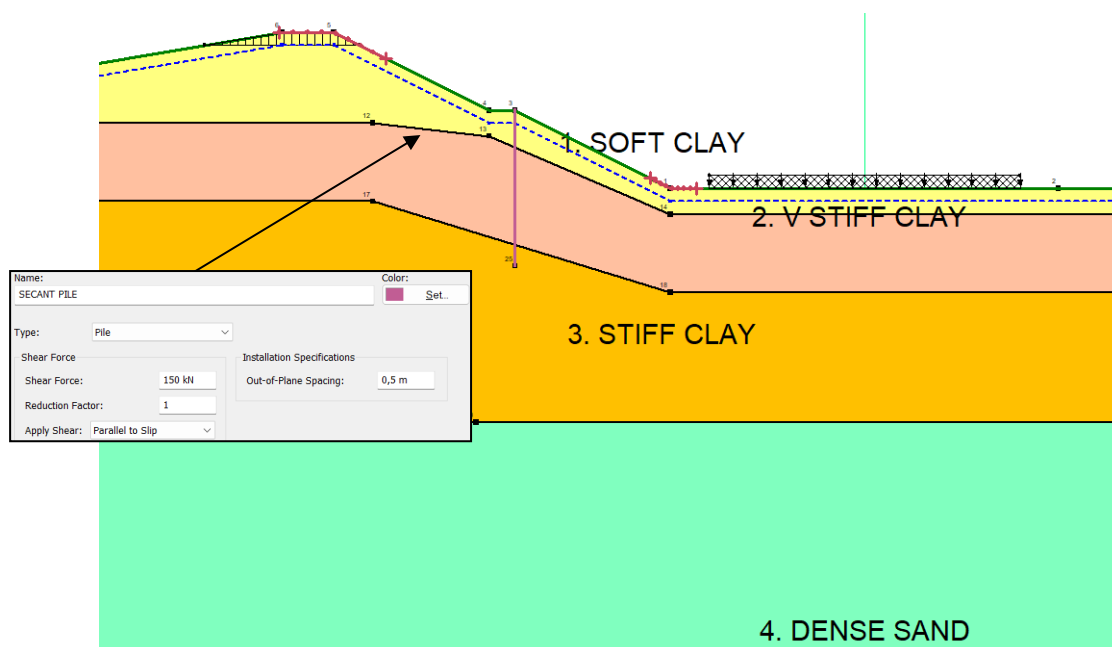
Gambar 12. Analisis Kondisi Eksisting Metode *Crack Soil MAT* -6.0 m dengan Lapisan 1 $C=0$

Berdasarkan simulasi analisis kestabilan lereng yang sudah dilakukan maka dapat diambil Kesimpulan, penyebab keruntuhan lereng sebagai berikut:

1. Kenaikan Tekanan Air Pori : saat muka air tanah tinggi, tekanan air pori meningkat, ini menyebabkan kuat geser tanah menurun karena parameter efektif menjadi lebih kecil dan lereng menjadi tidak stabil
2. Berat tanah bertambah: saat jenuh air, berat total tanah akan meningkat dan *Driving Force* membesar, sehingga stabilitas lereng menurun
3. Terdapat lapisan tanah lempung lunak yang berpotensi menjadi bidang gelincir.

3.3 Analisis Perkuatan *Secant Pile*

Alternatif perkuatan merekomendasikan dengan menggunakan perkuatan *Secant Pile* karena di perkirakan dapat mengatasi longsor yang terjadi [3] yang dimana dapat digunakan di lapangan karena mengingat kondisi waktu, biaya dan kemudahan dalam pelaksanaan adapun parameter yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 5**. Dari hasil analisis dengan menggunakan *Secant Pile* didapatkan nilai *safety factor* **2.317** ini **cukup efektif** untuk memperoleh kondisi lereng yang lebih stabil.



Gambar 13. Pemodelan Perkuatan *Secant Pile* Metode *Crack Soil MAT* -1,0m

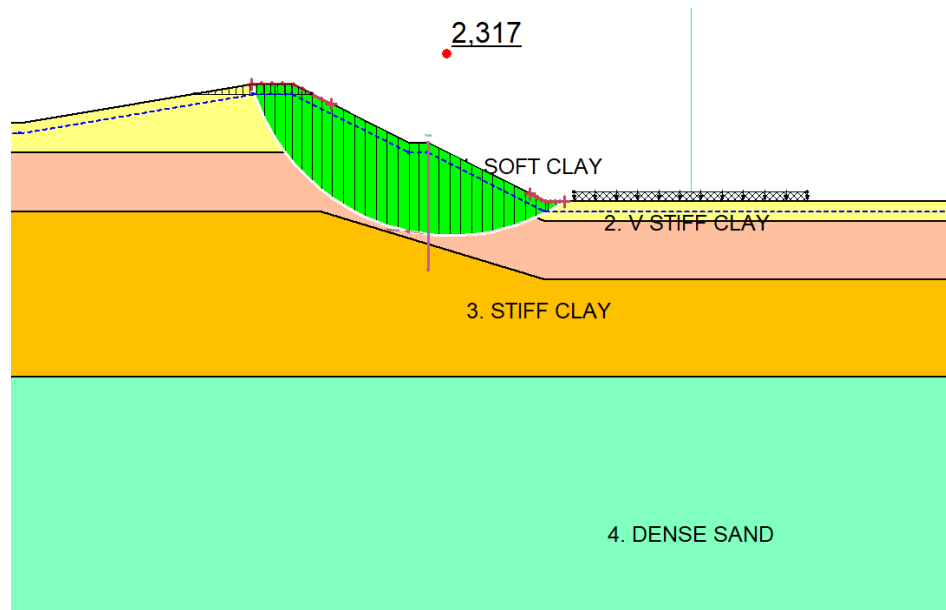
Drilled Shaft Diameter = 50 cm

Pile Length = 12 m

Analisis *secant pile* menggunakan

Drilled Shaft Diameter = 50 cm

Pile Length = 6 m

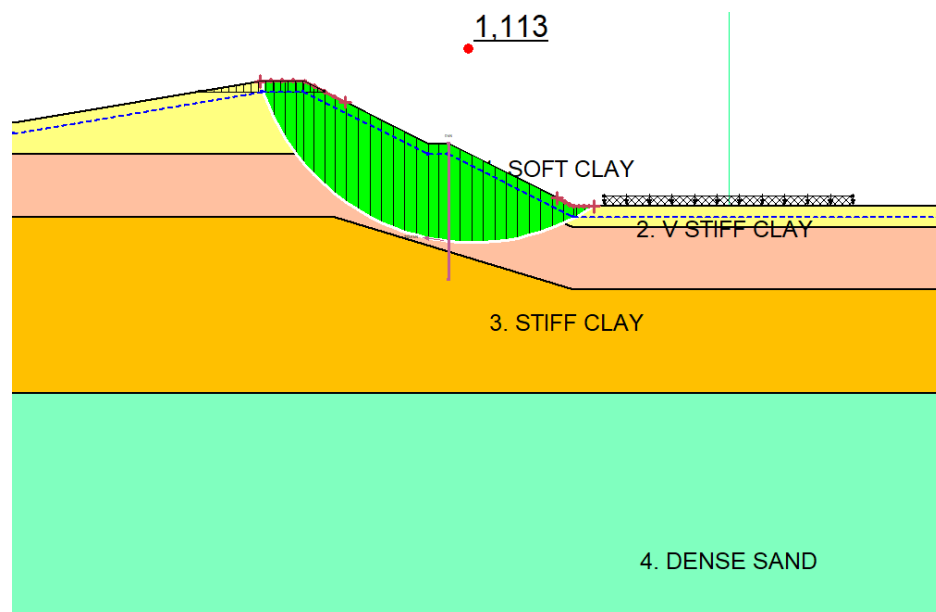


Gambar 14. Nilai *Safety Factor* Statik Perkuatan *Secant Pile* Metode *Crack Soil* MAT -1,0 m

Analisis kondisi gempa menggunakan nilai

$$PGA = 0.304$$

$$K_h = \frac{1}{2} PGA = 0.15$$



Gambar 15. Nilai *Safety Factor* Gempa Perkuatan *Secant Pile* Metode *Crack Soil* MAT -1,0 m

Dari hasil analisis dengan menggunakan perkuatan *secant pile* didapatkan nilai *safety factor* sebagai berikut.

$$\text{Safety Factor Statik} = 2.317$$

$$\text{Safety Factor Gempa/Seismic} = 1.113$$

Menurut hasil diatas bahwa dengan menggunakan perkuatan *secant pile*

Nilai *Safety Factor* Statik >1.5 = OK

Nilai *Safety Factor* Gempa >1.1 = OK

3.4 Analisis Perkuatan *Soil Nailing*

Alternatif atau rekomendasi perkuatan pada lereng salah satunya adalah dengan menggunakan *soil nailing* [4] Tujuan dengan menggunakan perkuatan *soil nailing* adalah [5] untuk meningkatkan stabilitas lereng alami [6] yang tidak stabil agar tidak [7] mengalami keruntuhan. Tabel spesifikasi yang digunakan ada analisis menggunakan Geostudio dapat dilihat pada **Gambar 16**.

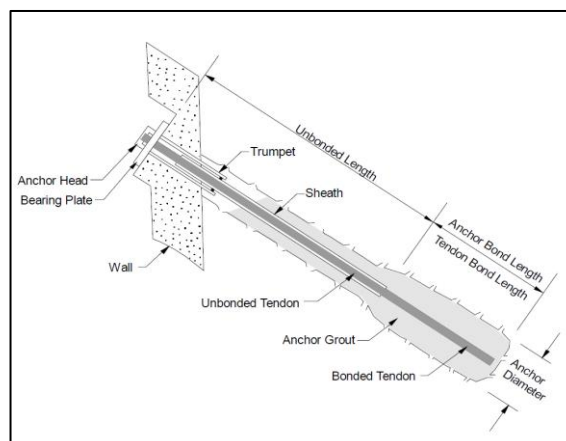
No.	Design Parameter		
1	Diameter	:	0,3 m
2	Perimeter	:	0,94 m
3	Unbounded Length ^{*)}	:	10,0 m
			Layer 2 (N-SPT_{Design} => 19)
	4.b	Soil / Rock	: Soil
	5.b	Unit skin friction (0.55*Cu)	: 52,25 kPa
	6.b	Allowable Tensile Force	: 214 kN
	7.b	Load transfer	: 49 kN/m
	8.b	SF	: 2
	9.b	Bonded Length	: 9 m
10	Total Bond Length	:	9 m
11	Total Length	:	19 m
12	Inclination to horizontal	:	10,0 °

No.	Steel Properties	
1	Type : Bar / Strands	Strands
2	Diameter bar / strands	: 15,24 mm
3	Number of strands	: 6 -
4	Ultimate stress (fy)	: 1670 N/mm ²
5	Section Area	: 875,6 mm ²
6	SMTS	: 1462,2 kN

No.	SF for tendon breakage	
1	Design Load (LD)	: 214 kN
	0.6*Ultimate strength	: 877,3 kN OK
2	Test load (LT)	: 133 % LD 284,62 kN
	0.8/(LT/100)*Ultimate strength	: 879,5 kN OK

Gambar 16. Spesifikasi Analisis Perkuatan Soil Nailing

Soil nailing merupakan salah satu metode perkuatan yang lebih ekonomis, cepat, tidak memerlukan alat besar serta area kerja yang luas dan bertujuan untuk memberikan kestabilan lereng dengan sudut kemiringan 10° sampai 20° dari bidang horizontal (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2022) dapat dilihat pada **Gambar 17**.

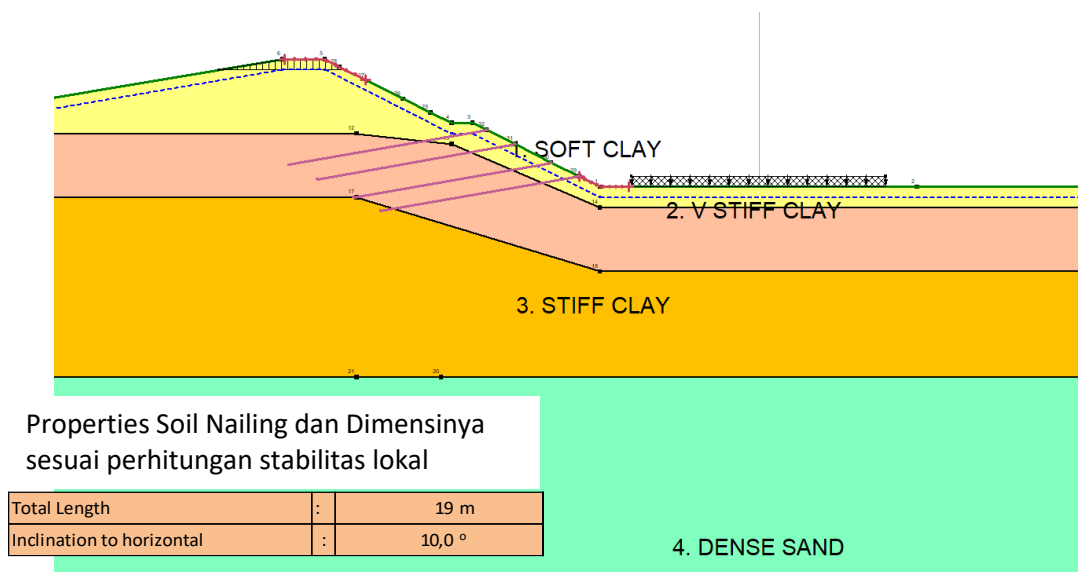


Gambar 17. Spesifikasi *Soil Nailing*

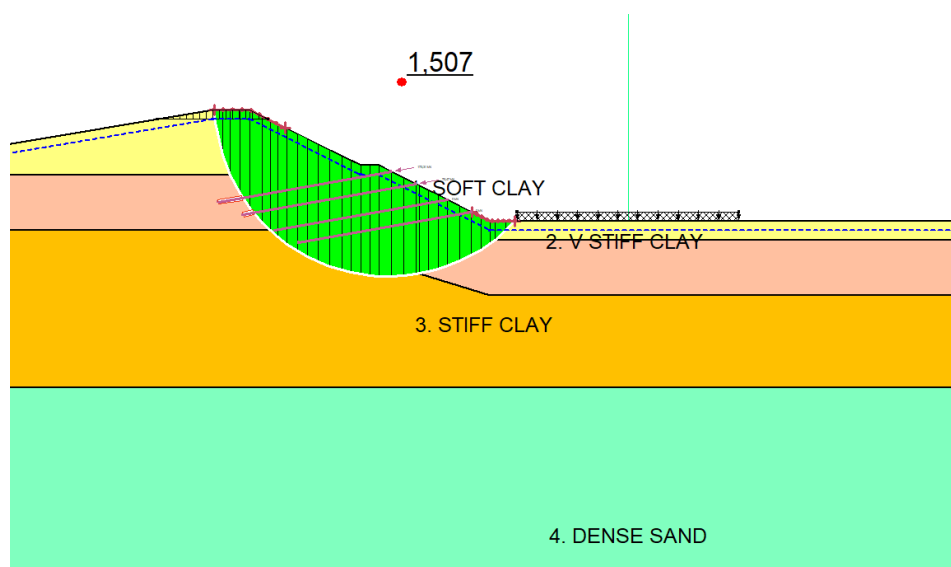
Berikut syarat penting dalam membentuk dinding *soil nailing* SNI syarat Perencanaan Geoteknik [1] Kemiringan dinding mampu mengurangi kebutuhan panjang *nail bar*, kemiringan 10% dari vertical bisa

mengurangi kebutuhan panjang *nail bar* $10^0 - 15^0$ dibanding dinding tegak. Pada umumnya dinding soil nailing sekitar 800 – 900 terhadap bidang horizontal.

1. Kemiringan *nail*
Syarat kemiringan adalah $10^0 - 20^0$ dibawah bidang horizontal
2. Panjang *nail bar*
Syarat panjangnya adalah $0.6H - 1.2H$ dimana H adalah kedalam dari galian
3. Jarak antar *nail*
Syarat jarak untuk metode pemasangan untuk metode *drilled and grouting soil nailing* adalah jarak untuk metode *driven soil* dan *nailing* adalah 1 m – 1.2 m. Pada baris pertama, *nail bar* harus dipasang > 1.1 m di bawah puncak dinding agar terhindar dari longsor pada awal tahap galian
4. Diameter lubang bor
Syarat diameternya adalah 100 mm – 200 mm

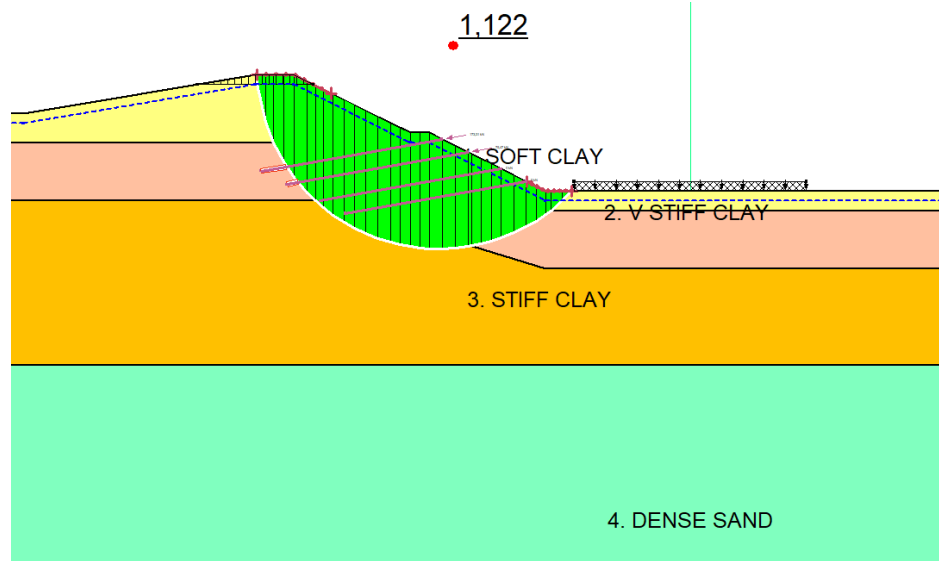


Gambar 18. Pemodelan Perkuatan *Soil Nailing* Metode *Crack Soil MAT* -1,0 m



Gambar 19. Nilai *Safety Factor* Statik Perkuatan *Soil Nailing* Metode *Crack Soil MAT* -1,0 m

Analisis perkuatan *soil nailing* dapat menaikkan stabilitas kondisi eksisting sebesar 0,7 (dari Safety Factor=0,774 naik menjadi 1,507). Perkuatan *soil nailing* ini **cukup efektif** untuk memperoleh kondisi lereng yang lebih stabil sesuai dengan syarat atau kriteria desain dengan nilai $SF > 1.5$



Gambar 20. Nilai *Safety Factor* Gempa Perkuatan *Soil Nailing* Metode *Crack Soil MAT* -1,0 m
Dari hasil analisis perkuatan *soil nailing* didapatkan :

Safety Factor Statik = 1.507

Safety Factor Gempa/Seismic = 1.112

Menurut hasil analisis diatas dengan menggunakan perkuatan *soil nailing*

Nilai *Safety Factor* Statik > 1.5 = OK

Nilai *Safety Factor* Gempa > 1.1 = OK

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perkuatan yang telah dilakukan pada Penelitian ini sebagai berikut:

1. Penyebab terjadinya longsor adalah
 - Kenaikan pada Tekanan Air Pori : saat kondisi muka air tanah tinggi, tekanan air pori meningkat, ini menyebabkan kuat geser tanah menurun karena parameter efektif membuat lebih kecil dan lereng menjadi tidak stabil
 - Berat tanah bertambah: saat jenuh air, berat total tanah akan meningkat dan *Driving Force* membesar, sehingga stabilitas lereng menurun.
 - Terdapat lapisan tanah lempung lunak yang berpotensi menjadi bidang gelincir
2. Alternatif solusi perkuatan untuk mengatasi longsor pada lereng yaitu *secant pile* dan *Soil Nailing*
3. Dari hasil analisis dengan menggunakan 3 alternatif perkuatan

Nomor	Alternatif Solusi Perkuatan	Safety Factor	
		Statik	Dinamik
1	Eksisting Metode Crack Soil MAT -1m	0.774	
2	Eksisting Metode Crack Soil MAT -6m	0.950	
3	Soil Nailing	1.507	1.122
4	Secant Pile	2.317	1.113

Gambar 21. Alternatif Solusi Perkuatan

Dilihat dari tabel di atas solusi perkuatan untuk mengatasi longsor adalah *secant pile* dengan nilai SF static 2.317 dan SF gempa 1.113 **cukup efektif** untuk memperoleh lereng yang stabil sesuai dengan kriteria desain $SF > 1$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini bagian dari hasil laporan penelitian Departemen Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis ingin menyampaikan apresiasi kepada seluruh pihak telah berkontribusi selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. C. Hardiyatmo, Mekanika Tanah I, Gajah Mada University Press. Yogyakarta, 2002.
- [2] P. P. d. P. Jalan, Perumahan Permukiman dan Pengembangan Infrastruktur Wilayah Kemen PUPR, modul I Pengertian Lereng dan Longsor, Diklat Penanganan Longsor pada Struktur Jalan.
- [3] D. Amalia and I. B. a. M. N. Mochtar, Penerapan Konsep Baru Cracked Soil Pada Penanggulangan Kelongsoran Lereng, (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Reskrimsus Polda Kalimantan Timur, Balikpapan), 2018.
- [4] K. PUPR, Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik dan Fondasi, Direktorat Jenderal Bina Marga, 2019.
- [5] I. Mochtar, Cara Baru Memandang Konsep Stabilitas Lereng (Slope Stability) Berdasarkan Kenyataan di Lapangan” – A New Method of Perceiving Slope Stability Concept Based on Field Evidences, South kalimantan Branch, Banjarmasin: Proceedings of HATTI Seminar, July 23rd 2011.
- [6] M. I. Hutagamissufardal, The Effects of Soil Cracks on Cohesion and Internal Friction Angle at Landslide”, Hanyang Univ., Seoul, South Korea. Hutagamissufardal: Proc. 6th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum (EACEF), August 22-25, 2017.
- [7] B. Das, Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta..
- [8] M. I. Qomariyah, "Analisis Peningkatan Tekanan Tahanan Geser tanah Lunak akibat adanya Cerucuk berdasarkan pemodelan di Laboratorium".
- [9] Y. E. D. Barrang, "Studi Literatur Tentang Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil Nailing Menggunakan Program GEO5," *TEKNO - Volume 19 Nomor 79*, Desember 2021.
- [10] I. Hutagamissufardal and Mochtar, "Analisa Parameter Kekuatan Geser Tanah Berdasarkan Pendekatan Bidang Retak pada Peristiwa Kelongsoran Lereng” (Analyses of Shear Strenth Parameters of Soils Based on Existence of Crack Planes during Slopes Failures)," *Jurusan Teknik Sipil FTSP - ITS*, no. Doctoral Disertasi S-3 (PhD research Dissertation), Mei 2013.
- [11] C. Lazarte, "Proposed Specifications For LRFD Soil Nailing Design And Contruction” NCHRP Report 701," no. Transpormation Research Board, Wangshington 2011.
- [12] I. Mochtar, "Kenyataan Lapangan sebagai Dasar untuk Usulan Konsep Baru tentang Analisa Kuat-Geser Tanah dan Kestabilan Lereng” – Field Evidences as the Base for Suggested New Concept of Soils Shear Strength Analysis and Slope Stability,," *Proceedings of 16th Annual Scientific Meeting HATTI Indonesia*, Jakarta, Desember 4 th 2012.