

Analisis Stabilitas Lereng dan Alternatif Perkuatan *Soil Nailing* pada Ruas Jalan Lingkar Serasan Kabupaten Natuna

Robby Maulana¹⁾, Dian Hastari Agustina²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau Kepulauan
E-mail: maulanarobby1911@gmail.com¹⁾, dian@ft.unrika.ac.id²⁾

ABSTRAK

Bencana longsor yang terjadi di Kecamatan Serasan, Kabupaten Natuna pada tanggal 06 maret 2023 telah mengakibatkan adanya korban jiwa hingga kerusakan pada bangunan rumah serta sarana dan prasarana transportasi. Dengan kejadian longsor tersebut, penting untuk melakukan perkuatan lereng sebagai upaya mengatasi lereng yang rawan longsor. Pada penelitian ini, pada pemodelan lereng dilakukan analisis lereng tanpa perkuatan dan pemodelan menggunakan perkuatan *soil nailing* dengan sudut kemiringan lereng (α) sebesar $41,63^\circ$. Analisis lereng menggunakan program Geo5, dimana didalam program tersebut akan dilakukan analisis lereng yaitu lereng tanpa perkuatan dan dengan perkuatan *soil nailing*. Analisis dilakukan untuk mencari posisi bidang gelincir dan angka keamanan lereng. Hasil analisis menunjukkan dengan metode Bishop dan Fellenius lereng tanpa perkuatan diperoleh angka keamanan sebesar 1,15 dan 1,04 dimana lereng dinyatakan tidak aman karena lebih kecil dari 1,25. Pada alternatif penanganan yang dilakukan dengan memberikan perkuatan *soil nailing* dimana angka dengan sudut pemasangan 10° dengan metode Bishop dan Fellenius diperoleh nilai angka keamanan sebesar menjadi 1,55 dan 1,35. Sementara untuk sudut 20° nilai angka keamanan meningkat menjadi 1,78 dan 1,55. Hal ini menunjukkan bahwa lereng aman dengan diberikan perkuatan *soil nailing*.

Kata kunci : Stabilitas Lereng, Longsoran, Angka Keamanan, *Soil Nailing*, *Geo5*

ABSTRACT

A landslide occurred in Serasan Natuna Regency on March 06, 2023, causing deaths and damage to houses, transportation facilities, and infrastructure. With the landslide incident, it is important to strengthen as an effort to prevent slope sliding from occurring again in the future. In this research, the slope modeling will be analyzed using slope without reinforcement and using soil nailing reinforcement with a slope angle (α) of 41.63° . The Geo5 program is used for slope modeling in this study. Analysis was used to determine the sloe slip area and safety factors. According to this study, slopes without reinforcement using the Bishop and Fellenius methods result in safety factors of 1.15 and 1.04. On a slope with soil nailing reinforcement with mounting angle 10° , using the Bishop and Fellenius methods, safety factors of 1.55 and 1.35 were obtained. For mounting angle 20° of soil nailing, the safety factors are 1.78 and 1.55. It shows that soil nailing is effective in increasing slope safety.

Keyword : Slope Stability, Landslide, Safety Factor, *Soil Nailing*, *Geo5*

1. PENDAHULUAN

Bencana longsor yang terjadi di Kecamatan Serasan, Kabupaten Natuna pada tanggal 06 maret 2023 telah mengakibatkan adanya korban jiwa hingga kerusakan pada bangunan rumah serta sarana dan prasarana transportasi (dikutip dari DetikNews). Dengan kejadian longsor tersebut, penting untuk melakukan analisis stabilitas lereng sebagai upaya perkuatan pada lereng-lereng yang rawan akan longsor agar bahaya longsor tidak terjadi lagi dikemudian hari. Berikut dokumentasi kejadian longsor di Kecamatan Serasan dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Dokumentasi longsor di Kec.serasan (Sumber: DetikNews)

Berdasarkan kondisi topografinya, Kecamatan Serasan merupakan tanah berbukit dan bergunung batu. Beberapa titik pada ruas jalan nasional yang berada di Kecamatan Serasan mengalami kelongsoran pada bagian lereng di bahu jalan karena berada pada jalan lingkaran luar pantai sisi mentabung dimana daerah tersebut merupakan area perbukitan dengan banyak lereng alami. Longsor yang terjadi pada bulan maret 2023 itu disebabkan oleh curah hujan yang sangat tinggi sehingga lereng mengalami keretakan yang membuat air masuk kedalam celah-celah lereng tersebut. Peta Pulau Serasan dapat di lihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Peta pulau serasan (Sumber: Google Earth)

Upaya mengkaji permasalahan tentang sifat mekanis tanah dan batuan, analisis stabilitas lereng memiliki peranan yang sangat penting dalam ilmu geoteknik. Metode kesetimbangan batas (*limit equilibrium method*) merupakan salah satu metode untuk menganalisis kestabilan suatu lereng dengan menghitung angka keamanan lereng tersebut.

Dari kejadian longsor tersebut dan uraian di atas, maka diperlukan suatu pengamatan dan juga analisis sebagai upaya dalam mengetahui kestabilan lereng pada kondisi sesudah terjadinya longsor. dalam menganalisis kestabilan lereng tersebut, penulis menggunakan program Geo5 (*Geotechnical Software*), suatu program yang dibuat untuk menganalisis berbagai macam permasalahan yang berhubungan dengan geoteknik. Hasil dari analisis yang berupa pemodelan dan simulasi dengan menggunakan program Geo5 akan menampilkan keadaan dan perilaku dari lereng pada kondisi sesudah longsor serta dapat memberikan solusi perkuatan pada lereng yang efektif dan efisien agar dapat di implementasikan pada lokasi penelitian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stabilitas Lereng

Menurut Hardiyatmo (2002), di daerah yang memiliki kemiringan tanah, gaya gravitasi memiliki kecenderungan untuk mendorong tanah ke arah bawah. Ketika gaya gravitasi mencapai tingkat yang cukup besar sehingga melebihi kemampuan tanah untuk menahan geseran di permukaan kemiringan, maka terjadi kelongsoran lereng. Analisis kestabilan pada area dengan kemiringan tanah ini dikenal sebagai analisis kestabilan lereng. Analisis ini umumnya diterapkan dalam perencanaan berbagai infrastruktur seperti jalur kereta api, jalan raya, bandara, bendungan, pengurangan tanah, sistem saluran air, dan berbagai proyek lainnya. Biasanya, analisis kestabilan dilakukan untuk memastikan keamanan lereng alami, lereng yang digali, dan lereng yang diurug.

2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Stabilitas Lereng

Analisis kestabilan pada permukaan tanah yang condong dikenal sebagai analisis kestabilan lereng. Analisis ini biasanya dilakukan untuk mengevaluasi keamanan suatu lereng, baik itu alami, hasil galian, maupun hasil pengurangan tanah. Faktor-faktor yang memiliki dampak signifikan terhadap kestabilan lereng meliputi:

1. Kekuatan geser tanah, yang bergantung pada kemampuan butiran tanah untuk menahan atau merespons gerakan relatif, seperti yang dijelaskan oleh Das (1998). Tanah yang padat dengan interlocking dan kontak butiran yang baik memiliki kekuatan geser yang lebih tinggi daripada tanah yang longgar.
2. Geometri lereng, di mana pengaruh gravitasi dapat menyebabkan pergerakan pada lereng dengan kemiringan atau kecondongan tertentu. Semakin curam kemiringan lereng, semakin besar gaya dorong yang terjadi, yang berbanding terbalik dengan gaya penahan yang disebabkan oleh tegangan normal.
3. Tekanan air pori atau rembesan, yang dapat mengurangi tegangan efektif dan akhirnya melemahkan kekuatan geser tanah. Kadar air tanah memainkan peran kunci dalam menentukan kekuatan geser tanah di lapangan, di mana peningkatan kadar air akan menurunkan kekuatan geser. Kenaikan muka air tanah juga dapat mempengaruhi kecepatan gerakan massa tanah, khususnya ketika tanah menjadi jenuh akibat peningkatan kadar air.
4. Kondisi pembebanan dan lingkungan, di mana beban yang dikenakan pada lereng dapat berasal dari berbagai sumber seperti volume dan berat jenis tanah atau batuan itu sendiri, serta beban eksternal statis dan dinamis yang dapat meningkatkan potensi gerakan tanah. Penambahan beban eksternal seperti beban dinamis juga dapat meningkatkan risiko gerakan tanah yang tidak diinginkan.

2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Stabilitas Lereng

Menurut Bowles (1993), umumnya nilai faktor keamanan $FK \geq 1,25$ merupakan standar desain yang normal digunakan untuk

mengestimasi faktor keamanan dalam analisis stabilitas lereng. Ini menjadi penting untuk memastikan bahwa desain lereng memenuhi standar keamanan yang diperlukan dan untuk mencegah kemungkinan faktor tak terduga selama proses analisis dan konstruksi, seperti kesalahan data, kekeliruan analisis, keahlian kerja yang kurang, dan pengawasan lapangan yang tidak memadai. Duncan (2005) juga mencatat bahwa hasil dari analisis stabilitas lereng menghasilkan informasi mengenai bentuk potensial dari bidang keruntuhan serta nilai faktor keamanan yang terkait. Pada umumnya, nilai faktor keamanan $FK = 1,25$ dianggap sebagai standar desain yang cukup untuk memperkirakan faktor keamanan dalam analisis stabilitas lereng.

Hal ini diperlukan untuk menjamin keselamatan desain lereng dan untuk menghindari kemungkinan masalah yang tak terduga selama proses analisis dan pembangunan, seperti kesalahan data, kesalahan analisis, kurangnya keahlian kerja, dan kurangnya pengawasan di lapangan (Ramadhan, 2020).

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan untuk Lereng Tanah

Biaya dan konsekuensi dari kegagalan lereng	Tingkat ketidakpastian kondisi analisis	
	Rendah ^a	Tinggi ^b
Biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,25	1,5
Biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan untuk merancang lereng yang lebih konservatif	1,5	2,0 atau lebih

^aTingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan rendah, jika kondisi geologi dapat dipahami, kondisi tanah seragam, penyelidikan tanah konsisten, lengkap dan logis terhadap kondisi di lapangan.
^bTingkat ketidakpastian kondisi analisis dikategorikan tinggi, jika kondisi geologi sangat kompleks, kondisi tanah bervariasi, dan penyelidikan tanah tidak konsisten dan tidak dapat diandalkan.

Tabel 2. Rekomendasi Nilai Faktor Keamanan untuk Lereng Batuan

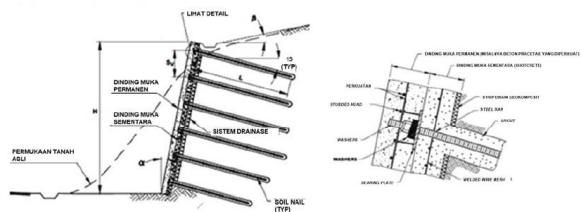
Kondisi lereng batuan	Rekomendasi nilai faktor keamanan
Kondisi Permanen	1,5
Kondisi Sementara	1,3

2.4 Soil Nailing

Soil nailing merupakan sistem penguatan lereng yang bersifat pasif, yang berarti tidak melibatkan gaya prategang (SNI 8460:2017 tentang Persyaratan perancangan geoteknik). Sistem penguatan ini terutama terdiri dari

sejumlah batang paku yang dipasang di dalam tanah melalui proses pengeboran atau penancangan, serta dinding muka yang terbuat dari beton semprot yang diperkuat (*reinforced shotcrete*) sebagai bagian dasar dari dinding muka.

Nail bar tersebut dipasang dengan sudut kemiringan mendekati horisontal. Kepala *nail bar* terhubung dengan dinding muka melalui plat penopang yang diletakkan di atas dinding muka dan dikencangkan dengan baut, sehingga tekanan tanah pada dinding muka dapat dialirkan ke *nail bar*.



Gambar 3. (a) Potongan tipikal dinding *soil nailing* dan (b) detail kepala *nail*
 (Sumber: FHWA0-IF-03-017 dalam SNI 8460:2017)

Kemiringan standar *nail bar* berkisar antara 10° hingga 20° di bawah bidang horizontal. Disarankan untuk menghindari kemiringan *nail bar* $< 10^\circ$ karena hal ini dapat menghasilkan pori (*void*) di dalam *grout*, yang akan mengurangi kapasitas tarik *nail* dan mengurangi perlindungan terhadap korosi. Sebaliknya, kemiringan *nail bar* yang terlalu besar dapat membuat *nail* menjadi kurang efektif dalam menahan gaya lateral.

Panjang tipikal *nail bar* berkisar antara $0,6H$ hingga $1,2H$, dengan H merupakan tinggi timbunan atau tinggi lereng. Biasanya jarang ditemui panjang *nail bar* $< 0,6H$ karena hal ini tidak memenuhi stabilitas terhadap sliding. Di sisi lain, hasil analisis yang menghasilkan panjang *nail bar* $> 1,2H$ menunjukkan bahwa kondisi tanah di lokasi tersebut tidak cocok atau terlalu lunak untuk penerapan *soil nailing*.

Nail bar umumnya dipasang sesuai dengan pola *grid*, dengan spasi horizontal dan vertikal biasanya memiliki ukuran yang sama. Spasi tipikal *nail* adalah 1,5 m untuk "*drilled and grouted soil nailing*" dan 1 m hingga 1,2 m untuk "*driven soil nailing*". Baris pertama *nail bar* harus dipasang tidak lebih dalam dari 1,1 m di bawah puncak dinding untuk mengurangi potensi longsor

pada tahap awal galian dan untuk mengurangi efek kantilever pada dinding. Untuk "*drilled and grout soil nailing*", diameter lubang bor biasanya berkisar antara 100 mm hingga 200 mm.

Baja tulangan yang digunakan haruslah baru, lurus, tidak rusak, dan tanpa sambungan las. Apabila terdapat sambungan, maka harus menggunakan coupler sesuai dengan standar SKh-2.7.19 *Soil Nailing*. Baja tulangan yang digunakan sebagai *nail bar* merupakan baja tulangan sirip atau ulir sesuai dengan SNI 2052:2017 untuk BJTS 420A (Grade 60) dan BJTS 520 (Grade 75) serta SNI 7730:2011 untuk Grade 150 (1034 MPa).

Berikut disampaikan persyaratan material *Nail Bar* menurut SKh-2.7.19 *Soil Nailing* seperti terlihat pada Gambar 4, 5, dan 6.

Tabel 3. Persyaratan Material *Nail Bar* BJTS 420A (Grade 60)

Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Berat Nominal (kg/m)	Beban Leleh Minimum (kN)	Minimum Elongasi
19	284	2,23	119	9%
22	387	3,04	162	8%
25	509	3,97	214	8%
29	645	5,06	271	7%
32	819	6,40	344	7%
36	1006	7,90	422	7%

Tabel 4. Persyaratan Material *Nail Bar* BJTS 520 (Grade 75)

Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Berat Nominal (kg/m)	Beban Leleh Minimum (kN)	Minimum Elongasi
19	284	2,23	147	7%
22	387	3,04	200	7%
25	509	3,97	264	7%
29	645	5,06	334	6%
32	819	6,40	424	6%
36	1006	7,90	520	6%

Tabel 5. Persyaratan Material *Nail Bar* Mutu Tinggi 1035 MPa (Grade 150)

Diameter (mm)	Luas (mm ²)	Berat Nominal (kg/m)	Beban Tarik Ultimit Minimum (kN)
32	548	4.48	567
37	806	6.53	834
41	1019	8.27	1054
51	1665	13.73	1779

2.5 Analisis Stabilitas Lereng dengan Program Geo5

Analisis stabilitas lereng tanah pada umumnya dilakukan berdasarkan pendekatan kesetimbangan batas (*limit equilibrium method / LEM*). Pada pendekatan kesetimbangan batas, lapisan tanah dimodelkan secara sederhana dan tidak dapat menampilkan tahapan konstruksi. Program Geo5 menggunakan pendekatan kesetimbangan batas dimana program Geo5 adalah perangkat lunak yang diproduksi oleh *Fine Software*, perangkat lunak ini memberikan solusi untuk hampir sebagian besar permasalahan geoteknik. Program Geo5 mengambil bagian kontribusi besar dalam dunia teknik, sangat mungkin untuk memahami teori geoteknik melalui banyak program dengan beragam solusi. Dengan software ini akan mengurangi waktu pemodelan, analisis, dan desain (Saputra dkk, 2023).



Gambar 4. Tampilan awal program Geo5

Dua metode yang dipakai dalam Penelitian ini adalah Metode Bishop dan Metode Fellenius. Metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Dalam metode ini

diasumsikan bahwa gaya-gaya normal total bekerja dipusat alas potongan dan bisa ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya pada potongan secara vertikal atau normal (Bishop, 1955).

Hardiyatmo (2002), Metode Bishop disederhanakan menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal.

Nilai faktor aman (F) terdapat pada kedua sisi dari Persamaan. Perhitungan menggunakan metode Bishop ini dilakukan dengan trial and error untuk menemukan nilai F. akan tetapi, cara ini telah terbukti menghasilkan nilai faktor aman yang mendekati hasil hitungan dengan cara lain yang lebih teliti seperti terlihat pada Persamaan 1.

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [c' b_i + (W_i - u_i b_i) \tan \varphi'] \left(\frac{1}{\cos \theta_i (1 + \tan \theta_i \tan \varphi' / F)} \right)}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (1)$$

Dimana F = faktor aman, c' = kohesi tanah efektif (KN/m²), φ' = sudut gesek dalam tanah efektif (derajat), b_i = lebar irisan ke-I (m), W_i = berat irisan tanah ke-I (KN), θ_i = sudut (derajat), u_i = tekanan air pori pada irisan ke-I (KN/m²).

Analisis stabilitas lereng cara fellinius (1927) menganggap gaya – gaya yang bekerja pada sisi kanan kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor (Hardiyatmo, 2002).

$$F = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c a_i (W_i \cos \theta_i - u_i a_i) \tan \varphi}{\sum_{i=1}^{i=n} W_i \sin \theta_i} \quad (2)$$

Dimana F = faktor aman, c = kohesi tanah (KN/m²), φ = sudut geser dalam tanah (°), a_i = Panjang lengkung lingkaran pada irisan ke-I (m), W_i = berat irisan tanah ke-I (KN), u_i = tekanan air pori pada irisan ke-I (KN/m²), θ_i = Sudut (°).

Dalam persamaan 2 di atas, metode Fellenius menghasilkan faktor keamanan yang lebih rendah dibandingkan dengan pendekatan perhitungan yang lebih rinci. Rentang nilai ini dapat bervariasi sekitar 5% hingga 40%, tergantung pada faktor keamanan, sudut pusat lingkaran yang dipilih, dan tekanan air pori yang ada. Meskipun analisis dilakukan dengan mempertimbangkan tegangan total, kesalahan masih dipengaruhi oleh faktor keamanan dan sudut pusat lingkaran (Whitman dan Baily, 1967). Pendekatan ini sering digunakan dalam praktik karena kesederhanaan perhitungan

dan kesalahan yang cenderung menuju ke arah yang lebih aman.

2.6 Hipotesis

Longsor yang terjadi di ruas Jalan Air Nusa – Pantai Sisi Kecamatan Serasan selain di akibatkan oleh curah hujan dengan intensitas yang tinggi juga di sebabkan oleh kemiringan lereng yang sangat curam. Semakin besar derajat kemiringan suatu lereng maka akan semakin besar kemungkinan lereng akan terjadi longsor. Oleh sebab itu, perlu adanya perkuatan untuk meningkatkan kestabilan lereng. Salah satu perkuatan lereng adalah menggunakan *soil nailing*. Berdasarkan dari topografi lokasi lereng yang longsor dan parameter tanahnya, *soil nailing* cocok untuk di terapkan sebagai alternatif perkuatan lereng tersebut. Dengan adanya perkuatan menggunakan *soil nailing* pada lereng pada lokasi penelitian, di harapkan dapat meningkatkan angka keamanan lereng.

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, Pemodelan lereng yang akan dilakukan analisis adalah pemodelan tanpa perkuatan dan pemodelan menggunakan perkuatan *soil nailing* dengan sudut kemiringan lereng (α) sebesar $41,63^\circ$. Pemodelan bentuk lereng pada penelitian ini menggunakan data gambar potongan melintang jalan yang diperoleh dari BPJN Kepulauan Riau. Model lereng ini kemudian akan dimasukkan kembali kedalam program Geo5, dimana didalam program tersebut akan dilakukan 2 pemodelan lagi secara terpisah yaitu pemodelan lereng tanpa perkuatan dan dengan perkuatan *Soil Nailing* untuk mencari angka keamanan dan posisi bidang gelincir. Metode analisa yang akan dilakukan yaitu Metode Bishop dan Metode Fellenius.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Parameter Tanah

Data parameter tanah didapat dari hasil laporan akhir penyelidikan tanah Kecamatan Serasan kabupaten Natuna yang telah dilaksanakan oleh BPJN Kepulauan Riau.

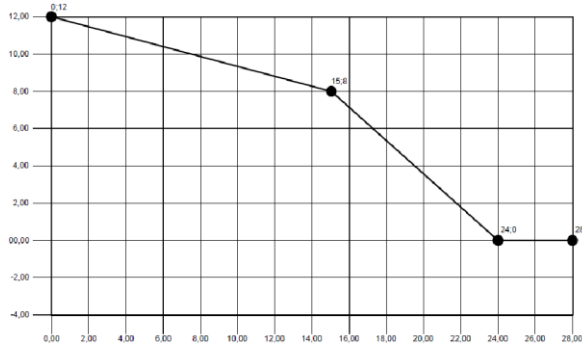
Tabel 6. Data Parameter Tanah

Parameter	Satuan	Nilai	
		Lapisan 1	Lapisan 2
Kedalaman Sampel Tanah	m	2-2,5	4-4,5
Kadar air	%	19,231	22,250
<i>Wet Density</i> (γ)	t/m ³	1,933	2,000
<i>Dry Density</i> (γ_d)	t/m ³	1,619	1,638
<i>Specific Gravity</i> (G_s)	-	2,6169	2,6162
<i>Void Ratio</i> (e)	-	0,616	0,597
<i>Porosity</i> (n)	-	0,381	0,374
<i>Degree Of Saturation</i> (S_r)	%	81,66	97,50
<i>Atterberg Limits:</i>			
<i>Liquid Limit</i> (LL)	%	50,10	51,60
<i>Plastic Limit</i> (PL)	%	13,72	11,58
<i>Plastic Index</i> (PI)	%	36,38	40,02
<i>AASHTO</i>	-	A - 7 - 6	A - 7 - 6
<i>U.S.C.S</i>	-	CH	CH
<i>Grain Size Distribution</i> (% dari berat):			
<i>Gravel</i>	%	0,00	0,00
<i>Sand</i>	%	0,00	0,00
<i>Silt</i>	%	43,70	44,90
<i>Clay</i>	%	56,30	55,10
<i>Cohesi</i> (c)	Kg/cm ²	0,66	0,66
Sudut geser dalam (ϕ)	°	5,84	5,84

4.2 Data Geometri Lereng

Data sekunder geometri lereng didapat dari Gambar DED Penanganan Longsoran di Kecamatan Serasan yang diperoleh dari BPJN

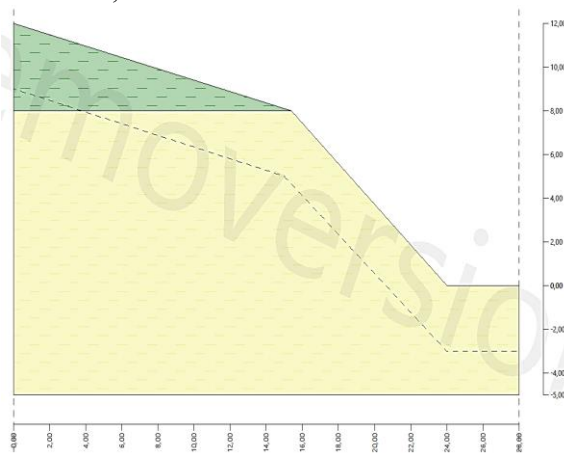
Kepulauan Riau untuk digunakan dalam pemodelan lereng pada penelitian ini. Pemodelan lereng yang digunakan adalah pada sta 10+850. Gambar tipikal geometri lereng dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5. Tipikal Geometri Lereng pada sta 10+850
 (Sumber: DED Peningkatan Jalan Air Nusa – Pantai Sisi, Kabupaten Natuna)

4.3 Pemodelan Lereng

Pemodelan lereng pada lokasi penelitian menggunakan program Geo5 2024 untuk mendapatkan nilai angka keamanan pada lereng tersebut dengan sudut kemiringan lereng (α) sebesar $41,63^\circ$.

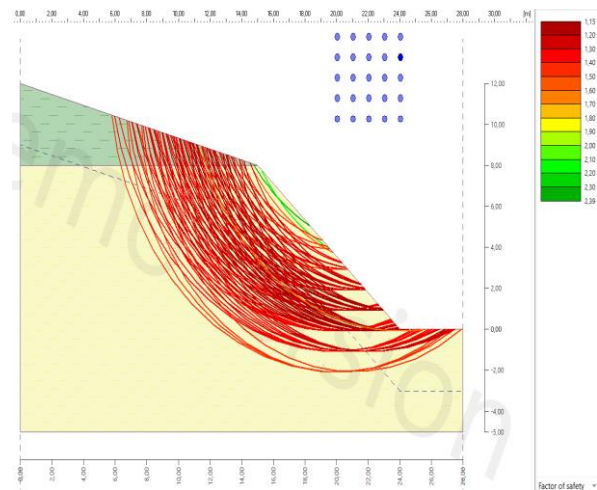


Gambar 6. Pemodelan Lereng dengan Sudut (α) $41,63^\circ$

Metode Bishop

Gambar 7 Menunjukkan hasil analisa pemodelan lereng dengan Metode Bishop tanpa perkuatan pada program Geo5 dengan memasukkan parameter tanah lapisan 1 sebagai berikut $\gamma = 19,33 \text{ KN/m}^3$, $c = 6,6$ dan $\phi = 5,84 \text{ kPa}$ dan lapisan tanah 2 sebagai berikut $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$,

$c = 6,6$ dan $\phi = 5,84 \text{ kPa}$. Hasil analisa menunjukkan bahwa pada pemodelan lereng tersebut memperoleh *safety factor* $1,15 < 1,25$ dimana lereng dinyatakan tidak aman atau labil terhadap kelongsoran. Tabel 7. memperlihatkan hasil Analisa yang dikeluarkan oleh program Geo5.



Gambar 7. Hasil Pemodelan Lereng Tanpa Perkuatan Setelah Dianalisa Metode Bishop

Tabel 7. Parameter Analisa Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan Metode Bishop

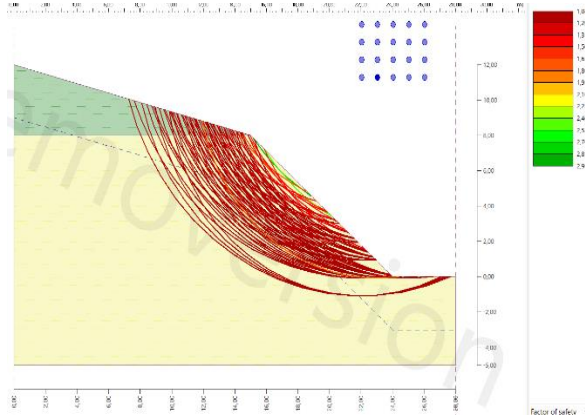
Parameter	
Method	Bishop
Factor of Safety (F_s)	1,15
Sum of Active Forces (F_a)	225,86 KN/m
Sum of Passive Forces (F_p)	250,70 KN/m
Sliding Moment (M_a)	3625,10 KNm/m
Resisting Moment (M_p)	4023,73 KNm/m

Metode Fellenius

Gambar 8. Menunjukkan hasil analisa pemodelan lereng dengan Metode Fellenius tanpa perkuatan pada program Geo5 dengan memasukkan parameter tanah lapisan 1 sebagai berikut $\gamma = 19,33 \text{ KN/m}^3$, $c = 6,6$ dan $\phi = 5,84 \text{ kPa}$ dan lapisan tanah 2 sebagai berikut $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$, $c = 6,6$ dan $\phi = 5,84 \text{ kPa}$. Hasil analisa tersebut memperoleh *safety factor* $1,04 < 1,25$ dimana

lereng dinyatakan tidak aman atau labil terhadap kelongsoran. Tabel 8. memperlihatkan hasil Analisa yang dikeluarkan oleh program Geo5.

akan dilakukan dengan 2 variasi kemiringan sudut *Nail* yaitu sudut 10° dan 20°.



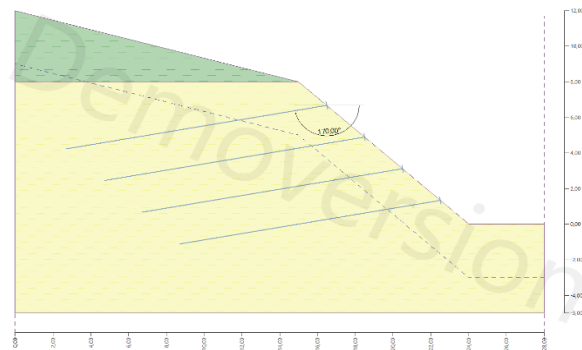
Gambar 8. Hasil Pemodelan Lereng Tanpa Perkuatan Setelah Dianalisa Metode Fellenius

Tabel 8. Parameter Analisis Stabilitas Lereng Tanpa Perkuatan Metode Fellenius

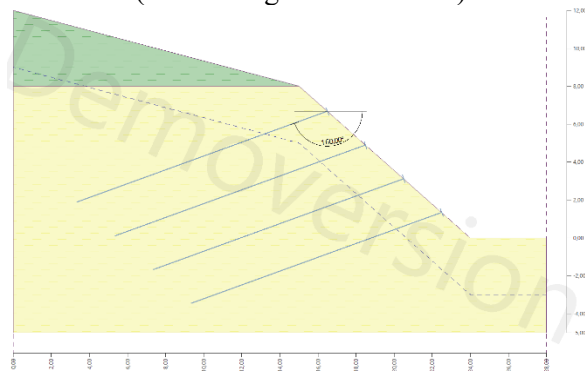
Parameter	
<i>Method</i>	Fellinius
<i>Factor of Safety (Fs)</i>	1,04
<i>Sum of Active Forces (Fa)</i>	346,32KN/m
<i>Sum of Passive Forces (Fp)</i>	359,08 KN/m
<i>Sliding Moment (Ma)</i>	3979,17 KNm/m
<i>Resisting Moment (Mp)</i>	4125,87 KNm/m

4.3 Pemodelan Lereng dengan Perkuatan Soil Nailing

Untuk meningkatkan stabilitas lereng agar tidak terjadi kelongsoran dilakukan pemodelan lereng yang ditambah dengan perkuatan *Soil Nailing*. Pemodelan lereng dengan perkuatan *soil nailing* dilakukan untuk mencari *safety factor* yang aman terhadap kelongsoran. Penggunaan nail bar mengacu pada perusahaan VSL yang memproduksi *nail bar* untuk geoteknik serta sumber teori dasar yang dianjurkan oleh SKh-2.7.19 *Soil Nailing*. Perkuatan *Soil Nailing* ini

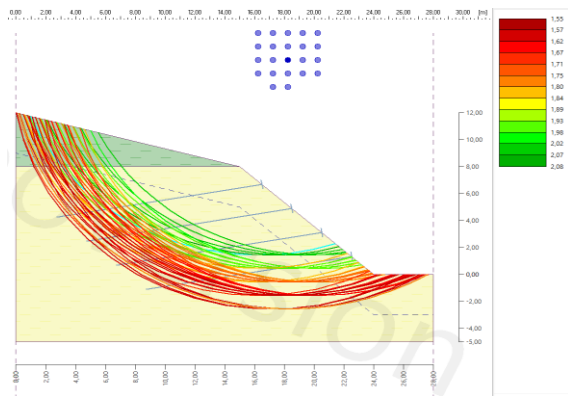


Gambar 9. Pemodelan *Soil Nailing* Sudut 10° (dalam Program Geo5 170°)



Gambar 10. Pemodelan *Soil Nailing* Sudut 10° (dalam Program Geo5 170°)

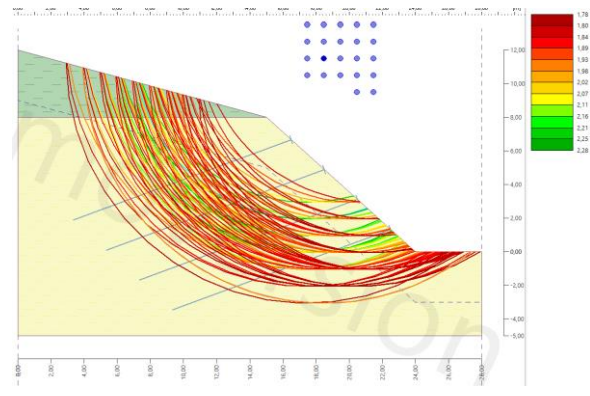
Dari hasil analisa dengan menggunakan program Geo5 dengan Metode Bishop, pemodelan lereng dengan perkuatan soil nailing dilakukan dengan menggunakan 4 buah nail bar dengan sudut 10° dengan panjang nail bar 14 meter didapatkan nilai *safety factor* sebesar 1,55 > 1,5 dimana hasil telah memenuhi standar SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik untuk kondisi permanen seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Analisa Lereng dengan *Soil Nailing* Sudut 10° Metode Bishop
 Tabel 9. Parameter Analisa Stabilitas Lereng dengan *Soil nailing* sudut 10° Metode Bishop

Parameter	
<i>Method</i>	Bishop
<i>Factor of Safety (Fs)</i>	1,55
<i>Sum of Active Forces (Fa)</i>	1200,07 KN/m
<i>Sum of Passive Forces (Fp)</i>	1956,39 KN/m
<i>Sliding Moment (Ma)</i>	21349,28 KNm/m
<i>Resisting Moment (Mp)</i>	34804,26 KNm/m

Sedangkan terlihat pada Gambar 12. pemodelan lereng dilakukan dengan menggunakan 4 batang *nail bar* dengan sudut kemiringan 20° dan panjang nail bar 14 meter didapatkan nilai *safety factor* sebesar 1,78 > 1,5 dimana telah memenuhi standar SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik untuk kondisi permanen. Pada pemodelan dengan sudut 20° nilai *safety factor* yang lebih baik dikarenakan *nail* yang terpasang telah memotong bidang longsor yang terjadi. Ini menyebabkan bidang longsor dapat ditahan oleh nailing tersebut.

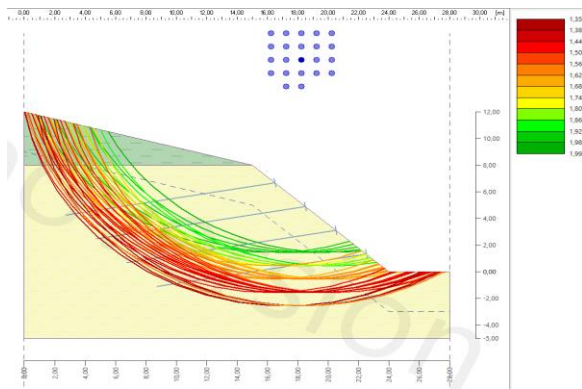


Gambar 12. Hasil Analisa Lereng dengan *Soil Nailing* Sudut 20° Metode Bishop

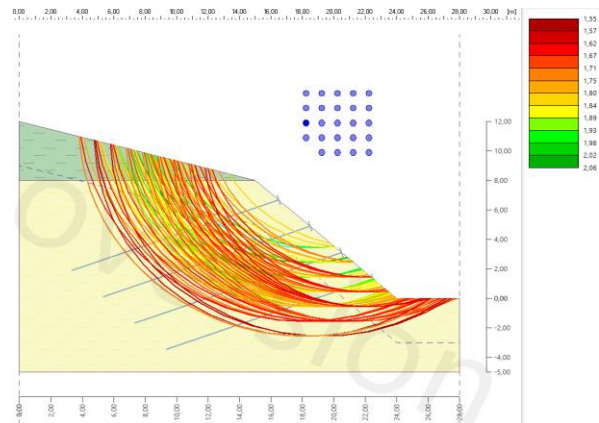
Tabel 10. Parameter Analisa Stabilitas Lereng dengan *Soil nailing* sudut 20° Metode Bishop

Parameter	
<i>Method</i>	Bishop
<i>Factor of Safety (Fs)</i>	1,78
<i>Sum of Active Forces (Fa)</i>	1228,22 KN/m
<i>Sum of Passive Forces (Fp)</i>	2225,47 KN/m
<i>Sliding Moment (Ma)</i>	21063,94 KNm/m
<i>Resisting Moment (Mp)</i>	38166,80 KNm/m

Hasil analisa dengan menggunakan program Geo5 dengan Metode Fellinius, pemodelan lereng dengan perkuatan *soil nailing* dilakukan dengan menggunakan 4 buah *nail bar* dengan sudut 10° dengan panjang nail bar 14 meter didapatkan nilai *safety factor* sebesar 1,35 > 1,5 dimana hasil tidak memenuhi standar SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik untuk kondisi permanen seperti terlihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil Analisa Lereng dengan *Soil Nailing* Sudut 10° Metode Fellenius



Gambar 12. Hasil Analisa Lereng dengan *Soil Nailing* Sudut 20° Metode Fellenius

Tabel 11. Parameter Analisa Stabilitas Lereng dengan *Soil nailing* sudut 10° Metode Fellinius

Parameter	
Method	Fellinius
<i>Factor of Safety (Fs)</i>	1,35
<i>Sum of Active Forces (Fa)</i>	1224,93 KN/m
<i>Sum of Passive Forces (Fp)</i>	1669,91 KN/m
<i>Sliding Moment (Ma)</i>	21105,60 KNm/m
<i>Resisting Moment (Mp)</i>	28772,62 KNm/m

Tabel 12. Parameter Analisa Stabilitas Lereng dengan *Soil nailing* sudut 20° Metode Fellinius

Parameter	
Method	Fellinius
<i>Factor of Safety (Fs)</i>	1,55
<i>Sum of Active Forces (Fa)</i>	1255,52 KN/m
<i>Sum of Passive Forces (Fp)</i>	1889,72 KN/m
<i>Sliding Moment (Ma)</i>	20578,04 KNm/m
<i>Resisting Moment (Mp)</i>	30972,43 KNm/m

Sedangkan terlihat pada Gambar 12. pemodelan lereng dilakukan dengan menggunakan 4 batang nail bar dengan sudut kemiringan 20° dan panjang *nail bar* 14 meter didapatkan nilai *safety factor* sebesar 1,55 > 1,5 dimana telah memenuhi standar SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik untuk kondisi permanen. Pemodelan dengan sudut kemiringan nail bar 20° menghasilkan nilai *safety factor* yang lebih baik.

4.4 *Safety Factor* pada Pemodelan Lereng

Perbandingan nilai *safety factor* yang telah dianalisa dengan 2 metode dan 2 variasi sudut kemiringan *nail bar* yaitu 10° dan 20°. Hasil nilai *safety factor* dapat di lihat pada Tabel 13. dibawah ini :

Tabel 13. Perbandingan Nilai *Safety Factor*

Metode	Tanpa Perkuatan	Soil Nailing	
		Sudut 10°	Sudut 20°
Bishop	1,1	1,55	1,78
Fellinius	1,04	1,35	1,55

5. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Kestabilan lereng pada Ruas jalan air nusa – pantai sisi di Kecamatan Serasan Kabupaten Natuna di STA 10 + 850 yang tanpa perkuatan memiliki angka keamanan sebesar 1,15 dengan metode Bishop dan 1,04 dengan metode Fellinius

menggunakan program Geo5, sehingga lereng tersebut masuk dalam kategori tidak aman dari bahaya longsor jika mengacu pada SNI 8460:2017 tentang Persyaratan perancangan geoteknik yaitu angka keamanan lereng $> 1,25$. Penambahan perkuatan lereng diperlukan untuk meningkatkan kestabilan lereng tersebut.

Penambahan perkuatan dengan *soil nailing* meningkatkan nilai angka keamanan lereng sebesar 1,78 dengan metode Bishop dan 1,55 dengan metode Fellinius menggunakan program Geo5. Mengacu pada SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik yaitu angka keamanan lereng $> 1,5$, lereng dengan perkuatan soil nailing masuk dalam kategori aman karena angka faktor keamanan $> 1,5$. Dengan adanya penambahan perkuatan menggunakan *soil nailing* pada lereng ini dapat meningkatkan kestabilan lereng tersebut dari bahaya longsor.

- [8] Indonesia, S. N. (2017). Persyaratan perancangan geoteknik. SNI, 8460, 2017

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Kepulauan Riau (2023), “DED Longsoran Serasan”, Batam.
- [2] Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Kepulauan Riau (2023), “Laporan Akhir Penyelidikan Tanah Longsoran Serasan”, Batam.
- [3] Balai Pelaksanaan Jalan Nasional Kepulauan Riau (2023), “Laporan Longsoran Serasan”, Batam.
- [4] Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah II, Edisi 3. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.
- [5] Hardiyatmo, H. C. (2002). Mekanika Tanah II, Edisi 3. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka.
- [6] Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat., Direktorat Jenderal Bina Marga (2022). “Spesifikasi Khusus Interim”, Soil Nailing SKh-2.7.19. Jakarta.
- [7] Saputra, A., Purwanto, E., & Fauziah, M. (2023). Alternatif Desain Perkerasan Jalan dan Perkuatan Lereng Longsor. *Rekayasa Sipil*, 17(2), 192-198.