

The Effect of Adding Building Loads on Slope Stability on the Sei-Wain Road Section Km.15 Karang Joang Village, North Balikpapan District, Balikpapan City

Arief Nugraha Pontoh

Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan

ABSTRACT: The development activities carried out by the community are not accompanied by knowledge of geotechnical engineering, especially when building in the Karang Joang area which is generally a hilly area with a high potential for landslides or landslides. One of the ground movements that caused landslides occurred in RT. 33 Sei-Wain Road Km. 15 which resulted in damage to roads and houses of residents. This study aims to determine the effect of increasing building loads on slope stability. The benefit of the research conducted is to provide an understanding to the community regarding the importance of geotechnical planning in development in slope areas. The research was conducted by collecting existing data and soil parameters at the landslide location. The data is then modeled using a geo-slope program so that the safety value is obtained. The results of the analysis show a decrease in the safety value of 13.7% so that a decrease in the safety number is obtained from 1.686 which is more than 1.5 so that the slope is in a stable condition to 1.455, with a safe number value below 1.5 moderate disturbances can cause the slope to become unstable.

Keywords: building load, slope, landslide

Corresponding Author: arief.nugraha@lecturer.itk.ac.id

Pengaruh Penambahan Beban Bangunan Terhadap Kestabilan Lereng Pada Ruas Jalan Sei-Wain Km.15 Kelurahan Karang Joang, Kecamatan Balikpapan Utara, Kota Balikpapan

Arief Nugraha Pontoh

Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Institut Teknologi Kalimantan

ABSTRAK: Aktivitas pembangunan yang dilakukan oleh masyarakat tidak disertai dengan pengetahuan mengenai rekayasa geoteknik terutama saat membangun di Wilayah Karang Joang yang umumnya berupa daerah perbukitan dengan potensi gerakan tanah atau longsor yang cukup tinggi. Salah satu kejadian gerakan tanah yang menyebabkan longsor terjadi di RT. 33 Jalan Sei-Wain Km. 15 yang mengakibatkan rusaknya badan jalan dan rumah warga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan beban bangunan terhadap stabilitas lereng. Manfaat dari penelitian yang dilakukan yaitu memberikan pemahaman kepada masyarakat terkait pentingnya perencanaan geoteknik pada pembangunan di area lereng. Penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data eksisting serta parameter tanah di lokasi longsor. Data tersebut kemudian dimodelkan menggunakan program bantu geo-slope sehingga didapatkan nilai angka keamanan. Hasil analisis menunjukkan penurunan nilai angka keamanan sebesar 13,7% sehingga diperoleh penurunan angka keamanan dari 1,686 yaitu lebih dari 1,5 sehingga lereng berada pada kondisi stabil menjadi 1,455, dengan nilai angka aman dibawah 1,5 gangguan sedang dapat menyebabkan lereng menjadi tidak stabil.

Kata kunci: beban bangunan, lereng, longsor

Submitted: 8 June; Revised: 17 June; Accepted: 26 June

Corresponding Author: arief.nugraha@lecturer.itk.ac.id

PENDAHULUAN

Rencana pemindahan Ibu Kota Negara (IKN) di Kalimantan Timur membuat Kota Balikpapan akan menjadi salah satu daerah penyangga IKN. Hal tersebut berdampak pada pembangunan di Kota Balikpapan yang semakin berkembang dengan pesat dalam rangka pemenuhan sarana dan prasarana dalam berbagai sektor. Salah satu wilayah yang terdampak adalah Jalan Sei-Wain Km.15 Kelurahan Karang Joang, Kecamatan Balikpapan Utara Kota Balikpapan dimana pada daerah ini terdapat salah satu perguruan tinggi negeri yaitu Institut Teknologi Kalimantan (ITK).

Kehadiran ITK membuat roda perekonomian dan pembangunan berkembang cukup pesat di sekitar wilayah tersebut, hal ini ditunjukkan dengan adanya perubahan tata guna lahan berupa bertambahnya jumlah rumah tinggal, rumah kos, serta tempat-tempat usaha. Banyaknya aktivitas pembangunan yang dilakukan oleh masyarakat tidak disertai dengan pengetahuan mengenai rekayasa getoeknik terutama saat membangun pada daerah dengan kondisi topografi yang curam. Kondisi topografi wilayah karang joang yang umumnya berupa daerah perbukitan dengan sudut kemiringan lereng yang cukup besar yaitu berkisar antara 4° sampai dengan lebih dari 24° (Sulistyo, 2012). Menurut Lashari (2011) kemiringan lereng lebih dari 21° tidak cocok untuk pembangunan karena tidak stabil dari longsor. Sehingga pembangunan pada lereng di daerah karang joang memiliki potensi untuk terjadinya gerakan tanah atau longsor terutama saat curah hujan tinggi. Durasi dan intensitas hujan yang tinggi akan menyebabkan naiknya tekanan air pori pada lereng dan membuat kuat geser tanah menurun, sehingga pada akhirnya akan membuat stabilitas lereng menurun (Pontoh, 2021). Selain curah hujan yang tinggi, penambahan beban pada lereng juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan kelongsoran (Hardiyatmo, 2012).



Gambar 1. Longsor di RT. 33 Jalan Sei-Wain Km.15

Salah satu kejadian gerakan tanah yang menyebabkan longsor terjadi di RT. 33 Jalan Sei-Wain Km. 15 Kelurahan Karang Joang Kecamatan Balikpapan Utara yang mengakibatkan rusaknya badan jalan dan rumah-rumah warga yang berada di sekitar area longsor (Kabargupas.com, 2021). Hasil survei di lapangan, diketahui bahwa pembangunan rumah-rumah warga berada di atas lereng yang memiliki kemiringan yang cukup curam (Gambar 1), menurut Nugroho (2020) pembangunan pada lereng mengakibatkan penurunan nilai angka keamanan. Pada salah satu titik longsor juga diketahui bahwa terdapat jalur pipa PDAM yang mengalami kebocoran sebelum terjadinya gerakan tanah yang menyebabkan longsor pada lereng.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka investigasi dan analisis mengenai pengaruh penambahan beban bangunan terhadap gerakan tanah di RT.33 Jalan Sei-Wain Km.15 Kelurahan Karang Joang menjadi sangat penting dilakukan untuk memberikan informasi mengenai tipe longsor dan penyebab terjadinya longsor sehingga bisa dilakukan berbagai macam tindakan pencegahan maupun penanganan sebelum gerakan tanah menjadi bencana yang lebih merugikan.

TINJAUAN PUSTAKA

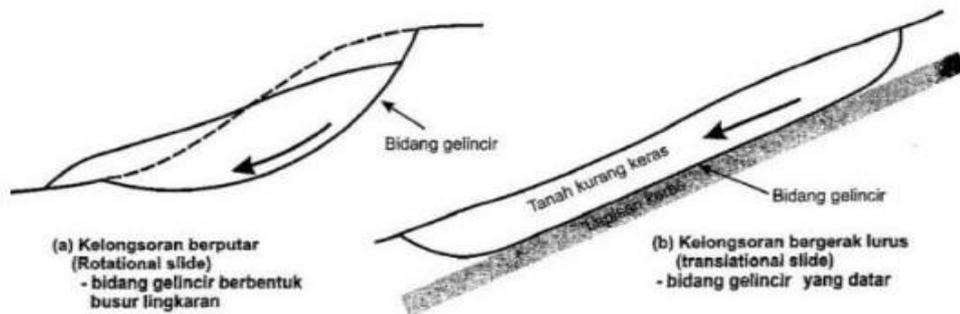
Longsor

Gerakan tanah (*mass movement*) dengan tanah longsor (*landslide*) mempunyai kesamaan. Gerakan tanah merupakan perpindahan massa tanah atau batuan atau campuran keduanya di sepanjang bidang longsor kritis pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula. Apabila volume perpindahan massa tanah atau batuan tersebut cukup besar maka disebut dengan tanah longsor (*landslide*). Gerakan tanah terjadi bila gaya yang mendorong lebih besar daripada gaya yang menahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah, sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng, infiltrasi air, beban serta berat jenis batuan.

Cruden dan Varnes (1992) dalam Hardiyatmo (2012) menjelaskan bahwa karakteristik gerakan tanah pada lereng dapat dibagi menjadi lima macam yaitu jatuhnya (*fall*), robohan (*topple*), longsor (*slide*), sebaran (*spread*), dan aliran (*flow*). Keruntuhan pada lereng alami atau buatan disebabkan karena adanya perubahan antara lain topografi, seismik, aliran air tanah, kehilangan kekuatan, perubahan tegangan, dan musim/iklim/cuaca. Hardiyatmo (2012) menyebutkan beberapa penyebab keruntuhan/ kelongsoran lereng alam antara lain:

1. Penambahan beban pada lereng.
2. Penggalan atau pemotongan tanah pada kaki lereng;
3. Penggalan yang mempertajam kemiringan lereng;
4. Perubahan posisi muka air secara cepat (*rapid drawdown*) pada sungai-sungai, dan lain sejenisnya;
5. Kenaikan tekanan lateral oleh air (air yang mengisi retakan akan mendorong tanah ke arah lateral);
6. Gempa bumi;

7. Penurunan kekuatan geser tanah pembentuk lereng akibat kenaikan kadar air, kenaikan tekanan air pori, tekanan rembesan oleh genangan air dalam tanah, kandungan lempung yang mudah kembang susut pada tanah lereng.



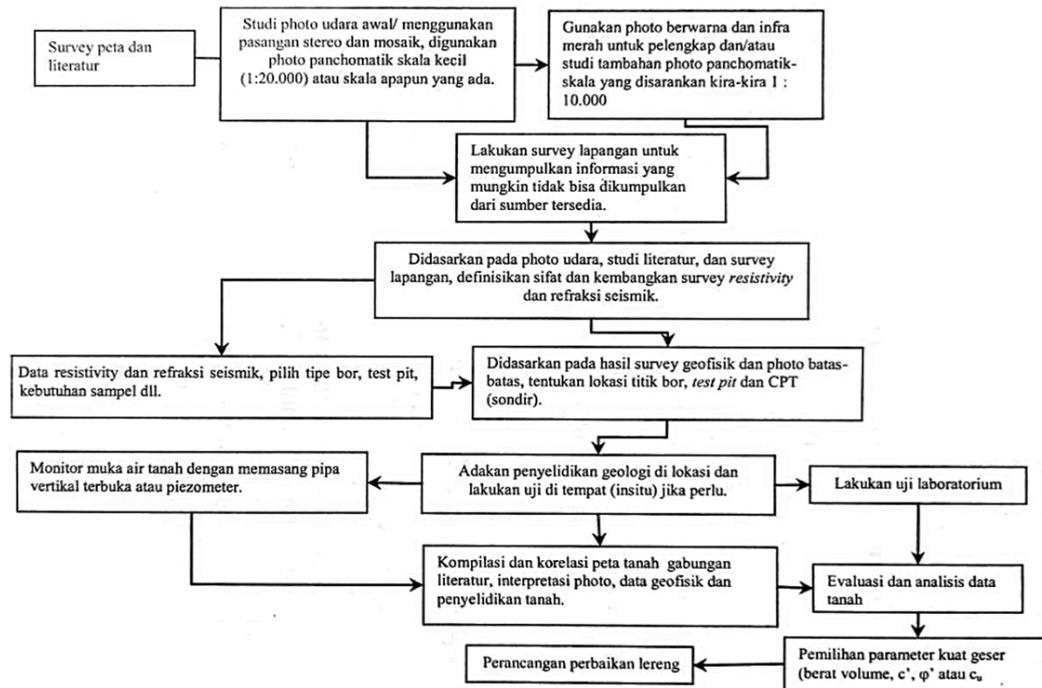
Gambar 2. Longsoran Rotasional dan Translasiional

Sumber: Broms (1975) dalam Hardiyatmo (2012)

Broms (1975) dalam Hardiyatmo (2012) menjelaskan bahwa terdapat dua jenis bidang longsor berdasarkan geometri bidang gelincirnya yaitu longsor rotasional (*rotational slides*) dengan bidang gelincir lengkung dan longsor translasiional (*translational slides*) dengan bidang gelincir datar (Gambar 2).

Penyelidikan Longsoran

Dalam penyelidikan longsor, diperlukan identifikasi terhadap gerakan tanah. Identifikasi dapat dilakukan dengan menginterpretasikan photo udara, sistem penginderaan jauh (*remote sensing*) seperti alat-alat bantu infra merah, satelit, dan lain-lain, serta dengan penyelidikan lokasi. Untuk mengidentifikasi longsor, maka lebih dulu ditentukan tipe longsor dan penyebabnya (Hardiyatmo, 2012). Mintzer (1962) dalam Hardiyatmo (2012) menyarankan bagan alir proses penelitian yang digunakan dalam perencanaan penyelidikan geologi untuk longsor dapat dilihat pada Gambar 3. Bagan alir ini dapat digunakan sebagai petunjuk umum, namun dapat berubah sesuai dengan kondisi di lapangan.



Gambar 3. Diagram Alir Perancangan Penyelidikan Geologi Untuk Longsoran

Sumber: Mintzer (1962) dalam Hardiyatmo (2012)

Berdasarkan SNI 8460-2017 tentang Persyaratan Perancangan Geoteknik, jumlah minimum penyelidikan tanah pada stabilitas lereng adalah sebagai berikut:

- Jumlah 3 - 5 titik pada potongan kritis untuk menghasilkan model untuk dilakukan analisis. Jumlah potongan kritis tergantung tingkat masalah stabilitas.
- Untuk kelongsoran yang masih aktif, minimum satu titik pada sisi atas lereng yang longsor.

Analisis Kestabilan Lereng

Hardiyatmo (2018) menyatakan, analisis stabilitas lereng umumnya berdasarkan pada konsep keseimbangan plastis batas (*limit plastic equilibrium*). Tujuan dari analisis stabilitas lereng yaitu untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang berpotensi. Kestabilan lereng dapat dinilai dari besarnya faktor aman (*safety factor, SF*).

Ray dan De Smitd (2009) dalam Hardiyatmo (2018) menyarankan pengelompokan kestabilan lereng yang berkaitan dengan faktor aman, seperti pada Tabel 1. Pada tabel tersebut, lereng dikategorikan tidak stabil bila $SF < 1$, agak stabil jika $1 \leq SF < 1,25$, kestabilannya sedang jika $1,25 \leq SF < 1,5$ dan stabil jika $SF \geq 1,5$.

Tabel 1. Klasifikasi Stabilitas Lereng

Faktor aman	Klasifikasi Stabilitas Lereng	Keterangan
$SF \geq 1,5$	Stabil	Hanya gangguan besar dapat menimbulkan ketidakstabilan
$1,25 \leq SF < 1,5$	Kestabilan Sedang	Gangguan ketidakstabilan sedang dapat membuat ketidakstabilan
$1 \leq SF < 1,25$	Agak Stabil	Gangguan ketidakstabilan sedang dapat membuat ketidakstabilan
$SF < 1$	Tidak Stabil	Memerlukan perbaikan stabilitas lereng

Faktor aman merupakan nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan dan dituliskan pada persamaan berikut:

$$SF = \frac{\tau}{\tau_d} \quad (1)$$

dengan τ adalah tahanan geser maksimum yang bisa dikerahkan oleh tanah, τ_d adalah tegangan geser yang timbul disebabkan oleh gaya berat tanah yang akan longsor, dan SF adalah faktor aman. Menurut teori Mohr-Coulomb, tahanan geser maksimum (τ) yang bisa dikerahkan oleh tanah, disepanjang bidang longornya dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$\tau = c + \sigma g \varphi \quad (2)$$

dengan c = kohesi, σ = tegangan normal, dan φ = sudut gesek dalam tanah. Nilai-nilai c dan φ adalah parameter kuat geser tanah di sepanjang bidang longsor. Dengan cara yang sama dapat dituliskan persamaan tegangan geser yang terjadi (τ_d) akibat beban tanah dan beban-beban lain yang terdapat pada bidang longornya :

$$\tau_d = c_d + \sigma_d g \varphi_d \quad (3)$$

dengan c_d dan φ_d adalah kohesi dan sudut gesek dalam yang terjadi atau yang dibutuhkan untuk keseimbangan pada bidang longornya. Substitusi persamaan 1 dan 2 ke persamaan 3, maka didapatkan persamaan sebagai berikut:

$$SF = \frac{c + \sigma g \varphi}{c_d + \sigma_d g \varphi_d} \quad (4)$$

Hardiyatmo (2007) menyebutkan bahwa pada umumnya nilai faktor keamanan (SF) $\geq 1,25$ digunakan untuk desain normal dalam analisis stabilitas lereng. Hal ini penting untuk meyakinkan bahwa desain lereng aman dan mencegah faktor tidak terduga selama analisis, konstruksi seperti data yang salah, kesalahan analisis, kecakapan kerja dan pengawasan di lapangan yang kurang.

METODOLOGI

Pengumpulan Data

Identifikasi gerakan tanah pada ruas Jalan Sei-Wain Km.15 Kelurahan Karang Joang, Balikpapan dilakukan dengan survei lapangan terhadap kerusakan-kerusakan yang terjadi serta melakukan wawancara kepada beberapa warga di sekitar lokasi mengenai kondisi sebelum dan setelah terjadi gerakan tanah. Pengumpulan data lapangan dan data laboratorium juga dilakukan untuk

melakukan analisis terhadap kestabilan lereng pada area gerakan tanah. Adapun data-data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

1. Data Lapangan

Data lapangan yang dibutuhkan antara lain data pengeboran dan geometri lereng. Data pengeboran diambil kemudian dilakukan pengujian di laboratorium. Data geometri lereng didapatkan dengan menggunakan alat bantu berupa meteran dan busur derajat, kemudian dimodelkan menggunakan program bantu *autocad* sehingga didapatkan geometri dari lereng.

2. Data Laboratorium

Data laboratorium yang dibutuhkan adalah berat volume tanah, kadar air, berat jenis, kohesi dan sudut gesek dalam. Pengujian dilakukan menggunakan 3 sampel tanah.

Analisis Kestabilan Lereng

Analisis stabilitas lereng dilakukan untuk mendapatkan nilai *Safety Factor* (SF) pada lereng dalam kondisi eksisting dan kondisi akibat penambahan beban bangunan. Analisis dilakukan dengan memasukan geometri lereng dan hasil pengujian di laboratorium pada program bantu *geoslope* dengan menggunakan 2 kombinasi pembebanan.

a. Permodelan Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting, permodelan dilakukan pada kondisi lereng tanpa ditambahkan pembebanan dan penambahan kadar air. Nilai *Safety Factor* (SF) dari kondisi ini akan digunakan sebagai pembanding untuk mencari pengaruh penambahan beban dan perubahan kadar air terhadap nilai (SF) lereng. Pada kondisi eksisting pemodelan akan dilakukan dengan lereng yang diberikan beban jalan yang diambil dari modul geosintetik departemen pekerjaan umum (2009).

b. Permodelan dengan penambahan beban bangunan

Permodelan dengan penambahan beban bangunan dilakukan dengan memodelkan beban bangunan yang didapatkan dari SNI 1727-2013 untuk mendapatkan nilai *Safety Factor* (SF). Pada pemodelan ini akan dilakukan penambahan beban bangunan dan beban jalan pada lereng.

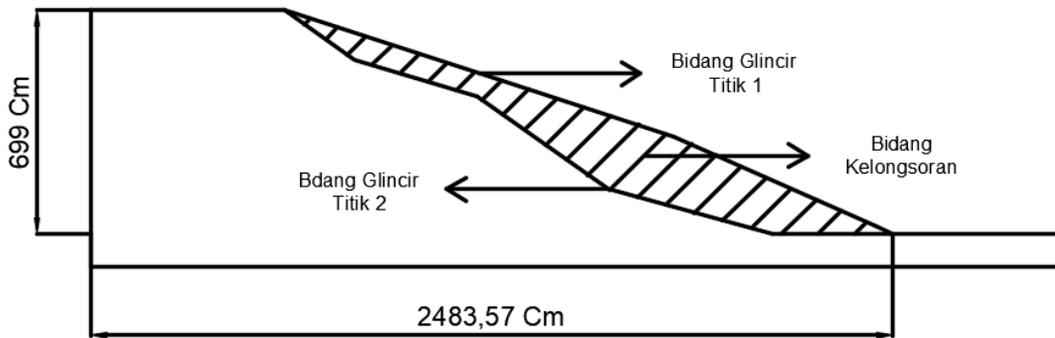
HASIL PENELITIAN

Data Geometri dan Parameter Tanah Pada Lereng

Hasil pengukuran topografi di lapangan diperoleh model geometri lereng sebelum dan setelah terjadinya longsor. Untuk kondisi lereng sebelum terjadinya longsor, digunakan pendekatan dengan menggunakan data profil lereng disekitarnya. Adapun model geometri lereng hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 4.

Data parameter tanah didapatkan melalui pengujian di laboratorium meliputi uji berat volume tanah untuk mengetahui berat tanah persatuan volume, uji kadar air untuk mengetahui kandungan air dalam tanah, dan uji *direct shear* untuk mendapatkan nilai kohesi dan kuat geser tanah. Pengambilan data tanah dilakukan pada 3 titik lereng sesuai dengan minimal sampel tanah

untuk penyelidikan kelongsoran. Dari pengambilan sampel tanah diketahui bahwa tanah pada lokasi penelitian merupakan jenis lempung berpasir. Adapun parameter tanah hasil pengujian laboratorium dapat dilihat pada Tabel 2.



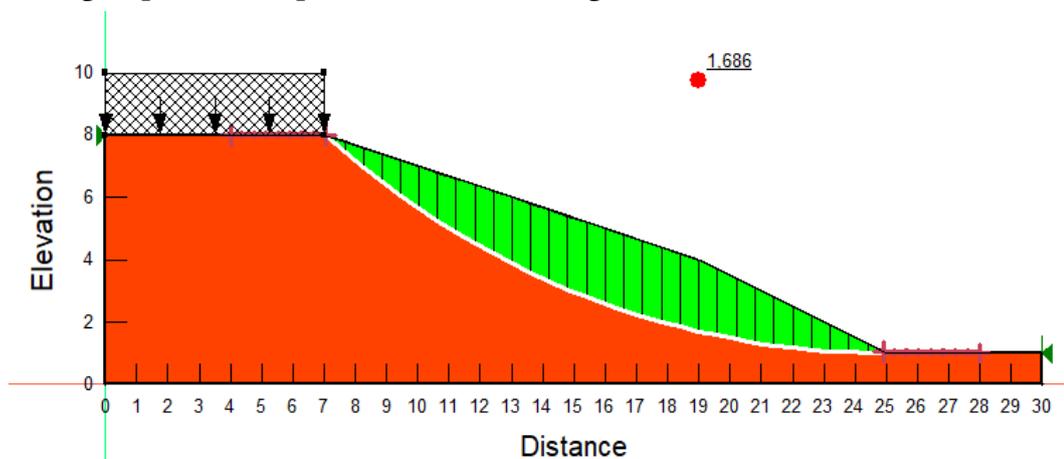
Gambar 4. Geometri Lereng

Tabel 2. Data Parameter Tanah

Laboratory Testing	Units	Sample I (S1)	Sample II (S2)	Sampel III (S3)
Sudut Geser	(°)	29,358°	27,98°	30,702°
Kohesi	kPa	0,6133	0,53	0,5467
Kadar Air	%	24,91	25,50	24,37
Berat Volume	kN/m ³	12,71	12,87	12,62

Pemodelan Lereng Eksisting

Analisis stabilitas lereng dilakukan menggunakan program bantu *Geoslope* dengan metode Bishop. Pemodelan lereng pada kondisi eksisting dimodelkan tanpa adanya penambahan beban bangunan pada lereng, hanya terdapat beban jalan. Sehingga diketahui kondisi lereng tanpa adanya beban bangunan yang ditahan oleh lereng. Adapun pemodelan pada lereng kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut :



Gambar 5. Kondisi Eksisting Lereng

Hasil pemodelan pada Gambar 4 di atas menunjukkan nilai SF pada lereng sebesar 1.686, sehingga dalam kondisi ini lereng masih memiliki nilai SF lebih dari 1.5 yaitu lereng berada dalam keadaan aman dari kelongsoran.

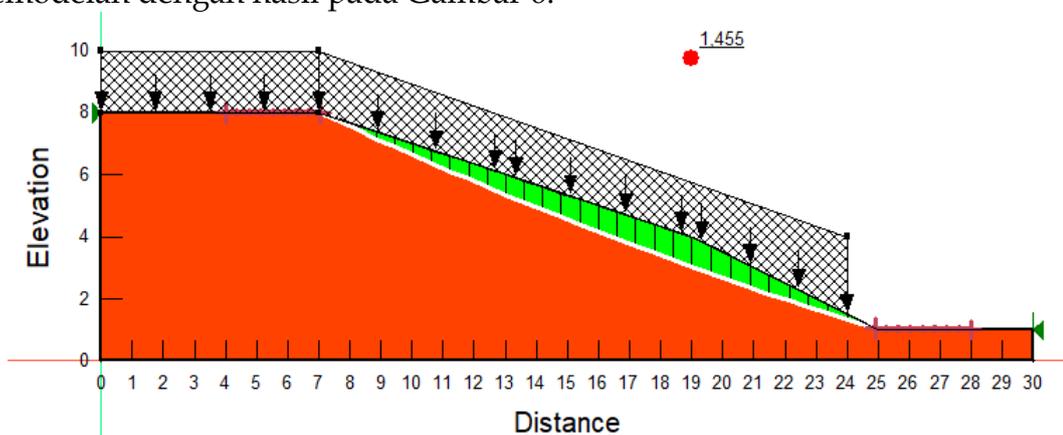
Pemodelan Lereng Dengan Beban Bangunan

Pemodelan lereng dengan beban bangunan dilakukan dengan menambahkan beban pada lereng dengan kondisi eksisting. Beban yang ditambahkan berupa beban bangunan dengan berat bangunan dihitung berdasarkan bangunan yang ada pada lokasi kelongsoran. Beban yang dimasukkan berupa balok, kolom, dinding, dan lantai dengan perhitungan pada Tabel 3.

Tabel 3. Beban Bangunan

Struktur	Volume (m ³)	Berat Volume (kN/m ³)	Total	Satuan
Kolom	0,07	25	40,5	kN
Balok	1,01	25	51,41	kN
Lantai	24	20	960	kN
Dinding	326,16	17	11089,44	kN
Total			12141,35	kN

Hasil perhitungan dari Tabel 3 di atas didapatkan berat beban bangunan adalah sebesar 1141.35 kN sehingga untuk berat persatuan luas bangunan yaitu sebesar 101.18 kN/m². Beban tersebut kemudian dimasukkan kedalam pemodelan dengan hasil pada Gambar 6.



Gambar 6. Kondisi Lereng Dengan Beban Bangunan

Pemodelan lereng dengan penambahan beban bangunan pada Gambar 5 menghasilkan nilai SF 1,455 dimana nilai ini kurang dari 1,5 (kestabilan sedang). sehingga pada pemodelan lereng dengan tambahan beban bangunan terjadi penurunan nilai SF pada lereng.

Pengaruh penambahan beban bangunan

Hasil pemodelan pada kondisi eksisting dan pada kondisi dengan penambahan beban bangunan terjadi penurunan nilai SF sebesar 13,7 %. Penurunan nilai tersebut menyebabkan nilai SF eksisting 1,686 yaitu berada pada kondisi stabil, turun menjadi 1,455 yaitu berada pada kondisi kestabilan sedang yaitu gangguan sedang pada lereng dapat menyebabkan lereng menjadi tidak stabil.

PEMBAHASAN

Pemodelan lereng dilakukan menggunakan program bantu *Geoslope* dengan parameter tanah sebagai berikut: nilai sudut geser dalam $29,358^\circ$, berat volume $12,71 \text{ kN/m}^3$ dan kohesi $0,613 \text{ kPa}$. Pemodelan dilakukan dalam dua kondisi yaitu kondisi eksisting dengan hanya terdapat beban jalan pada lereng dan kondisi dengan penambahan beban bangunan pada lereng. Pemodelan pada kondisi eksisting didapatkan nilai SF sebesar 1,686 sedangkan pada kondisi dengan penambahan beban bangunan didapatkan nilai SF sebesar 1,455. Berdasarkan hasil analisis tersebut diketahui bahwa penambahan beban bangunan menyebabkan penurunan nilai angka keamanan pada lereng sebesar 13,7 %. Penurunan nilai angka keamanan sesuai dengan penelitian dari Sukandi (2020) yaitu penambahan beban bangunan menyebabkan penurunan nilai SF. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan beban pada lereng dapat mengakibatkan lereng menjadi tidak stabil bahkan dapat mengakibatkan terjadinya kelongsoran, hal ini juga sesuai dengan pernyataan Hardiyatmo (2012).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya penambahan beban bangunan pada lereng yang berada di Jalan Sei-Wain Km.15 Kelurahan Karang Joang, Kecamatan Balikpapan Utara, Kota Balikpapan menyebabkan terjadinya penurunan angka keamanan sebesar 13,7% dimana saat kondisi eksisting tanpa adanya penambahan beban lereng dalam keadaan stabil ($SF > 1,5$), namun ketika adanya penambahan beban pada lereng maka lereng berada dalam kondisi kestabilan sedang ($SF < 1,5$). Hasil ini menunjukkan pentingnya melakukan analisis geoteknik sebelum melakukan pembangunan khususnya di daerah perbukitan atau lereng dengan kemiringan yang cukup curam.

PENELITIAN LANJUTAN

Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh penambahan beban pada lereng terhadap stabilitas lereng di lokasi penelitian. Karena keterbatasan waktu dan dana pada penelitian ini, maka penulis merasa perlu dilakukan analisis lebih lanjut terhadap hal-hal sebagai berikut:

1. Pengaruh kebocoran pipa PDAM terhadap stabilitas lereng, dan
2. Pengaruh curah hujan terhadap stabilitas lereng di lokasi penelitian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan ini khususnya kepada semua rekan-rekan civitas akademika pada Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Kalimantan.

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H. C. (2007). Mekanika Tanah II. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H.C. (2012). Tanah Longsor & Erosi Kejadian dan Penanganannya. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hardiyatmo, H.C. (2018), Mekanika Tanah I, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kabargupas.com. (2021). <https://kabargupas.com/longsor-di-sei-wain-km-15-makin-parah-5-rumah-nyaris-roboh/> (diakses 10 Mei 2022)
- Lashari, L., 2011. Memilih Lokasi Untuk Bangunan pada Lereng Perbukitan Aman Longsor (Studi Kasus di Sekitar Semarang). Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan, 13(1), pp.1-8.
- Pontoh, A.N. (2021). The Effect of Rainfall on The Slope Stability with Numerical Simulation on Tawaeli-Toboli Road, Central Sulawesi. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. Vol. 622 (2021) No. 012017. doi:10.1088/1755-1315/622/1/012017
- Sukandi, S., & Dewi, N. P. E. L. (2021). STABILITAS DAN DEFORMASI LERENG VILLA SEKEQ GRUPUK DENGAN SIMULASI NUMERIS. *Konstruksia*, 12(1), 115-126.
- Sulistyo, T. (2012). Study On Slope Stability In Vulnerable Landslide Area For Evaluation Of General City Spatial Arrangement Plan In South Balikpapan. JIP (Jurnal Ilmiah Politeknik), 4(1).