

## Analisis Deformasi Lereng Menggunakan Metode Monitoring pada Lereng Jalan Trans Provinsi Kilometer 18 Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara

*Sahrul\*, Vita Astini*

*Program Studi Teknik Pertambangan  
Universitas Sembilanbelas November Kolaka  
\*17sahrulpoalahi@gmail.com*

### SARI

Jalan Trans Provinsi kilometer 18 Kolaka merupakan salah satu akses jalur darat utama hasil pemotongan kaki lereng (*cutting road*) yang sering mengalami ketidakstabilan. Tujuan penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui pengaruh kondisi dan geometri lereng jalan terhadap kestabilan lereng dan menghitung laju perpindahan atau pergerakan massa batuan atau tanah penyusun lereng serta menganalisis tipe longsor yang dapat terjadi pada lereng. Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode monitoring langsung dengan bantuan instrument pemantauan Total Station atau Theodolit dan metode permodelan numeric *finite elemen method Phase 2D Rocscience* sebagai pendekatan lain yang digunakan untuk memperoleh gambaran visual deformasi yang dapat terjadi pada lereng. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik material penyusun lereng didominasi oleh batuan lunak (*soft rock*) dengan nilai kekerasan batuan berkisar 25 – 50 MPa dan tanah (*soil*) dengan tingkat pelapukan signifikan diatas 70% yang disebabkan oleh keberadaan mineral mika dan sekis yang memiliki karakteristik sangat mudah mengalami pelapukan oleh keberadaan air pada daerah lembab hingga basah. Hasil monitoring laju deformasi berdasarkan metode monitoring langsung dan permodelan numeric phase 2D menunjukkan bahwa lereng jalan trans provinsi KM 18 Kolaka diklasifikasi kedalam lereng kritis dengan nilai laju deformasi masing-masing rata-rata berkisar 5 – 215 mm/hari dan 30 – 114 mm/hari dimana pada kondisi normal nilai laju deformasi lereng berkisar <12 mm/hari. Dari hasil penelitian juga diketahui bahwa Tipe longsor yang terjadi pada lereng jalan trans provinsi KM 18 Kolaka yang diidentifikasi dari pengamatan langsung berdasarkan pendekatan korelasi penyusun material lereng adalah tipe longsor rotasional.

**Kata kunci:** Monitoring; Lereng; Deformasi; Kestabilan Lereng

**How to Cite:** Sahrul, Astini, V., 2019. Analisis Deformasi Lereng Menggunakan Metode Monitoring pada Lereng Jalan Trans Provinsi Kilometer 18 Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geomine*, 7(3): 178-189.

---

**Published By:**

Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Muslim Indonesia

**Address:**

Jl. Urip Sumoharjo Km. 05  
Makassar, Sulawesi Selatan

**Email:**

[geomine@umi.ac.id](mailto:geomine@umi.ac.id)

**Article History:**

Submite 13 September 2019

Received in from 18 September 2019

Accepted 30 Desember 2019

**Lisensec By:**

[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



### **ABSTRACT**

*Kilometer 18 of the Kolaka trans provincial road is one of the main road accesses resulting from the reduction of foot slopes which often experience instability. The purpose of this study was to determine the effect of the conditions and geometry of the road slope on the stability of the slope and to calculate the rate of movement or movement of the rock mass or of the ground in slope formation and analyze the types of landslides that can occur on the slope. This study uses two methods, namely the direct monitoring method using total station monitoring instruments or Theodolit and the finite numerical modeling method of the 2D Rocscience phase method as another approach used to obtain a visual image of the deformations that can occur on slopes. The results showed that the characteristics of materials forming slopes were dominated by soft rock with rock hardness values ranging from 25 to 50 MPa and soils with significant weathering levels greater than 70%. due to the presence of mica and shale minerals which have very easy characteristics altered by the presence of water in humidity areas. The results of the deformation rate monitoring based on the direct monitoring method and 2D digital modeling show that the slopes of the trans provincial routes of the KM 18 Kolaka are classified as critical slopes with an average deformation rate ranging from 5 to 215 mm / day and from 30 to 114 mm / day. where, under normal conditions, the value of the slope deformation rate is only <12 mm / day. From the results of the study, it is also known that the types of avalanches that occur on the slopes of the trans province of KM 18 Kolaka which are identified by direct observation on the basis of the correlation approach of Slope material compilers are the types of rotational landslides.*

**Keywords:** *Slope, monitoring, deformation, slope stability.*

### **PENDAHULUAN**

Jalan Trans Provinsi KM 18 Kolaka secara administrasi masuk dalam wilayah kecamatan Kolaka kabupaten Kolaka (Gambar 1). Jalan tersebut merupakan salah satu akses jalur darat utama yang termasuk dalam kategori jalur lalu lintas padat yang menghubungkan tiga wilayah provinsi yaitu provinsi Sulawesi Tenggara, Provinsi Sulawesi Tengah dan provinsi Sulawesi Selatan. Dikarenakan penggunaan jalur ini sebagai jalur utama bagi pengguna jalan, maka sangat penting untuk menjamin keselamatan bagi pengguna jalan dari terjadinya resiko bahaya pergerakan massa batuan atau tanah (kelongsoran) yang setiap saat bisa muncul akibat terganggunya kondisi lereng alami (Gambar 2).

Berdasarkan hal diatas, maka dianggap perlu dilakukan penelitian mengenai monitoring deformasi atau pergerakan massa batuan atau tanah pada lereng jalan hasil pemotongan (*cutting*) kaki lereng guna untuk mendapatkan gambaran dini tentang kondisi kestabilan lereng jalan yang dapat mencegah terjadinya resiko bahaya akibat pergerakan massa batuan/tanah (kelongsoran) terhadap pengguna jalan.



disebabkan keruntuhan utama lereng sangat bergantung pada beberapa faktor seperti jenis batuan penyusun, kehadiran air, dan jenis runtuh yang akan terjadi. Salah satu cara terbaik dalam memprediksi keruntuhan yang mungkin terjadi adalah dengan menggunakan data hasil pergerakan atau deformasi lereng sebagai sebuah indikasi peningkatan laju pergerakan pada lereng tertentu.

Beberapa peneliti mencoba mengilustrasikan laju kritis pergerakan lereng diantaranya Broadbent dan Zavodni 1984 menyatakan bahwa keruntuhan lereng dapat diprediksi mulai terjadi ketika pergerakan massa batuan atau tanah mencapai 3 mm/hari dan keruntuhan dapat dengan segera terjadi jika laju pergerakan mencapai 200 mm/hari (Broadbent dan Zavodni 1982). Keruntuhan segera terjadi ditandai ketika laju pergerakan mencapai 1000 mm/hari (Sullivan, 1993). Laju pergerakan kritis yang menunjukkan transisi kondisi lereng stabil menjadi tidak stabil jika pergerakan lereng mencapai rata-rata 12 mm/hari (Ryan and Call, 1992).

Analisis permodelan numerik dilakukan sebagai pendekatan lain yang dilakukan dalam penelitian ini. Pendekatan ini dilakukan untuk mengevaluasi nilai faktor keamanan atau probabilitas terjadinya keruntuhan dari longsoran permukaan busur atau non busur pada lereng batuan atau tanah. *Phase 2* merupakan salah satu program finite elemen elasto-plastik dua dimensi yang digunakan untuk menghitung tegangan-tegangan dan perpindahan di sekitar lubang bukaan dan juga dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan tambang, geoteknik dan teknik sipil secara lebih luas, yang melibatkan : penggalian-penggalian di dalam batuan atau tanah, tahapan penggalian (mencapai 300 tahap), material elastik atau plastik, banyak material, penyanggaan (baut batuan atau beton tembak), penyangga linear (*shotcrete/concrete/piles/geosynthetics*), tegangan konstan atau gravitasi di lapangan, batuan dengan kekar atau batuan yang disusun oleh kekar, regangan bidang atau aksisimetri, air tanah (garis piezo, nilai ru, atau analisis *seepage finite element*), dan kestabilan lereng *finite element*.

## METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini secara umum dilaksanakan dalam beberapa tahap yaitu tahap persiapan penelitian, tahap pengukuran dan pengambilan data lapangan, tahap analisis data dan permodelan numerik serta diakhiri dengan tahap penyusunan laporan penelitian. Tahap persiapan penelitian meliputi kegiatan studi literatur terkait dengan monitoring pergerakan lereng yang berasal dari buku, jurnal penelitian serupa baik nasional maupun internasional, artikel ilmiah dan laporan hasil penelitian dari internet. Selain studi literatur yang dilakukan dalam tahap ini juga dilakukan penyusunan perencanaan penelitian yang meliputi penyusunan kerangka acuan penelitian seperti identifikasi masalah penelitian, batasan penelitian, tujuan penelitian dan penyusunan jadwal pelaksanaan penelitian. Tahap pengukuran dan pengambilan data lapangan yang terdiri dari observasi awal lokasi penelitian, pengecekan kondisi peralatan survey monitoring, penentuan dimensi pengukuran pergerakan lereng, pengukuran dan pengambilan data menggunakan peralatan monitoring. Adapun proses pengukuran dan pengambilan data direncanakan selama kurang lebih satu bulan yang disesuaikan dengan kondisi ideal saat melakukan pengukuran di lapangan. Tahap analisis data dan permodelan numerik terdiri atas kegiatan pengolahan data mentah ke dalam format data pengukuran, analisis laju pergerakan lereng batuan atau tanah serta permodelan numerik dengan mereplikasi kondisi lapangan sebenarnya ke dalam suatu permodelan geometri lereng. Selain kegiatan lapangan utama seperti yang diuraikan di atas, dalam tahap ini juga direncanakan akan dilakukan uji sampel di laboratorium mekanika batuan atau tanah yang disesuaikan dengan ketersediaan data karakteristik sifat fisik dan mekanik batuan atau tanah di lokasi lereng penelitian.

Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: data primer yaitu data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti dan bersumber langsung dari objek penelitian di

lapangan seperti: data karakteristik sifat fisik dan mekanik batuan atau tanah, data geometri atau dimensi lereng jalan, data pergerakan atau perpindahan massa batuan atau tanah lereng yang diteliti, data koordinat lokasi dan titik pemantauan. Sedangkan data sekunder yaitu data yang diperoleh tidak secara langsung oleh peneliti dan bersumber langsung dari objek penelitian di lapangan seperti data geologi daerah penelitian, data curah hujan dan data histori pergerakan lereng yang terjadi di lokasi penelitian

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara statistik. Metode statistik digunakan sebab data-data yang digunakan dalam penelitian ini sebagian besar dalam bentuk kuantitatif. Adapun analisis data yang akan dilakukan adalah analisis data korelasi kondisi massa batuan atau tanah, analisis data korelasi laju pergerakan lereng batuan atau tanah, dan analisis data hasil laju pergerakan lereng batuan atau tanah terhadap nilai kestabilan lereng serta analisis permodelan numerik lereng terhadap nilai kestabilan lereng

## HASIL PENELITIAN

### Karakteristik Material Lereng

Secara keseluruhan material penyusun lereng didominasi oleh mineral sekis dan mika serta beberapa titik ditemukan oleh keberadaan mineral grafit, muskovit, dan kuarsa. Kondisi material sebagian besar mengalami pelapukan tinggi di atas 70% dengan kehadiran material tanah lepas (*loose*) dengan kadar air yang cukup tinggi di permukaan lereng (Gambar 3).



Gambar 3. Kondisi lereng dan keberadaan material lepas di permukaan lereng.

Berdasarkan uji kekerasan menggunakan *Hammer Test*, diketahui bahwa kekuatan batuan penyusun lereng berada diantara 25 – 50 MPa dan dikategorikan ke dalam jenis batuan lunak (Bieniawsky, 1973).

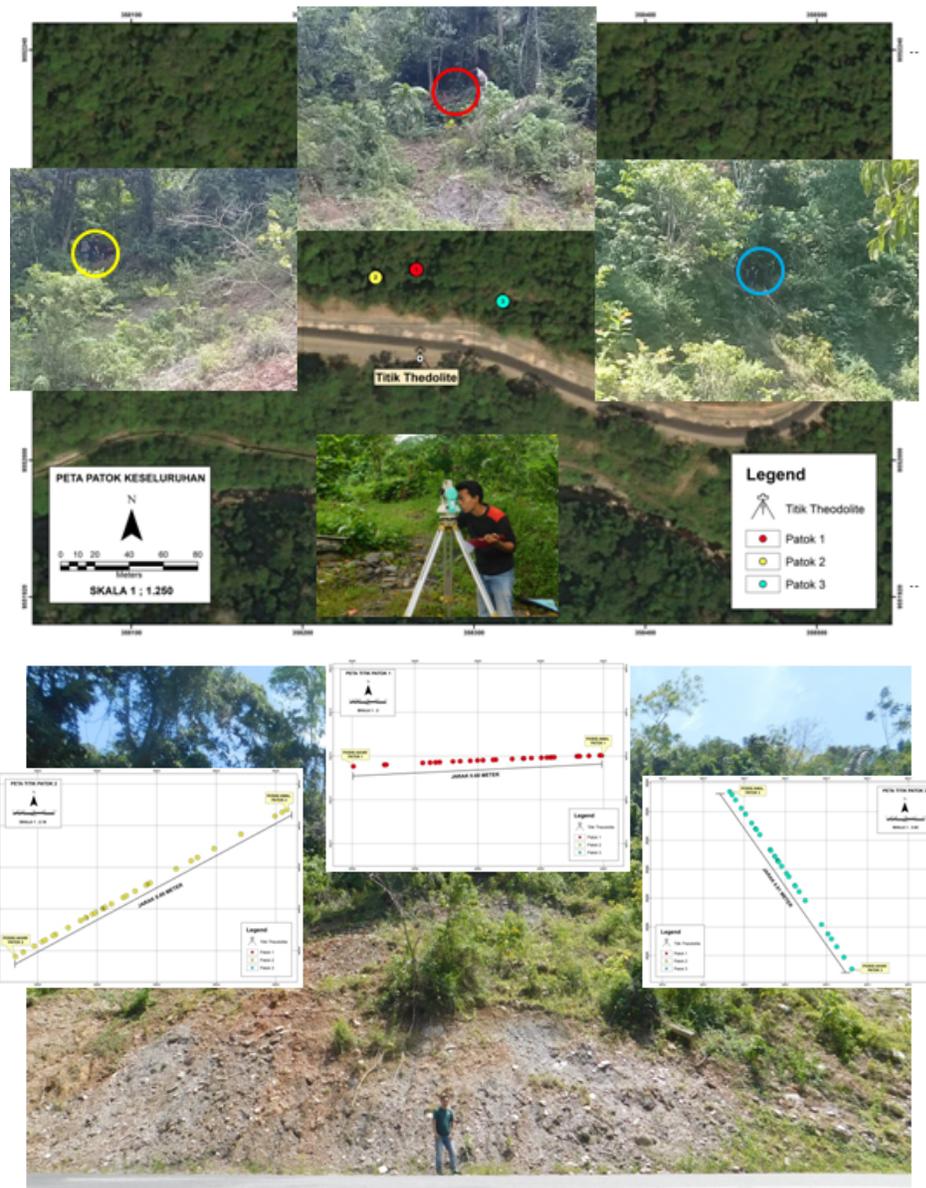
## Laju Deformasi Lereng

Data deformasi lereng diperoleh melalui monitoring langsung pada lereng dengan menggunakan alat Theodolit. Titik pengamatan lereng dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu patok 1 berada pada bagian tengah lereng, patok 2 pada kanan lereng (sebelah kanan dari patok 1) dan patok 3 pada sebelah kiri lereng (sebelah kiri dari patok 1). Secara detail posisi ketiga patok pada lereng ditampilkan pada Gambar 4. Dalam penelitian ini, data laju deformasi lereng dari masing-masing patok diperoleh melalui dua pendekatan metode yaitu, metode monitoring langsung dan metode permodelan numerik. Kondisi laju deformasi lereng yang diperoleh kemudian akan dibandingkan antara satu dan yang lainnya.

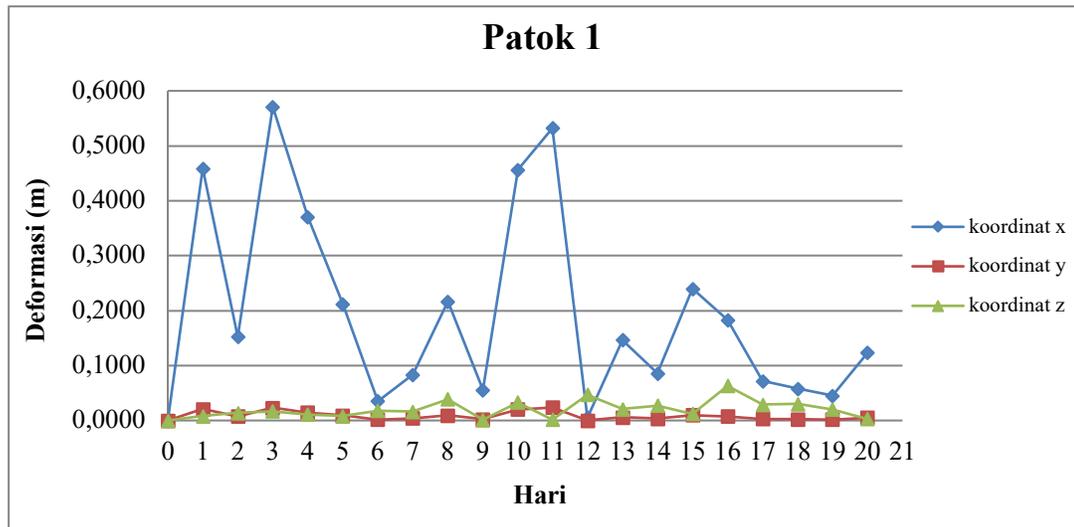
### Laju Deformasi Lereng Berdasarkan Metode Monitoring

Berdasarkan data monitoring lereng, laju deformasi lereng yang diperoleh dari titik pengamatan 1 (patok 1) masing-masing berkisar 571,29 mm/hari untuk koordinat x, 2,353 mm/hari untuk koordinat y dan 0 – 62,98 mm/hari untuk koordinat z. Dari hasil pengamatan ini dapat disimpulkan bahwa lereng mengalami deformasi maksimum pada arah horizontal (koordinat x) dengan laju rata-rata sebesar 195,40 mm/hari, adapun pada koordinat y dan koordinat z menunjukkan laju deformasi lereng yang lebih kecil dibanding laju deformasi pada koordinat x berturut-turut yaitu rata-rata sebesar 0,840 mm/hari dan 19,9 mm/hari. Laju deformasi lereng keseluruhan yang terjadi pada patok pengamatan 1 dapat dilihat pada Gambar 5.

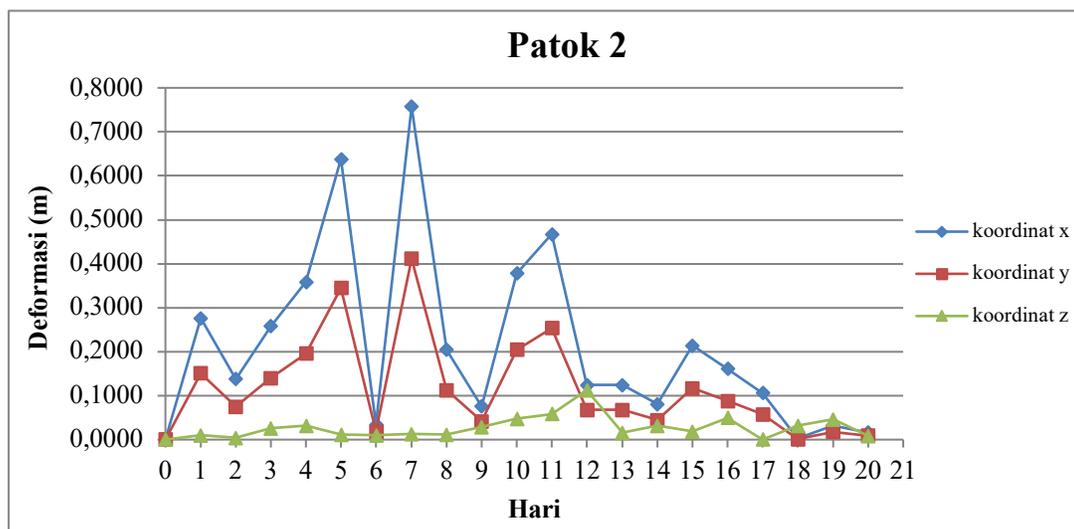
Laju deformasi lereng yang diperoleh dari titik pengamatan 2 (patok 2) secara keseluruhan lebih besar dibanding yang terjadi pada titik pengamatan 1 dan titik pengamatan 3, dimana hal tersebut ditunjukkan oleh nilai laju deformasi yang terjadi masing-masing sebesar berkisar 0 - 757,1 mm/hari untuk koordinat x, 0 – 411,3 mm/hari untuk koordinat y dan 0 –112,4 mm/hari untuk koordinat z. Dari hasil pengamatan ini juga dapat disimpulkan bahwa lereng mengalami deformasi maksimum masih pada arah horizontal (koordinat x) dengan rata-rata sebesar 211,65 mm/hari dan adapun pada koordinat y dan koordinat z menunjukkan laju deformasi lereng yang lebih kecil dibanding laju deformasi pada koordinat x berturut-turut yaitu rata-rata sebesar 115,1 mm/hari dan 26,8 mm/hari. Laju deformasi lereng keseluruhan yang terjadi pada patok pengamatan 2 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 4. Posisi patok pengamatan dan vektor laju deformasi lereng.



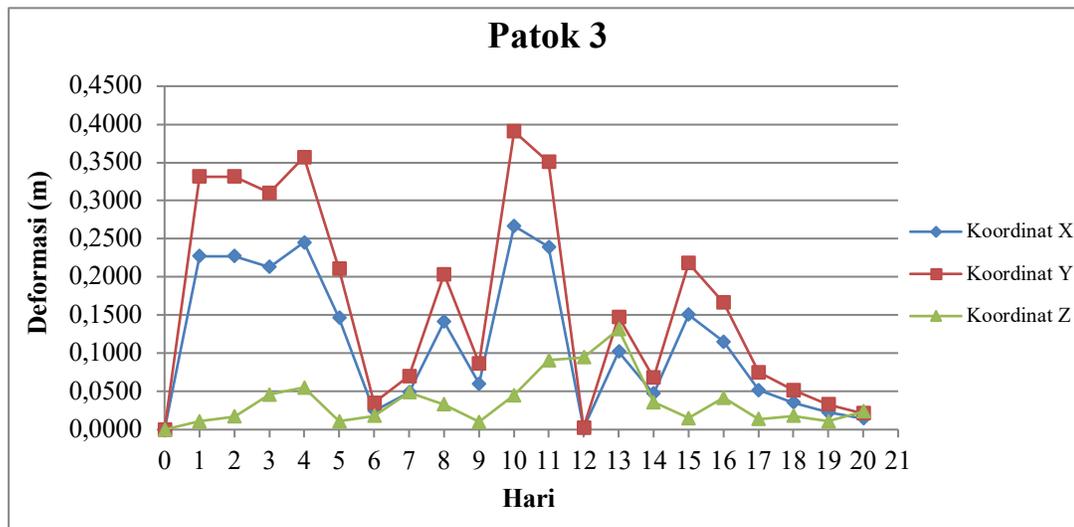
Gambar 5. Grafik laju deformasi lereng pada titik pengamatan 1



Gambar 6. Grafik laju deformasi lereng pada titik pengamatan 2

Dari titik pengamatan 3 (patok 3), Laju deformasi lereng yang diperoleh secara keseluruhan lebih kecil dibanding yang terjadi pada titik pengamatan 2 namun lebih besar jika dibanding laju deformasi yang terjadi pada titik pengamatan 1. Secara keseluruhan, laju deformasi lereng maksimum yang terjadi masih pada arah horizontal tetapi bukan lagi pada arah koordinat x sebagaimana yang terjadi pada titik pengamatan 1 dan 2, namun pada titik pengamatan ini justru terjadi pada arah koordinat y. Adapun nilai laju deformasi yang terjadi masing-masing sebesar berkisar 0 – 266,8 mm/hari untuk koordinat x, 0 – 390,6 mm/hari untuk koordinat y dan 0 – 131,34 mm/hari untuk koordinat z. Adapun nilai rata-rata laju deformasi masing-masing pada koordinat x, koordinat y, koordinat z sebesar 113,39 mm/hari, 164,78 mm/hari dan 36,6 mm/hari.

Laju deformasi lereng keseluruhan yang terjadi pada patok pengamatan 3 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik laju deformasi lereng pada titik pengamatan 3

### Laju Deformasi Lereng Menggunakan Metode Permodelan Numerik.

Permodelan numerik mengambil peran penting sebagai komparasi untuk mengetahui kondisi deformasi yang terjadi pada lereng. Fenomena dari deformasi lereng yang diperoleh dari metode ini dapat memberikan gambaran secara visual dua dimensi yang terjadi pada lereng dimasing-masing titik pengamatan. Namun sebelum melakukan analisis hasil permodelan, diperlukan input-input parameter permodelan yang valid serta representasi kondisi geometri lereng yang semaksimal mungkin mendekati bentuk geometri lereng sesungguhnya di lapangan.

Input parameter-parameter permodelan yang meliputi karakteristik fisik dan mekanik material yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari pengujian kekerasan batuan di Laboratorium Mekanika Universitas Sembilanbelas November Kolaka dan beberapa studi literatur dari penelitian-penelitian relevan serta material dengan jenis yang sama baik yang berasal dari luar Indonesia seperti Zhang dkk tahun 2011 engineering journal-elsevier, Ogunsanwo, 1989 dalam Gogo, I.A. tahun 2005 tesis magister University of Florida, USA maupun dari Indonesia yaitu Isramyano, Fachryano tahun 2018 jurnal teknologi technoscientia. Adapun karakteristik sifat fisik dan mekanik material mika-sekis yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Table 1 dan Tabel 2.

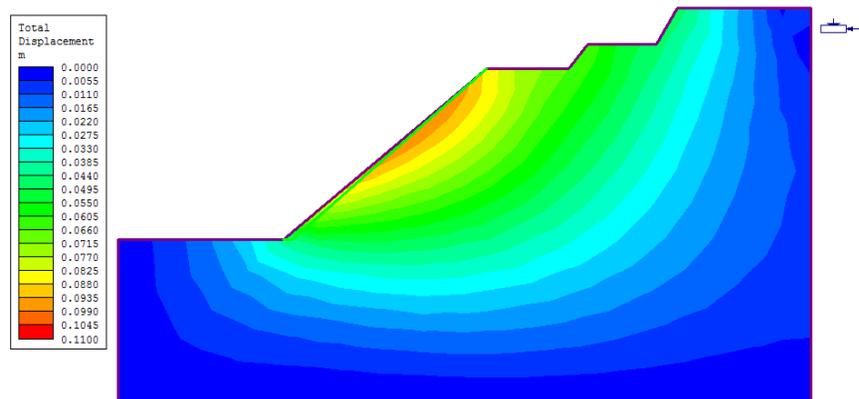
Tabel 1. Sifat fisik material tanah Mika – Sekis - Muskovit

Parameter	Zhang dkk, 2011	Isramyano dkk, 2018
Densitas Kering	2,779 g/cm <sup>3</sup>	0,0185 MN/m <sup>3</sup>
Densitas basah	2,797 g/cm <sup>3</sup>	-
Berat Jenis	2,816	-
Kandungan Air	0,62%	
Porositas	1,31%	

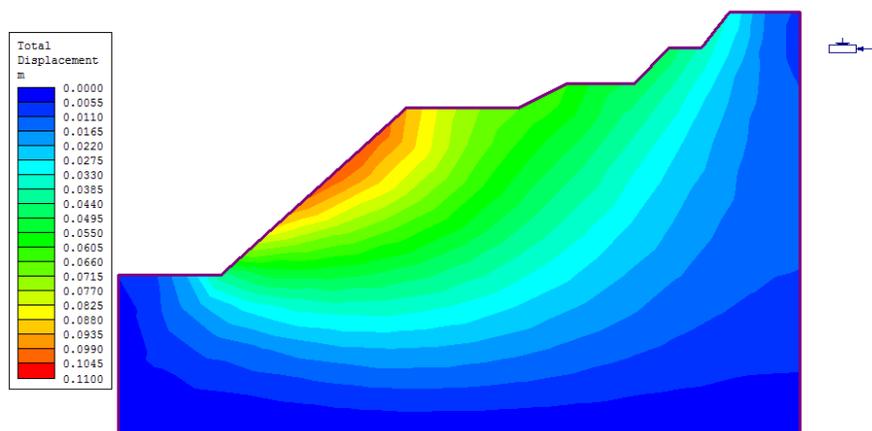
Tabel 2. Perbandingan Sifat Mekanik Material Tanah Mika – Sekis

Parameter	Zhang Zhang dkk, 2011	Gogo, I.A. dkk, 2005	Isramyano dkk, 2018
Modulus Young (E) kering	13,85 GPa	-	321 MPa
Modulus Young (E) basah	7,58 GPa	-	-
Nisbah Poisson ( $\nu$ ) kering	0,334	-	0,25
Nisbah Poisson ( $\nu$ ) Basah	0,213	-	-
Kuat Tekan ( $\sigma_c$ )	38,57 - 26,50 MPa	-	-
Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )	-	31° - 26°	-
Kuat tarik	3,431 MPa	-	-
Kohesi (c)	-	70 - 35 kPa	0,011 MPa

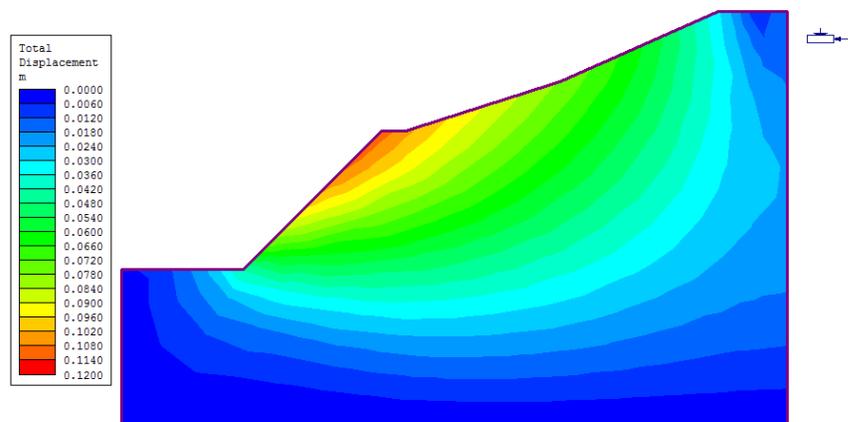
Hasil analisis permodelan numerik menggunakan software phase 2 diperoleh bahwa dengan asumsi lereng dalam kondisi kering, kondisi tegangan konstan di mana tegangan principal utama lebih besar dibandingkan tegangan principal minor ( $\sigma_1 = 35 \text{ MPa}$ ,  $\sigma_3 = 10 \text{ MPa}$ ) total deformasi/*displacement* yang terjadi pada lereng di titik pengamatan 1 (patok 1) dan titik pengamatan 2 (patok 2) berkisar antara 27,5 mm – 104,5 mm dimana deformasi maksimum terjadi di sekitar dinding permukaan masing-masing lereng, sedangkan pada titik pengamatan 3 (patok 3) secara umum lebih besar yaitu berkisar antara 30 mm – 114 mm dimana deformasi maksimum terjadi pada bagian pertengahan hingga puncak (*crest*) dinding permukaan lereng. Kondisi deformasi lereng pada ketiga titik pengamatan dalam permodelan numerik dapat dilihat secara berturut-turut pada Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10.



Gambar 8. Total nilai deformasi lereng pada pengamatan patok 1 (Phase 2D analisis, 2018)



Gambar 9. Total nilai deformasi lereng pada pengamatan patok 2 (Phase 2D analysis, 2018)



Gambar 10. Total nilai deformasi lereng pada pengamatan patok 3 (Phase 2D analysis, 2018)

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian sementara yang telah diperoleh dapat disimpulkan beberapa kesimpulan penting yaitu:

1. Kondisi karakteristik material penyusun lereng jalan trans provinsi KM 18 Kolaka didominasi oleh batuan lunak (*soft rock*) dan tanah (*soil*) dengan nilai kekerasan batuan berkisar antara 25 MPa – 50 MPa dan tingkat pelapukan signifikan di atas 70% yang disebabkan oleh keberadaan mineral mika dan sekis yang memiliki karakteristik sangat mudah mengalami pelapukan pada daerah sub tropis dan tropis.
2. Hasil pengamatan laju deformasi dinding lereng berdasarkan metode monitoring langsung diperoleh rata-rata berkisar antara 5 – 215 mm/hari sedangkan berdasarkan metode permodelan numerik diperoleh nilai laju peregerakan dinding lereng berkisar antara 30 – 114 mm. Berdasarkan nilai laju pergerakan lereng tersebut menunjukkan bahwa lereng jalan trans provinsi KM 18 Kolaka diklasifikasi ke dalam lereng kritis dimana pada kondisi normal nilai laju deformasi lereng berkisar < 12 mm/hari.

3. Tipe longsoran pada lereng jalan trans provinsi KM 18 Kolaka yang berhasil diidentifikasi dari pengamatan langsung berdasarkan pendekatan korelasi penyusun material lereng adalah tipe longsoran rotasional.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, F., 2010. Tinjauan Longsoran pada Ruas Jalan Akses-Pelabuhan Gorontalo.
- Anonim, 2010. Slope Monitoring Techniques and Instruments. 29 Halaman
- Bieniawski, Z.T., 1973. Engineering classification of jointed rock masses. *Civil Engineer in South Africa*, 15(12).
- Broadbent, C.D. and Zavodni, Z.M., 1982. Influence of rock structure on stability. *Stability in Surface Mining*. Society of Mining Engineers.
- Das, B.M. and Sobhan, K., 2013. Principles of geotechnical engineering. Cengage learning.
- Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2017 Pengenalan Gerakan Tanah. Asset – media [www.ESDM.go.id](http://www.ESDM.go.id). Jakarta.
- Gogo-Abite, I., 2005. Slope stability of laterite soil embankments.
- N.H. Romla, 2014. Studi Kestabilan Stope Menggunakan Data Monitoring Dengan Total Station. Thesis ITB. Bandung.
- Phase 2D Handbook, 2015. Manual Tutorial Slide V.6.0. Rocscience. USA
- Rauste, Y., 2011. Monitoring slope based on SAR-interferometric technique and ground measurement. In *Proceedings of International Conference on Environment Science and Engineering (ICESE 2011)*.
- Ryan, T.M. and Call, R.D., 1992, January. Applications of rock mass monitoring for stability assessment of pit slope failure. In *The 33th US Symposium on Rock Mechanics (USRMS)*. American Rock Mechanics Association.
- Sullivan, T.D., 1993. Understanding pit slope movements. In *Australian conference on geotechnical instrumentation and monitoring in open pit and underground mining* (pp. 435-445).
- Sunggono, Kh. 1984. *Mekanika Tanah*. Penerbit Nova. Bandung
- Yatjong Isramyano, Fachryano. 2018. Analisis Stabilitas dan Pemilihan Perkuatan Lereng Pada Ruas jalan Pemuda KM.3 Kabupaten Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Teknologi Technoscientia*. ISSN 1979-8451 Akprin Jogjakarta.
- Zhang, X.P., Wong, L.N.Y., Wang, S.J. and Han, G.Y., 2011. Engineering properties of quartz mica schist. *Engineering geology*, 121(3-4), pp.135-149.