

Monitoring Lereng dengan Memantau Pergerakan Tanah Menggunakan GPS Geodetik untuk Mengantisipasi Adanya Longsoran di Tambang PT X Kota Padang, Sumatera Barat

Ilal Hamdi*, Yoszi Mingsi Anaperta

Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* ilalhamdi73@gmail.com

Abstrak. Indonesia secara regional berada pada dua buah lempeng besar yaitu lempeng Pasifik di utara dan lempeng Australia di selatan. Akibat tumbukan kedua lempeng tersebut, telah menempatkan Indonesia menjadi salah satu wilayah negara yang rawan dengan bencana gempa bumi, tsunami dan letusan gunung berapi. Namun, dibalik bencana alam akibat tumbukan dua lempeng tersebut, membawa hikmah yang tak ternilai harganya. Penambangan yang dilakukan pada PT X merupakan penambangan dengan metode tambang terbuka/*quarry*. Pada tambang PT X yang melakukan penambangan dengan mengikuti bentuk bukit yang di gali, pasti bahaya yang ditimbulkan lebih besar dari tambang lainnya. gerakan tanah merupakan peristiwa alam yang seringkali membawa bencana dan kerugian yang tidak sedikit, baik berupa harta benda maupun jiwa manusia. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu pemantauan gerakan tanah yang dimaksudkan untuk mengetahui tingkat aktivitas gerakan tanah berdasarkan besar dan arah kecepatan titik geser terhadap titik acuan (titik tetap) Rata-rata pergerakan lereng di setiap titik TP adalah > 5 mm dengan kategori *initial acceleration*. Pergerakan tanah yang paling stabil berada di titik TP02 dengan rata-rata pergerakan tanah koordinat X, Y dan Z adalah 3.2, 3.5, dan 5.2 mm. Pergerakan tanah paling berisiko terjadinya longsoran adalah titik TP06 dengan rata-rata pergerakan koordinat X, Y dan Z adalah 10.1, 9.7, dan 11.6 mm. Berdasarkan rata-rata pergerakan tanah yang > 5 mm menurut Standar Nilai Ambang Batas Laju Pergerakan Lereng, maka risiko terjadinya longsoran di WIUP 536,85 semakin besar.

Kata kunci: *monitoring lereng, pergerakan tanah, kesetabilan lereng, gps geodetik, quarry*

Abstract. Indonesia is regionally located on two large plates, namely the Pacific plate in the north and the Australian plate in the south. As a result of the collision of these two plates, Indonesia has become one of the regions of the country that is prone to earthquakes, tsunamis and volcanic eruptions. However, behind the natural disaster caused by the collision of the two plates, it brings invaluable wisdom. The mining carried out at PT X is mining using the open pit/*quarry* method. At the PT Land movement is a natural event that often brings disaster and significant losses, both in the form of property and human lives. Therefore, it is necessary to carry out ground movement monitoring which is intended to determine the level of ground movement activity based on the magnitude and direction of the speed of the shear point relative to the reference point (fixed point). The average slope movement at each TP point is > 5 mm in the initial acceleration category. The most stable ground movement is at point TP02 with average ground movement coordinates X, Y and Z being 3.2, 3.5, and 5.2 mm. The ground movement most at risk of landslides is point TP06 with the average movement of the X, Y and Z coordinates being 10.1, 9.7, and 11.6 mm. Based on the average ground movement of > 5 mm according to the Standard Threshold Value for Slope Movement Rate, the risk of landslides in WIUP 536.85 is greater.

Keywords: *slope monitoring, ground movement, slope stability, geodetic GPS, quarry*

Tanggal Diterima: 06/05/2024; Tanggal Direvisi: 09/07/2024; Tanggal Disetujui: 09/07/2024; Tanggal Dipublikasi: 09/07/2024

1. Pendahuluan

Indonesia secara regional berada pada dua buah lempeng besar yaitu lempeng Pasifik di utara dan lempeng Australia di selatan. Akibat tumbukan kedua lempeng tersebut, telah menempatkan Indonesia menjadi salah satu wilayah Negara yang rawan dengan bencana gempa bumi, tsunami dan letusan gunung berapi. Namun, dibalik bencana alam akibat tumbukan dua lempeng tersebut, membawa hikmah yang tak ternilai harganya. Akibat aktivitas pergerakan kedua lempeng tersebut pulalah akhirnya menghasilkan tatanan tektonik yang lengkap. Kondisi geologi demikian mendukung pembentukan minaeralisasi berbagai mineral atau bahan galian berharga sebagai anugerah Tuhan YME yang patut disyukuri, misalnya mineral logam dan lain-lain.

Saat ini pendirian suatu kontruksi terus berkembang seiring dengan kebutuhan manusia terhadap kegiatan tersebut yang terus meningkat. Lebih lanjut lagi, kegiatan kontruksi tersebut pada umumnya melibatkan pemotongan lereng batuan agar sesuai dengan rencana yang ditetapkan sebelumnya. Namun perlu dipahami bahwa dengan adanya pemotongan lereng, batuan cenderung menjadi kurang atau bahkan tidak stabil. Atau dengan kata lain bahwa potensi keruntuhan/longsoran lereng batuan akan semakin meningkat. Untuk memastikan kestabilan suatu aktivitas pemotongan lereng batuan, baik lereng yang baru terbentuk maupun yang lama, dibutuhkan evaluasi bidang diskontinuitas dari batuan tersebut.

Penambangan yang dilakukan pada PT X merupakan penambangan dengan metode tambang terbuka/*quarry*. Penambangan *quarry* sendiri merupakan tambang terbuka yang dilakukan dengan mengambil bahan tambang non-logam seperti *limestone*. Tambang PT X sendiri lebih mengikuti bentuk dari bukit yang di tambang, berbeda dengan *open pit* dengan cara penambangan semakin ke bawah membentuk *pit*. Penambangan dengan metode tambang terbuka pastinya mengkaji tentang kestabilan lereng agar tidak terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan seperti longsor dan lain-lainnya yang dapat mengancam keselamatan pekerja.

Pada tambang PT X yang melakukan penambangan dengan mengikuti bentuk bukit yang di gali, pasti bahaya yang ditimbulkan lebih besar dari tambang lainnya. Adanya longsor terlihat di salah satu *site* tambang PT. X pada saat melakukan praktek lapangan industri menyebabkan penulis tertarik untuk mengangkat topik bahasan tentang Monitoring Lereng dengan Memantau Pergerakan Tanah Menggunakan GPS Geodetik untuk Mengantisipasi Adanya Longsor di Tambang PT X Kota Padang, Sumatera Barat.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pergerakan Tanah

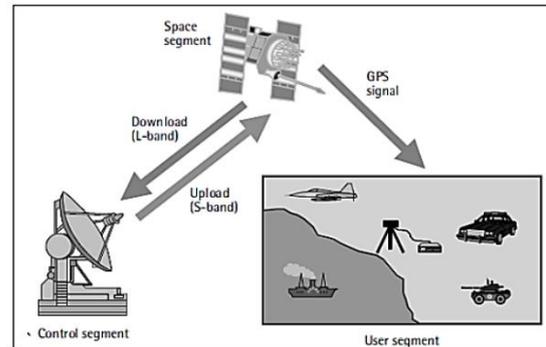
Dalam Buku Pemantauan Pergerakan Tanah Menggunakan GPS Geodetik oleh Raharjo, S., Teguh Paripurno, E., Hartadi, D., Dewi Alfiani, O., & Apriyanti, D. 2018 hal. 1, gerakan tanah merupakan peristiwa alam yang seringkali membawa bencana dan kerugian yang tidak sedikit, baik berupa harta benda maupun jiwa manusia. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu pemantauan gerakan tanah yang dimaksudkan untuk mengetahui tingkat aktivitas gerakan tanah berdasarkan besar dan arah kecepatan titik geser terhadap titik acuan (titik tetap). Pemantauan gerakan tanah pada daerah ini adalah pemantauan perubahan jarak, beda tinggi, sudut ataupun koordinat antara dari titik-titik yang mewakili daerah studi.

Pengamatan gerakan tanah dilakukan dengan mempelajari data geologi, kejadian gerakan tanah terdahulu maupun data sekunder lainnya yang terkait dengan daerah pengamatan. Melalui tahapan tersebut kemudian dilakukan pengamatan langsung di lapangan yang meliputi pengamatan sebaran gerakan tanah dan arah gerakan tanah serta dimensinya termasuk penilaian terhadap faktor geomorfologi, geologi, keairan, curah hujan, dan tata lahan.

2.2 GPS Geodetik

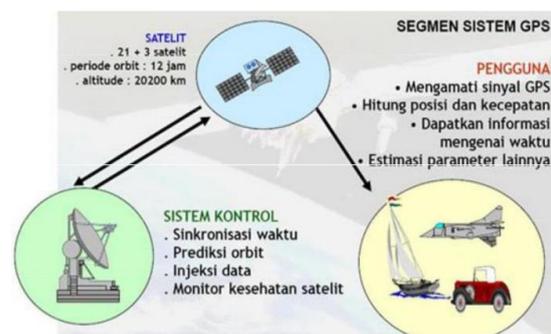
GPS (*Global Positioning System*) merupakan sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit yang didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga

dimensi yang teliti serta informasi waktu secara kontinyu di seluruh dunia. Teknologi GPS ini terdiri atas tiga segmen, yaitu segmen kontrol, segmen angkasa, dan segmen pengguna menurut Abidin, 2009 (Dalam Buku Pemantauan Pergerakan Tanah Menggunakan GPS Geodetik oleh Raharjo, S., Teguh Paripurno, E., Hartadi, D., Dewi Alfiani, O., & Apriyanti, D. 2018 hal. 2).



Gambar 1 Tiga Segmen Teknologi GPS [6]

Menurut Abidin, 2010 dalam Buku Pemantauan Pergerakan Tanah Menggunakan GPS Geodetik oleh Raharjo, S., Teguh Paripurno, E., Hartadi, D., Dewi Alfiani, O., & Apriyanti, D. 2018 hal. 2, GPS atau *Global Positioning System* adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. Sistem yang didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti, dan juga informasi mengenai waktu, secara kontinyu di seluruh dunia. Sistem GPS terbagi menjadi tiga segmen utama yaitu segmen angkasa/satelit, segmen sistem kontrol dan segmen pemakai (Leick, 2004 dalam Buku Pemantauan Pergerakan Tanah Menggunakan GPS Geodetik oleh Raharjo, S., Teguh Paripurno, E., Hartadi, D., Dewi Alfiani, O., & Apriyanti, D. 2018 hal. 2). Segmen angkasa terdiri atas satelit-satelit GPS yang berjumlah 24 satelit dengan periode orbit 12 jam dan tinggi orbit 20.200 km. Segmen sistem kontrol terdiri atas lima stasiun stasiun pemonitor gerakan satelit, dan segmen pemakai terdiri atas pemakai GPS di seluruh belahan bumi. Interaksi ketiga sistem tersebut terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Sistem Penentuan Posisi GPS [6]

2.3 Monitorig Lereng dari Pergerakan Tanah dengan GPS Geodetik)

Adapun salah satu metode pemantauan pergerakan tanah adalah dengan metode survei GPS. Prinsip dari metode survei GPS ini adalah dengan membandingkan koordinat dari beberapa titik di daerah rawan gerakan tanah yang diperoleh dari beberapa survei GPS yang dilakukan dengan selang waktu tertentu.

Hasil yang diperoleh berdasarkan survei GPS akan dikorelasikan dengan zonasi kerentanan gerakan tanah pada tambang PT X yang telah dibuat. Korelasi antara hasil dari survei GPS dengan zonasi kerentanan gerakan tanah harus disesuaikan dengan ketentuan berdasarkan tingkat kerentanan yang sudah ditetapkan.

Prinsip studi gerakan tanah dengan metode survei GPS adalah dengan membandingkan koordinat dari beberapa titik pada daerah rawan gerakan tanah yang diperoleh dari beberapa survei GPS yang dilakukan dengan selang waktu tertentu. Karakteristik gerakan tanah diperoleh dengan melakukan analisis pergeseran terhadap perbedaan koordinat titik-titik GPS yang diperoleh tersebut.

Survei GPS yang dilakukan dalam pemantauan gerakan tanah ini adalah dengan metode statik. Penentuan posisi secara statik adalah penentuan posisi dari titik-titik yang statik (diam). Pengolahan survei GPS dapat dilakukan dengan menggunakan software yang sering digunakan yaitu *excel*. Data yang didapatkan nantinya akan diolah kedalam bentuk grafik.

2.4 Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng adalah suatu factor dalam pekerjaan pertambangan dalam kategori tambang terbuka yang menyangkut keselamatan manusia. Menurut Anaperta (10. 1 [2017]: 62), apabila lereng-lereng yang terbentuk sebagai akibat dari proses penambangan maupun yang merupakan sarana penunjang operasi penambangan tidak stabil, maka dapat menyebabkan gangguan pada kegiatan produksi selain juga membahayakan keselamatan pekerja.

Perubahan kestabilan lereng dapat terjadi akibat pengangkatan, penurunan, penggalian, penimbunan, erosi, atau aktivitas lain di sekitar lereng tersebut. Untuk mengatasi perubahan itu, lereng akan berusaha untuk mencapai kondisi stabil yang baru secara alamiah. Cara ini biasanya berupa proses degradasi atau pengurangan beban, terutama dalam longsoran-longsoran atau gerakan-gerakan lain sampai tercapai keadaan kesetimbangan yang baru.

2.5 Kriteria Alarm *Threshold* dalam Pemantauan Lereng

1) Kategori 1, termasuk “waspada hijau (*Green Alert*)”, yaitu kondisi yang menunjukkan tidak terjadi peningkatan pergerakan lereng atau laju

pergerakan lereng tetap. Laju pergerakan umumnya konstan, pada $rate < 5$ mm per hari lalu stabil (diam).

- 2) Kategori 2, termasuk “waspada kuning (*Yellow Alert*)”, yaitu kondisi yang menunjukkan terjadinya percepatan pergerakan awal (*Initial acceleration*). Laju pergerakan lereng berkisar antara 5-10 mm per hari, dan berpotensi meningkat atau menjadi stabil.
- 3) Kategori 3, termasuk “Awas (*Red Alert*)”, yaitu terjadi peningkatan pergerakan lebih lanjut yang meningkat signifikan, pada laju > 10 mm per hari, dan ini berpotensi akan terjadi longsoran lereng.

3. Metodologi Penelitian

Tergantung pada jenis data yang diambil, kegiatan ini termasuk dalam pengumpulan data kuantitatif. Metode pengumpulan data kuantitatif adalah kegiatan yang direncanakan secara sistematis, terstruktur, dan sangat jelas dari awal hingga akhir rancangan kegiatan. Metode kuantitatif juga dapat diartikan sebagai kegiatan yang diawali dengan pengumpulan data, interpretasi data, dan penyajian hasil data.

3.1 Tahapan Pelaksanaan Kegiatan

3.1.1 *Persiapan*

Tahap awal sebelum melakukan kegiatan di lapangan yang mencakup:

- 1) Pengurusan administrasi dan surat perizinan dari kampus dan perusahaan.
- 2) Konsultasi dengan dosen pembimbing akademik dan dosen pembimbing.
- 3) Pengumpulan data-data relevan sesuai dengan judul.

3.1.2 *Studi Literatur*

Studi literatur meliputi bahan-bahan dari instansi terkait yang memuat judul-judul penelitian. Data dari perusahaan dan perpustakaan (literatur).

3.2 Tahapan Pengambilan Data

3.2.1 *Orientasi Lapangan*

Pengamatan secara langsung di lapangan dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang kondisi lokasi penelitian.

3.2.2 *Data Primer*

Data primer seperti data hasil pemantauan lereng menggunakan GPS Geodetik dan data *UAV* yang dikumpulkan dan diamati secara langsung di lapangan.

3.2.3 *Data Sekunder*

Data sekunder tidak diperoleh secara tidak langsung, melainkan ada, seperti informasi dari laporan perusahaan. Informasi sekunder antara lain koordinat IUP perusahaan dan profil perusahaan.

3.2.4 Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data yang didapatkan dianalisis sebagai berikut:

- 1) Penyusunan data lapangan menggunakan *Microsoft Excell*.
- 2) Perhitungan data hasil monitoring lereng dari GPS Geodetik di *Excel*.
- 3) Melakukan analisis ilmiah dari hasil perhitungan monitoring lereng dari GPS.

Data yang didapatkan tersebut akan dianalisis untuk didapatkan kesimpulan sementara. Selanjutnya dilakukan pengecekan ulang untuk memastikan apakah kesimpulan tersebut layak untuk ditetapkan.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Titik Monitoring Lereng

Lereng merupakan hal yang harus di perhatikan dalam proses penambangan terutama pada perusahaan tambang yang menerapkan sistem tambang terbuka seperti PT X. PT X yang memiliki tambang yang mengikuti bentuk dari arah bahan galian yang di tambang sangat rawan untuk mengalami kelongsoran, terutama kondisi yang berada di perbukitan.

Monitoring lereng merupakan kegiatan pemantauan lereng yang dilakukan dengan pemantauan pergerakan koordinat tanah yang sudah di ketahui sebelumnya. Pada tambang PT. X terdapat 6 titik BM yang akan di lakukan pemantauan seperti pada gambar di bawah ini:

- 1) Kategori 1, termasuk “waspada hijau (*Green Alert*)”, yaitu kondisi yang menunjukkan tidak terjadi peningkatan pergerakan lereng atau laju pergerakan lereng tetap. Laju pergerakan umumnya konstan, pada rate < 5 mm per hari lalu stabil (diam).
- 2) Kategori 2, termasuk “waspada kuning (*Yellow Alert*)”, yaitu kondisi yang menunjukkan terjadinya percepatan pergerakan awal (*Initial acceleration*). Laju pergerakan lereng berkisar antara 5 – 10 mm per hari, dan berpotensi meningkat atau menjadi stabil.
- 3) Kategori 3, termasuk “Awas (*Red Alert*)”, yaitu terjadi peningkatan pergerakan lebih lanjut yang meningkat signifikan, pada laju > 10 mm per hari, dan ini berpotensi akan terjadi longsoran lereng.



Gambar 3 Peta Titik Monitoring Lereng

4.2 Data Pengolahan Koordinat

Data koordinat yang di ambil setidaknya dilakukan pengambilan data minimal 1-2 kali dalam sebulan. Pergerakan tanah dapat dicari dengan cara:

$Easting (X) = \text{Koordinat X BM} - \text{Koordinat X yang didapat}$

$Northing (Y) = \text{Koordinat Y BM} - \text{Koordinat Y yang didapat}$

$Elevasi (Z) = \text{Koordinat Z BM} - \text{Koordinat Z yang didapat}$

Berikut merupakan data hasil pengambil koordinat di lapangan yang terbagi menjadi 12 titik koordinat dengan penamaan TPXX:

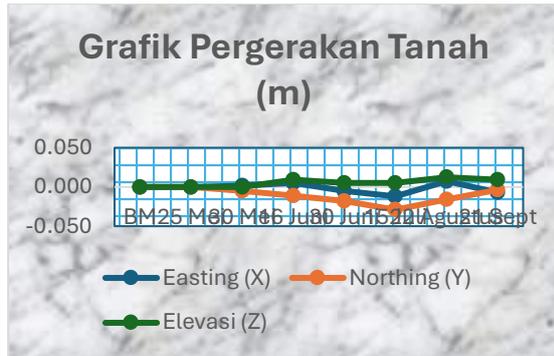
4.2.1 Titik TP01

Tabel 1 Data Hasil Monitoring Lereng pada Titik TP01

| Tanggal | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
|------------|-------------|--------------|-------------|
| BM | 663822.654 | 9892690.136 | 313.848 |
| 25 Mei | 663822.654 | 9892690.136 | 313.848 |
| 30 Mei | 663822.656 | 9892690.131 | 313.848 |
| 16 Juni | 663822.659 | 9892690.125 | 313.857 |
| 30 Juni | 663822.649 | 9892690.118 | 313.853 |
| 15 Juli | 663822.642 | 9892690.107 | 313.853 |
| 22 Agustus | 663822.661 | 9892690.120 | 313.860 |
| 21 Sept | 663822.647 | 9892690.132 | 313.857 |

Tabel 2 Pergerakan Tanah TP01

| Tanggal | Pergerakan Tanah (m) | | |
|------------|----------------------|--------------|-------------|
| | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
| BM | - | - | - |
| 25 Mei | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 30 Mei | 0.002 | -0.005 | 0.000 |
| 16 Juni | 0.005 | -0.011 | 0.009 |
| 30 Juni | -0.005 | -0.018 | 0.005 |
| 15 Juli | -0.012 | -0.029 | 0.005 |
| 22 Agustus | 0.007 | -0.016 | 0.012 |
| 21 Sept | -0.007 | -0.004 | 0.009 |



Gambar 4 Grafik Pergerakan Tanah TP01

Dari gambar grafik pada titik TP01 terlihat pada Gambar 4, pergerakan koordinat X, Y dan Z Menurut Standar Nilai Ambang Batas Laju Pergerakan Lereng (ESDM, 2013, p. 35 yang dikutip dalam jurnal “Sistem Peringatan Dini: Pemantauan Lereng Tambang Menggunakan Aplikasi Telegram” oleh Priema Wardani dan Zidni Ilman Munthaha, 2020 yaitu dipantau dari lonjakan grafik pergerakan tanah:

- 1) Grafik koordinat X mengalami lonjakan pada tanggal 15 Juli ke tanggal 27 Agustus dan tanggal 27 Agustus ke tanggal 21 September dalam kategori *initial acceleration*.
- 2) Grafik koordinat Y mengalami lonjakan pada tanggal 15 Juli ke tanggal 22 Agustus dan tanggal 22 Agustus ke tanggal 21 September dalam kategori *initial acceleration*.
- 3) Grafik koordinat Z dikategorikan *Neglible Movement*.

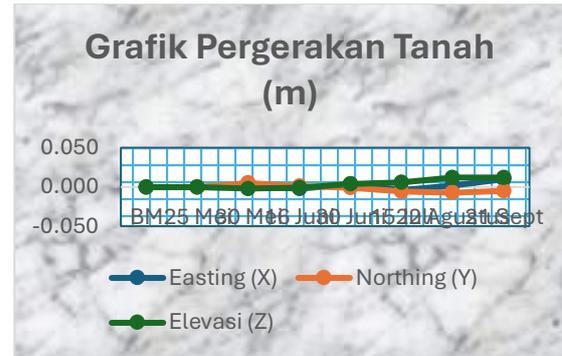
4.2.2 Titik TP02

Tabel 3 Data Hasil Monitoring Lereng pada Titik TP02

| Tanggal | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
|------------|-------------|--------------|-------------|
| BM | 663899.898 | 9892824.906 | 272.629 |
| 25 Mei | 663899.898 | 9892824.906 | 272.629 |
| 30 Mei | 663899.899 | 9892824.911 | 272.627 |
| 16 Juni | 663899.896 | 9892824.907 | 272.628 |
| 30 Juni | 663899.902 | 9892824.905 | 272.633 |
| 15 Juli | 663899.894 | 9892824.9 | 272.635 |
| 22 Agustus | 663899.900 | 9892824.899 | 272.641 |
| 21 Sept | 663899.908 | 9892824.901 | 272.641 |

Tabel 4 Pergerakan Tanah TP02

| Tanggal | Pergerakan Tanah (m) | | |
|------------|----------------------|--------------|-------------|
| | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
| BM | - | - | - |
| 25 Mei | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 30 Mei | 0.001 | 0.005 | -0.002 |
| 16 Juni | -0.002 | 0.001 | -0.001 |
| 30 Juni | 0.004 | -0.001 | 0.004 |
| 15 Juli | -0.004 | -0.006 | 0.006 |
| 22 Agustus | 0.002 | -0.007 | 0.012 |
| 21 Sept | 0.010 | -0.005 | 0.012 |



Gambar 5 Grafik Pergerakan Tanah TP02

Dari gambar grafik pada titik TP02 terlihat pada Gambar 5, pergerakan koordinat X, Y dan Z Menurut Standar Nilai Ambang Batas Laju Pergerakan Lereng (ESDM, 2013, p. 35 yang dikutip dalam jurnal “Sistem Peringatan Dini: Pemantauan Lereng Tambang Menggunakan Aplikasi Telegram” oleh Priema Wardani dan Zidni Ilman Munthaha, 2020 yaitu dipantau dari lonjakan grafik pergerakan tanah:

- 1) Grafik koordinat X mengalami lonjakan pada tanggal 15 Juni hingga tanggal 21 September dalam kategori *initial acceleration*.
- 2) Grafik koordinat Y dikategorikan *Neglible Movement*.
- 3) Grafik koordinat Z dikategorikan *Neglible Movement*.

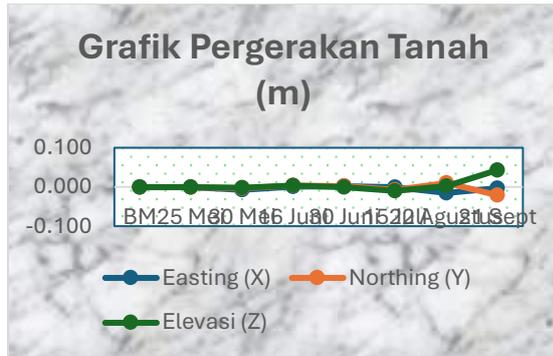
4.2.3 Titik TP03

Tabel 5 Data Hasil Monitoring Lereng pada Titik TP03

| Tanggal | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
|------------|-------------|--------------|-------------|
| BM | 663896.337 | 9893142.189 | 238.313 |
| 25 Mei | 663896.337 | 9893142.189 | 238.313 |
| 30 Mei | 663896.33 | 9893142.186 | 238.311 |
| 16 Juni | 663896.338 | 9893142.192 | 238.316 |
| 30 Juni | 663896.339 | 9893142.191 | 238.312 |
| 15 Juli | 663896.336 | 9893142.182 | 238.303 |
| 22 Agustus | 663896.322 | 9893142.199 | 238.316 |
| 21 Sept | 663896.334 | 9893142.168 | 238.356 |

Tabel 6 Pergerakan Tanah TP03

| Tanggal | Pergerakan Tanah (m) | | |
|------------|----------------------|--------------|-------------|
| | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
| BM | - | - | - |
| 25 Mei | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 30 Mei | -0.007 | -0.003 | -0.002 |
| 16 Juni | 0.001 | 0.003 | 0.003 |
| 30 Juni | 0.002 | 0.002 | -0.001 |
| 15 Juli | -0.001 | -0.007 | -0.010 |
| 22 Agustus | -0.015 | 0.010 | 0.003 |
| 21 Sept | -0.003 | -0.021 | 0.043 |



Gambar 6 Grafik Pergerakan Tanah TP03

Dari gambar grafik pada titik TP03 terlihat pada Gambar 6, pergerakan koordinat X, Y dan Z Menurut Standar Nilai Ambang Batas Laju Pergerakan Lereng (ESDM, 2013, p. 35 yang dikutip dalam jurnal “Sistem Peringatan Dini: Pemantauan Lereng Tambang Menggunakan Aplikasi Telegram” oleh Priema Wardani dan Zidni Ilman Munthaha, 2020 yaitu dipantau dari lonjakan grafik pergerakan tanah:

- 1) Grafik koordinat X dikategorikan *Neglible Movement*.
- 2) Grafik koordinat Y mengalami lonjakan pada tanggal 22 Agustus ke tanggal 21 September 2023 yang di kategorikan *initial acceleration*.
- 3) Grafik koordinat Z mengalami lonjakan pada tanggal 22 Agustus ke tanggal 21 September 2023 yang di kategorikan *further acceleration*.

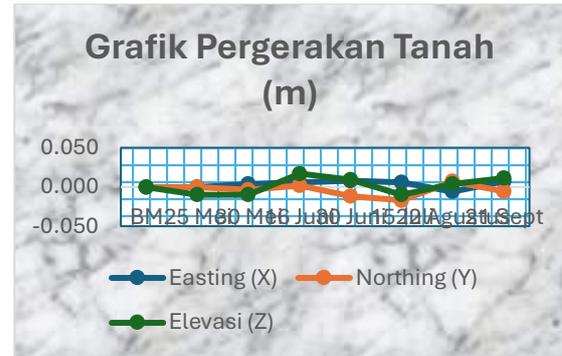
4.2.4 Titik TP04

Tabel 7 Data Hasil Monitoring Lereng pada Titik TP04

| Tanggal | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
|------------|-------------|--------------|-------------|
| BM | 664335.986 | 9892944.57 | 218.082 |
| 25 Mei | 664335.986 | 9892944.57 | 218.072 |
| 30 Mei | 664335.99 | 9892944.566 | 218.072 |
| 16 Juni | 664335.992 | 9892944.572 | 218.099 |
| 30 Juni | 664335.994 | 9892944.558 | 218.091 |
| 15 Juli | 664335.992 | 9892944.553 | 218.072 |
| 22 Agustus | 664335.98 | 9892944.577 | 218.086 |
| 21 Sept | 664335.993 | 9892944.564 | 218.093 |

Tabel 8 Pergerakan Tanah TP04

| Tanggal | Pergerakan Tanah (m) | | |
|------------|----------------------|--------------|-------------|
| | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
| BM | - | - | - |
| 25 Mei | 0.000 | 0.000 | -0.010 |
| 30 Mei | 0.004 | -0.004 | -0.010 |
| 16 Juni | 0.006 | 0.002 | 0.017 |
| 30 Juni | 0.008 | -0.012 | 0.009 |
| 15 Juli | 0.006 | -0.017 | -0.010 |
| 22 Agustus | -0.006 | 0.007 | 0.004 |
| 21 Sept | 0.007 | -0.006 | 0.011 |



Gambar 7 Grafik Pergerakan Tanah TP04

Dari gambar grafik pada titik TP04 terlihat pada gambar 43, pergerakan koordinat X, Y dan Z Menurut Standar Nilai Ambang Batas Laju Pergerakan Lereng (ESDM, 2013, p. 35 yang dikutip dalam jurnal “Sistem Peringatan Dini: Pemantauan Lereng Tambang Menggunakan Aplikasi Telegram” oleh Priema Wardani dan Zidni Ilman Munthaha, 2020 yaitu dipantau dari lonjakan grafik pergerakan tanah:

- 1) Grafik koordinat X mengalami pergerakan kategori *initial acceleration* dari tanggal 15 Juli hingga tanggal 21 September.
- 2) Grafik koordinat Y mengalami pergerakan kategori *further acceleration* dari tanggal 15 Juli ke tanggal 22 Agustus dan *initial acceleration* dari tanggal 16 Juni hingga tanggal 15 Juli dan 22 Agustus ke tanggal 21 September.

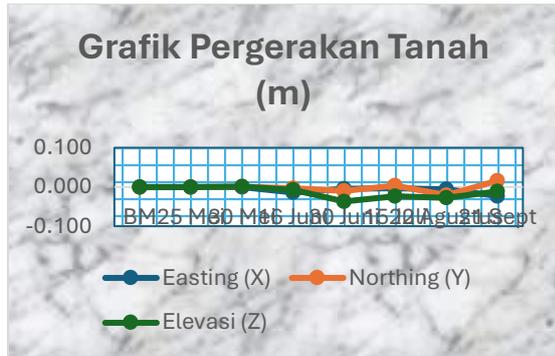
4.2.5 Titik TP05

Tabel 9 Data Hasil Monitoring Lereng pada Titik TP05

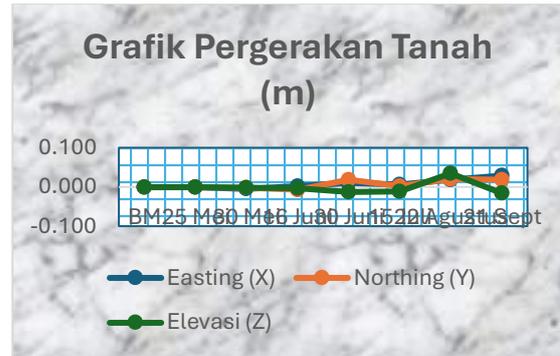
| Tanggal | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
|------------|-------------|--------------|-------------|
| BM | 663900.813 | 9891656.952 | 387.786 |
| 25 Mei | 663900.813 | 9891656.952 | 387.786 |
| 30 Mei | 663900.812 | 9891656.953 | 387.787 |
| 16 Juni | 663900.799 | 9891656.949 | 387.779 |
| 30 Juni | 663900.809 | 9891656.942 | 387.749 |
| 15 Juli | 663900.810 | 9891656.956 | 387.763 |
| 22 Agustus | 663900.8067 | 9891656.931 | 387.75867 |
| 21 Sept | 663900.790 | 9891656.968 | 387.774 |

Tabel 10 Pergerakan Tanah TP05

| Tanggal | Pergerakan Tanah (m) | | |
|------------|----------------------|--------------|-------------|
| | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
| BM | - | - | - |
| 25 Mei | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 30 Mei | -0.001 | 0.001 | 0.001 |
| 16 Juni | -0.014 | -0.003 | -0.007 |
| 30 Juni | -0.004 | -0.010 | -0.037 |
| 15 Juli | -0.003 | 0.004 | -0.023 |
| 22 Agustus | -0.006 | -0.021 | -0.027 |
| 21 Sept | -0.023 | 0.016 | -0.012 |



Gambar 8 Grafik Pergerakan Tanah TP05



Gambar 9 Grafik Pergerakan Tanah TP06

Dari gambar grafik pada titik TP04 terlihat pada gambar 44, pergerakan koordinat X, Y dan Z Menurut Standar Nilai Ambang Batas Laju Pergerakan Lereng (ESDM, 2013, p. 35 yang dikutip dalam jurnal “Sistem Peringatan Dini: Pemantauan Lereng Tambang Menggunakan Aplikasi Telegram” oleh Priema Wardani dan Zidni Ilman Munthaha, 2020 yaitu dipantau dari lonjakan grafik pergerakan tanah:

- 1) Grafik koordinat X mengalami pergerakan kategori *initial acceleration* dari tanggal 22 Agustus ke tanggal 21 September.
- 2) Grafik koordinat Y mengalami pergerakan kategori *initial acceleration* dari tanggal 15 Juli ke tanggal 22 Agustus dan *further acceleration* dari tanggal 22 Agustus ke tanggal 21 September.
- 3) Grafik koordinat Z mengalami pergerakan kategori *further acceleration* dari tanggal 16 Juni ke tanggal 30 Juni.

4.2.6 Titik TP06

Tabel 11 Data Hasil Monitoring Lereng pada Titik TP 06

| Tanggal | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
|------------|-------------|--------------|-------------|
| BM | 664926.352 | 9891295.531 | 669.555 |
| 25 Mei | 664926.352 | 9891295.531 | 669.555 |
| 30 Mei | 664926.347 | 9891295.529 | 669.553 |
| 16 Juni | 664926.354 | 9891295.524 | 669.552 |
| 30 Juni | 664926.362 | 9891295.55 | 669.542 |
| 15 Juli | 664926.358 | 9891295.533 | 669.543 |
| 22 Agustus | 664926.371 | 9891295.551 | 669.590 |
| 21 Sept | 664926.381 | 9891295.549 | 669.539 |

Tabel 12 Pergerakan Tanah TP06

| Tanggal | Pergerakan Tanah (m) | | |
|------------|----------------------|--------------|-------------|
| | Easting (X) | Northing (Y) | Elevasi (Z) |
| BM | - | - | - |
| 25 Mei | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 30 Mei | -0.005 | -0.002 | -0.002 |
| 16 Juni | 0.002 | -0.007 | -0.003 |
| 30 Juni | 0.010 | 0.019 | -0.013 |
| 15 Juli | 0.006 | 0.002 | -0.012 |
| 22 Agustus | 0.019 | 0.020 | 0.035 |
| 21 Sept | 0.029 | 0.018 | -0.016 |

Dari hasil pengolahan data tersebut, didapatkan grafik disetiap titik TP mengalami laju pergerakan tanah yang cukup membahayakan. Menurut Standar Nilai Ambang Batas Laju Pergerakan Lereng (ESDM, 2013, p. 35 yang dikutip dalam jurnal “Sistem Peringatan Dini: Pemantauan Lereng Tambang Menggunakan Aplikasi Telegram” oleh Priema Wardani dan Zidni Ilman Munthaha, 2020 yaitu:

Tabel 13 Interpretasi Batas Peringatan Tindakan Awal

| Alarm Threshold Movement Rate (mm/day) | Inferred Slope Movement Condition | Responsibility/Action Required | Graphic |
|--|---|---|---------|
| < 5 | Negligible Movement | Routine/Normal checks: (Geotechnical Technician and/or Geotechnical Engineer) - Notify Immediate Supervisor | |
| 5 - 10 | Initial Acceleration (potential to increase or stabilize) | Notify Snr. Geotech. Engineer: - Increase frequency of monitoring - Additional monitoring systems to be considered | |
| > 10 | Further Acceleration (potential for subsequent slope failure) | Notify Chief Geotech. Engineer: - Increase frequency of monitoring and implement other actions as appropriate - If asymptotic (sub-vertical) displacement curve THEN notify Dispatch and Senior Foreman L&H immediately (refer NNT-MNH-032-009 Geotechnical Hazard Call-up) | |

Laju pergerakan tanah yang ditunjukkan pada setiap titik BM pemantauan pergerakan tanah rata-rata pada >5 mm yang dimana hal ini menyebabkan bahaya longsor yang akan terjadi ke depannya akan semakin besar.

5. Penutup

5.1 Kesimpulan

- 1) Rata-rata pergerakan lereng di setiap titik TP adalah > 5 mm dengan kategori *initial acceleration*.
- 2) Pergerakan tanah yang paling stabil berada dititik TP02 dengan rata-rata pergerakan tanah koordinat X, Y dan Z adalah 3.2, 3.5 dan 5.2 mm.

- 3) Pergerakan tanah paling berisiko terjadinya longsoran adalah titik TP06 dengan rata-rata pergerakan koordinat X, Y dan Z adalah 10.1, 9.7, dan 11.6 mm.
- 4) Berdasarkan rata-rata pergerakan tanah yang > 5 mm menurut Standar Nilai Ambang Batas Laju Pergerakan Lereng, maka risiko terjadinya longsoran di WIUP 536,85 semakin besar.

5.2 Saran

Sebaiknya melakukan pembuatan peta bahaya lereng yang dilakukan *update* setiap setelah melakukan pengukuran. Berikan tanda bahaya di setiap kondisi yang dialami setiap titik agar para pekerja akan selalu waspada terhadap daerah kerja masing-masing.

Referensi

- [1] Anisah, A., Handoko, E. Y., Luthfi, A., & Sutarjono, J. (2010). Pemanfaatan Teknologi GPS Untuk Pemantauan Pergerakan Tanah dan Korelasinya Dengan Zonasi Kerentanan Gerakan Tanah (Studi Kasus: Kampung Singkup, Desa Ciherang, Kecamatan Sumedang Selatan, Kabupaten Sumedang). *Geoid*, 4(1), 022-031
- [2] Muda, I. (2008). *Teknik Survei dan Pemetaan*. Jakarta: Direktorat pembinaan sekolah menengah kejuruan.
- [3] Muntaha, M. (2016). Studi kestabilan lereng alam tambang terbuka (studi kasus: lereng tambang batu kapur Lamongan dan Madura). *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 14(1), 1-8.
- [4] Nurjannah, N., & Yuwono, Y. (2013). Permodelan Estimasi Potensi Tambang Batu Kapur dari Hasil Analisa Data Citra Satelit Landsat 7 ETM+ (Studi Kasus: Tambang Batu Kapur PT. Semen Gresik PERSERO TBK. Pabrik Tuban). *Geoid*, 9(1), 81-87.
- [5] Pasha, S. R. (2018). Analisis Potensi Longsor Menggunakan Metode Kinematik Pada Tambang Terbuka Limestone Narogong PT Holcim Indonesia TBK Kecamatan Cileungsi Kabupaten Bogor Jawa Barat. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Geologi*, 1(1).
- [6] Raharjo, S., Teguh Paripurno, E., Hartadi, D., Dewi Alfiani, O., & Apriyanti, D. (2018). Pemantauan Pergerakan Tanah Menggunakan GPS Geodetik.
- [7] Sahrul, S., & Astini, V. (2020). Analisis Deformasi Lereng Menggunakan Metode Monitoring pada Lereng Jalan Trans Provinsi Kilometer 18 Kolaka Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Geomine*, 7(3), 189.
- [8] Semen Padang, Buku Laporan Studi Kelayakan Tambang Bahan Baku PT Semen Padang. 2022.
- [9] Wardani, P., & Munthaha, Z. I. (2020). Sistem peringatan dini: pemantauan lereng tambang menggunakan aplikasi telegram. *Indonesian Mining Professionals Journal*, 2(2), 75-84.
- [10] Anaperta, Y. M. (2021). Analisis Kestabilan Lereng Berdasarkan Data Klasifikasi Massa Batuan Untuk Evaluasi Geometri Lereng Pada Pit A di CV. Tekad Jaya. *Bina Tambang*, 6(4), 175-185.