



ANALISIS PENGARUH DEFORMASI TERHADAP POTENSI KELONGSORAN PADA PENAMBANGAN PT. SUMBERDAYA ARINDO KABUPATEN HALMAHERA TIMUR

Dwi Yawasyah Hasanudin¹, Irnawaty² dan George Belly Sahetapy¹

¹Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik Unkhair, Ternate

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Unkhair, Ternate

*Corresponding author: hasanudinwiyawasyah@gmail.com

Article History

Received : 18 Maret 2026

Revised : 28 Maret 2026

Accepted : 1 April 2026

Abstrak

PT. Sumberdaya Arindo resmi menjadi Perusahaan Pertambangan yang memiliki Izin Usaha Pertambangan (IUP) terletak di wilayah pesisir timur Pulau Halmahera, Provinsi Maluku Utara Indonesia sebagai kelanjutan proses pemecahan IUP PT. Aneka Tambang Tbk di Pulau Halmahera Timur, Maluku Utara. Total luasan wilayah IUP PT. Sumberdaya Arindo adalah 14.421 Ha dengan total cadangan 199,1 juta wmt. Deformasi lereng terjadi akibat adanya pergerakan, untuk mengetahui pergerakan tersebut perlu dilakukan survei dan pemantauan lereng menggunakan metode deformasi. Penelitian ini dilakukan dengan pengamatan dan pengukuran secara langsung dilapangan menggunakan alat Total Station untuk mengetahui nilai deformasi secara detail vertikal dan horizontal. Deformasi lereng pada patok geotech PT. Sumberdaya Arindo menunjukkan bahwa pada patok 11 yang berada di segmen Saleban mengalami pergeseran terbesar, dimana pergeseran kumulatif sebesar 0.530 m. kecepatan deformasi menunjukkan bahwa nilai kecepatan deformasi yang diperoleh sebesar 0.041 m/hari sesuai dengan klasifikasi kecepatan deformasi nilai tersebut termasuk dalam kategori tipe gerakan gelincir (rotasi dan translasi) dengan kecepatan gerakan menengah yaitu 1,5 m/bulan – 1,5 m/hari.

Kata kunci: Deformasi, Longsoran, PT. Sumber Daya Arindo, Total Station

Abstract

PT. Sumberdaya Arindo has officially become a mining company holding a Mining Business Permit (IUP), located on the eastern coast of Halmahera Island, North Maluku Province, Indonesia. This status is a continuation of the IUP division process of PT. Aneka Tambang Tbk in East Halmahera, North Maluku. The total IUP area of PT. Sumberdaya Arindo covers 14,421 hectares with total reserves amounting to 199.1 million WMT. Slope deformation occurs due to movement; to understand this movement, it is necessary to conduct surveys and monitor the slope using deformation methods. This research was conducted through direct field observation and measurement using a Total Station to obtain detailed horizontal and vertical deformation values. Deformation monitoring on the geotechnical benchmarks at PT. Sumberdaya Arindo showed that benchmark 11, located in the Saleban segment, experienced the largest displacement, with a cumulative deformation of 0.530 meters. The deformation velocity was recorded at 0.041 meters per day, which, according to the deformation velocity, falls into the category of slide-type movement (rotational and translational) with a medium movement rate of 1.5 m/month to 1.5 m/day.

Keyword: Deformation, Landslide, PT. Sumber Daya Abadi, Total Station

1. Pendahuluan

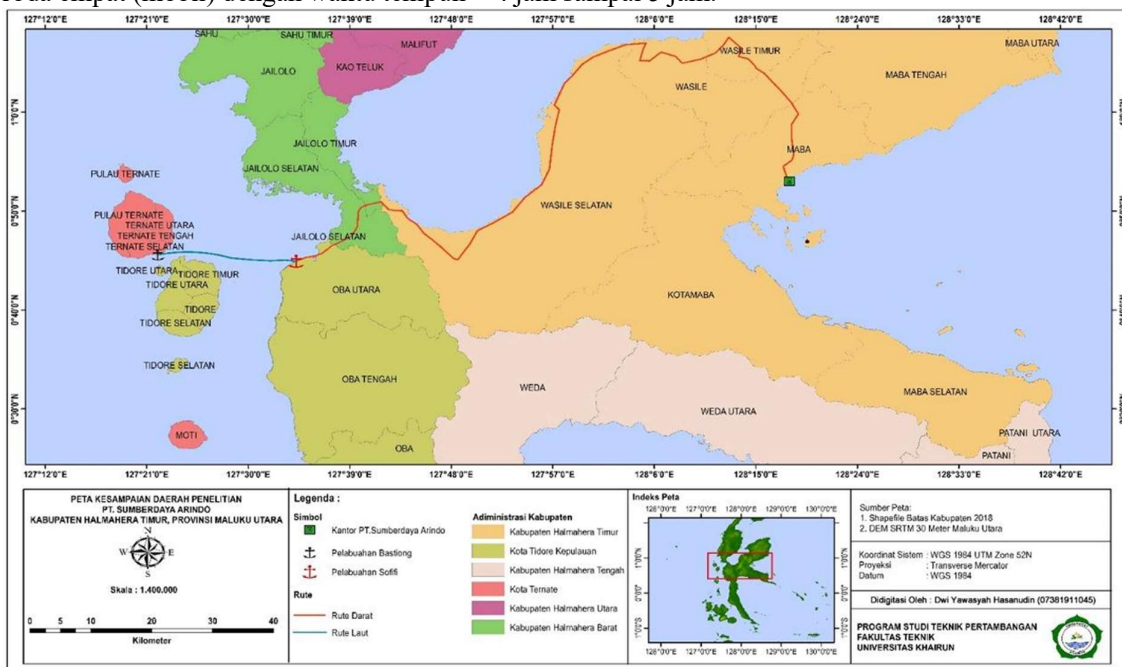
Proses penambangan terdiri dari aktivitas penggalian maupun pembongkaran, pemuatan dan pengangkutan bahan galian. Pengupasan lapisan tanah diikuti dengan pembentukan geometri lereng mengakibatkan terbentuknya lereng-lereng dengan kemiringan dan ketinggian yang berbeda dimana akan menimbulkan distribusi tegangan yang baru karena mengganggu distribusi tegangan pada lereng yang sudah ada [1].

Gerakan massa tanah atau batuan dapat didefinisikan sebagai berpindahnya massa tanah atau batuan pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukannya semula [2]. Pemantauan pergerakan dengan metode pengambilan data lapangan menggunakan Total Station [3], data pengukuran lapangan diproses dan dianalisa menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel dalam bentuk tabel serta grafik untuk mengetahui pergerakan lereng selama satu bulan [4]. Aktivitas tambang terbuka mengakibatkan perubahan geometri lereng yang berisiko menimbulkan kelongsoran [2]. PT. Sumberdaya Arindo yang berlokasi di pesisir timur Pulau Halmahera, Maluku Utara, menghadapi tantangan kestabilan lereng seiring dengan intensitas kegiatan tambang.

Oleh karena itu, pemantauan deformasi lereng sangat penting dilakukan untuk mendeteksi potensi keruntuhan dini. Penelitian ini menggunakan alat Total Station sebagai metode utama untuk mengukur perubahan posisi lereng secara berkala [5]. Deformasi lereng dapat terjadi dalam bentuk pergeseran horizontal maupun vertikal yang dipengaruhi oleh faktor geologi, morfologi, dan seismik [5]. Total Station adalah alat survei optik-elektronik yang memungkinkan pemantauan koordinat titik-titik di lereng secara berkala [6]. Perhitungan deformasi harian dan kumulatif, serta analisis kecepatan pergerakan tanah menjadi acuan dalam menentukan jenis longsoran [7][8].

2. Metode

Lokasi penelitian yaitu di PT. Sumberdaya Arindo secara administrasi terletak di Kecamatan Maba, Kabupaten Halmahera Timur, Provinsi Maluku Utara. Letak geografi daerah penelitian terletak antara 128°19'16.26"-128°21'14.66" Bujur Timur dan 0°46'19.69"- 0°48'16.56" Lintang Utara. Alat transportasi yang digunakan untuk menuju lokasi dapat melalui jalur darat dan laut. Untuk mencapai lokasi tersebut dapat ditempuh dengan rute Ternate – Sofifi dengan menggunakan transportasi laut (Speed Boat) dengan waktu tempuh ± 45 menit. Rute Sofifi – Buli dengan menggunakan kendaraan roda empat (mobil) dengan waktu tempuh ± 4 jam sampai 5 jam.



Gambar 1. Lokasi dan Kesempajaan Daerah Penelitian

Deformasi lereng terjadi akibat adanya pergerakan, untuk mengetahui pergerakan tersebut perlu dilakukan survei dan pemantauan lereng menggunakan metode deformasi. Pemantauan deformasi dapat dilakukan dengan menggunakan alat total station sebagai acuan titik tembaknya, pengamatan dilakukan setiap hari di setiap titiknya [5]. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mengukur pergerakan dengan cara memantau bagian atas lereng atau bagian tengah lereng [9]. Pergerakan dalam arah horizontal dapat diukur dengan total station dengan cara mengambil data X, Y, Z. Data pengukuran ini dapat digunakan untuk membedakan seberapa besar perbedaan antara koordinat hari sebelumnya dan koordinat pengukuran di hari tersebut [10].

Pergeseran Per Hari

Pergeseran per hari adalah perubahan posisi northing (Y), easting (X) dan elevasi (Z) yang terjadi dalam waktu satu hari. Untuk mencari pergeseran per hari nilai X, Y dan Z digunakan persamaan (1), (2), dan (3).

$$\Delta Y = Y_2 - Y_1 \quad (1)$$

$$\Delta X = X_2 - X_1 \quad (2)$$

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1 \quad (3)$$

Setelah mendapatkan nilai pergeseran per hari X, Y dilakukan perhitungan untuk mengetahui jarak pergeseran menggunakan persamaan (4).

$$d_{har} = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \quad (4)$$

Pergeseran Kumulatif

Pergeseran kumulatif adalah total perubahan posisi northing (Y), easting (X) dan elevasi (Z) dari awal hingga akhir pengukuran (sesuai waktu yang di tentukan). Untuk mencari pergeseran kumulatif nilai X, Y dan Z digunakan persamaan (5), (6), dan (7).

$$Y_{kumulatif} = Y_n + Y_o \quad (5)$$

$$X_{kumulatif} = X_n + X_o \quad (6)$$

$$Z_{kumulatif} = Z_n + Z_o \quad (7)$$

$$d_{kumulatif} = \sqrt{(X_n - X_o)^2 + (Y_n - Y_o)^2 + (Z_n - Z_o)^2} \quad (8)$$

Kecepatan

Velocity (kecepatan) memperlihatkan kecepatan material longsor yang dihitung dari perubahan deformasi berbanding dengan perubahan waktu, semakin tinggi nilai kecepatan dalam waktu tertentu maka lereng menunjukkan fenomena ketidakstabilan. Jika nilai semakin rendah atau mendekati angka nol pada inverse velocity maka lereng akan semakin tidak stabil atau longsor. Adapaun rumus untuk menghitung kecepatan deformasi dengan menggunakan persamaan (9) [8].

$$v = \frac{d_{kumulatif}}{t} \quad (9)$$

Deformasi lereng batuan atau tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan kecepatan deformasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi Kecepatan Deformasi

No	Kategori	Kecepatan Deformasi (mm)/hari
1	Kecil	< 2,5 mm/hari
2	Sedang	Antara 2,5 – 5,0 mm/hari
3	Besar	> 5,0 mm/hari
4	Ekstrem	> 7 mm/hari

Gerakan massa tanah pada umumnya disebabkan oleh gaya-gaya gravitasi dan kadang-kadang getaran atau gempa juga menjadi penyebab kejadian tersebut. Gerakan massa terjadi akibat adanya keruntuhan geser di sepanjang bidang longsor yang merupakan batas Bergeraknya massa tanah atau batuan. Keruntuhan, umumnya terjadi saat tegangan geser rata-rata di sepanjang bidang longsor sama dengan kuat geser tanah atau batuan. Saat terjadi keruntuhan bertahap, longsor tanah terjadi pada tegangan geser yang kurang dari kuat gesernya. Penentuan tipe gerakan massa tanah atau batuan dan klasifikasi kecepatan gerakan berdasarkan kecepatan dan tingkat kerusakan menggunakan Tabel 2. Sebagai berikut.

Tabel 2. Hubungan Tipe Keruntuhan Lereng dengan Kecepatan Keruntuhan Lereng, Derajat Kerusakan dan Dampak Terhadap Jalan [7]

Tipe Gerakan	Klasifikasi Kecepatan Gerakan	Ukuran Kecepatan Perpindahan/Satuan Waktu	Tingkat Kerusakan
Rayapan (<i>Creep</i>)	Sangat Lambat	< 0,3 m / 5 tahun	Tidak perlu dikhawatirkan
	Lambat	0,3 m / tahun – 1,5 m / tahun	Perlu dikhawatirkan
Gelincir (Rotasi dan Translasi)	Lambat	1,5 m / tahun – 1,5 m / bulan	Timbul sedikit kerusakan
	Menengah	1,5 m / bulan – 1,5 m / hari	Kerusakan sedang

Tipe Gerakan	Klasifikasi Kecepatan Gerakan	Ukuran Kecepatan Perpindahan/Satuan Waktu	Tingkat Kerusakan
	Cepat	1,5 m / hari – 0,3 m / menit	Kerusakan serius
Avalanche dan Aliran Cepat	Sangat Lambat	0,3 m / menit – 3 m / detik	Kerusakan sangat serius
	Amat Sangat Cepat	3 m / detik – 100 m / detik	Kerusakan hancur total

3. Hasil dan Pembahasan

Nilai deformasi yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan menggunakan perangkat Total Station Leica TS16 adalah perangkat yang dapat mengambil data berupa northing, easting, dan elevasi pada lereng dengan patok geotek sebagai referensi. PT. Sumberdaya Arindo memiliki sebanyak 20 titik patok geotek yang tersebar di tiga segmen yang berbeda, dimana patok 1-7 terletak di segmen Boboka, patok 8-12 di segmen Saleban, dan patok 13-20 di segmen Rosa. Hasil pemantauan yang dilakukan di lapangan menunjukkan bahwa terdapat beberapa patok geotek di PT. Sumberdaya Arindo yang saat ini tidak diberikan pengukuran lagi, yaitu pada patok 5 dan 6 yang tidak bisa dilanjutkan pengukurannya karena lokasi kedua patok tersebut telah terkena dampak dari aktivitas penambangan yang berlangsung. Selain itu, pada patok 12, pengukuran juga tidak dapat dilaksanakan karena akses jalan menuju lokasi patok sudah tertutup, sehingga tidak memungkinkan untuk mencapai patok tersebut.



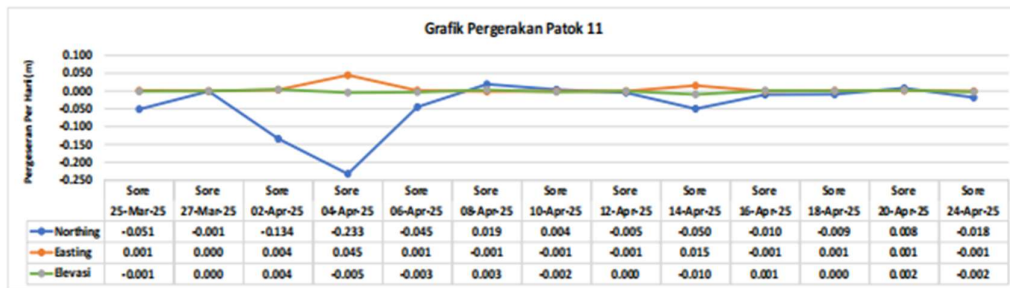
Gambar 2. Lokasi Penyebaran Patok Pemantauan PT. Sumberdaya Arindo

Dalam studi ini, lokasi yang dijadikan pengamatan adalah Patok 11. Observasi di lapangan juga menunjukkan indikasi longsor rotasi seperti munculnya retakan melingkar dan penurunan permukaan tanah (Gambar 3).

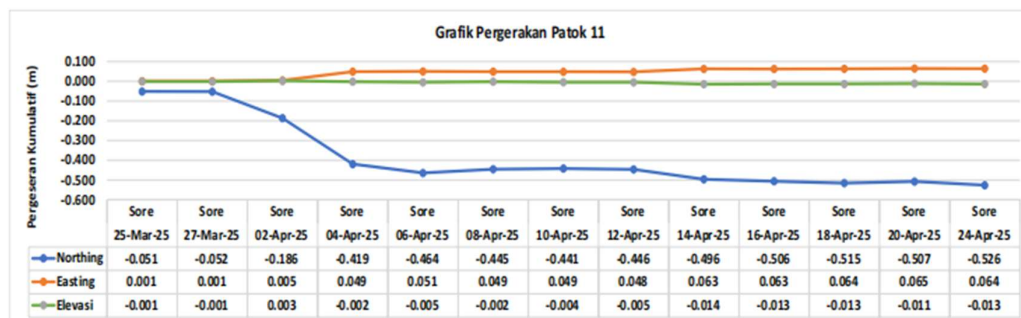


Gambar 3. Kondisi Longoran Lereng Patok 11

Pengamatan deformasi harian pada Patok 11 menunjukkan nilai pergeseran northing sebesar -0,051 meter, easting sebesar 0,001 meter, dan elevasi sebesar -0,001 meter, yang menghasilkan jarak pergeseran harian sebesar 0,051 meter. Sementara itu, nilai deformasi kumulatif yang dihitung dari awal pengamatan hingga hari ke-13 menunjukkan bahwa patok 11 mengalami pergeseran northing sebesar -0,526 meter, easting sebesar 0,064 meter, dan elevasi sebesar -0,013 meter, sehingga total pergeseran kumulatif mencapai 0,530 meter. Dengan durasi pengamatan selama 13 hari, kecepatan deformasi pada patok tersebut dihitung sebesar 0,041 meter per hari.



Gambar 4. Grafik Pergeseran Per Hari Patok 11



Gambar 5. Grafik Pergeseran Kumulatif Patok 11

Berdasarkan hasil pengukuran, patok 11 menunjukkan deformasi paling signifikan dengan perpindahan kumulatif sebesar 0.530 meter dan kecepatan deformasi sebesar 0.041 m/hari termasuk kategori ekstrem ((Fukuzono, 1985).

Tabel 3. Klasifikasi Kecepatan Deformasi

No	Kategori	Kecepatan Deformasi (mm)/hari)
1	Kecil	< 2,5 mm/hari
2	Sedang	Antara 2,5 – 5,0 mm/hari
3	Besar	> 5,0 mm/hari
4	Ekstrem	> 7 mm/hari

Merujuk pada Tabel 4, kecepatan deformasi 0.041 m/hari termasuk dalam kategori kecepatan perpindahan/satuan waktu 1,5 m/bulan – 1,5 m/hari, yang disertai dengan tipe gerakan Gelincir (Rotasi dan Translasi). Klasifikasi kecepatan pergerakan ini tergolong menengah, dan tingkat kerusakan yang terjadi adalah sedang [7].

Tabel 4. Hubungan Tipe Keruntuhan Lereng dengan Kecepatan Keruntuhan Lereng, Derajat Kerusakan Pada Lokasi Penelitian [7]

Tipe Gerakan	Klasifikasi Kecepatan Gerakan	Ukuran Kecepatan Perpindahan/Satuan Waktu	Tingkat Kerusakan
Rayapan (<i>Creep</i>)	Sangat Lambat	< 0,3 m / 5 tahun	Tidak perlu dikhawatirkan
	Lambat	0,3 m / tahun – 1,5 m / tahun	Perlu dikhawatirkan
Gelincir (Rotasi dan Translasi)	Lambat	1,5 m / tahun – 1,5 m / bulan	Timbul sedikit kerusakan
	Menengah	1,5 m / bulan – 1,5 m / hari	Kerusakan sedang
	Cepat	1,5 m / hari – 0,3 m / menit	Kerusakan serius
Avalanche dan Aliran Cepat	Sangat Lambat	0,3 m / menit – 3 m / detik	Kerusakan sangat serius
	Amat Sangat Cepat	3 m / detik – 100 m / detik	Kerusakan hancur total

4. Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah hasil penelitian mengenai analisis deformasi terhadap potensi kelongsoran pada penambangan PT. Sumberdaya Arindo dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Analisis deformasi lereng pada patok geotech PT. Sumberdaya Arindo menunjukkan bahwa pada patok 11 yang berada di segmen Saleban mengalami pergeseran terbesar, dimana pergeseran kumulatif sebesar 0.530 m atau sama dengan 53.0 cm. Data tersebut menunjukkan adanya pergeseran signifikan yang mengindikasikan terjadinya potensi kelongsoran pada lereng lokasi patok geotech.
- Perhitungan kecepatan deformasi menunjukkan bahwa nilai kecepatan deformasi yang diperoleh sebesar 0.041 m/hari atau sama dengan 4.1 cm/hari sesuai dengan klasifikasi kecepatan deformasi nilai tersebut termasuk dalam kategori ekstrem yaitu >7 mm/hari [8]. Kecepatan deformasi 0.041 m/hari termasuk dalam kategori kecepatan perpindahan/satuan waktu 1,5 m/bulan – 1,5 m/hari, yang disertai dengan tipe gerakan Gelincir (Rotasi dan Translasi). Klasifikasi kecepatan pergerakan ini tergolong menengah, dan tingkat kerusakan yang terjadi adalah sedang [7].

5. Referensi

- A. F. Muchtar dan Y. M. Anaperta, "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*, vol. 5, no. 2, hal. 1–10, 2020.
- I. I. Arif, *Geoteknik Tambang*. Gramedia Pustaka Utama, 2016.
- A. T. Sutjipto, T. T. Purwiyono, dan M. A. Azizi, "Monitoring Pergerakan Massa Batuan Dengan Metode Terestris Menggunakan Total Station Dan Metode Fotogrametri Di Kaliwadas, Kebumen, Jawa Tengah," in *Workshop Seminar Nasional Geomekanika*, 2017, vol. 4.
- R. K. Insanu, "Pemantauan Pergerakan Lereng Menggunakan Total Station Pada Tambang Batubara Terbuka Di PIT X PT. Khotai Makmur Insan Abadi," in *Prosiding Forum Ilmiah Tahunan (FIT)-Ikatan Surveyor Indonesia (ISI)*, 2021, vol. 1, hal. 31–37.
- S. Sahrul dan V. Astini, "Analisis Deformasi Lereng Menggunakan Metode Monitoring pada Lereng Jalan Trans Provinsi Kilometer 18 Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara," *J. Geomine*, vol. 7, no. 3, hal. 189, 2020.
- B. T. Widodo dan T. Hariyanto, "Visualisasi perubahan volume dan elevasi permukaan lumpur dengan citra satelit resolusi tinggi temporal untuk monitoring lumpur Sidoarjo," *Inst. Teknol. Sepuluh Nopember, Tek. Geomatika, Surabaya. doi*, vol. 10, hal. j23373539, 2016.
- D. J. Varnes, "Slope movement types and processes," *Spec. Rep.*, vol. 176, no. 11, hal. e33, 1978.
- T. Fukuzono, "A new method for predicting the failure time of slope," in *Proceedings, 4th Int'l. Conference and Field Workshop on Landslides*, 1985, hal. 145–150.
- Z. Zakaria, "Analisis kestabilan lereng tanah," *Progr. Stud. Tek. Geol. Fak. Tek. Geol. Univ. Padjajaran*.

- Bandung*, 2009.
- [10] D. S. D. Sulistio dan A. E. Wijaya, “ANALISIS MONITORING PERGERAKAN LERENG TIMBUNAN QUARRY BATUGAMPING DI PT. CICATIH PUTRA SUKABUMI,” *Min. INSIGHT*, vol. 3, no. 1, hal. 21–32, 2022.