

PROSIDING

KoNTeKs . 15

Konferensi Nasional Teknik Sipil Ke-15

THE CONSTRUCTION INDUSTRY RECOVER,
REBUILD & RENEW IN THE PANDEMIC ERA



EDITOR: HERMAWAN

A BLENDED CONFERENCE
GEDUNG HENRICUS CONSTANT UNIKA SOEGIJAPRANATA SEMARANG
SEMARANG, 21 - 22 OKTOBER 2021

ISBN: 978-623-7635-91-8



GT – 01

ANALISIS ANCAMAN GERAKAN TANAH DAN KERUSAKAN LINGKUNGAN PADA PEMBANGUNAN INFRASTRUKTUR *SHORTCUT*

I Nengah Sinartha¹, Putu Ika Wahyuni², A.A Istri Wahyu Mahendrayani³

^{1,2}Magister Rekayasa Infrastruktur dan Lingkungan,
Universitas Warmadewa, Jl. Terompong 24 Denpasar
Email: inengahsinartha@gmail.com

³Program Studi Sipil, Universitas Warmadewa, Jl. Terompong 24
Denpasar
Email: agungtik955@gmail.com

ABSTRAK

Penerapan regulasi tata ruang dan lingkungan hidup diharapkan untuk mengurangi kerusakan lingkungan dan kualitas tata ruang akibat pembangunan infrastruktur masih belum memenuhi harapan karena alasan ekonomi dan kenyamanan lebih utama daripada dampak kerusakan lingkungan yang akan terjadi. Pemotongan lereng pada pembangunan *shortcut* menyebabkan lereng menjadi tidak stabil sehingga berpotensi bencana seperti gerakan tanah dan kerusakan drainase alami, serta penyalahgunaan tata ruang yang awalnya kawasan lindung menjadi berpenghuni. Kajian kerusakan lingkungan dengan pengamatan dan analisis daya dukung lingkungan pada daerah penelitian untuk mendapatkan dampak awal yang akan terjadi. Analisis kestabilan lereng dilakukan untuk menentukan faktor aman pada kondisi *existing* dan selanjutnya dengan pada saat pemotongan lereng dilakukan. Data bor selanjutnya dianalisis numerik dibantu dengan *software* GeoStudio untuk mendapatkan angka aman, selanjutnya penentuan metode pencegahan yang cocok. Kerusakan lingkungan nampak secara visual terutama kerusakan vegetasi dan topografi sehingga mempengaruhi kemampuan alami tanah dalam melakukan infiltrasi atau mendrainase air hujan, sehingga mempengaruhi kestabilan lereng. Analisis *existing* lereng menunjukkan angka aman 1,284, selanjutnya akibat pemotongan lereng angka aman menjadi 0,720. Penggunaan soil nailing menjadi metode pencegahan potensi gerakan tanah dengan jarak spasi vertikal sebesar 1.5 m, dan jarak spasi horizontal sebesar 1.5 m. dengan mutu baja $F_y = 420$ MPa, diameter 19 mm dan panjang 26 m, bearing plate persegi 200 mm x 200 mm.

Kata kunci: Infrastruktur *Shortcut*, Kerusakan lingkungan, Gerakan tanah, Infiltrasi, *Soil Nailing*

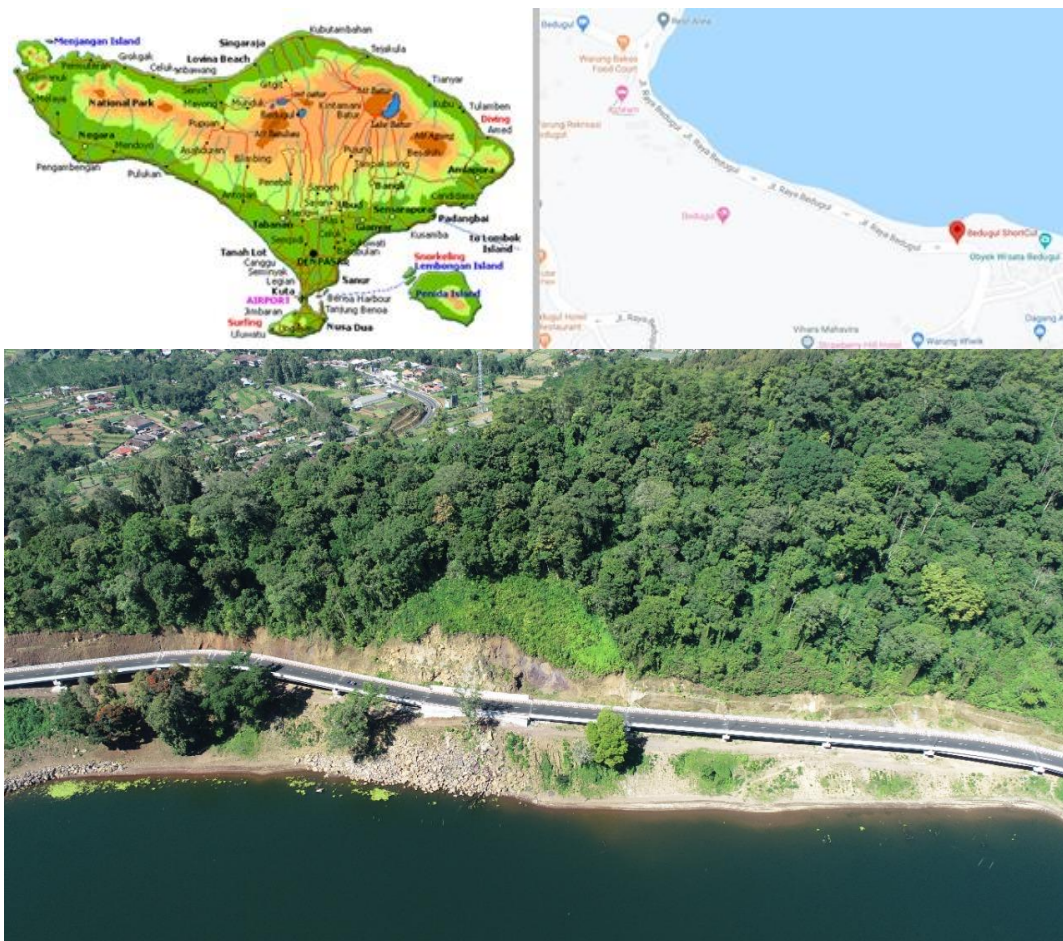
1. PENDAHULUAN

Penataan ruang menjadi kebijakan nasional ditetapkan berdasarkan Undang-undang Nomor 24 Tahun 1992 diperbaharui dengan Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007 (Menteri Hukum Dan Hak Asasi Manusia & Republik Indonesia, 2007), selanjutnya berpedoman pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007 tentang Pedoman Penataan Ruang Kawasan Rawan Bencana Longsor (Departemen Pekerjaan Umum, 2007), dengan berbagai regulasi tersebut diharapkan mewujudkan kualitas tata ruang nasional yang semakin baik, dimana dalam penataan ruang dan pembangunan infrastruktur harus memenuhi kriteria; aman, nyaman, produktif dan berkelanjutan. Indikasi kerusakan lingkungan karena adanya penurunan kualitas dan daya dukung lingkungan akibat pembangunan infrastruktur dan aktifitas manusia karena penyalahgunaan tata ruang (Kodoatie, 2003). Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan ternyata setelah berlakunya kebijakan tersebut, kerusakan lingkungan dan kualitas tata ruang masih belum memenuhi harapan dan cenderung merusak lingkungan akibat dari alasan ekonomi dan kenyamanan sebuah infrastruktur harus dibangun. Kerusakan lingkungan menyebabkan terjadinya perubahan tekstur permukaan tanah pada lereng yang berkaitan infiltrasi air hujan ke dalam tanah sehingga berpotensi terjadi gerakan tanah dimana dalam analisis spasial akibat intensitas hujan dan infiltrasi menunjukkan bahwa: (1) Intensitas hujan 48,2–49,1 mm/hari (9–13 hari), nilai SF = 2,65–1,82 (ancaman rendah); (2) Intensitas hujan 87,32–92,27 mm/hari (6 – 7 hari), SF = 2,13–1,39 (ancaman sedang); (3) Intensitas hujan 155,375–210,114 mm/hari (6 hari), SF = 1,79–1,03 (ancaman tinggi) (Sinartha et al., 2020). Infiltrasi menyebabkan perubahan tingkat kejenuhan tanah dimana nilai derajat kejenuhan (S_r) pada kondisi initial yaitu 40% maka massa

tanah berkurang sebagian besar pori-pori tanah akan terisi udara yang menyebabkan ikatan butiran tanah berkurang serta kekuatan geser tanah menjadi menurun, Seiring dengan hisap air akibat adanya hujan kejenuhan tanah meningkat demikian juga bahwa kuat geser tanah meningkat pada kejenuhan tertentu, pada penelitian ini pada derajat kejenuhan 56% dan selanjutnya kuat geser tanah mengalami penurunan sampai 37,62° dengan derajat kejenuhan 78,46%.(Sinarta et al., 2021).

Pembangunan infrastruktur transportasi dengan alasan untuk meningkatkan ekonomi daerah atau memperpendek waktu jangkau berisiko menimbulkan kerusakan lingkungan khususnya sistem drainase alam sehingga menimbulkan bahaya longsor (Sinarta & Basoka, 2019). Pemberlakuan kebijakan nasional penataan ruang, diharapkan tidak ada lagi tata ruang wilayah yang tidak direncanakan pada daerah rawan bencana dimana pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang perlu dilakukan. Oleh karena itu, untuk mengurangi kerusakan lingkungan tetapi pemanfaatan ruang tetap terlaksana perlu dilakukan kajian terhadap kerusakan lingkungan khususnya ancaman terhadap bahaya longsor serta metode penanganannya yang tidak merusak dan situasi alami tetap terjaga. Metode *soil nailing* merupakan solusi potensial dari masalah longsor karena ekonomis dan juga berlaku di zona seismik. Pemakuan tanah dapat memecahkan masalah lereng terjal, pada daerah yang sebagian besar terjal seperti perumahan lereng danau atau sungai, akibat pemasangan tidak membutuhkan lahan yang luas serta dapat digunakan untuk berbagai jenis tanah (Sinarta, 2014)

Berdasarkan latar belakang tersebut, tulisan ini mengambil daerah pengamatan pada proyek pembangunan jalan baru batas Kota Singaraja – Mengwitani KM 47+800 (SC 4) merupakan pembuatan jalan baru dan jembatan, proyek ini terletak di Desa Batunya – Candikuning, Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan (Gambar 1). Kawasan memiliki destinasi wisata berupa kebun raya Bedugul dengan luas 157,5 ha dan Danau Beratan dengan luas 375,6 ha dan kedalaman antara 22-48 meter, panjang keliling kurang lebih 12 km, terletak di ketinggian 1250-1450 mdpl, dengan Suhu disiang hari antara 17° - 25° C dan malam hari 10° - 15° C, dengan kelembaban 70 - 90%.



Gambar 1. Lokasi proyek pembangunan jalan baru Bts. Kota Singaraja-Mengwitani KM47+800 (SC4)



2. LANDASAN TEORI

Aspek lingkungan

Kebutuhan informasi sumberdaya lahan sangat perlu diketahui seperti: tanah, iklim, topografi dan formasi geologi, vegetasi dan kondisi sosial ekonomi. Informasi tentang Stratigrafi dan kondisi geologi setempat pada akhirnya akan menunjukkan kondisi keragaman sifat lahan yang sangat penting dalam penilaian kemampuan lahan serta tindakan-tindakan untuk mengurangi ancaman yang terjadi pada jangka pendek dan jangka panjang (Sinarta et al., 2016). Informasi iklim mencakup data tentang: temperatur, curah hujan, kecepatan dan arah angin sangat berpengaruh terhadap kemampuan tanah dalam menyerap air. Informasi tentang topografi dan formasi geologi meliputi: ketinggian lahan di atas permukaan air laut, derajat kemiringan lereng, dan posisi pada bentang alam, kondisi ini berpengaruh secara tidak langsung terhadap kualitas tanah atau batuan termasuk ancaman erosi dan potensi lahan untuk diusahakan. Vegetasi merupakan salah satu unsur lahan, yang dapat berkembang secara alami atau sebagai hasil dari aktivitas manusia baik pada masa yang lalu atau masa kini. Vegetasi alami menjadi pertimbangan dan petunjuk kealamian lingkungan serta kesehatan lingkungan untuk mengetahui potensi lahan serta kesesuaian lahan untuk pembangunan infrastruktur atau sebagai daerah resapan air (Suripin, 2002).

Konsep daya dukung lingkungan meliputi tiga faktor utama yaitu: kegiatan/ aktivitas manusia, sumberdaya alam dan lingkungan. Kualitas lingkungan dapat terjaga dan terpelihara dengan baik apabila manusia mengelola daya dukung pada batas antara minimum dan optimal. Daya dukung kualitas yang dikelola antara 30%-70% memberikan kualitas yang cukup baik. Batas ini dianggap baik karena jika penggunaan sumberdaya alam melebihi 70% sampai 100% akan berdampak pada menurunnya kualitas lingkungan dan keadaan akan menjadi semakin buruk, dalam hal ini perhitungan didasarkan pada besarnya luasan penggunaan lahan (Kodoatie, 2003).

Model penyediaan prasarana jalan di Indonesia harus ditinjau dari aspek lingkungan dan program keadilan, penyediaan prasarana jalan tidak satu satunya factor penyebab meningkatnya lapangan kerja dan meningkatkan pendapatan perkapita, penyediaan prasarana jalan lebih bersifat memberi dukungan atau mendorong perubahan-perubahan tersebut. Konsep tentang daya dukung lingkungan dalam pembangunan berkelanjutan dapat diukur berdasarkan ketersediaan lahan seperti; a) Lahan bersifat terbatas (*finite*), b) Lahan yang mendukung aktivitas ekonomi. Implikasi perencanaan pembangunan yang sesuai dengan konsep ini, yaitu; a) Penerapan perencanaan tata ruang yang tepat, dalam arti bahwa pengembangan sumber daya harus memperhitungkan daya dukungnya, b) Penempatan berbagai aktivitas yang mendayagunakan sumberdaya alam harus memperhatikan kapasitasnya dalam mengabsorpsi perubahan akibat aktivitas tersebut, c) Sumberdaya di suatu wilayah hendaknya dialokasikan ke beberapa zona tertentu, d) Perlu standar kualitas lingkungan (R.Pamekas, 2013).

Aspek geoteknik

Perbaikan stabilitas lereng umumnya dilakukan untuk mereduksi gaya-gaya yang menggerakkan, menambah tahanan geser tanah atau keduanya. Gaya-gaya yang menggerakkan dapat direduksi dengan cara; a) Menggali material yang berada pada zona tidak stabil b) Mengurangi tekanan air pori dengan mengalirkan air pada zona tidak stabil. Metode perbaikan lereng secara umum dilakukan dengan; a) Merubah geometri lereng, b) Mengontrol drainase dan rembesan c) Pembuatan struktur untuk stabilisasi d) Pembongkaran dan pemindahan, e) Perlindungan permukaan lereng.

Berdasarkan faktor geologi yang mempengaruhi bidang longsor dalam Abramson, 2002 seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1. Faktor geologi yang mempengaruhi bentuk potensial bidang keruntuhan (Abramson et al., 2002)

Kondisi Geologi	Bidang Runtuh Potensial
Tanah tak berkohesi Tanah residual atau <i>colluvial</i> di atas batuan dangkal Lempung retak kaku dan serpih laut di dalam zona dengan kelapukan tinggi	Translasional dengan rasio kedalaman/panjang (<i>D/L</i>) kecil
Blok longsor Tersisip dalam <i>dip</i> batuan atau tanah Material patahan atau bersisi licin (<i>slickensided</i>) Tanah kohesif kaku sampai keras padat pada lereng curam	Permukaan bidang datar tunggal
Blok longsor dalam massa batuan Batuan sedimen lapuk tersisip Serpih lempung dan lempung retak kaku Tanah berlapis	Permukaan multi bidang datar
Timbunan di samping bukit di atas <i>colluvium</i> Lapisan tanah residual dan <i>colluvial</i> Lempung laut lunak dan serpih Tanah kohesif lunak sampai keras	Bentuk lingkaran atau lengkung

Perkuatan lereng (*Soil Nailing*)

Soil nailing merupakan jenis perkuatan pasif pada tanah dengan menancapkan potongan-potongan baja (*nails*) yang kemudian di-grout. Soil nailing digunakan secara khusus untuk menstabilisasi lereng atau galian yang lebih menguntungkan dibandingkan sistem dinding penahan tanah yang lain.

Metode Perhitungan *Soil Nailing* (*Metode Clouterre*) Metode Clouterre adalah teknik perkuatan tanah dengan pemakuan, metode ini menggunakan susunan atau konfigurasi pemakuan dengan panjang *nail*-nya yang seragam. Perhitungan CLOUTERRE secara sederhana menggunakan grafik desain stabilitas untuk soil nailing. Dimana nilai

$$d = \frac{T'}{\gamma S_v S_h} \quad (1)$$

$$c^* = \frac{c}{\gamma H} \quad (2)$$

$$FS_G = \frac{OM}{OA} \quad (3)$$

Dimana: diameter nailing (*d*), Kemampuan tarik efektif (*T'*), kohesi ternormalisasi (*c**), jarak pemakuan arah vertical dan horisontal (*S_v* dan *S_h*), diameter grout (*D_{DH}*), berat volume tanah (*γ*), *Safety Factor grout* (*FS_G*), Garis linear antar parameter pada grafik *Clouterre* (*OM*, *OA*)

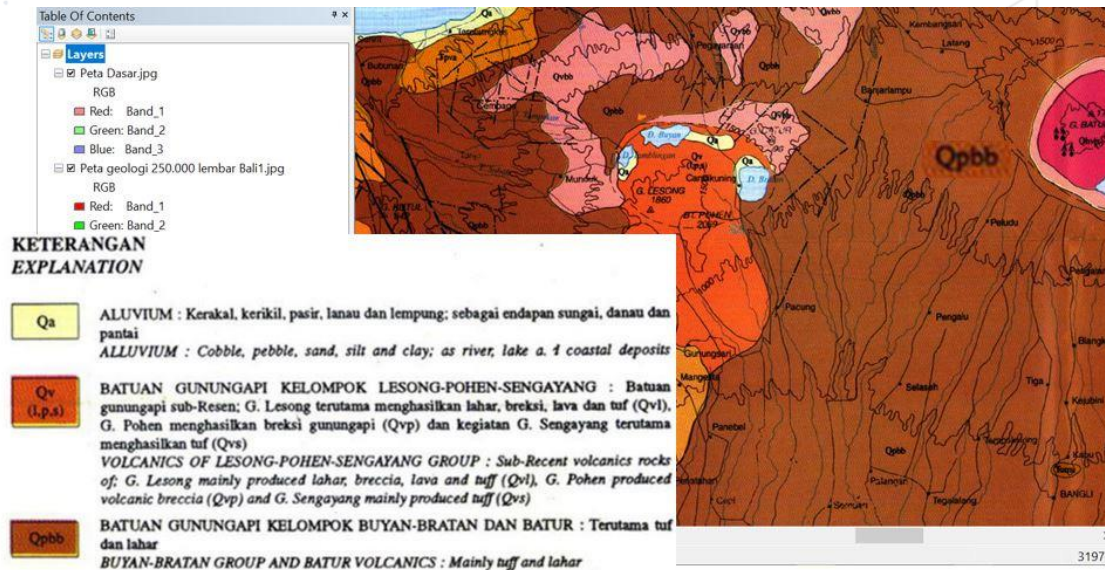
Metode *Soil Nail Wall FHWA* (2003) Metode perhitungan FHWA yang dilakukan dalam karya tulis ini dilakukan berdasarkan hasil perhitungan CLOUTERRE sebagai batasan awal. Dari perhitungan metode CLOUTERRE sederhana, kita akan mendapatkan besaran panjang nail dengan sudut kemiringan (*α*) 20° dan diameter grout (*DDH*).

3. METODOLOGI

Dampak kerusakan lingkungan untuk menjadi rujukan awal dengan pendekatan studi berdasarkan pengamatan visual dengan pendekatan daya dukung lingkungan berdasarkan analisis kesesuaian lahan, daya dukung lahan, kondisi fisik lahan yang dicerminkan dari kondisi potensi air tanah, potensi rawan bencana, dan potensi gerakan tanah, serta analisis ketersediaan sarana prasarana. Analisis yang dipakai merupakan analisis keruangan atau spasial dengan mempelajari perbedaan lokasi mengenai sifat-sifat penting atau seri sifat-sifat penting dengan cara mengenali dan menjelaskan faktor-faktor penyebab kerusakan lingkungan, apakah yang mempengaruhi dan bagaimana pola kerusakan yang terjadi sehingga dapat diketahui metode pencegahannya lebih efisien dan lebih wajar.

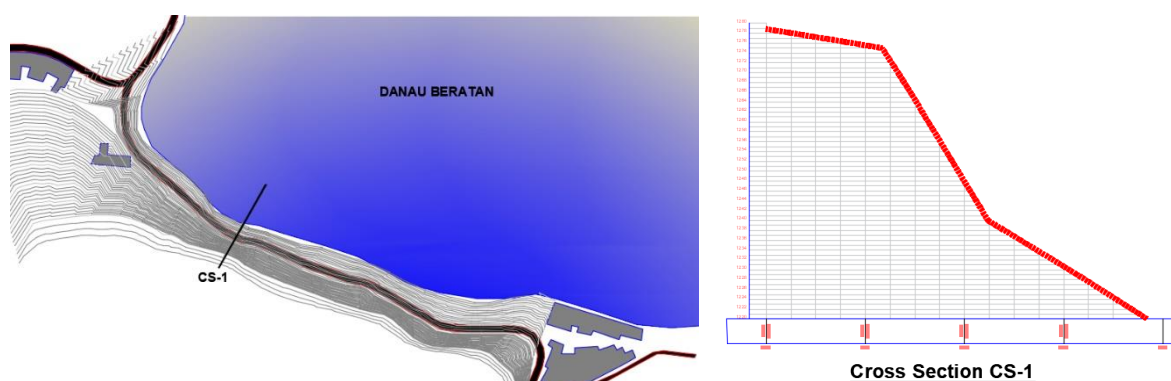
resapan air berkurang, pembangunan yang dilakukan di hutan dan perbukitan akan mengurangi daerah resapan air, sehingga memudahkan terjadinya banjir, c) lahan pertanian akan berkurang, seharusnya, pembangunan mampu membantu sektor pertanian, bukan malah mengurangi lahan pertanian. Keempat, lahan terbuka hijau berubah menjadi lahan tertutup, hal ini tentu akan mengurangi wilayah-wilayah untuk publik dan berpotensi menimbulkan penyalahgunaan lahan terbuka hijau.

Berdasarkan peta geologi dan lokasi pengambilan sampel batuan di lokasi penelitian, kondisi geologi seperti Gambar 4, dengan batuan andesit telah hancur dan lapuk akibat adanya bidang diskontinuitas, zona ini merupakan zona yang dilewati oleh sesar aktif. Kontak batuan vulkanik, yaitu batuan breksi vulkanik dan endapan piroklastik dengan struktur geologi berupa perlapisan dan telah mengalami lebih dari satu kali periode tektonik kompresi.



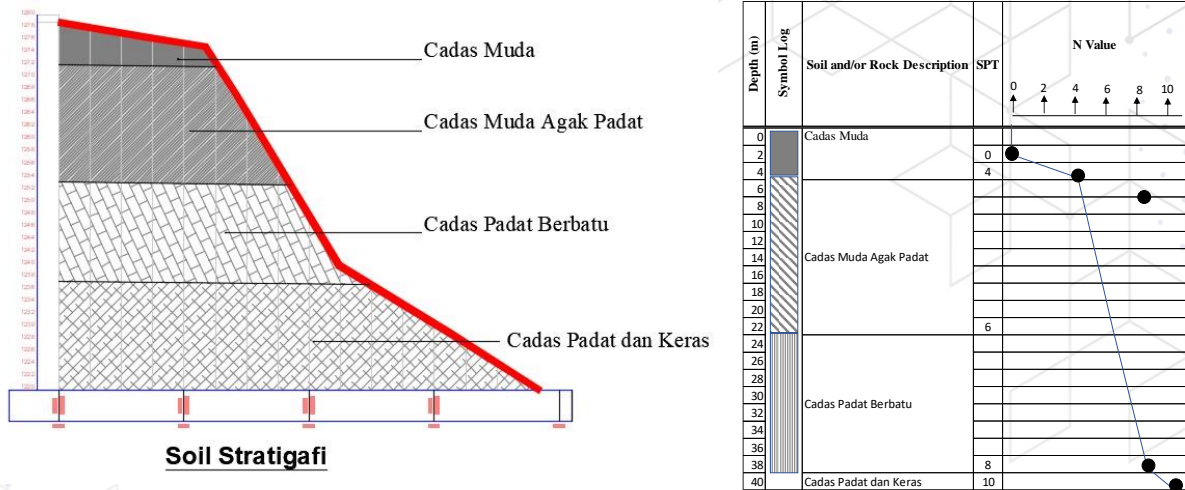
Gambar 4. Peta Geologi lokasi penelitian, 2019

Berdasarkan hasil penyelidikan tanah bahwa kondisi topografi pada Gambar 5, area lahan proyek atau penelitian relatif terjal/curam dengan variasi elevasi tanah lebih dari 10.0 m, dan berada dalam kompleks ruas jalan.



Gambar 5. Peta Topografi dan potongan melintang

Gambar 6. Adalah hasil penyelidikan tanah yang telah dilakukan terutama dari 1 buah titik bor sedalam 15m, 4 buah titik bor sedalam 50m, 1 buah titik bor sedalam 60m, serta 9 titik sondir ringan, menunjukkan stratifikasi tanah yang cukup seragam Tabel 2.



Gambar 6. Stratigrafi tanah dan bor log

Tabel 2. Resume hasil penyelidikan tanah

Jenis Tanah	ϕ ($^{\circ}$)	c (kN/m^2)	γ (kN/m^3)
Sedikit Cadas Muda	20	25	16
Pasir Lanau	34	16	30
Cadas Muda Agak Padat	11	12	10
Cadas Padat Berbatu	20	16	20
Cadas Padat dan Keras	30	18	20

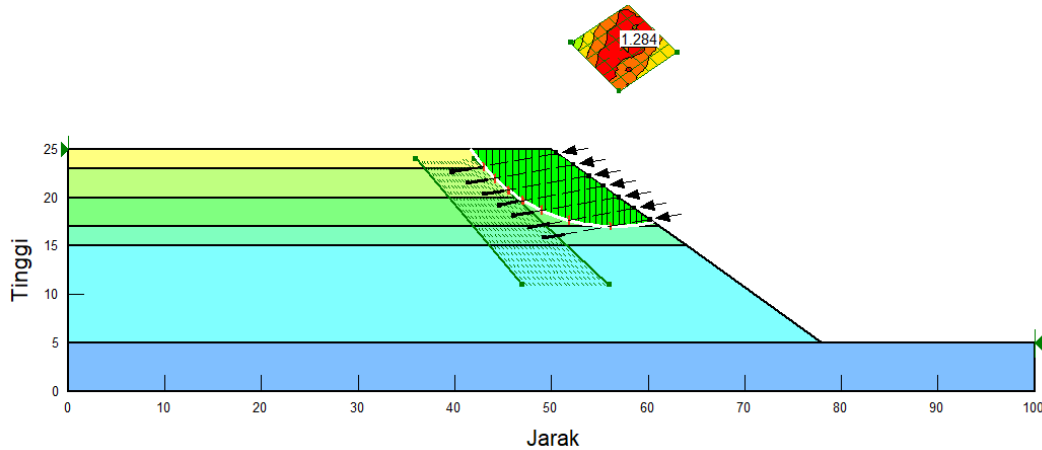
Stratigrafi lokasi pengamatan dapat diketahui perlapisan batuan dan perselingan batuan antara batuan lunak dan batuan keras atau perselingan antara batuan yang *permeable* dan batuan *impermeable*. Hasil penelitian menggambarkan bahwa potensi longsor disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. faktor internal, yaitu kondisi material pembentuk lereng adalah batuan yang telah lapuk dan hancur karena adanya pengkekaratan yang intensif, serta kondisi lereng yang curam dengan sudut kemiringan lebih dari 45%,
2. faktor eksternal, yaitu aktivitas manusia memotong kaki lereng dan curah hujan yang tinggi.

Analisis hidrologi berdasarkan intensitas curah hujan tinggi atau curah hujan sedang dengan durasi yang lama (> 100 mm/hari), kecepatan air hujan yang masuk ke dalam tanah lebih lambat dibandingkan dengan kecepatan bertambahnya volume air hujan yang tertampung dan mengalir di permukaan lereng.

Analisa penanganan potensi longsor dilakukan dengan perhitungan dimensi *nail* bar dan spacing pemasangan *soil nailing* yang didapat kemudian dapat diterapkan pada kondisi geometri lereng existing menunjukkan hubungan faktor keamanan (SF) dengan kemiringan lereng (α), didapat hubungan bahwa semakin besar nilai sudut kemiringan lereng maka semakin kecil nilai faktor keamanan. Hal tersebut menunjukkan bila nilai – nilai hasil perhitungan *soil nailing* sebelumnya, yaitu pada asumsi lereng timbunan vertikal diterapkan pada lereng lebih landai maka faktor keamanan akan semakin besar atau kondisi lereng semakin stabil.

Analisis stabilitas lereng setelah perkuatan dilakukan dengan pemodelan lereng dengan perkuatan *soil nailing* pada *software* Geostudio Slope/W. Nilai yang diinput merupakan nilai hasil perhitungan manual sebelumnya berupa diameter *nail*, *spacing*, *skin friction factor*, daya dukung tarik (Rn), dan daya dukung geser (Rc). Nilai Rn dan Rc didapatkan properti baja ulir ASTM A615 untuk $F_y = 420 \text{ MPa}$ atau Grade 60. Hasil simulasi pemodelan perkuatan *soil nailing* yang diterapkan pada geometri lereng semula dapat dilihat dalam Gambar 7.



Gambar 7. Hasil pemodelan perkuatan *soil nailing* pada geometri lereng

Pemasangan angker pada existing lereng seperti di atas berdasarkan analisis slope/w, Metode Bishop diperoleh angka keamanan sebesar $SF=1,284$, mengalami kenaikan angka keamanan dari kondisi awal dengan nilai $SF = 0,720$ akibat dari pemotongan lereng. Berdasarkan perhitungan diperoleh desain *soil nailing* dengan jarak atau spasi vertikal sebesar 1.5m, dan jarak spasi horizontal sebesar 1.5m. Nail yang digunakan merupakan nail berbahan baja dengan $F_y = 420$ MPa dengan diameter 19mm dan panjang 26m. *Bearing plate* yang digunakan diasumsikan berbentuk persegi berukuran 200 x 200mm.

Menstabilkan suatu longsoran yang kompleks seringkali melibatkan pengendalian eksternal dan internal dari pengaliran air. Air yang jatuh dan mengalir di permukaan lahan yang berlereng harus dialirkan dan diusahakan jangan sampai diam di tempat. Pada beberapa lereng perlu dibuat agar aliran air lancar serta dihindarkan jangan sampai air terjebak pada bagian pundak lereng. Untuk mencegah aliran air yang masuk ke dalam rekahan (kekar) batuan, maka batuan harus ditutup aspal atau dengan material *impermeable*. Aliran air bawah tanah harus dikurangi guna menghindari meningkatnya resistansi gesek batuan.

5. KESIMPULAN

Kerusakan yang ditimbulkan akibat pembangunan infrastruktur jalan yang paling jelas kelihatan adalah kerusakan rona alami lingkungan, serta kerusakan tekstur tanah yang sudah stabil, sehingga akibat perubahan cuaca suatu saat tanah akan membuat kestabilan baru. Alangkah indahnya jika regulasi yang dibuat dapat mempertahankan kondisi alami infrastruktur yang sudah ada, tanpa harus membangun potongan-potongan jalan dengan tujuan membuat jalan menjadi lurus saja tanpa ada dampak khusus atau spesial yang akan dituju misalnya; mengurangi bencana, atau berhubungan dengan hayat hidup masyarakat pegunungan Buyan-Beratan.

Akibat pemotongan lereng pada pembangunan Jalan Baru Bts. Kota Singaraja - Mengwitani KM 47+800, maka lereng buatan tanpa perkuatan dengan menggunakan metode manual (bishop) didapatkan nilai SF lereng eksisting sebesar 0,720 sehingga berpotensi akan longsor padahal nilai SF lereng asli sebesar 1,25 memiliki arti bahwa lereng awalnya aman tetapi setelah dilakukan pemotongan menjadi tidak aman sehingga perlu perkuatan pada existing. Analisis pencegahan longsor dengan, diperoleh desain *soil nailing* dengan jarak (spacing) vertikal sebesar 1.5m dan jarak (spacing) horizontal sebesar 1.5m. Nail yang digunakan berbahan baja dengan $F_y = 420$ MPa, diameter 19mm, dan panjang Nail 26 m, kemiringan (i) 10° dan diameter grout (DDH) yaitu 100mm. Dengan perkuatan soil nailing, faktor keamanan meningkat menjadi 1.284 atau lereng termasuk kategori aman/stabil.

Pencegahan longsoran dengan membuat system drainase pada lereng, dimana beberapa lereng perlu dibuat agar aliran air lancar serta dihindarkan jangan sampai air terjebak pada bagian pundak lereng. Untuk mencegah aliran air yang masuk ke dalam rekahan (kekar) batuan, maka batuan harus ditutup aspal atau dengan material *impermeable*. Aliran air bawah tanah harus dikurangi guna menghindari meningkatnya resistansi gesek batuan.



DAFTAR PUSTAKA

- Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (2002). *Slope Stability and Stabilization Methods* (2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Departemen Pekerjaan Umum, D. J. P. R. (2007). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.22/PRT/M/2007*.
- GEO-SLOPE International. (2010). Seepage Modeling with SEEP / W 2007. *Geostudio Helpfile, February*, 307.
- GEO-SLOPE International, L. (2012). *Stability Modeling with SLOPE / W* (Issue May). Copyright © 2004-2012 by GEO-SLOPE International, Ltd.
- Hadiwidjojo, P. M., Samodra, H., & Amin, T. . (1998). *Peta Geologi Lembar Bali, Nusa Tenggara*.
- Hardiyatmo, H. C. (2012). *Tanah Longsor dan Erosi: Kejadian dan Penanganan*. Gadjah Mada University Press.
- Kodoatie, R. J. (2003). *Manajemen dan Rekayasa Infrastruktur* (pertama). Pustaka Pelajar.
- Menteri Hukum Dan Hak Asasi Manusia, & Republik Indonesia. (2007). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang. In *SEKRETARIAT NEGARA RI Kepala Biro Peraturan Perundang-undangan Bidang Politik dan Kesejahteraan Rakyat: Vol.* (Issue).
- R.Pamekas. (2013). *Pembangunan dan Pengelolaan Infrastruktur Kawasan Permukiman* (Pertama). PT. Dunia Pustaka Jaya.
- Sinarta, I. N. (2014). Metode Penanganan Tanah Longsor Dengan Pemakuan Tanah (Soil Nailing). *Paduraksa*, 3(2), 1–16.
- Sinarta, I. N., & Basoka, I. W. A. (2019). Keruntuhan Dinding Penahan Tanah dan Mitigasi Lereng di Dusun Bantas, Desa Songan B, Kecamatan Kintamani. *Jurnal Manajemen Aset Infrastruktur & Fasilitas*, 3(0), 23–32. <https://doi.org/10.12962/j26151847.v3i0.5188>
- Sinarta, I. N., Rifa'i, A., Fathani, T. F., & Wilopo, W. (2016). Indeks Ancaman Gerakan Tanah Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Untuk Penataan Infrastruktur Kepariwisata Di Kawasan Geopark Gunung Batur, Kabupaten Bangli, Bali. *Seminar Nasional KonsepSi#2 (Konsep Dan Implementasi 2)*, 1, 110–120.
- Sinarta, I. N., Rifa'i, A., Fathani, T. F., & Wilopo, W. (2020). Spatial analysis of safety factors due to rain infiltration in the buyan-beratan ancient mountains. *International Review of Civil Engineering*, 11(2), 90–97. <https://doi.org/10.15866/IRECE.V11I2.17668>
- Sinarta, I. N., Wahyuni, P. I., & Aryastana, P. (2021). Nilai Derajat Kejenuhan Tanah Pada Penilaian Ancaman Longsor Rombakan (Debris Flow) Pada Batuan Vulkanik. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 4(2), 68. <https://doi.org/10.20961/jrrs.v4i2.44878>
- Suripin. (2002). *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air* (Pertama). Penerbit Andi.