

Analisis Kestabilan Lereng dan Penanganan Longsor Area Puncak Pass Cianjur STA 20+650, Jawa Barat Menggunakan Program Plaxis

Xbal Meiprastyo¹, Rono IS Rono Hadinagoro², Andhika Mahdi Arifi³, Rizal Zulfikar⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Achmad Yani, Cimahi, Indonesia

¹xbal.meiprastyo@lecture.unjani.ac.id, ²ronohadinagoro@gmail.com, ³dhikamahdi9@gmail.com,

⁴rzulfikar@gmail.com

Abstrak

Puncak Pass STA 20+650, termasuk dalam daerah perbukitan yang pada kondisi saat ini sudah mengalami perubahan tata guna lahan. Pada bagian atas lereng terdapat bangunan-bangunan dan beban lalu lintas, hal tersebut mengakibatkan longsor yang terjadi semakin besar. Kelongsoran area tersebut bahkan terjadi dua kali, dampak longor tersebut tidak hanya memutus jalan raya, juga menyebabkan amblasnya sejumlah bangunan sekitar longsor. Studi ini bertujuan untuk mendapatkan solusi penanganan longsor dengan kondisi yang ada. Melakukan analisis dengan metode elemen hingga dengan bantuan program Plaxis untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam variasi penanganan longsor yang dianalisis. Hasil analisis eksisting didapatkan nilai faktor keamanan (Msf) sebesar 1,112. Hasil analisis sepuluh variasi alternatif penanganan didapatkan nilai faktor keamanan (Msf) terbesar adalah penanganan dengan kombinasi bronjong dan tiang pancang sebesar 1,845 pada kondisi normal, untuk kondisi gempa didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,244. Rekomendasi penanganan longsor untuk area Puncak Pass adalah dengan kombinasi bronjong dan tiang pancang yang memenuhi syarat kriteria desain.

Kata kunci: Puncak Pass, Longsor, dan Penanganan

Abstract

Puncak Pass STA. 20+650, it's a hills area with land use change condition but there's no different or change topography. The main causes landslide in Puncak Pass. There's assessment like building and street in the top of slope that causes a bigger landslide it even hapen twice. There's a lot of causes impact like break the highway and collapsed building. This study task is about handling the landslide with such condition finite element method analysys and plaxis program for analysys the deformation geotechnic stabiliation in analysys handing landslide. There's a secure system on the analysys results (Msf) 1,112. The results of analysys of ten safety factors with gabion dan pile combination 1,845 in normal condition, if there's earthquake the safety factor will touch 1,244. Recommendations for a landslide in Pucak Pass area is combinations of gabion and pile that meets the design criteria.

Keywords: Puncak Pass, Landslide, and Handling

1. Pendahuluan

Longsor merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia dan banyak menyebabkan kerugian besar, baik berupa materi maupun non-materi. Tanah longsor sering terjadi pada lereng-lereng gunung, bukit, maupun lereng sungai, yang telah termasuk dalam kategori bahaya atau kondisi kritis. Jawa Barat merupakan salah satu daerah yang paling rawan terhadap gerakan tanah di Indonesia, secara nasional tercatat 127 kali kejadian gerakan tanah dengan 63 kejadian terjadi di wilayah Jawa Barat (Sugianti et al., 2014).

Bila kita memperhatikan Gambar 1, Puncak Pass termasuk dalam daerah perbukitan yang pada kondisi saat ini mengalami perubahan tata guna lahan, dengan topografi masih tetap. Kontur dan strukrur tanah yang labil mengakibatkan mudahnya tanah bergeser, dibuktikan dengan adanya beberapa titik kelongsoran. Kelongsoran bahkan terjadi dua kali, dampak dari pada longor tersebut tidak hanya memutus jalan raya, juga menyebabkan amblasnya sejumlah bangunan Puncak Pass Resort. Lokasi penelitian yang akan dianalisis yaitu area Puncak Pass STA 20 + 650, Desa Sindanglaya, Kecamatan Ciloto, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat dengan posisi koordinat 6°42'21,33" S dan 106°59'39,47" E. Untuk mengetahui solusi yang tepat dalam penanganan longsor pada lereng Puncak Pass STA 20+650, dibutuhkan suatu analisis stabilitas lereng. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi longsor yang dapat terjadi pada lereng. Hasil dari evaluasi, analisis, serta permodelan dijadikan sebagai acuan dalam memberikan berbagai metode penanganan longsor.

Plaxis merupakan salah satu program komputer dengan metode elemen hingga. Program ini digunakan untuk analisis deformasi, stabilitas lereng dan permasalahan geoteknik lainnya, penggunaan *software* ini sangat membantu dalam proses analisis geoteknik, khususnya analisis stabilitas lereng (Brinkgreve et al., 2019).

Nilai faktor keamanan dapat dihitung dengan memodelkan terlebih dahulu lereng dalam bentuk dua dimensi, cara ini diambil berdasarkan

Info Makalah:

Dikirim : 06-29-20;

Revisi 1 : 08-27-20;

Revisi 2 : 09-16-20;

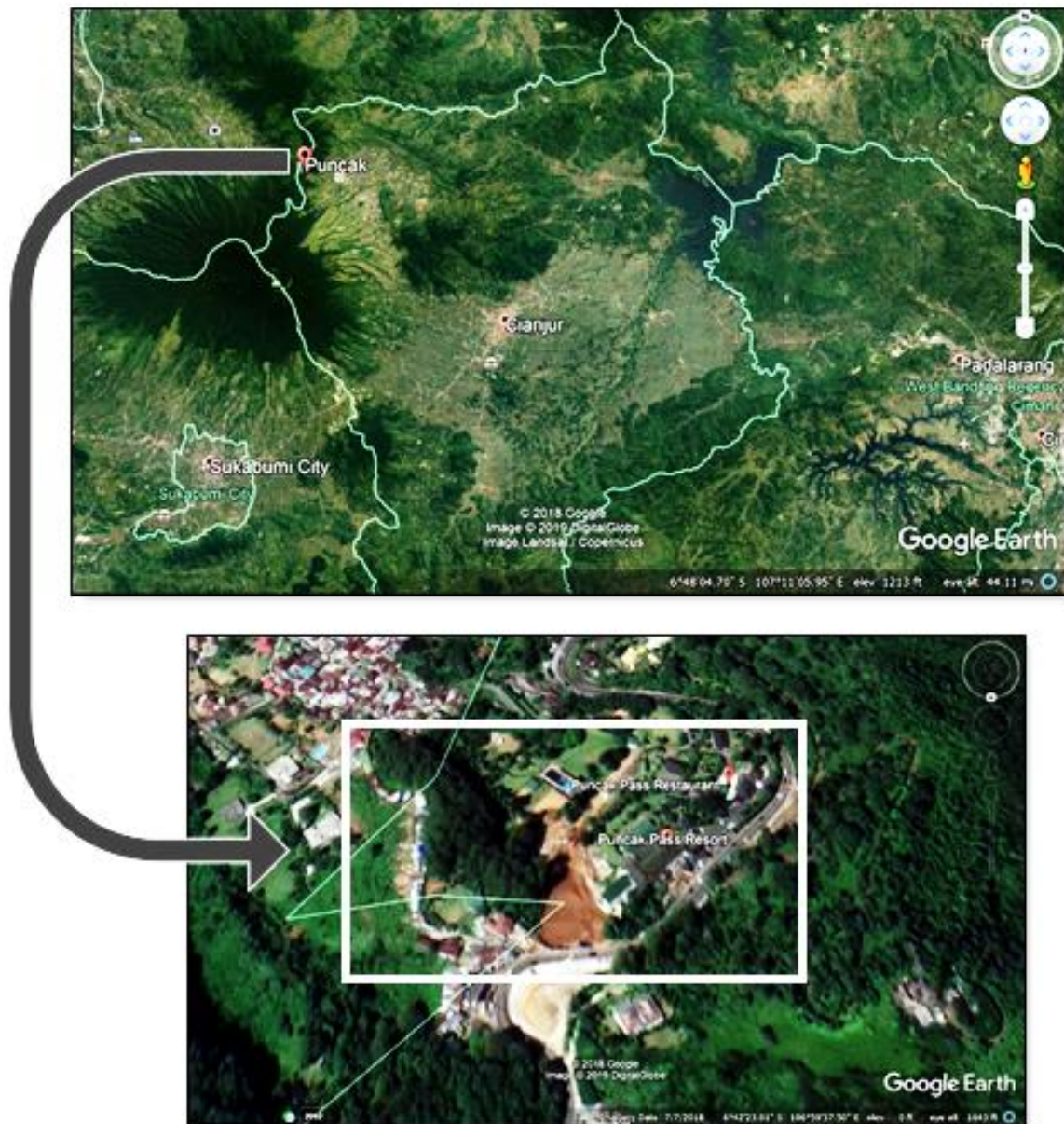
Diterima : 09-16-20.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62 823-0016-5516

e-mail : xbal.meiprastyo@lecture.unjani.ac.id

metode Fellenius, selain itu nilai faktor keamanan dapat juga dihitung dengan menggunakan program Plaxis (Himawan et al., 2017).



Gambar 1. Area longsor Puncak Pass STA 20+650, Desa Sindanglaya, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat.

2. Metode

Lereng dan Longsor

Longsor berpotensi terjadi pada permukaan lereng yang tidak horisontal, kondisi ini cenderung dapat menggerakkan tanah ke arah bawah. Bila komponen perlawanan terhadap geseran terlampaui maka lereng akan mengalami kelongsoran. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring, disebut analisis stabilitas lereng (Hardiyatmo H.C., 2010).

Faktor yang mempengaruhi dalam analisis stabilitas lereng diantaranya kuat geser tanah yang anisotropis, aliran air dalam tanah, kondisi tanah yang berlapis, sedangkan pengaruh dari luar yang diakibatkan perbuatan manusia seperti memperdalam galian tanah, mempertajam kemiringan lereng dan erosi sungai. Lereng yang terjal dan panjang memiliki daya dorong kebawah lebih besar dan menyebabkan gerakan material menuruni lereng semakin cepat (Karlina, 2016).

Longsoran yang diakibatkan pengaruh dalam, yaitu longsoran yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Sebagai contoh, pengaruh bertambahnya tekanan air pori di dalam lereng.

Hardiyatmo (Hardiyatmo H.C., 2010) membagi dua macam lereng dari segi terbentuknya, yaitu:

1. Lereng Alam, lereng ini terbentuk akibat kegiatan alam seperti gerakan tektonik, erosi. Material ini cenderung tergelincir akibat beratnya sendiri.
2. Lereng buatan meliputi lereng galian dan timbunan. Lereng galian adalah usaha membuat lereng dengan kemiringan tertentu yang ekonomis dan aman, sedangkan lereng timbunan pada umumnya dibuat untuk pembentukan badan jalan.

Analisis Stabilitas Lereng

Tinjauan stabilitas lereng perlu dilakukan bila di atas dan di bawah lereng terdapat pembangunan. Dasar dari analisis stabilitas lereng adalah *limit plastic equilibrium*. Analisis stabilitas dilakukan untuk menentukan faktor aman dari bidang longsor yang potensial (Das et al., 1995). Beberapa asumsi dalam analisis stabilitas lereng, yaitu:

1. Kelongsoran diasumsikan sebagai masalah bidang dua dimensi dan dianggap terjadi di sepanjang permukaan bidang longsor tertentu.
2. Massa tanah diasumsikan sebagai benda masif.
3. Kuat geser tanah dianggap isotropis.
4. Faktor aman didefinisikan sebagai perbandingan kuat geser dan tegangan geser tanah rata-rata disepanjang bidang longsor potensial.

Faktor aman merupakan perbandingan antara gaya yang menahan dengan gaya menggerakkan.

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

Menurut teori *Mohr-Coulomb*, tahanan geser (τ) yang dapat dikerahkan oleh tanah, di sepanjang bidang longsonya, ditentukan dengan formula:

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

Nilai-nilai c dan φ adalah parameter kuat geser tanah di sepanjang bidang longsor. Tegangan geser yang terjadi (τ_d) akibat beban tanah dan beban-beban lain pada bidang longsonya dihitung dengan formula berikut:

$$\tau_d = c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d \quad (3)$$

Dengan c_d dan φ_d adalah kohesi dan sudut gesek dalam yang terjadi atau yang dibutuhkan untuk keseimbangan pada bidang longsonya. Substitusikan persamaan (2) dan (3) ke persamaan (1) diperoleh persamaan faktor aman:

$$F = \frac{c + \sigma \operatorname{tg} \varphi}{c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d} \quad (4)$$

Persamaan (4) dapat pula dituliskan dalam bentuk:

$$c_d + \sigma \operatorname{tg} \varphi_d = \frac{c}{F} + \sigma \frac{\operatorname{tg} \varphi}{F} \quad (5)$$

Faktor aman terhadap masing-masing komponen kuat geser, dapat dinyatakan dalam:

$$F_c = \frac{c}{c_d} \quad (6)$$

$$F_\varphi = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_d} \quad (7)$$

Kriteria Pembebanan

Analisis pada lereng galian dan timbunan harus memperhitungkan beban hidup, beban mati, dan gempa. Pada permukaan lereng beban tambahan harus diterapkan sebesar 10 kN/m² kecuali pada persyaratan lain sesuai peruntukannya. Berikut ini beberapa kriteria untuk pembebanan.

1. Beban Gempa, diperhitungkan jika lereng galian atau timbunan direncanakan dibangun pada area dengan kriteria kepentingan strategis. Nilai faktor keamanan untuk kondisi gempa harus lebih besar dari 1,1.
2. Beban lalu lintas ditentukan berdasarkan kelas jalannya. Untuk kelas jalan I, beban lalu lintas yang diterapkan sebesar 15 kPa, untuk kelas jalan II dan III beban lalu lintas yang diterapkan sebesar 12 kPa. Sedangkan untuk Beban di luar jalan beban yang diterapkan sebesar 10 kPa untuk seluruh kelas jalan.
3. Perancangan lereng timbunan dan galian harus memperhitungkan tegangan vertikal dan horizontal.
4. Kriteria umur rencana struktur, tergantung dari peninjauan yang diambil berdasar kondisi jangka pendek atau jangka panjang.
5. Keluaran deformasi meliputi penurunan jangka pendek, penurunan jangka panjang, deformasi vertikal, deformasi horisontal dan dampak terhadap bangunan sekitarnya.

Kriteria Faktor Keamanan

Berdasarkan SNI Geoteknik 8460:2017 rekomendasi nilai faktor keamanan untuk lereng batuan dengan kondisi lereng batuan permanen sebesar 1,5 dan untuk lereng batuan dengan kondisi sementara sebesar 1,3. Pada kriteria untuk nilai faktor keamanan pada lereng tanah mensyaratkan kriteria sebagai berikut:

1. Struktur dengan biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan dan tingkat ketidakpastian kondisi analisis rendah sebesar 1,25
2. Struktur dengan biaya perbaikan sebanding dengan biaya tambahan dan tingkat ketidakpastian kondisi analisis tinggi sebesar 1,5
3. Struktur dengan biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan dan tingkat ketidakpastian kondisi analisis rendah sebesar 1,5.
4. Struktur dengan biaya perbaikan lebih besar dari biaya tambahan dan tingkat ketidakpastian kondisi analisis tinggi lebih besar sama dengan 2,0.

Metode Analitis Numerik

Masalah stabilitas lereng yang sulit dapat dianalisis dengan metode elemen hingga, hal ini dikarenakan penggunaan *software* plaxis dapat menguraikan pemodelan yang cukup kompleks dan sulit, serta dapat menampilkan tahapan konstruksi dalam pemodelannya (Suryajaya & Suhendra, 2019). Keluaran analisis berupa deformasi tegangan dan regangan untuk berbagai sifat material.

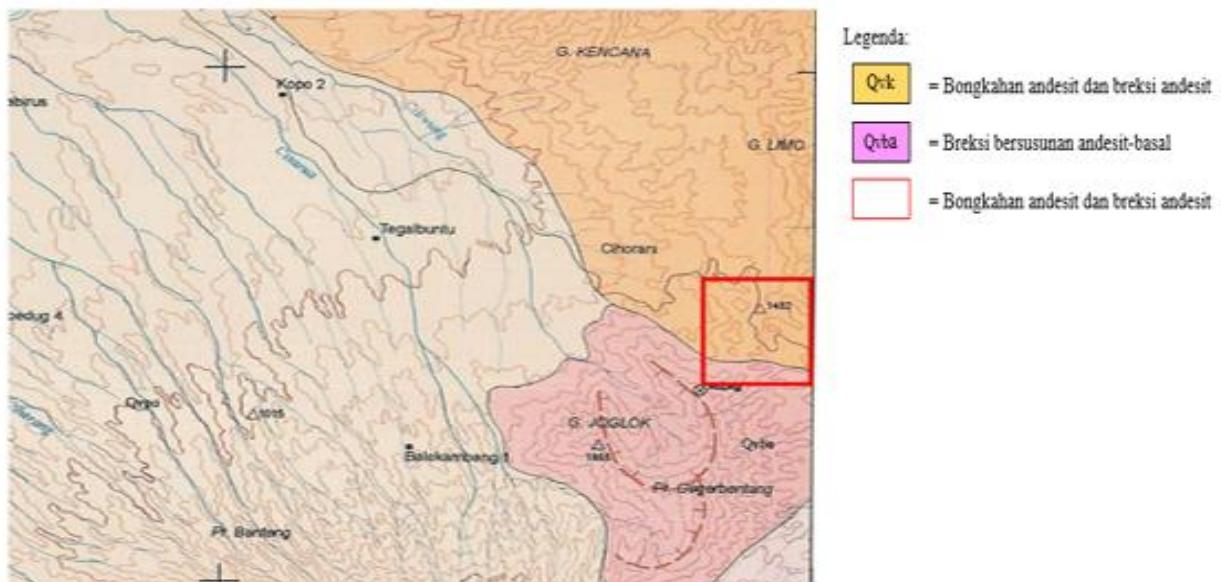
3. Hasil dan Pembahasan

Analisis Kondisi Geologi

Penyebaran lapisan longsor daerah puncak terdiri dari dua unsur lapisan, meliputi *Breksi* dan *Lava* Gunung Kencana dan Gunung Limo (*Qvk*) yang mengandung unsur bongkahan andesit dan *Breksi* andesit dengan banyak sekali fenokris piroksen dan *lava* basal. Selain itu daerah ini terdiri dari *Breksi* Gunung api (*Qvba*) yang mengandung *Breksi* bersusunan andesit-basal, setempat aglomerat lapuk (Kementerian Energi dan Sumber Daya, 2011).

Andesit adalah batuan beku berbutir halus yang terbentuk ketika magma yang meletus ke permukaan dan mengkristal dengan cepat, sedangkan breksi adalah batuan sedimen klastik yang tersusun atas butiran-butiran fragmen membentuk sudut-sudut fragmen yang angular.

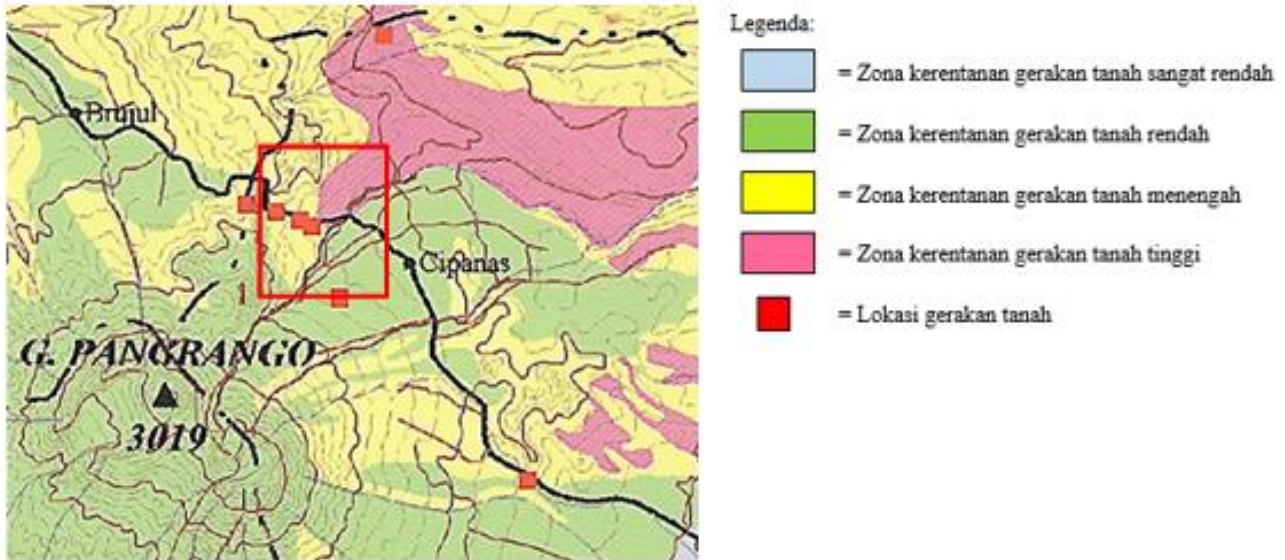
Berdasarkan peta geologi (Gambar 2) pada bagian bawah dijumpai breksi dengan fragmen batuan beku, masa dasar berupa pasir lempungan kondisi lapuk, pada bagian atas tanah berupa lanau dan lanau pasiran berwarna kuning kecoklatan sampai coklat kemerahan dengan ketebalan berkisar dari 1,5 sampai 4,0 meter. Bidang kontak antara tanah pelapukan dengan batuan *Breksi* dibawahnya dapat berpotensi menjadi bidang gelincir longsor.



Gambar 2. Peta Geologi Longsor Puncak Pass dan Daerah Sekitarnya.

Kerentanan Gerakan Tanah

Keaktifan gerakan tanah pada jalur Puncak Pass dapat dilihat pada peta kerentanan (Gambar 3). Berdasarkan peta kerentanan gerakan tanah (Kementerian Energi dan Sumber Daya, 2011), jalur Puncak Pass dan daerah sekitarnya termasuk dalam zona kerentanan gerakan tanah tinggi.



Gambar 3. Peta Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Puncak Pass dan Daerah Sekitarnya.

Stratigrafi

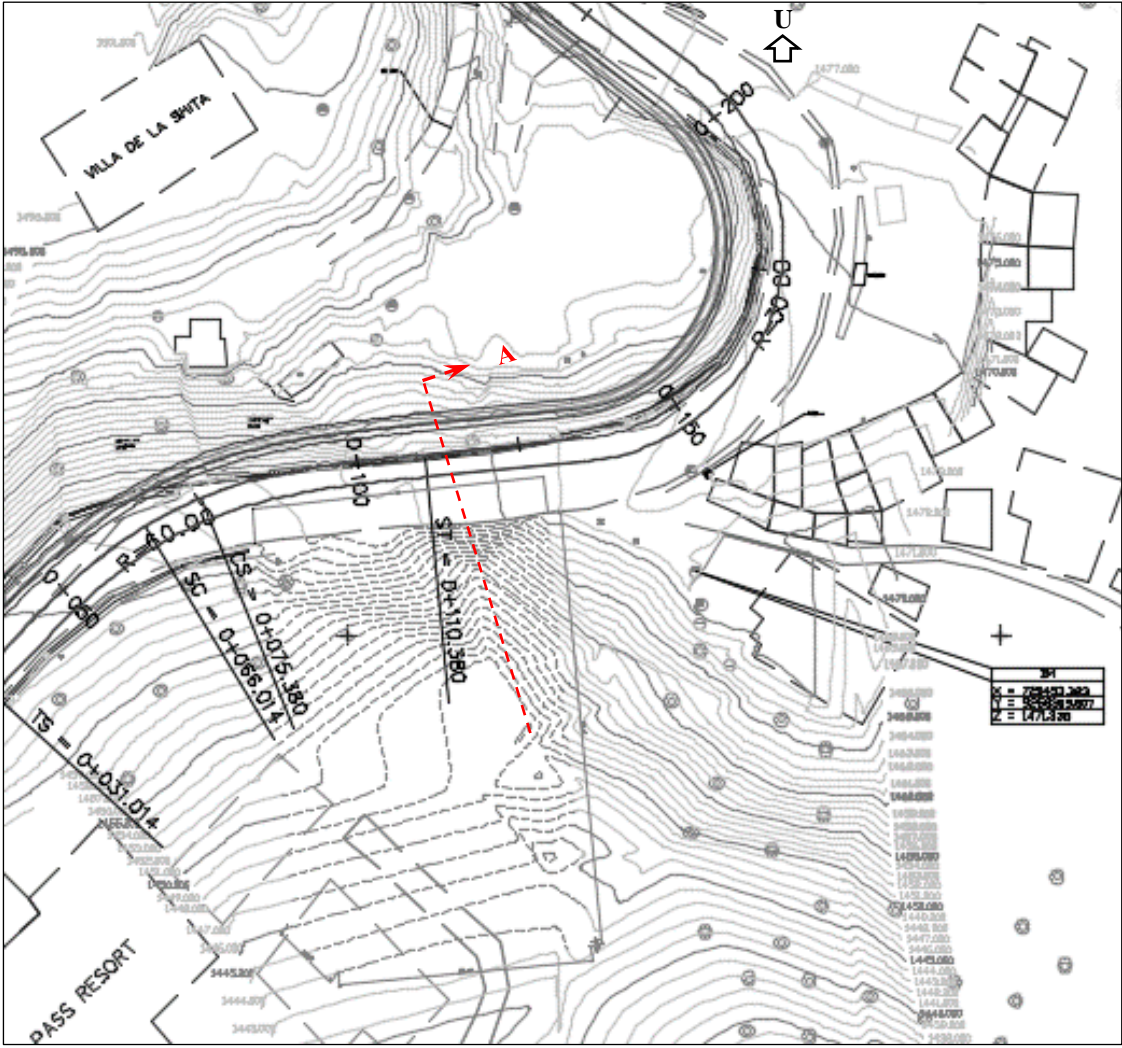
Gambar stratigrafi yang dibuat berdasarkan potongan melintang data topografi (Gambar 4) berfungsi untuk mendeskripsikan komposisi serta distribusi perlapisan tanah dan interpretasi lapisan-lapisan batuan. Untuk keperluan analisis dan desain, dilakukan evaluasi hasil penyelidikan tanah sehingga diperoleh pelapisan tanah dan zonasinya. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah didapatkan susunan lapisan tanah yang terdiri dari:

1. Pada kedalaman 0-9,0 m terdapat lapisan lanau warna kuning, konsistensi lunak-teguh, dengan harga N_{spt} berkisar dari 6-30.
2. Pada kedalaman 9,0 m-30,0 m dari pengeboran inti lapisan (akhir pengeboran) terdapat lapisan lanau pasir, konsistensi teguh-kaku, dengan harga N_{spt} berkisar dari 30-60.
3. Muka air tanah pada lokasi pemboran menunjukkan kedalaman yang berkisar 13 meter dibawah permukaan tanah.
4. Aliran air pada daerah ini cukup besar, terlihat dengan adanya mata air di daerah perbukitan. Penduduk mengambil air tanah dari mata air yang berasal dari sumur bor. Kedalaman air tanah berkisar dari 6,00 – 10,00 m.

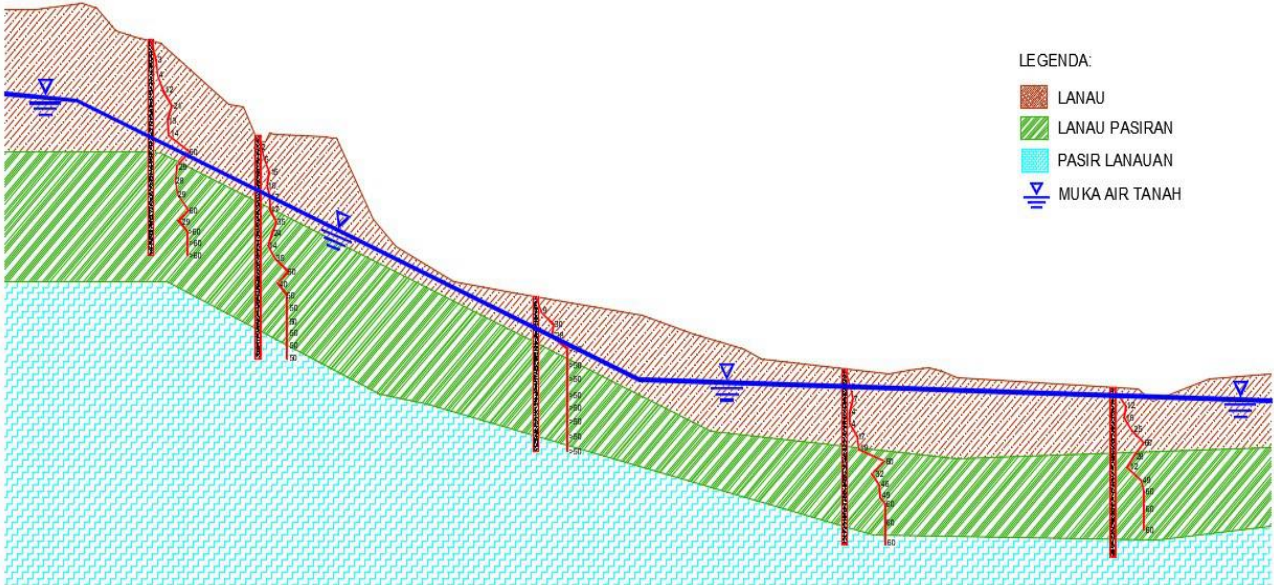
Dari data-data tersebut penulis aplikasikan pada stratigrafi yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Pemodelan Lereng

Kestabilan lereng ditentukan oleh nilai faktor keamanan (FK) minimum sebesar 1,5 untuk mencapai kondisi kestabilan lereng yang memenuhi kriteria aman. Analisis dilakukan dalam kondisi eksisting dan kondisi dengan perkuatan. Analisis menggunakan program plaxis, Program elemen hingga ini digunakan untuk menganalisis deformasi dan stabilitas pada kondisi eksisting, sehingga dari hasil analisis kondisi eksisting akan dijadikan asumsi penanganan geoteknik pada lokasi terjadinya longsor. Output analisis berupa desain dalam tipe-tipe penanganan.



Gambar 4. Peta Topografi Area Longsor Puncak Pass.

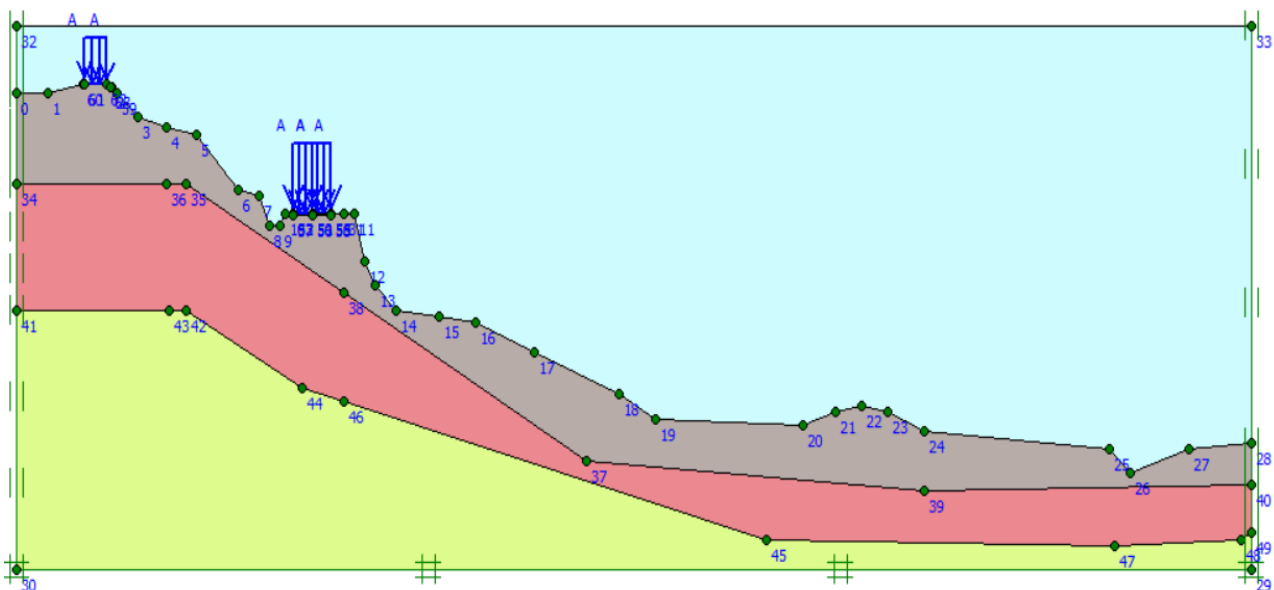


Gambar 5. Statigrafi Tanah Area Puncak Pass (Potongan A).

Tabel 1. Parameter Tanah untuk Pemodelan di STA 20+650.

Parameter Tanah	Lanau	Lanau Pasiran	Pasir Lanauan	Aspal	Beton
					Rigid
<i>Model</i>	<i>Mohr Coulumb</i>	<i>Mohr Coulumb</i>	<i>Mohr Coulumb</i>	<i>Mohr Coulumb</i>	<i>Mohr Coulumb</i>
<i>Type</i>	<i>undrained</i>	<i>undrained</i>	<i>undrained</i>	<i>undrained</i>	<i>elastik</i>
$\gamma_{sat} (kN/m^3)$	17,2	18,6	19,2	22	24
$E_{ref} (kN/m^2)$	$4,00 \times 10^4$	$6,0 \times 10^4$	$8,00 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$	$3,02 \times 10^7$
ν	0,35	0,3	0,3	0,2	0,2
$C_{ref} (kN/m^2)$	25	50	200	500	-
$\phi (^{\circ})$	17	35	40	20	-
ψ	0	5	10	10	-
R_{inter}	0,9	0,9	0,9	0,9	rigid

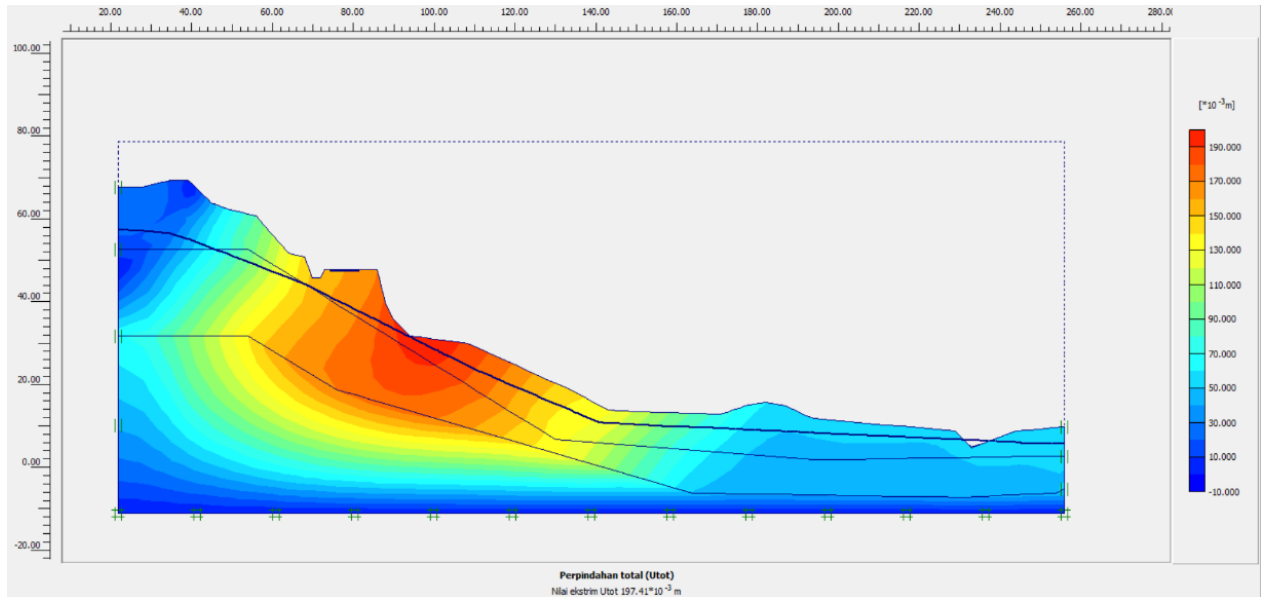
Analisis eksisting dilakukan di STA 20+650, pemodelan geometri diambil dari data topografi (Gambar 4) desain potongan melintang STA 20+650. Dalam pemodelan lokasi longsor ini, Data parameter tanah yang digunakan dalam proses analisis stabilitas lereng dapat dilihat pada Tabel 1. Keadaan eksisting dimodelkan dengan menggunakan model tanah *Mohr-Coulomb*. Pada Gambar 6 ditunjukkan pemodelan lereng pada *software* plaxis.



Gambar 6. Pemodelan Lereng Eksisting.

Parameter tanah seperti berat volume tanah basah (γ_{sat}), kohesi (C_{ref}), sudut geser (ϕ), sudut dilatasi (ψ), dan faktor reduksi kuat geser antarmuka (R_{inter}) didapatkan dari hasil uji laboratorium. Pada peta topografi area Puncak Pass sekitar lereng dibagian kanan-kiri jalan terdapat bangunan rumah-rumah, beban tersebut termasuk beban di luar jalan. Besarnya beban berdasarkan angka yang diberikan pada Tabel 1 kolom ketiga. Beban tersebut ditambahkan dalam permodelan eksisting.

Hasil analisis kondisi eksisting lereng menggunakan *software* plaxis ditunjukkan pada Gambar 7. Dari Gambar tersebut dapat diketahui nilai *displacement* maksimal sebesar 197,41 mm dengan nilai faktor keamanan (Msf) sebesar 1,112. Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan nilai faktor keamanan tersebut masih kurang berdasarkan SNI Geoteknik 8460-2017 (FK minimal harus lebih besar dari 1,5). Diperlukan analisis perkuatan lereng untuk meningkatkan nilai faktor keamanan lereng tersebut (Badan Standarisasi Nasional, 2017).



Gambar 7. Hasil Analisis Pemodelan Lereng Eksisting.

Desain Penanganan Longsoran

Dari hasil analisis kondisi eksisting didapat lereng dalam kondisi tidak memenuhi faktor keamanan, sehingga diperlukan metode yang tepat agar didapatkan kondisi keamanan pada lereng tersebut. Dilakukan beberapa analisis dan pemodelan sebagai alternatif perbaikan. Analisis dilakukan untuk mendapatkan metode perbaikan yang paling tepat dan optimal.

Dalam studi ini alternatif penanganan lereng yang dimodelkan diantaranya yaitu bronjong, terasering, tiang pancang geogrid/geotekstil, dinding penahan tanah, dan angkur.

Hasil rekapitulasi analisis perbaikan yang dilakukan pada lokasi eksisting ditunjukkan pada Tabel 2. Sedangkan hasil analisis nilai faktor keamanan dengan pemodelan adanya gempa ditunjukkan pada Tabel 3. Kriteria standar untuk nilai Faktor Keamanan (FK) yang memenuhi atau tidak memenuhi berdasarkan SNI Geoteknik 8460:2017.

Tabel 2. Faktor keamanan desain penanganan longsoran Puncak Pass.

No.	Penanganan	Faktor Keamanan Perkuatan	Keterangan*)
1.	Bronjong	1,043	Tidak Memenuhi
2.	Terasering 60°	1,269	Tidak Memenuhi
3.	Terasering 45°	1,265	Tidak Memenuhi
4.	Tiang Pancang panjang 25 m	1,765	Memenuhi
5.	Tiang Pancang panjang 30 m	1,765	Memenuhi
6.	Tiang Pancang panjang 45 m	1,776	Memenuhi
7.	Geogrid	1,268	Tidak Memenuhi
8.	Dinding Penahan Tanah	1,271	Tidak Memenuhi
9.	Terasering 60° dan Angkur	1,784	Memenuhi
10.	Bronjong dan Tiang Pancang	1,845	Memenuhi

Tabel 3. Rekapitulasi nilai faktor keamanan desain penanganan longsoran Puncak Pass.

Penanganan	Faktor Keamanan	Kriteria Standar	Keterangan *)
Eksisting	1,112	FK > 1,5	Tidak Memenuhi
Bronjong dan Tiang Pancang	Statik	FK > 1,5	Memenuhi
	Dengan Gempa	FK > 1,1	Memenuhi

*Kriteria standar nilai faktor keamanan berdasarkan SNI Geoteknik 8460:2017.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dalam penanganan longsor di daerah Puncak Pass maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil penyelidikan tanah didapatkan bahwa kondisi lokasi penelitian sudah terjadi longsor. Kemiringan lereng termasuk kategori curam berkisar 50° - 60° dan kemiringan pada lereng bagian bawah berkisar 10° - 20° dengan ketinggian mencapai ± 35 meter. Tipe pergerakan merupakan longsor rotasi yang tergolong dalam.
2. Penyebab utama terjadinya longsor di lokasi penelitian akibat pergeseran tanah. Dengan lapisan tanah atas lanau warna kuning, konsistensi lunak–teguh kedalaman 0–9,0 m, kemudian pada bagian atas lereng terdapat bangunan-bangunan dan beban lalu lintas, hal tersebut mengakibatkan longsor terjadi semakin besar.
3. Hasil analisis menggunakan perangkat lunak Plaxis dengan sepuluh variasi penanganan yang dianalisis. Pada analisis eksisting didapatkan nilai faktor keamanan (Msf) sebesar 1,112. Nilai faktor keamanan tersebut masih kurang berdasarkan SNI Geoteknik 8460-2017 ($FK > 1,5$)
4. Penanganan dengan nilai faktor keamanan (Msf) terendah adalah penanganan menggunakan bronjong sebesar 1,043. Sedangkan penanganan dengan nilai faktor keamanan (Msf) terbesar adalah penanganan dengan kombinasi bronjong dan tiang pancang sebesar 1,845 pada kondisi normal, untuk penanganan kombinasi bronjong dan tiang pancang pada saat kondisi gempa didapatkan nilai faktor keamanan sebesar 1,244.
5. Berdasarkan hasil analisis, rekomendasi penanganan longsor untuk area Puncak Pass adalah dengan kombinasi bronjong dan tiang pancang yang memenuhi syarat kriteria desain.

Ucapan Terima Kasih

Kami sebagai penulis makalah seminar ini mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu dalam penelitian ini, pada staf pengajar di Universitas Jenderal Achmad Yani, Jurusan Teknik Sipil dan khususnya kepada Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional VI.

Daftar Notasi

F	= Faktor aman
τ	= Tahanan geser maksimum
τ_d	= Tegangan geser
ϕ'	= Sudut geser dalam
u	= Tekanan air pori
σ'	= Tegangan efektif
c	= Kohesi
ϕ	= Sudut gesek dalam tanah
σ	= Tegangan normal
F_c	= <i>Safety factor</i> komponen kohesi
F_ϕ	= <i>Safety factor</i> komponen geser
H	= Kedalaman
γ	= Berat volume tanah
H_c	= Ketebalan maksimum
γ'	= Berat volume jenuh tanah
γ_{sat}	= Berat volume efektif tanah
β	= Sudut lereng tanah
W	= Berat tanah yang akan longsor
L_{AC}	= Panjang lengkungan
R	= Jari-jari bidang longsor
y	= Jarak pusat berat W terhadap O
ΣM_r	= Jumlah momen penahan
N_d	= Angka stabilitas
r_u	= Rasio tekanan pori
ϕ_b	= Kemiringan <i>matrix suction</i>
ψ	= Sudut dilatasi
R_{inter}	= Faktor reduksi kuat geser antarmuka
Msf	= Faktor skala magnitude gempa bumi

Daftar Pustaka

Badan Standarisasi Nasional. (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik SNI 8460*.
Brinkgreve, R. B. J., Kumarswamy, S., Swolfs, W. M., Zampich, L., & Manoj, N. R. (2019). *Plaxis 2019*.

- Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. (1995). *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Erlangga.
- Hardiyatmo H.C. (2010). *Mekanika Tanah 2*. Gadjah Mada University Press.
- Himawan, E., S, K. W., Sipil, D. T., Teknik, F., Diponegoro, U., Tengah, J., Longsoran, P., & Pile, B. (2017). *Penanganan Longsoran Bendan Dengan Bored Pile*. 6, 103–113.
- Karlina, I. I. (2016). Analisis Tingkat Kerawanan Longsor Pada Sebagian Jalan Kelas Iiic Di Sub-Das Gesing, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah. *Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15247.38565>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya. (2011). *Laporan Tahunan Badan Geologi*.
- Sugianti, K., Mulyadi, D., & Sarah, D. (2014). Klasifikasi Tingkat Kerentanan Gerakan Tanah Daerah Sumedang Selatan Menggunakan Metode Storie. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*.
<https://doi.org/10.14203/risetgeotam2014.v24.86>
- Suryajaya, E., & Suhendra, A. (2019). Analisis Mitigasi Bencana Tanah Longsor Dan Metode Pengendaliannya (Studi Kasus Proyek Jalan Di Jambi). *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*. <https://doi.org/10.24912/jmts.v2i4.6189>