

## ANALISIS MONITORING LERENG PADA RUAS JALAN KM 18 KELURAHAN SABILAMBO KECAMATAN KOLAKA KABUPATEN KOLAKA PROVINSI SULAWESI TENGGARA

Sahrul Poalahi Salu<sup>1)</sup>, Andi Sulkifli Sugma<sup>2)</sup>  
E-mail : 17sahrulpoalahi@gmail.com<sup>1)</sup>, sulkifli.mining.usn@gmail.com<sup>2)</sup>

<sup>1,2</sup> Program Studi Teknik Pertambangan, Universitas Sembilanbelas November

### ABSTRAK

Lereng pada kawasan ruas jalan KM 18 Kelurahan Sabilambo Kabupaten Kolaka merupakan daerah yang sangat rawan terjadinya longsor, gerakan tanah dan batuan didaerah tersebut berdampak pada rusaknya kontur jalan, dan material lereng perlahan-lahan menjorok masuk ke badan jalan, berdasarkan kondisi tersebut penelitian dilakukan untuk dapat me-monitoring pergerakan lereng dan dapat menganalisa tren pergerakan lereng dalam kurun waktu tertentu. Metode penelitian yang digunakan yaitu pengamatan langsung terhadap pin observasi pada lereng dengan menggunakan *total station, monitoring* dilakukan selama 30 hari berturut-turut dan dilakukan pengambilan data dua kali dalam sehari. Dari hasil pemantauan lapangan terhadap lereng yang diamati akan didapatkan data-data kondisi aktual lereng berupa koordinat pengamatan tiap titik pemantauan yang kemudian dianalisis untuk mengetahui laju pergerakan lereng. Pada patok 1 kecepatan gerak rata-rata massa tanah/batuan yaitu 18 mm/hari kearah X, 29 mm/hari pada arah Y dan 14 mm/hari pada arah Z dengan total deformasi pada arah X sebesar 550 mm, pada arah Y 867 mm dan pada arah Z 445 mm. Pada patok 2 kecepatan gerak rata-rata massa tanah/batuan yaitu 27 mm/hari kearah X, 31 mm/hari pada arah Y dan 19 mm/hari pada arah Z dengan total deformasi pada arah X sebesar 814 mm, pada arah Y 922 mm dan pada arah Z 559 mm. Dan pada patok 3 kecepatan gerak rata-rata massa tanah/batuan yaitu 24 mm/hari kearah X, 13 mm/hari pada arah Y dan 18 mm/hari pada arah Z dengan total deformasi pada arah X sebesar 731 mm, pada arah Y 382 mm dan pada arah Z 538 mm. Dari hasil penelitian, diketahui bahwa pergerakan tanah termasuk dalam tipe rayapan dan laju deformasi rata-rata di setiap arah dan disetiap patok berkisar 19 mm/hari, yang berdasarkan klasifikasi Hansen (1984), kecepatan gerak ini termasuk dalam kategori lambat.

**Kata kunci:** Monitoring Deformasi Lereng, *Total Station*, Longsor

### ABSTRACT

*The slopes in the area of KM 18 road section of Sabilambo Village, Kolaka Regency are areas highly prone to landslides, soil and rock movements in the area affect damage to the road contour, and slope material is slowly protruding into the road body area , based on these conditions, a study was conducted to monitor slope movement and analyze slope movement trends over a period of time. The research method used was direct observation of the observation pens on the slopes with a total station, monitoring was carried out for 30 consecutive days and data was collected twice a day. From the results of field monitoring of the observed slopes, data on the actual condition of the slopes are obtained in the form of observation coordinates for each monitoring point, which are then used to determine the speed of slope movement. For Pile 1, the average velocity of the soil/rock mass is 18mm/day in the X-direction, 29mm/day in the Y-direction and 14mm/day in the Z-direction for a total displacement in the X-direction of 550mm, 867 mm in Y-direction and 445 mm in Z-direction. For Pile 2, the average soil/rock mass velocity is 27 mm/day in the X-direction, 31 mm/day in the Y-direction and 19 mm/day in the Z-direction for a total displacement in the X-direction of 814 mm , 922 mm in Y-direction and 559 mm in Z-direction. And for pile 3, the average velocity of the soil/rock mass is 24 mm/day in the X-direction, 13 mm/day in the Y-direction and 18 mm/day in the Z-direction with a total displacement in the X-direction of 731 mm, in the Y-direction 382 mm and in the Z-direction 538 mm. From the research results it is known that ground movements are included in the creep type and the average rate of deformation in each direction and on each pile is about 19 mm/day, which based on Hansen's classification (1984) includes this speed of movement in the slow category.*

**Keywords:** *Slope Deformation Monitoring, Total Station, Landslide*

## **1. PENDAHULUAN**

Masalah kestabilan lereng merupakan salah satu masalah yang sangat krusial dalam pekerjaan konstruksi maupun pada lereng tambang. Gerakan tanah atau batuan merupakan proses degradasi yang sering terjadi di suatu lereng (Muchtar & Anaperta, 2020). Berbagai masalah akan timbul jika terjadi ketidakstabilan lereng yang pada akhirnya akan dapat menimbulkan kerusakan hingga korban jiwa (Rachmawati et al., 2024). Terganggunya kestabilan lereng akibat gerakan massa tanah dan batuan dapat mengakibatkan terjadinya longsor yang dapat diidentifikasi awal melalui monitoring *total station* (Sahrul & Astini, 2020).

Monitoring lereng merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengamati perubahan pergerakan lereng, dengan menggunakan alat khusus *slope monitoring* ini semisal menggunakan *total station*, semua hal yang berhubungan dengan aktifitas tanah/batuan di permukaan lereng akan terangkum menjadi sebuah data yang nantinya bisa menjadi bahan untuk dianalisa (Sutjipto et al., 2017). Selain itu *monitoring* dapat membantu mengidentifikasi potensi maupun mengelola resiko keruntuhan dari suatu lereng. Penggunaan *total station* pada kegiatan *monitoring* lereng sedikit berbeda dengan kegiatan *survey* dan pengukuran untuk pemetaan *terrestrial*, perbedaan utamanya terletak pada penambahan pin observasi yang menggantikan prisma sebagai titik *foresight* (Insanu, 2021).

Metode analisis yang dapat digunakan dalam analisis kestabilan lereng salah satunya adalah metode *monitoring survey*, metode ini dipilih dikarenakan dalam pelaksanaannya pengamatan dapat dilakukan pada berbagai jenis dan kondisi lereng yang ada, dan yang paling penting adalah informasi geoteknik dari *monitoring* ini dapat diketahui dengan cepat sehingga dapat dilakukan mitigasi lebih awal.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan. Tahapan awal dilakukan untuk mendapatkan informasi dan gambaran mengenai kondisi lereng serta orientasi lapangan. Pada tahap kedua dilakukan akuisisi data di lapangan berupa koordinat pergerakan lereng setiap harinya, tahap ketiga dilakukan pengolahan dan analisis data untuk mengetahui laju dan besar deformasi lereng, dan tahap keempat dilakukan penulisan laporan.

### *2.1 Tahap persiapan*

Tahapan persiapan adalah tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan data-data yang diperlukan untuk melakukan analisis yang terdiri dari data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan untuk mendapatkan data yang berhubungan langsung dengan objek masalah seperti observasi, pengamatan, pengambilan, dokumentasi dan analisis laboratorium. Sedangkan data sekunder seperti mengetahui lokasi dan literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian.

Persiapan sebelum monitoring perlu dilakukan untuk memastikan agar pelaksanaan monitoring nantinya dapat berjalan dengan lancar. Persiapan mencakup pembersihan kawasan sekitar pelaksanaan monitoring baik itu pada stasiun pengamatan, pin pengamatan dan pandangan dari stasiun ke pin pengamatan. Persiapan lainnya adalah pemasangan pin pada tubuh lereng pengamatan, kemudian pembuatan patok stasiun dan penentuan titik backsight, serta terakhir adalah pengecekan kelengkapan dan fungsi alat. Tahapan ini dilaksanakan selama satu hari.

### *2.2 Tahap monitoring dan akuisisi data*

Tahap awal pelaksanaan *monitoring* diperlukan data geometri lereng untuk memodelkan lereng dalam 2 dimensi. Pelaksanaan pengambilan data geometri lereng dilakukan dengan membidik posisi patok sebagai *crest* dan juga membidik *toe* lereng untuk mengetahui beda tinggi dan jarak horizontal sebagai tinggi dan lebar lereng. Setelah itu dilanjutkan dengan pengambilan data koordinat setiap pin observasi pada lereng, kegiatan ini dilakukan dua kali dalam sehari selama 30 hari berturut-turut.

### 2.3 Tahap pengolahan dan analisis data

Pengolahan data atau pra-analisis dilakukan terhadap data-data primer ataupun sekunder dengan tahapan-tahapan berupa editing data, pengembangan dan penyesuaian variabel dan pengecekan kesalahan data. Dari hasil pemantauan lapangan terhadap lereng yang diamati akan didapatkan data-data kondisi aktual lereng berupa koordinat pengamatan tiap titik pemantauan yang akan dianalisis menggunakan bantuan perangkat lunak *microsoft excel* untuk mengetahui laju pergerakan lereng. Analisis data juga dilakukan dengan menggunakan metode statistika dalam menyajikan data-data.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Kondisi geologi umum

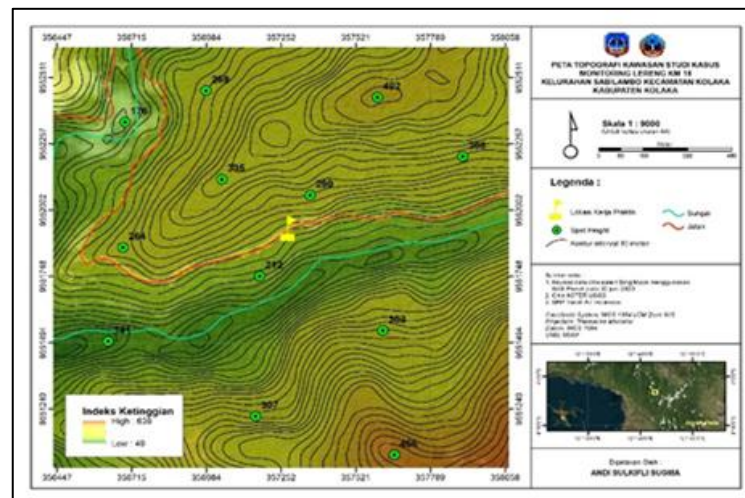
Geologi regional daerah penelitian berada pada daerah administrasi Kelurahan Sabilambo, Kabupaten Kolaka yang masuk pada zona geologi kompleks Mekongga yang terdiri dari batuan sekis, gneiss dan kuarsit. Kawasan ini juga terdapat sesar diantara kedua pegunungan yang dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi ketidakstabilan lereng dikawasan tersebut.

### 3.2 Iklim dan curah hujan

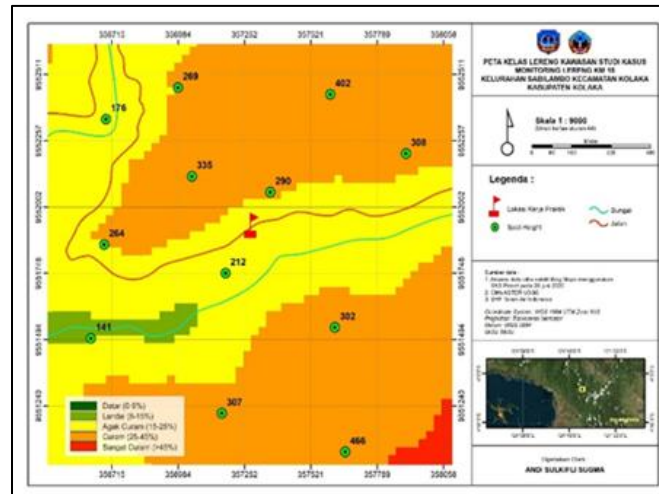
Daerah penelitian berada pada wilayah daratan Kabupaten Kolaka dimana mempunyai ketinggian umum di bawah 1.000 meter dari permukaan laut dan berada di sekitar daerah khatulistiwa. Maka daerah ini beriklim tropis dengan suhu udara minimum sekitar 10 °C dan maksimum 31 °C atau rata-rata antara 24 °C - 28 °C. Sedangkan untuk curah hujan rata-rata harian berdasarkan data BMKG stasiun meteorologi Sangia Ni Bandera selama *monitoring* pada tanggal 12 juni 2020 hingga 11 juli 2020 adalah 6.496 mm. Curah hujan tertinggi (maksimal) terjadi pada tanggal 26 juni 2020 dan curah hujan terendah terjadi pada 27 juni 2020 berdasarkan data tersedia. Curah hujan di suatu tempat antara lain dipengaruhi oleh keadaan iklim, keadaan geografi dan perputaran/pertemuan arus udara

### 3.3 Kondisi dan geometri lereng

Kawasan penelitian berada pada wilayah dataran tinggi, ditinggikan kurang lebih 250 mdpl. wilayah tersebut juga merupakan wilayah yang cukup curam Berdasarkan klasifikasi lereng menurut Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil), kawasan penelitian memiliki persentase kemiringan sebesar 15-25% yang berarti kawasan ini masuk kedalam kategori agak curam. Dibagian utara dan selatan lokasi penelitian masuk kedalam kategori curam dengan persentase kemiringan sebesar (25-45%).

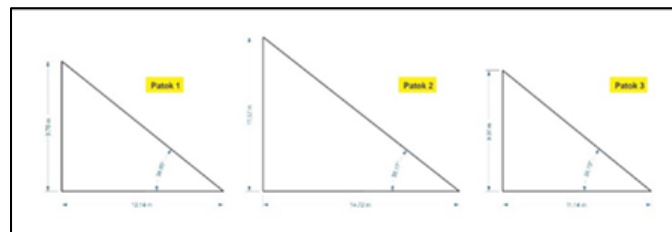


Gambar 1. Peta topografi kawasan penelitian



Gambar 2. Peta kelas lereng kawasan penelitian

Dimensi lereng dibatasi dari titik satu ke titik tiga sejauh 25 meter dan tinggi 11,6 meter, sedangkan kemiringan rata-rata lereng yaitu 38,7 derajat. Dari hasil akuisisi data geometri lereng untuk patok pertama diketahui tinggi lereng dari stasiun pengamatan ke patok pengamatan setinggi 9,76 meter, lebar horizontal 12,14 meter dan kemiringan lereng 38,80 derajat. Sedangkan untuk patok kedua dari hasil akuisisi data geometri lereng diketahui tinggi lereng dari stasiun pengamatan ke patok pengamatan setinggi 11,57 meter, lebar horizontal 14,72 meter dan kemiringan lereng 38,17 derajat. Untuk patok ketiga dari hasil akuisisi data geometri lereng diketahui tinggi lereng dari stasiun pengamatan ke patok pengamatan setinggi 9,07 meter, lebar horizontal 11,14 meter dan kemiringan lereng 39,15 derajat.



Gambar 3. Dimensi lereng tiap patok

### 3.4 Laju dan besar deformasi lereng

Dari pemantauan yang dilakukan dengan melihat kecenderungan sifat gerakan lereng, disimpulkan bahwa gerakan yang terjadi pada lereng yang diamati merupakan jenis rayapan. Rayapan adalah gerakan yang kontinu dan relatif lambat, sehingga kita tidak dapat melihat dengan jelas bidang rayapan. Rayapan merupakan jenis gerakan yang hampir sama dengan longsor, rayapan dapat dibedakan dalam hal kecepatan gerakannya yang secara alami biasanya lambat (Hansen, 1984; Záruba & Mencl, 1969). Untuk membedakan longsor dan rayapan, maka kecepatan gerakan tanah perlu diketahui.

Tabel 1. Laju kecepatan gerakan tanah

Kecepatan	Keterangan
> 3 meter/detik	Ekstrim sangat cepat
3 meter/detik s.d. 0.3 meter/menit	Sangat Cepat
0.3 meter/menit s.d. 1.5 meter/hari	Cepat
1.5 meter/hari s.d. 1.5 meter/bulan	Sedang

1.5 meter/bulan s.d. 1.5 meter/tahun	Lambat
0.06 meter/tahun s.d. 1.5 meter/tahun	Sangat lambat
< 0.06 meter/tahun	Ekstrim sangat lambat

Sumber: Hansen, (1984)

Berdasarkan kriteria pergerakan lereng oleh Zavodni (2001) dan Sullivan (2007) lereng dianggap kritis atau berada pada kondisi tidak aman jika dari hasil pemantauan diketahui besar pergerakan tanah yang terjadi melampaui nilai yang telah ditetapkan.

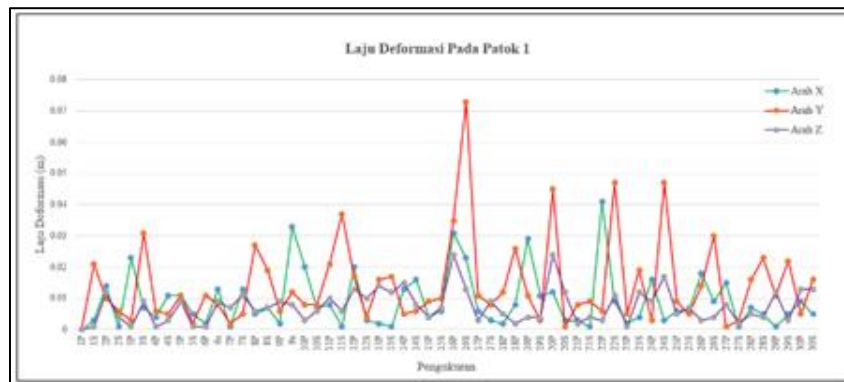
Tabel 2. Kriteria pergerakan lereng

Author	Velocity Measurement (Displacement/Time)	Description
Zavodni (2001)	0,1 mm/day (0,004 mm/hari)	Initial response
	< 17 mm/day (0,71 mm/hari)	No failure excepted within 24 hours
	< 15 mm/day (0,63 mm/hari)	No failure excepted within 48 hours
	> 50 mm/day (2,1 mm/hari)	Indicated progressive failure (total collapse expected within 48 days)
	> 100 mm/day (4,2 mm/hari)	Clear mining area (progressive geometry and progressive velocity)
	> 150 mm/day (6,25 mm/hari)	Clear mining area (regressive geometry)
Sullivan (2007)	0,1-0,25 mm/day (0,004-0,01 mm/hari)	Definite movement of slope related to shear of displacement on structures
	0,25-0,05 mm/day (0,01-0,02 mm/hari)	Likely to fail sometime in future
	1 mm/day (0,04 mm/hari)	High chance to failure
	> 1 mm/day (> 0,04 mm/hari)	Pre-failure collapse movements

Sumber: Zavodni (2001) dan Sullivan (2007)

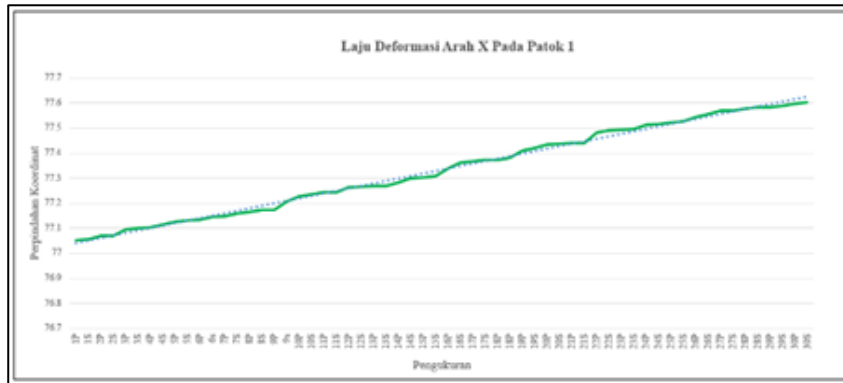
a. Laju deformasi lereng pada patok 1

Dari hasil monitoring dan analisis terhadap data yang didapatkan pada patok 1, diketahui laju pergerakan terbesar berada pada arah Y dengan total pergerakan dari titik awal sebesar 0,867 m, kemudian pergerakan pada arah X sebesar 0,550 m, dan pergerakan terkecil berada pada arah Z dengan besar penurunan sejauh 0,445 m dari titik awal.



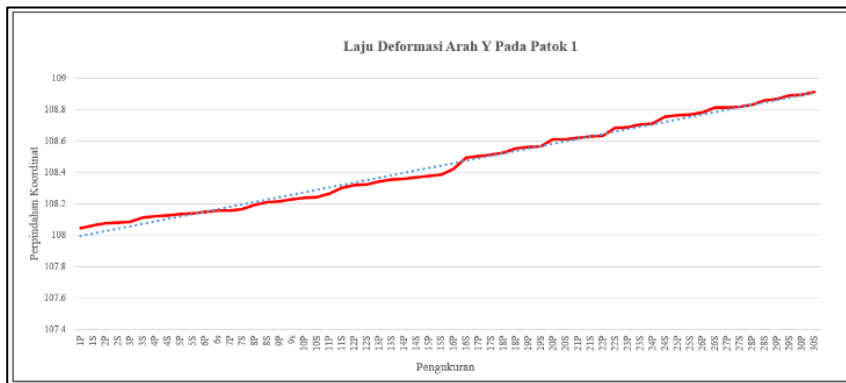
Gambar 4. Grafik Laju Deformasi Pada Patok 1

Diketahui juga dari data pengamatan, pergerakan terbesar pada arah X terjadi pada pengukuran hari ke-22 pagi, dengan selisih dari pengukuran sebelumnya sebesar 0,041 m dan pergerakan terbesar pada arah Y terjadi pada pengukuran hari ke-16 sore, dengan selisih dari pengukuran sebelumnya sebesar 0,073 m. sedangkan pergerakan terbesar pada arah Z terjadi pada pengukuran hari 16 pagi dan 20 pagi dengan masing-masing besar selisih dari pengukuran sebelumnya sebesar 0,024 m.



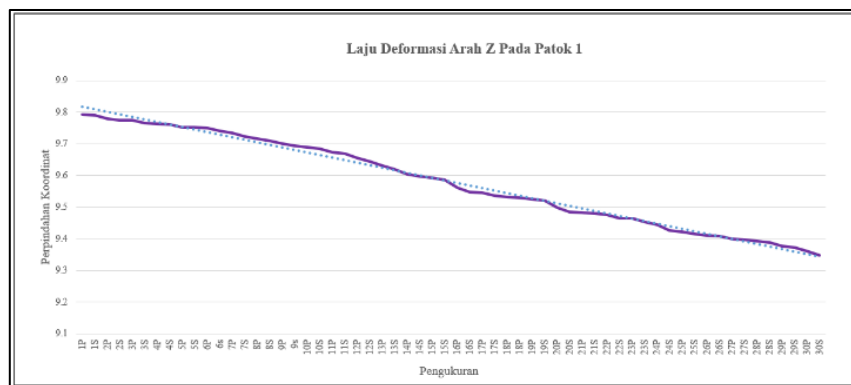
Gambar 5. Grafik Laju Deformasi Arah X Pada Patok 1

Pengukuran pertama yang dilakukan pada patok 1, didapatkan titik koordinat 77,052 pada arah X, yang mana pada pengukuran-pengukuran berikutnya perubahan koordinat ini terus terjadi secara konstan dengan laju perubahan rata-rata setiap harinya sebesar 0,018 meter. Berdasarkan klasifikasi Hansen (1984), kecepatan gerak ini termasuk dalam kategori lambat.



Gambar 6. Grafik Laju Deformasi Arah Y Pada Patok 1

Pada arah Y, pengukuran pertama didapatkan titik koordinat 108,045 dengan laju perubahan rata-rata tiap harinya sebesar 0,029 meter. Berdasarkan klasifikasi Hansen (1984), kecepatan gerak ini termasuk dalam kategori lambat.

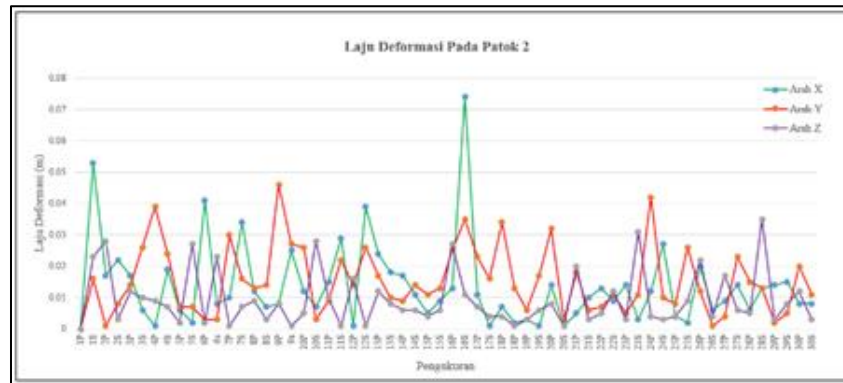


Gambar 7. Grafik Laju Deformasi Arah Z Pada Patok 1

Pada arah Z, pengukuran pertama didapatkan titik koordinat 9,792 dengan laju perubahan rata-rata tiap harinya sebesar 0,014 meter. Berdasarkan klasifikasi Hansen (1984), kecepatan gerak ini termasuk dalam kategori lambat.

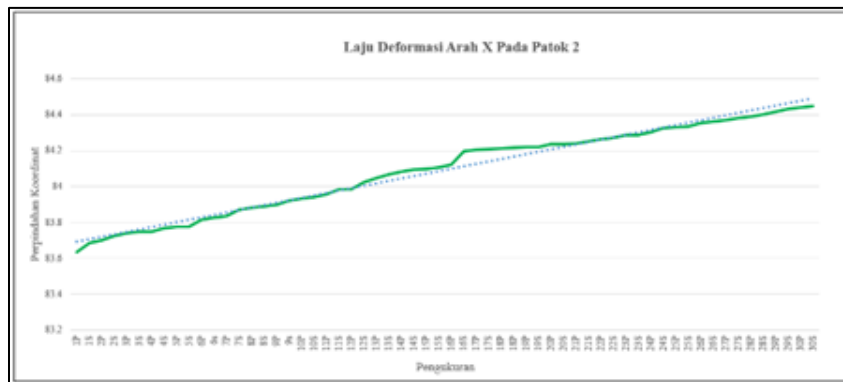
b. Laju deformasi lereng pada patok 2

Pengamatan pada patok 2 (dua) diketahui laju pergerakan terbesar berada pada arah Y dengan total pergerakan dari titik awal sebesar 0,922 m, kemudian pergerakan pada arah X sebesar 0,814 m, dan pergerakan terkecil berada pada arah Z dengan besar penurunan sejauh 0,559 m dari titik awal.



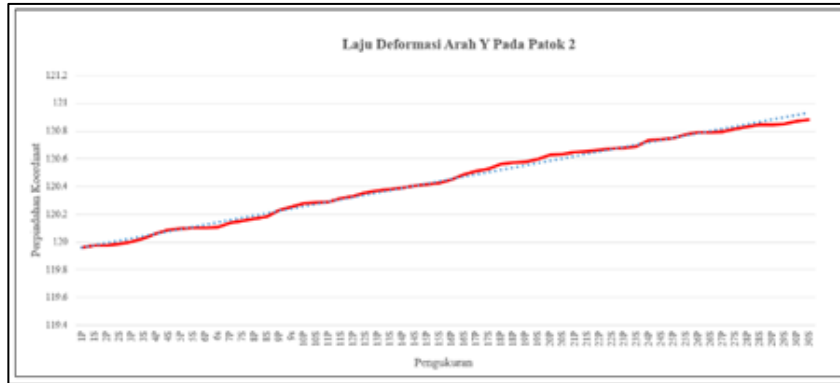
Gambar 8. Grafik Laju Deformasi Pada Patok 2

Pergerakan terbesar pada arah X terjadi pada pengukuran hari ke-16 sore, dengan selisih dari pengukuran sebelumnya sebesar 0,074 m dan pergerakan terbesar pada arah Y terjadi pada pengukuran hari ke-9 pagi, dengan selisih dari pengukuran sebelumnya sebesar 0,046 m. sedangkan pergerakan terbesar pada arah Z terjadi pada pengukuran hari ke-28 sore dengan besar selisih dari pengukuran sebelumnya sebesar 0,035 m.



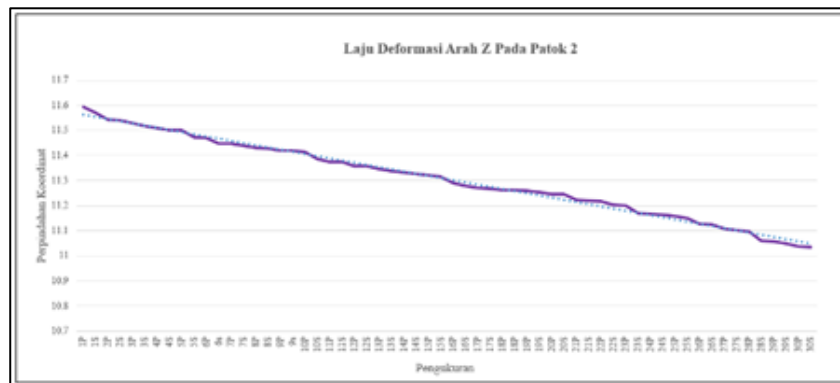
Gambar 9. Grafik Laju Deformasi Arah X Pada Patok 2

Pengukuran pertama yang dilakukan pada patok 2, didapatkan titik koordinat 83,633 pada arah X, dengan laju perubahan rata-rata setiap harinya sebesar 0,027 meter. Berdasarkan klasifikasi Hansen (1984), kecepatan gerak ini termasuk dalam kategori lambat.



Gambar 10. Grafik Laju Deformasi Arah Y Pada Patok 2

Pada arah Y, pengukuran pertama didapatkan titik koordinat 119,960 dengan laju perubahan rata-rata tiap harinya sebesar 0,031 meter. Berdasarkan klasifikasi Hansen (1984), kecepatan gerak ini termasuk dalam kategori lambat.

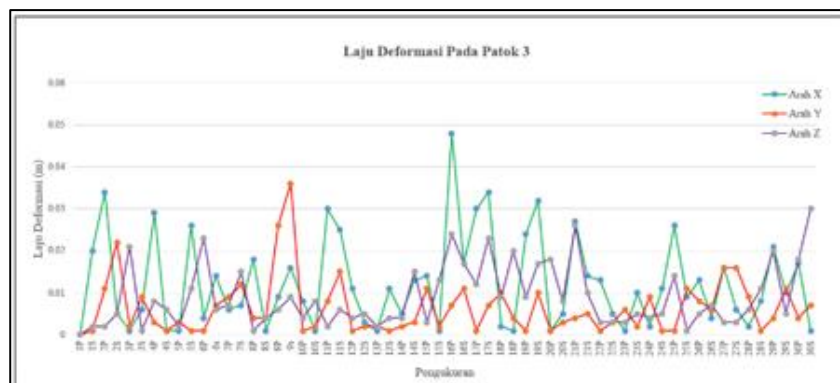


Gambar 11. Grafik Laju Deformasi Arah Z Pada Patok 2

Pada arah Z, pengukuran pertama didapatkan titik koordinat 11,594 dengan laju perubahan rata-rata tiap harinya sebesar 0,018 meter. Berdasarkan klasifikasi Hansen (1984), kecepatan gerak ini termasuk dalam kategori lambat.

c. Laju deformasi lereng pada patok 3

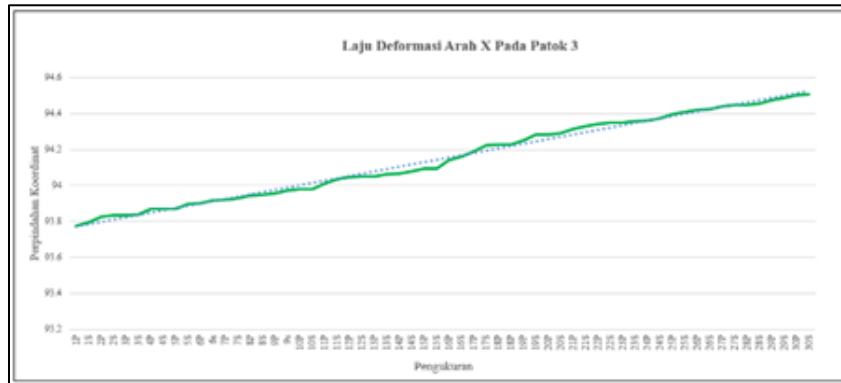
Pengamatan pada patok 3 (tiga) diketahui laju pergerakan terbesar berada pada arah X dengan total pergerakan dari titik awal sebesar 0,731 m, kemudian pergerakan pada arah Z dengan besar penurunan sejauh 0,538 m, dan pergerakan terkecil berada pada arah Y dengan total pergerakan sebesar 0,382 m dari titik awal.



Gambar 12. Grafik Laju Deformasi Pada Patok 3

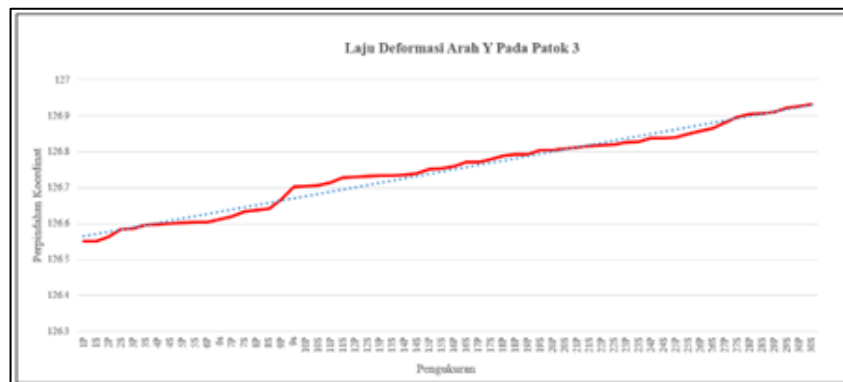


Pada patok 3, pergerakan terbesar pada arah X terjadi pada pengukuran hari ke-16 pagi, dengan selisih dari pengukuran sebelumnya sebesar 0,048 m dan pergerakan terbesar pada arah Y terjadi pada pengukuran hari ke-9 sore, dengan selisih dari pengukuran sebelumnya sebesar 0,036 m. sedangkan pergerakan terbesar pada arah Z terjadi pada pengukuran hari ke-30 sore dengan selisih dari pengukuran sebelumnya sebesar 0,030 m.



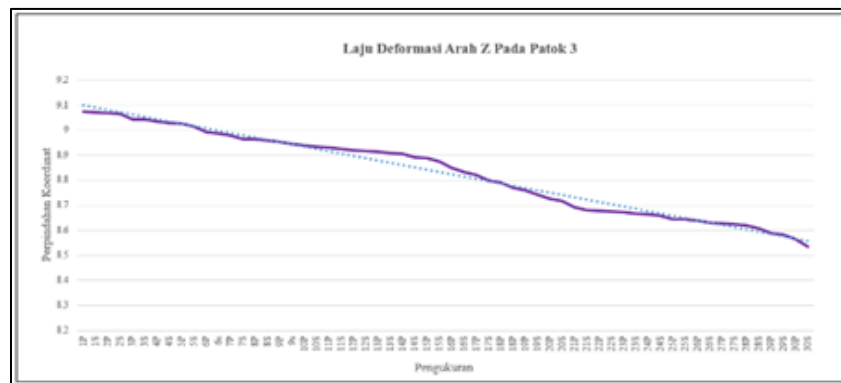
Gambar 13. Grafik Laju Deformasi Arah X Pada Patok 3

Untuk pengukuran pertama yang dilakukan pada patok 3, didapatkan titik koordinat 126,774 pada arah X, dengan laju perubahan rata-rata setiap harinya sebesar 0,024 meter. Berdasarkan klasifikasi Hansen (1984), kecepatan gerak ini termasuk dalam kategori lambat.



Gambar 14. Grafik Laju Deformasi Arah Y Pada Patok 3

Pada arah Y patok 3, pengukuran pertama didapatkan titik koordinat 126,551 dengan laju perubahan rata-rata tiap harinya sebesar 0,013 meter. Berdasarkan klasifikasi Hansen (1984), kecepatan gerak ini termasuk dalam kategori lambat.



Gambar 15. Grafik Laju Deformasi Arah Z Pada Patok 3

Dan pada arah Z patok 3, pengukuran pertama didapatkan titik koordinat 9,073 dengan laju perubahan rata-rata tiap harinya sebesar 0,018 meter. Berdasarkan klasifikasi Hansen (1984), kecepatan gerak ini termasuk dalam kategori lambat.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan kegiatan monitoring yang dilakukan selama 30 hari berturut-turut, didapatkan data monitoring untuk ketiga patok/pin pengamatan berupa koordinat X dan Y serta data elevasi (Z).

1. Dari pengukuran pertama ditentukan koordinat lokal stasiun yaitu X : 100.000 Y : 100.000 dan Z : 0.000 dengan arah utara searah backsight diketahui koordinat backsight yaitu X : 103.896, Y : 100.000 dan Z : -0.095. dari kedua benchmark ini, didapatkan koordinat awal untuk setiap patok, berturut-turut untuk patok 1 yaitu X : 77.052, Y : 108.045 dan Z 9.792 dan untuk patok 2 yaitu X : 83.633. Y : 119.960 dan Z : 11.594 kemudian untuk patok 3 didapatkan data koordinat awal yaitu X : 93.774, Y : 126.551 dan Z : 9.073. Dari data awal tersebut menjadi acuan untuk mengetahui besar pergerakan.
2. Pada patok 1 kecepatan gerak rata-rata massa tanah/batuan yaitu 18 mm/hari kearah X, 29 mm/hari pada arah Y dan 14 mm/hari pada arah Z dengan total deformasi pada arah X sebesar 550 mm, pada arah Y 867 mm dan pada arah Z 445 mm. Pada patok 2 kecepatan gerak rata-rata massa tanah/batuan yaitu 27 mm/hari kearah X, 31 mm/hari pada arah Y dan 19 mm/hari pada arah Z dengan total deformasi pada arah X sebesar 814 mm, pada arah Y 922 mm dan pada arah Z 559 mm. Dan pada patok 3 kecepatan gerak rata-rata massa tanah/batuan yaitu 24 mm/hari kearah X, 13 mm/hari pada arah Y dan 18 mm/hari pada arah Z dengan total deformasi pada arah X sebesar 731 mm, pada arah Y 382 mm dan pada arah Z 538 mm.

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada pihak Badan Penelitian dan Pengembangan Kabupaten Kolaka yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di Kabupaten Kolaka, serta orang tua tercinta yang senantiasa dengan tulus tanpa henti memberikan dukungan doa, semangat dan nasihat.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Hansen, M. J. (1984). Strategies for Classification of Landslides. In D. Brunsten & D. B. Prior (Eds.), *Slope Instability* (pp. 1–25). John Wiley & Sons, Chichester.
- Insanu, R. K. (2021). Pemantauan Pergerakan Lereng menggunakan Total Station pada Tambang Batubara Terbuka Di PIT X PT. Khotai Makmur Insani. *Prosiding FIT Ikatan Surveyor Indonesia*, 1, 31–37.
- Muchtar, A. F., & Anaperta, Y. M. (2020). Monitoring Lereng Menggunakan Prisma Untuk Mengetahui Pergerakan Pada Lereng Inpit dan Ekspit PT Sago Prima Pratama (J Resources) Site Seruyung Kecamatan Sebuku, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Utara. *Bina Tambang (Mining Engineering Journal)*, 1–10.
- Rachmawati, E., Awaluddin, M., & Nugraha, A. L. (2024). Analisis Ancaman Bencana Longsor Wilayah Terbangun Berbasis Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Kec. Banyumanik dan Kec. Gunungpati, Kota Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 13(2), 508–517.
- Sahrul, & Astini, V. (2020). Analisis Deformasi Lereng Menggunakan Metode Monitoring pada Lereng Jalan Trans Provinsi Kilometer 18 Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geomine*, 7(3), 178–189. <https://doi.org/10.33536/jg.v7i3.422>
- Sullivan. (2007). Pit Slope Design and Implementation of Risk Management Strategies. In *Proceedings of the International Symposium on Slope Stability in Open Pit Mining and Civil Engineering* (pp. 3–38). Australian Centre for Geomechanics (ACG), Perth.
- Sutjipto, A. T., Purwiyono, T. T., & Azizi, M. A. (2017). Monitoring Pergerakan Massa Batuan Dengan Metode Terestris Menggunakan Total Station Dan Metode Fotogrametri Di Kaliwadas, Kebumen, Jawa Tengah. *Proceeding Seminar Nasional Geomekanika IV Padang, October*, 225–231.
- Záruba, Q., & Mencl, V. (1969). *Landslides and Their Control* (1st ed.). Elsevier Publishing

Company (Amsterdam, New York, London).  
Zavodni. (2001). Time-Dependent Movements and Deformations of Rock Slopes. In W. A. Hustrulid, M. K. McCarter, & D. J. A. van Zyl (Eds.), *Slope Stability in Surface Mining* (pp. 81–106). Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME), Littleton, Colorado.