



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 15252-15258

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Model Perkuatan *Soil Nailing* pada Bendungan Rotiklot

Welem MWL Daga, Joko Suparmanto, Matelda Mauta, Meypin Lenggu

Politeknik Negeri Kupang

welem.mwl.daga@gmail.com

Abstrak

Lereng merupakan permukaan bumi yang memiliki sudut kemiringan tertentu terhadap bidang horizontal. Lereng dapat terbentuk secara alami akibat proses geologi seperti pelapukan, erosi, dan aktivitas tektonik, maupun terbentuk karena campur tangan manusia, misalnya pada kegiatan konstruksi. Menurut Rahma et al. (2019), kestabilan lereng dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal, seperti curah hujan dan aliran air tanah yang dapat menurunkan kekuatan geser tanah sehingga memicu terjadinya longsor. Imbar et al. (2019) menyatakan bahwa dampak longsor tidak hanya merusak fasilitas pribadi, fasilitas umum, dan lahan di sekitarnya, tetapi juga dapat mengganggu aktivitas ekonomi dan pembangunan, bahkan berpotensi menimbulkan korban jiwa. Salah satu kasus longsor terjadi pada lereng di area Bendungan Rotiklot, khususnya di belakang rumah dinas, akibat siklon Seroja pada tahun 2021. Oleh karena itu, diperlukan analisis stabilitas lereng untuk mengetahui tingkat keamanan lereng tersebut. Upaya peningkatan stabilitas lereng dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya adalah perkuatan soil nailing. Soil nailing merupakan teknik perbaikan tanah dengan memasukkan elemen perkuatan seperti batang baja, bambu, atau mini pile ke dalam tanah. Penelitian ini menggunakan pendekatan teoritis dengan pemodelan pada program GeoSlope menggunakan metode Bishop yang disederhanakan. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi eksisting memiliki faktor keamanan sebesar 1,254 (<1,5) yang tergolong tidak aman. Setelah dilakukan perkuatan soil nailing dengan sudut pemasangan 20°, faktor keamanan meningkat menjadi 1,594 (>1,5), sehingga kondisi lereng dinyatakan aman dan sudut tersebut menjadi yang paling efektif.

Kata kunci : Lereng, Stabilitas Lereng, Soil Nailing

1. Latar Belakang

Bendungan Rotiklot adalah salah satu bendungan di Nusa Tenggara Timur yang telah selesai di bangun pada tahun 2018 silam. Bendungan ini terletak di Desa Fatukety, Kecamatan Kakuluk Mesak, Kabupaten Belu. Pada area sekitar Bendungan tersebut terdapat lereng-lereng yang terbentuk secara alami maupun akibat campur tangan manusia. Salah satunya adalah lereng di bagian kanan bendungan tepatnya di belakang rumah dinas yang terbentuk dengan campur tangan manusia saat proses pembangunan Bendungan Rotiklot. Namun, karena siklon Seroja yang terjadi pada tahun 2021 lalu mengakibatkan lereng menjadi tidak stabil dan terjadilah longsoran pada lereng tersebut.

Upaya untuk menjaga stabilitas lereng dari kelongsoran pada daerah dengan daya dukung tanah yang kurang baik, maka harus dilakukan suatu sistem perkuatan tanah. Kelongsoran suatu tanah dapat diartikan sebagai akibat dari peningkatan tegangan geser tanah atau menurunnya kekuatan geser suatu massa tanah. Kekuatan geser dari massa suatu tanah tidak mampu untuk memikul beban kerja yang terjadi di atasnya.

Berdasarkan kajian penanganan longsoran terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menanggulangi potensi longsoran pada lereng yang salah satunya adalah dengan menggunakan “paku tanah” (Soil Nailing).

Analisis kestabilan lereng pada umumnya berdasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (limit plastic equilibrium) (Hardiyatmo, 2010). Kelongsoran lereng terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi.

Soil nailing merupakan salah satu metode perkuatan yang lebih ekonomis, cepat, tidak memerlukan alat besar serta area kerja yang luas dan bertujuan untuk memberi kestabilan pada lereng dengan sudut kemiringan 10° hingga 20°

dari bidang horizontal (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2022). Soil nailing juga terbukti mampu menahan tanah dari kemungkinan longsor pada kondisi ekstrem air tanah jenuh (Riogilang, dkk, 2014). Beberapa faktor mempengaruhi nilai Safety Factor pada pemodelan Soil nailing seperti perbandingan lurus SF dengan sudut inklinasi nail bar dan panjang nail bar (Imbar, dkk, 2019) serta jumlah nail bar dengan jumlah barisnya (Budiharjo, dkk, 2020). Komponen soil nailing terdiri atas kepala nail bar yang tersambung dengan penutup muka (facing), perantara pelat penumpu (bearing plate), dan mur pengunci (hex nut) yang berfungsi agar tekanan tanah dapat ditransfer ke nail bar. Nail bar atau steel bar dapat berupa baja tulangan diameter minimal 25 mm dengan kuat tarik izin 90% kuat leleh minimum. Nail bar terproteksi dari potensi korosi dalam tanah berupa cat epoksi atau lapisan galvanis.

Pada penelitian ini dilakukan pemodelan soil nailing pada lereng dengan panjang nail, jarak nail, dan ukuran diameter nail yang divariasikan dengan sudut nail dan terhadap nilai faktor keamanan (SF) pada lereng. Pengamatan ini dianalisis menggunakan program Geoslope dan dibandingkan dengan perhitungan manual menggunakan Metode Bishop pada lereng eksisting dan dengan perkuatan pada lereng dikarenakan penentuan bidang gelincir adalah sama yaitu berbentuk lingkaran. tersambung dengan penutup muka (facing), perantara pelat penumpu (bearing plate), dan mur pengunci (hex nut) yang berfungsi agar tekanan tanah dapat ditransfer ke nail bar. Nail bar atau steel bar dapat berupa baja tulangan diameter minimal 25 mm dengan kuat tarik izin 90% kuat leleh minimum. Nail bar terproteksi dari potensi korosi dalam tanah berupa cat epoksi atau lapisan galvanis.

Safety Factor (SF) sama dengan 1 maka lereng dalam keadaan akan longsor. Biasanya, $SF = 1,50$ untuk angka keamanan terhadap kekuatan geser yang dapat diterima untuk merencanakan suatu stabilitas lereng (SKBI-2.3.06, 1987).

Parameter yang digunakan menyangkut hasil pengujian dengan harga batas atau sisa dengan mempertimbangkan ketelitiannya. Pada saat ini banyak metode stabilitas lereng yang umum di gunakan antara lain ground anchors (Chusyaheri, 2020), geogrid (Fajarini et al., 2023), geotextile (Murti, 2023), shotcrete (Putro, 2023) dan soil nailing (Mandagi et al., 2023).

Soil nailing adalah suatu metode perbaikan tanah asli yang pertama kali diaplikasikan sebagai perkuatan untuk sebuah dinding penahan tanah di Perancis (1961). yang mengkombinasikan perkuatan pasif dari batangan baja dan adukan beton (shotcrete). SNI 8460:2017 mendefinisikan Soil Nailing sebagai sistem perkuatan tanah yang terdiri atas sejumlah nail bar yang dipasang ke dalam tanah dengan cara ditekan/dipancang ataupun dibor, dan dinding muka berupa beton semprot yang diperkuat (reinforced shotcrete) sebagai komponen dasar dinding muka. Nilai stabilitas lereng, penelitian ini mengacu pada SNI 8460:2017.

Di sisi lain, soil nailing memberikan alternatif yang bisa dilakukan dilihat dari sisi kemungkinan pelaksanaan, biaya pembuatan, dan lamanya waktu pengerjaan jika dibandingkan dengan sistem perkuatan lereng yang lain (Hardiyatmo, 2020). Saat ini, soil nailing sering dipilih sebagai perkuatan lereng karena dianggap sebagai metode perkuatan lereng yang paling efektif karena teknik konstruksi yang cepat dan minim biaya (Prabowo dan Jatmika, 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Achmad dan Kawanda, 2022 menunjukkan hasil perhitungan menggunakan bantuan program Geo5 dengan perkuatan Soil Nailing pada metode Bishop, Fellenius, Janbu menghasilkan nilai faktor keamanan dengan nilai >1.5 yang memenuhi standar SNI 8460:2017.

2. Metode Penelitian

Lokasi penelitian berada di lereng area Bendungan Rotiklot yang terletak di Desa Fatuketi, Kecamatan Kakuluk Mesak, Kabupaten Belu, Nusa Tenggara Timur. Secara geografis, Bendungan Rotiklot terletak di $09^{\circ}04'20''$ lintang selatan dan $124^{\circ}50'11''$ bujur timur dan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Lokasi Penelitian Bendungan Rotiklot Kabupaten Belu

Metode Pengumpulan Data

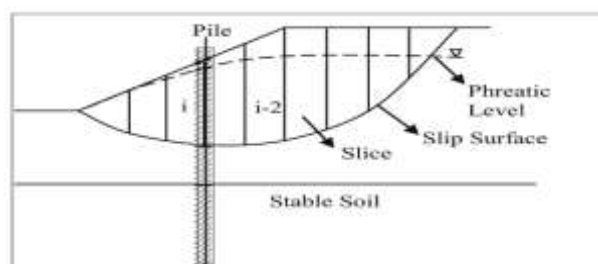
Penanganan sampel hasil bor dilakukan dengan sedapat mungkin mendapatkan sampel tidak terganggu (UDS) yaitu dengan menjaganya pada tabung sampel yang disiapkan dari pipa PVC berdiameter 3 inchi dan berpenutup sehingga kedap air. Selama masa pengeboran tabung-tabung tersusun dalam kotak sampel yang dibuat dari balok kayu dan triplex yang cukup dengan keterangan kedalaman untuk masing-masing kedalaman sampel. 1 (satu) kotak sampel dipersiapkan untuk 5 meter kedalaman sampel bor. Setelah selesai boring maka secepatnya sampel-sampel tersebut diantarkan ke laboratorium pengujian tanah Politeknik Negeri Kupang.

Jumlah sample uji laboratorium yaitu sebanyak jumlah lapisan tanah pada 1 titik bor dari hasil bor-log, dengan parameter uji dititikberatkan pada Uji Kuat Geser Tanah, Uji Berat Isi Tanah, Uji Gradasi Butiran dan Uji Permeabilitas Tanah dan Kadar Air. Tiap uji minimal dilakukan secara Duplo (2 sampel) dan untuk uji tertentu dapat dilakukan sebanyak 3 kali pengujian.

Survey ukur tanah dilakukan untuk mendapatkan kontur dan topografi lereng menggunakan pengukuran dengan Total Station Digital sehingga untuk pengembangan penelitian berupa pemodelan lereng 3D dapat diinput dari hasil pengukuran tersebut. Cakupan area pengukuran dilakukan sepanjang area lereng dan topografi kontur dapat dibuat pada skala 0,5 meter. Penggunaan patok dan titik BenchMark (BM) pada area pengukuran menggunakan patok kayu dan di cat sehingga penelusuran titik pengukuran tidak bergeser dan mudah ditemukan.

3. Hasil dan Diskusi

Analisis data stabilitas lereng akan dimodelkan pada model komputasi Geoslope dengan perkuatan borepile yang didasarkan pada analisis kesetimbangan batas (Zeng dan Liang, 2002).



Gambar 2. Potongan melintang lereng dengan perkuatan

Data-data yang telah terkumpul kemudian dianalisa sehingga konstruksi yang direncanakan sesuai dengan kebutuhan dan dapat dilaksanakan. Analisa yang dilakukan adalah:

Analisa data tanah

Dari data tanah yang diperoleh diketahui sifat fisis tanah diantaranya analisa saringan, berat jenis tanah, kadar air, batas cair dan batas plastis serta sifat mekanis tanah diantaranya kuat geser tanah dan bor SPT (Standard

Penetration Test). Hal ini berkaitan dengan keamanan struktur yang akan direncanakan, sehingga tanah pada lokasi penelitian harus memiliki daya dukung yang memadai.

Berikut adalah data-data yang didapatkan dari penelitian di laboratorium maupun instansi yang meneliti lereng lokasi penelitian

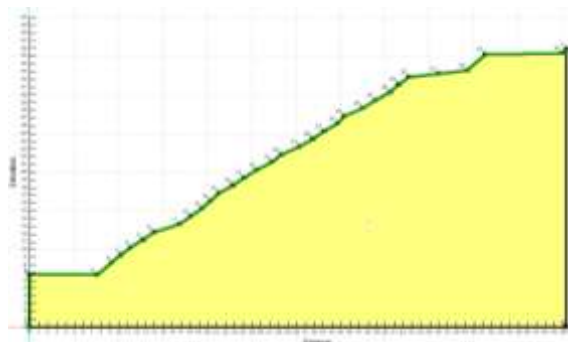
- Berat isi tanah basah (γ_s) = 1.645 gr/cm³
= 16.137 kN/m³
- Kohesi (c) = 0.230 gr/cm³
= 35.81 Kpa
- Sudut Geser Dalam (φ) = 20.52 °
 - Tinggi Lereng = 29.12 m
 - Kemiringan Lereng = 33 °

Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng dengan Geostudio yang dipakai dalam penelitian adalah analisis secara 2 dimensi, dimana terdapat beberapa tahap pelaksanaan yang dilakukan, yaitu:

1. Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Eksisting

Pemodelan geometri lereng ada beberapa cara salah satu nya menginput lereng yang telah di buat sebelumnya pada aplikasi *autocad*



Gambar 4. Input Material Tanah Pada Lereng



Gambar 5. Hasil Analisis Stabilitas Lereng Kondisi Eksisting

2. Analisis Stabilitas Lereng Setelah Di Buat Pemodelan Trap

Langkah penyelesaian dilakukan seperti pada kondisi eksisting dengan menginput model geometri, paramater lapisan tanah dan selanjutnya dilakukan kalkulasi/running program Geostudio untuk memperoleh hasil seperti gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengecekan Stabilitas lereng dengan kondisi dibuat trap

3. Analisis Stabilitas Lereng Setelah Di Beri Perkuatan Soil nailing

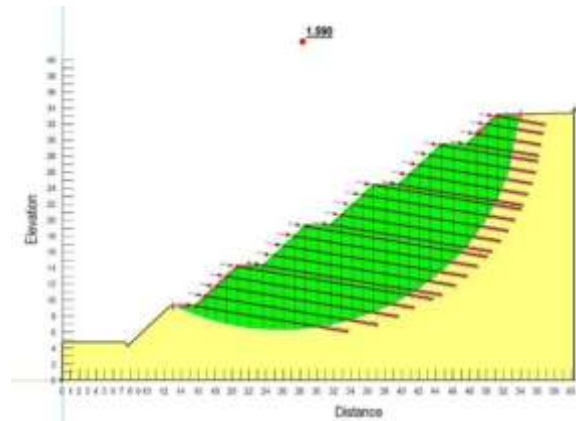
Analisis ini di beri perkuatan soil nailing dengan menggunakan baja ulir D25, jarak spasi antar nail 1,5 meter serta kemiringan sudut mulai dari 10° , 20° , 30° serta panjang nail yang bervariasi mengikuti bidang gelincir. Berikut adalah hasil analisis stabilitas lereng yang telah di beri perkuatan soil nailing dimodelkan sebagai berikut :



Gambar 7. Input pemodelan Stabilitas lereng dengan kondisi perkuatan Soil Nailing

a. Pemasangan *nail* sudut 10°

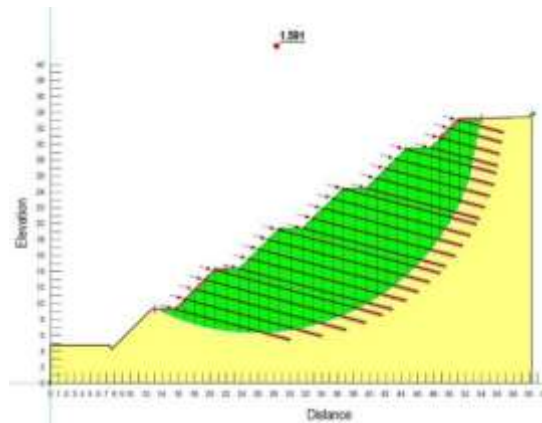
Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng setelah di beri perkuatan *nail* dengan kemiringan *nail* sebesar 10° menghasilkan nilai *safety factor* sebesar **1,590** dapat di lihat pada gambar berikut :



Gambar 8. Hasil pemodelan dengan kondisi perkuatan Soil Nailing sudut 10°

b. Pemasangan *nail* sudut 15°

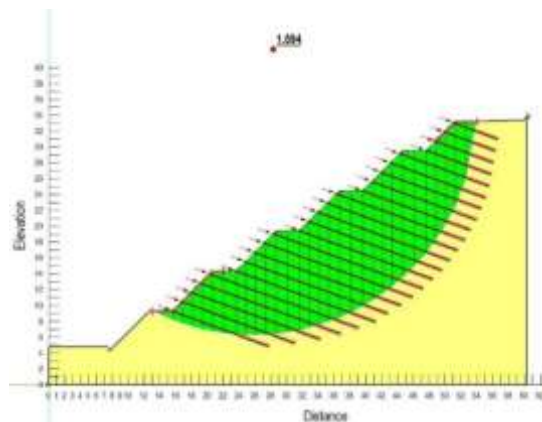
Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng setelah di beri perkuatan *nail* dengan kemiringan *nail* sebesar 15° menghasilkan nilai *safety factor* sebesar **1,591** dapat di lihat pada gambar berikut.



Gambar 9. Hasil pemodelan dengan kondisi perkuatan Soil Nailing sudut 15°

c. Pemasangan *nail* sudut 20°

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng setelah di beri perkuatan *nail* dengan kemiringan *nail* sebesar 20° menghasilkan nilai *safety factor* sebesar **1,594** dapat di lihat pada gambar berikut



Gambar 10. Hasil pemodelan dengan kondisi perkuatan Soil Nailing sudut 20°

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa: 1). Dari hasil analisis stabilitas lereng yang telah dilakukan tidak terdapat perbedaan yang cukup signifikan antara kondisi eksisting dan setelah di beri trap. Dimana nilai SF pada kondisi eksisting sebesar 1,254 dan setelah di beri trap nilai SF hanya naik menjadi 1,292. Nilai SF dari hasil kedua analisis tersebut masih <1,5 sehingga di perlukan perkuatan soil nailing untuk menstabilkan lereng tersebut, 2). Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng setelah di beri perkuatan soil nailing dengan berbagai variasi kemiringan, terdapat perubahan dimana nilai SF > 1,50. Pada kemiringan 10° nilai safety factor sebesar 1,590, pada kemiringan 15° nilai SF sebesar 1,591, dan pada kemiringan 20° nilai SF sebesar 1,594, 3). Pemasangan nail dengan sudut 20° dianggap sebagai sudut pemasangan paling efektif apabila di dibandingkan dengan sudut lainnya. Hal ini dikarenakan sudut 20° memiliki nilai SF yang paling besar apabila dibandingkan dengan yang lainnya. Saran: Diperlukan penelitian lanjutan berupa Penelitian selanjutnya diperlukan analisis menggunakan program geoteknik lain seperti Plaxis 2D ataupun 3D untuk mengetahui lebih jelas kestabilan lereng tanpa perkuatan.

Referensi

1. Anderson, M.G., Richard K.S. 1987. Slope Stability, Geotechnical Engineering and Geomorphology. John Wiley and Sons.
2. Amin, F. N., Kusuma Artati, H., Amalina, A. N., & Artati, H. K. (2023). Pemodelan lereng timbunan dengan perkuatan geosintetik menggunakan metode kesetimbangan batas. *Proceeding Civil Engineering Research Forum*, 3(1), 279–289.
3. A.N. Standyanto, Andika P., & D. Prayitno (2023). Stabilisasi Lereng dengan Aplikasi Soil Nailing pada Area Galian Dalam dan Kemiringan Curam. *Jurnal Jalan-Jembatan*, Volume 40 No. 2.
4. Bowles, J.E. 1989. Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Terjemahan. Erlangga. Jakarta.
5. Das, B.M. 1995. Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jilid I. Terjemahan. Erlangga, Jakarta.
6. Fredlund, D.G., dan Rahardjo, H. (1993). Soil Mechanics for Unsaturated Soils. John Wiley & Sons.
7. Hardiyatmo, H.C., 2006. Mekanika Tanah II. Edisi Keempat, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
8. Hardiyatmo, H.C., 2007. Pemeliharaan Jalan Raya, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
9. Hardiyatmo, H.C., 2012. Mekanika Tanah II. Edisi Kelima, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
10. Herianto. 1983. Analisa Kestabilan Lereng. Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. 49 hal.
11. Imbar, E. R. B., Mandagi, A. T., & Rondonuwu, S. G. (2019). Analisis Stabilitas Lereng Dengan Perkuatan Soil nailing Menggunakan Program Slope/W Dan Geostructural. *Jurnal Tekno*, 17(72), 59–64.
12. Lambe, T. W. and Whitman, R. V. 1969, Soil Mechanics, John Willey and Son, Inc., New York
13. Lazarte, C.A., Elias, V., Espinoza, R.D., and Sabatini, P.J. (2003). "Soil Nail Walls," Geotechnical Engineering Circular, Federal Highway Administration, Washington, DC
14. Rahma, R. A., Jamal, M., Sutanto, H., & Rahma, R. A. (2019). Analisis Stabilitas Lereng pada Ruas Jalan Samarinda - Balikpapan KM.24 Dengan Alternatif Perkuatan Dinding Bronjong dan Geotekstil. *Teknologi Sipil*, 3, 19–27.
15. Sumber daya, D. E. (2005). Pengenalan Gerakan Tanah. Esdm. https://www.esdm.go.id/assets/media/content/Pengenalan_Gerakan_Tanah.pdf
16. Yudianto, A. M., Lastiasih, Y., Taufik, R., & Ismawanto, I. (2022). Analisis Deformasi Lereng Dengan Perkuatan Soil nailing Pada Proyek Pembangunan Jalan Baru Batas Kota Singaraja - Mengwitani. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 20(1), 59. <https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v20i1.11569>