



PEMANTAUAN PERGERAKAN LERENG MENGGUNAKAN TOTAL STATION PADA TAMBANG BATUBARA TERBUKA DI PIT X PT. KHOTAI MAKMUR INSAN ABADI

Radik Khairil Insanu¹

¹Program Studi Teknologi Geomatika-Politeknik Pertanian Negeri Samarinda
Jl. Samratulangi Samarinda 75131 Telp : (0541) 260421, e-mail: radik.khairil@politanisamarinda.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi dengan permasalahan pada kegagalan desain atau kegagalan perhitungan lereng yang disebabkan minimnya informasi geologi dan geoteknik yang dapat mencerminkan kondisi nyata material yang ada di lapangan. Kegagalan tersebut berupa kejadian longsor atau pergeseran lereng yang dapat membahayakan kegiatan penambangan batubara. Untuk meminimalkan dampak negatif yang akan ditimbulkan dari kegagalan tersebut, maka dilakukan pengamatan yang mendetail, dengan tingkat ketelitian yang tinggi, dan peninjauan keberhasilan desain dengan melakukan proses pendekatan kualitatif dan kuantitatif menggunakan beberapa metode yang telah ada. Salah satu metode tersebut adalah dengan melakukan pemantauan kestabilan lereng tambang terbuka dengan survei *monitoring* menggunakan *Total Station*. Metode yang digunakan adalah metode pengambilan data lapangan dengan melakukan pengukuran *monitoring* menggunakan *Total Station* untuk pengambilan data koordinat *Easting*, *Northing* dan *Elevasi*. Titik patok pemantauan atau disingkat titik pemantauan (TP), menggunakan patok TP 40 dan Patok TP 36. Data pengukuran lapangan diproses dan dianalisa menggunakan perangkat lunak *Microsoft Excel* dalam bentuk tabel serta grafik untuk mengetahui pergerakan lereng. Lokasi dari penelitian ini di tambang batubara terbuka Pit X PT. Khotai Makmur Insan Abadi, Kabupaten Kutai Kartanegara. Survei *monitoring* dilaksanakan setiap pukul 09.00 WITA selama bulan Mei tahun 2020. Berdasarkan hasil dari survei *monitoring* kedua titik pemantauan (TP) dapat disampaikan, pergeseran di titik pemantauan 40 (TP_40) relatif stabil, meski ada beberapa tanggal yang terjadi pergeseran yang melebihi ambang batas 0,100 m dengan status hati - hati. Dan untuk pergeseran di titik pemantauan 36 (TP 36) terjadi pergeseran yang melebihi ambang batas maximum 0,300 m ditanggal tertentu. Dari hal ini harus dilakukan evakuasi terhadap aktifitas yang berada di sekitar area TP 36, karena dapat menyebabkan hal-hal yang dapat merugikan perusahaan. Hasil dari pemantauan ini berdampak positif terhadap personil dan peralatan yang melakukan penambangan di sekitar area titik pemantauan, serta dapat dijadikan referensi untuk pembuatan desain lereng yang lebih aman.

Kata kunci : *Survei Monitoring, Pergerakan Lereng, Tambang Batubara Terbuka, Total Station.*

ABSTRACT

This research is motivated by problems in design failure or failure of slope calculations due to the lack of geological and geotechnical information that can reflect the real conditions of the material in the field. These failures are in the form of landslides or slope shifts that can endanger coal mining activities. To minimize the negative impact that will result from these failures, detailed observations are made, with a high level of accuracy, and a review of the success of the design by conducting a qualitative and quantitative approach using several existing methods. One of these methods is to monitor the stability of the slopes of an open pit with a monitoring survey using a Total Station. The method used is the field data collection method by conducting monitoring measurements using a Total Station for data collection of Easting, Northing and Elevation coordinates. Monitoring benchmark points or abbreviated monitoring points (TP), using TP 40 and TP 36. Field measurement data is processed and analyzed using Microsoft Excel software in the form of tables and graphs to determine slope movement. The location of this research is the open pit coal mine Pit X PT. Khotai Makmur Insan Abadi, Kutai Kartanegara Regency. The monitoring survey is carried out every 09.00 WITA during the month of May 2020. Based on the results of the monitoring survey, the two monitoring points (TP) can be conveyed, the shift at monitoring point 40 (TP_40) is relatively stable, although there are several dates where the shift occurs that exceeds the 0.100 m threshold with caution status. And for the shift at monitoring point 36 (TP 36) there is a shift that exceeds the maximum threshold of 0.300 m on a certain date. From this, evacuation of activities around the TP 36 area must be carried out, because it can cause things that can harm the company. The results of this monitoring have a positive impact on personnel and equipment mining around the monitoring point area, and can be used as a reference for making safer slope designs.

Keywords : *Monitoring Survey, Slope Movement, Open Coal Mine, Total Station.*

1. PENDAHULUAN

Dalam kegiatan penambangan sering terjadi kegagalan desain atau kegagalan perhitungan yang disebabkan minimnya informasi geologi dan geoteknik yang dapat mencerminkan kondisi nyata material yang ada di lapangan. Kegagalan tersebut berupa kejadian longsor atau pergeseran lereng yang dapat membahayakan kegiatan penambangan (Supandi, 2011). Longsoran lereng tambang menjadi potensi bahaya geoteknik yang dapat memengaruhi aktivitas penambangan. Secara umum, longsoran terjadi pada lereng tambang yang dengan nilai kestabilan lereng yang rendah ($FOS < 1$). Kestabilan lereng dapat disebabkan faktor seperti desain lereng, struktur geologi, massa batuan penyusun lereng, dan kondisi hidrogeologi (Alejano dalam Steven, 2020). Sehingga, desain lereng sangatlah berpengaruh dalam menghindari potensi bahaya untuk kegiatan penambangan.

Desain lereng merupakan seni dalam menentukan keseimbangan antara kemiringan lereng dan keuntungan bagi perusahaan tambang. Dalam desain lereng tambang, peran ahli geoteknik memiliki arti penting bagi perusahaan. Semakin banyak informasi atau data geoteknik yang dimiliki oleh ahli geoteknik tersebut, maka akan semakin besar peluang dilakukan optimasi pencuraman lereng tambang. Lereng yang semakin curam akan memaksimalkan perolehan penambangan, namun meningkatkan risiko kestabilan lereng. Sebaliknya lereng yang semakin landai akan menurunkan perolehan penambangan, namun merendahkan risiko kestabilan lereng (lereng cenderung lebih stabil) (Azizi, 2012). Kegagalan desain dapat diketahui dengan melakukan pengamatan yang mendetail, *realtime*, dengan tingkat ketelitian yang tinggi, pada lereng tersebut, sehingga menghindari terjadinya bahaya geoteknik.

Kestabilan lereng tambang terbuka seperti pada tambang batubara merupakan salah satu hal penting saat ini mengingat sebagian besar perusahaan tambang di Indonesia meningkatkan produksinya. Akibatnya perusahaan tambang tersebut melakukan pelebaran dan pendalaman penggalian. Semakin lebar dan dalam tambang terbuka tersebut, maka akan semakin besar risiko yang akan muncul, atau semakin meningkatnya ketidakpastian pada faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng tambang terbuka tersebut. Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya risiko kelongsoran lereng mencakup sifat fisik batuan, relief permukaan bumi, struktur geologi, iklim, geometri lereng, pengaruh air tanah, dan gaya luar yang bekerja (Azizi, 2012).

PT. Khotai Makmur Insan Abadi (KMIA) adalah perusahaan dibidang pertambangan batubara yang bertempat di Desa Bhuana Jaya dan Desa Bukit Pariaman, Kecamatan Tenggaraong Seberang, Provinsi

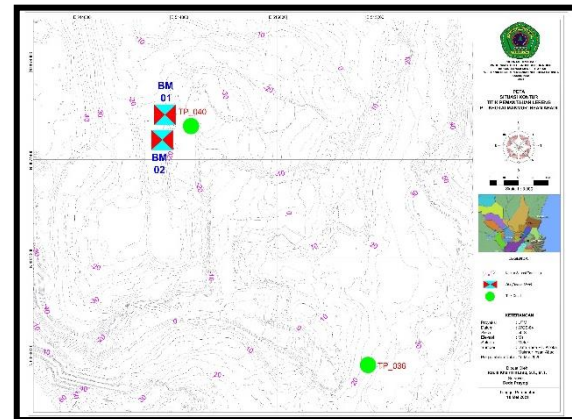
Kalimantan Timur memiliki luasan area yaitu 2.748 ha. Lokasi tersebut ditetapkan melalui surat nomor : 503/1272/IUP-OP/BPPMD-PTSP/VIII/2015 pada tanggal 12 Agustus 2015. Status izin dari PT. KMIA adalah izin dari Badan Perizinan dan Penanaman Modal Daerah (BPPMD) Provinsi Kalimantan Timur. PT. Khotai Makmur Insan Abadi (KMIA) menerapkan metode penambangan dengan metode *open pit* (tambang terbuka). Permasalahan tentang kestabilan lereng juga menjadi permasalahan yang penting dan diperhatikan oleh PT. KMIA. Salah satu metode yang diterapkan PT. KMIA adalah dengan melakukan pemantauan kestabilan lereng tambang terbuka dengan survei *monitoring* menggunakan Total Station. Dalam penelitian ini disajikan pergerakan lereng dari survei *monitoring* pada tambang terbuka PT. KMIA.

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pergerakan lereng dari area yang berpotensi tidak stabil, sehingga rencana penambangan dapat dimodifikasi untuk meminimalkan dampak dari ketidakstabilan lereng. Batasan pada penelitian ini yaitu titik pemantauan (TP) yang diamati hanya 2 titik yaitu TP 40 dan TP 36 pada lahan *pit X* PT. KMIA dengan menggunakan alat *Total Station*.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi dan Waktu

Lokasi pada penelitian ini yaitu tambang batubara terbuka PT. Khotai Makmur Insan Abadi (KMIA), Desa Bhuana Jaya dan Desa Bukit Pariaman, Kecamatan Tenggaraong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Lokasi TP dapat dilihat pada **Gambar 1**.

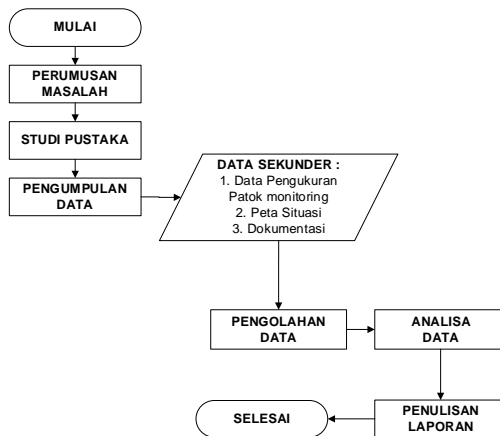


Gambar 1. Lokasi Titik Pemantauan (TP) 40 dan 36.

Waktu pengambilan data survei *monitoring* dilakukan pada bulan Mei tahun 2020, diamati pada pukul 09.00 WITA.

2.2 Metode

Tahapan penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.

Dalam alur penelitian, tahapan dari penelitian ini dibagi menjadi enam tahap kegiatan, yaitu :

1. Perumusan Masalah

Merupakan tahap awal dari penelitian untuk menentukan permasalahan apa yang akan diangkat dalam penelitian yang akan dikerjakan. Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, dijadikan arah penelitian sehingga akan sangat menentukan kemana arah pembahasan.

2. Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan teknik pengumpulan data referensi yang erat hubungannya dengan penelitian yang diteliti, seperti : buku dan jurnal. Informasi dari sumber-sumber tersebut dapat digunakan sebagai landasan teori dan konsep dari penelitian. Teori dan konsep dalam penelitian ini adalah mengenai pemantauan lereng pada tambang terbuka.

3. Pengumpulan Data

Kegiatan pengumpulan data meliputi mencari data perekaman koordinat (x,y,z) 2 patok *monitoring* lereng yaitu titik pemantauan 40 dan 36. Kegiatan pengamatan *monitoring* dijadwalkan pada pukul 09.00 WITA selama 1 bulan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder dari hasil pekerjaan departemen *surveying* PT. KMIA.

4. Pengolahan Data Pengukuran Patok Monitoring Lereng

Pengolahan data merupakan serangkaian pekerjaan studio yang mengolah data-data pengukuran dengan menggunakan *Microsoft Office Excel*, yang menghasilkan data pengamatan pergerakan lereng. Tabel

lereng dirancang menggunakan *Microsoft Office Excel*, yang mana grafik nilai skor dan grafik sebagai produknya. Tabel akan menghasilkan nilai pergeseran horisontal, pergeseran kumulatif horisontal, dan pergeseran vertikal lereng, adapun rumusan sebagai berikut :

$$Horizontal = \sqrt{\left((Northing_{(N-1)} - Northing_N)^2 + (Easting_{(N-1)} - Easting_N)^2 \right)} \quad (1)$$

$$Kumulatif H = Kumulatif_{(N-1)} + Horizontal_N \quad (2)$$

$$Vertikal = |Elevasi_{(N-1)} - Elevasi_N| \quad (3)$$

5. Analisa Data

Nilai deviasi, pergeseran, pergeseran kumulatif, sudut, arah dan pergerakan lereng di sajikan dalam bentuk tabel. Tabel analisa lereng akan di analisa dengan menggunakan klasifikasi tingkat status atau isyarat longsor pada **Tabel 1**. tentang klasifikasi tingkat status atau isyarat longsor di perusahaan.

Tabel 1. Klasifikasi tingkat status atau isyarat longsor.

Tingkat Status/ Isyarat Longsor	
Status	Tanda/Kondisi
Awas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pergerakan material yang cepat, lebih dari 30 cm/hari. 2. Terjadi longsor disertai suara gemuruh.
Siaga	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pergeseran material antara 10 - 30 cm/hari atau 50 cm/3hari. 2. Miringnya pohon-pohon, tiang dan bangunan di atas lereng. 3. Terjadinya curah hujan yang tinggi dalam waktu beberapa jam atau hujan tidak deras dalam waktu beberapa hari hingga beberapa minggu di daerah lereng. 4. Tiba-tiba muncul rembesan air pada lereng. 5. Tebing rapuh dan kerikil mulai berjatuhan. 6. Munculnya retakan lengkung memanjang pada lereng dan bangunan di atas lereng. 7. Terjadinya penggelembungan pada lereng.
Normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tidak ada pergerakan material atau pergerakan material kurang dari 10 cm/hari.

6. Penulisan Laporan

Merupakan tahap akhir, di sini akan disajikan tahapan penelitian meliputi semua aktifitas kegiatan penelitian yang mencakup semua kegiatan dimulai dari tahap perumusan masalah hingga tahap pembuatan analisa dan peta yang kemudian dirangkum menjadi sebuah laporan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Kegiatan pemantauan kestabilan lereng in dilakukan di PT. Khotai Makmur Insan Abadi PT X dengan 2 titik pemantauan (TP), dimana titik pemantauan yang terjadi pergerakan terendah dan tertinggi adalah TP_40 dan TP_36. Pemantauan in dilakukan setiap harinya. Data pemantauan TP 40 dan TP 36 dapat dilihat pada **Tabel 2.** dan **Tabel 3.**

Tabel 2. Data pemantauan kestabilan lereng harian (TP_40)

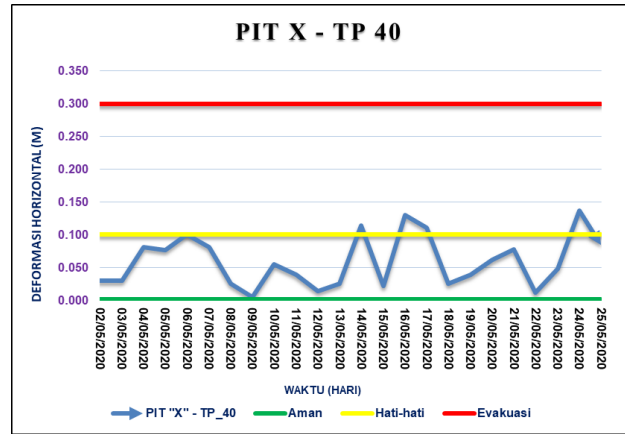
No.	Tanggal	Northing	Easting	Elevation	Pergeseran		
					Horizontal	Kumulatif H	Vertical
	Titik Awal	9974468,318	514823,428	-8,910			
1	2-May-20	9974468,330	514823,455	-8,899	0,030	0,030	0,011
2	3-May-20	9974468,318	514823,428	-8,910	0,030	0,059	0,011
3	4-May-20	9974468,357	514823,499	-8,891	0,081	0,140	0,019
4	5-May-20	9974468,319	514823,432	-8,901	0,077	0,217	0,010
5	6-May-20	9974468,268	514823,346	-8,877	0,100	0,317	0,024
6	7-May-20	9974468,310	514823,415	-8,892	0,081	0,398	0,015
7	8-May-20	9974468,322	514823,438	-8,890	0,026	0,424	0,002
8	9-May-20	9974468,324	514823,433	-8,898	0,005	0,429	0,008
9	10-May-20	9974468,295	514823,386	-8,901	0,055	0,484	0,003
10	11-May-20	9974468,318	514823,418	-8,881	0,039	0,524	0,020
11	12-May-20	9974468,308	514823,408	-8,885	0,014	0,538	0,004
12	13-May-20	9974468,296	514823,385	-8,895	0,026	0,564	0,010
13	14-May-20	9974468,351	514823,485	-8,879	0,114	0,678	0,016
14	15-May-20	9974468,332	514823,475	-8,705	0,021	0,700	0,174
15	16-May-20	9974468,278	514823,357	-8,900	0,130	0,829	0,195
16	17-May-20	9974468,334	514823,453	-8,854	0,111	0,940	0,046
17	18-May-20	9974468,346	514823,476	-8,876	0,026	0,966	0,022
18	19-May-20	9974468,307	514823,476	-8,888	0,039	1,005	0,012
19	20-May-20	9974468,313	514823,414	-8,916	0,062	1,068	0,028
20	21-May-20	9974468,276	514823,346	-8,871	0,077	1,145	0,045
21	22-May-20	9974468,279	514823,357	-8,875	0,011	1,156	0,004
22	23-May-20	9974468,305	514823,397	-8,886	0,048	1,204	0,011
23	24-May-20	9974468,372	514823,516	-8,870	0,137	1,341	0,016
24	25-May-20	9974468,332	514823,441	-8,899	0,085	1,426	0,029

Tabel 3. Data pemantauan kestabilan lereng harian (TP_36)

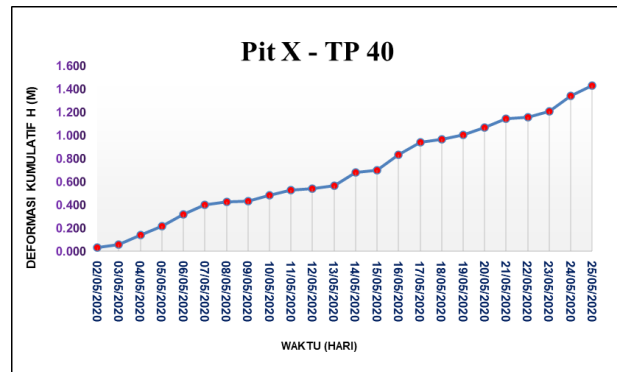
No.	Tanggal	Northing	Easting	Elevation	Pergeseran		
					Horizontal	Kumulatif H	Vertical
	Titik Awal	9973981,103	515185,488	22,832			
1	2-May-20	9973981,111	515185,487	22,839	0,008	0,008	0,007
2	3-May-20	9973981,109	515185,492	22,844	0,005	0,014	0,005

3	4-May-20	9973980,998	515185,319	22,796	0,206	0,219	0,048
4	5-May-20	9973981,068	515185,424	22,854	0,126	0,345	0,058
5	6-May-20	9973981,101	515185,473	22,859	0,059	0,404	0,005
6	7-May-20	9973981,083	515185,453	22,906	0,027	0,431	0,047
7	8-May-20	9973981,089	515185,457	22,897	0,007	0,439	0,009
8	9-May-20	9973981,037	515185,381	22,937	0,092	0,531	0,040
9	10-May-20	9973981,142	515185,541	22,883	0,191	0,722	0,054
10	11-May-20	9973981,030	515185,379	22,935	0,197	0,919	0,052
11	12-May-20	9973980,979	515185,292	22,889	0,101	1,020	0,046
12	13-May-20	9973981,097	515185,468	22,890	0,212	1,232	0,001
13	14-May-20	9973981,092	515185,463	22,849	0,007	1,239	0,041
14	15-May-20	9973980,777	515184,989	23,312	0,569	1,808	0,463
15	16-May-20	9973980,712	515184,881	23,358	0,126	1,934	0,046
16	17-May-20	9973980,984	515185,297	22,850	0,497	2,431	0,508
17	18-May-20	9973981,003	515185,324	22,771	0,033	2,464	0,079
18	19-May-20	9973981,192	515185,619	22,923	0,350	2,814	0,152
19	20-May-20	9973981,139	515185,535	22,858	0,099	2,914	0,065

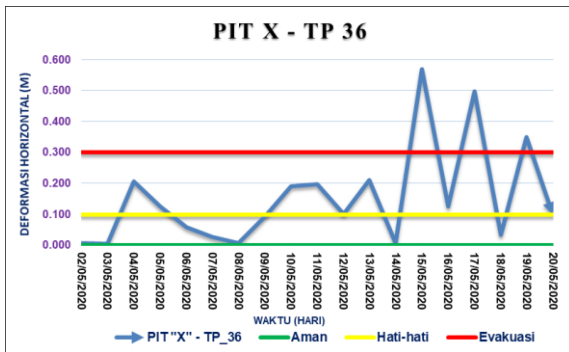
Adapun hasil grafik pergeseran dari TP_40 dan TP_36 dapat dilihat pada **Gambar 3,** **Gambar 4,** **Gambar 5** dan **Gambar 6.**



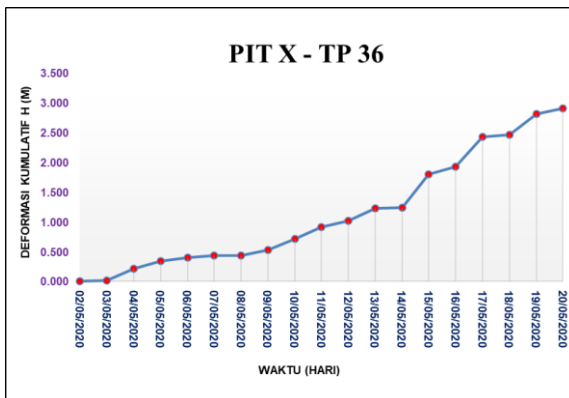
Gambar 3. Pergeseran *horizontal* harian Pit X (TP_40)



Gambar 4. Pergeseran kumulatif *horizontal* harian Pit X (TP_40)



Gambar 5. Pergeseran *horizontal* harian Pit X (TP₃₆)



Gambar 6. Pergeseran kumulatif *horizontal* harian Pit X (TP₃₆)

3.2 Pembahasan

Dari hasil pengukuran pada **Tabel 2.**, titik pemantauan (TP₄₀) menunjukkan bahwa pergeseran *horizontal* harian tidak ada perubahan yang signifikan, hanya perubahan di tanggal 14 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,114 m, tanggal 16 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,130 m, tanggal 17 Mei pada koordinat dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,111 m, dan tanggal 24 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,137 m. Menurut **Tabel 1.**, pergeseran ini melebihi dari 0,100 m, sehingga dinyatakan dengan berstatus hati - hati.

Dari hasil pengukuran pada **Tabel 3.**, titik pemantauan (TP₃₆) menunjukkan bahwa banyak terjadi pergerakan yang cukup besar pada tanggal 4 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,206 m, tanggal 5 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,126 m, tanggal 10 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,191 m, tanggal 11 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,197 m, tanggal 12 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,101 m, tanggal 13 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,212 m, dan tanggal 16 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal*

sebesar 0,212 m dimana di dalam **Tabel 1.** untuk pergeseran berada di 0,100 m - 0,300 dengan berstatus hati - hati. Kemudian terjadi pergeseran yang tinggi terjadi di tanggal 15 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,569 m, tanggal 17 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,497 m, dan 19 Mei dengan nilai pergeseran *horizontal* sebesar 0,350 m. Menurut **Tabel 1.**, pergeseran ini melebihi dari 0,300 m, sehingga dinyatakan dengan berstatus evakuasi.

Pergeseran pada lereng dapat terjadi akibat interaksi pengaruh beberapa kondisi yang meliputi kondisi morfologi, geologi, struktur geologi, hidrogeologi dan tata guna lahan. Kondisi-kondisi tersebut saling berpengaruh sehingga mengkondisikan suatu lereng menjadi rentan dan siap bergerak. Lereng yang rentan dan siap bergerak akan benar-benar bergerak apabila ada faktor pemicu gerakan. Faktor pemicu terjadinya gerakan dapat berupa getaran-getaran atau aktifitas manusia pada lereng, seperti pemotongan dan penggalian, pembebanan yang berlebihan dan curah hujan yang tinggi atau menengah dan berlangsung lama sangat berperan dalam memicu terjadinya gerakan tanah. Air hujan yang meresap ke dalam lereng dapat meningkatkan kejenuhan tanah pada lereng, sehingga tekan air untuk merenggangkan ikatan tanah meningkat pula, dan akhirnya massa tanah terangkut oleh aliran air dalam lereng. Apabila semakin banyak air yang masuk melewati retakan atau kekar tersebut, membuat tanah menjadi basah dan jenuh akan sangat rawan terhadap longsor.

Jika dilihat pada titik pemantauan (TP₄₀) faktor pemicu terjadinya pergeseran adalah berupa getaran-getaran dikarenakan lokasi prisma pengukuran berdampingan dengan jalan menuju lokasi *in-pit dump*, dan pada titik pemantauan (TP₃₆) faktor pemicu terjadinya pergeseran adalah kegiatan pemotongan, penggalian dan curah hujan yang tinggi dimana lokasi prisma pengukuran tersebut berada di area bekas area persawahan sangat rawan terhadap longsor.

Dalam kegiatan monitoring jika ditemukan pergeseran yang berstatus hati-hati, maka kegiatan *monitoring* akan di perketat dengan melakukan penambahan durasi pengukuran atau menempatkan pengawas untuk melakukan monitoring secara visual, dan jika ditemukan pergeseran berstatus evakuasi maka, semua unit yang bekerja di area tersebut harus segera menjauh dari area kerja dan dilakukan penambahan durasi pengukuran atau menempatkan pengawas untuk melakukan monitoring secara visual sampai pergeseran menjadi status aman dalam jangka waktu 3 (tiga) hari dan semua unit bisa bekerja kembali ke area tersebut.

Adapun penanggulangan jika terjadi darurat adalah tindakan korektif yang sifatnya sementara dan umumnya dilakukan sebelum penanggulangan permanen dilaksanakan. Penanggulangan darurat dapat dilaksanakan dengan tindakan-tindakan sebagai berikut:

1. Mencegah masuknya air permukaan ke dalam area longsoran dengan cara membuat saluran terbuka.
2. Mengeringkan genangan air yang berada pada bagian atas longsoran.
3. Mengalirkan genangan air dan mata air yang tertimbun maupun yang terbuka.
4. Menutup rekahan dengan tanah liat.
5. Membuat beban kontra (*counter weight*) pada kaki longsoran,
6. Pelebaran ke arah tebing.
7. Pemotongan bagian kepala longsoran.

Penanggulangan permanen memerlukan waktu untuk penyelidikan, analisis, dan perencanaan yang matang. Metode penanggulangan longsoran dibedakan menjadi 3 (tiga) kategori, yaitu:

1. Mengurangi gaya-gaya yang menimbulkan gerakan tanah dengan cara:
 - a. Mengubah geometri lereng.
 - b. Mengendalikan air permukaan.
2. Menambah gaya-gaya yang menahan gerakan tanah dengan cara:
 - a. Mengendalikan air rembesan.
 - b. Penambatan.
 - c. Beban kontra (*counter weight*).
3. Jika kedua metode di atas tidak dapat mengatasi longsoran yang terjadi maka dilakukan penanggulangan dengan tindakan lain, misalnya:
 - a. Stabilisasi.
 - b. Relokasi.
 - c. Bangunan silang.
 - d. Bangunan bahan ringan.

Menurut Supriatna, S., Sukardi, E. Rustandi (1995) dari Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, batuan yang tersingkap di Cekungan Kutai dari yang tertua sampai yang termuda adalah Formasi Pamaluan, Formasi Bebuluh, Formasi Pulau Balang, Formasi Balikpapan, Formasi Kampung Baru dan Alluvium. Adapun perincian masing-masing formasi yang termasuk dalam Cekungan Kutai adalah sebagai berikut:

1. Formasi Pamaluan (Tomp)

Formasi ini terdiri dari batu pasir kuarsa dengan sisipan batu lempung, serpih, batu gamping, dan batu lanau. Umur formasi Pamaluan adalah Oligosen Akhir – Miosen Awal dengan lingkungan pengendapan Neritik.

2. Formasi Bebuluh (Tmb)

Formasi ini terdiri dari batu gamping pasiran dan serpih, berumur Miosen Awal. Formasi ini berhubungan menjemari dengan Formasi Pamaluan dan ditindih secara selaras oleh Formasi Pulau Balang.

3. Formasi Pulau Balang (Tmpb)

Litologi terdiri dari *graywacke*, batu pasir kuarsa, batu gamping, tufa pasir dan batubara. Formasi ini di endapkan secara selaras di atas Formasi Bebuluh, sedangkan di bagian atasnya berhubungan menjemari dengan Formasi Balikpapan. Formasi Pulau balang berumur Miosen Tengah dengan lingkungan pengendapannya adalah darat hingga Neritik.

4. Formasi Balikpapan (Tmbp)

Litologinya terdiri dari batu pasir kuarsa dengan sisipan batu lempung, batu lanau, serpih, batu gamping dan batu bara. Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Kampung Baru. Formasi ini berumur Miosen Tengah, Miosen Akhir dengan lingkungan pengendapannya adalah delta.

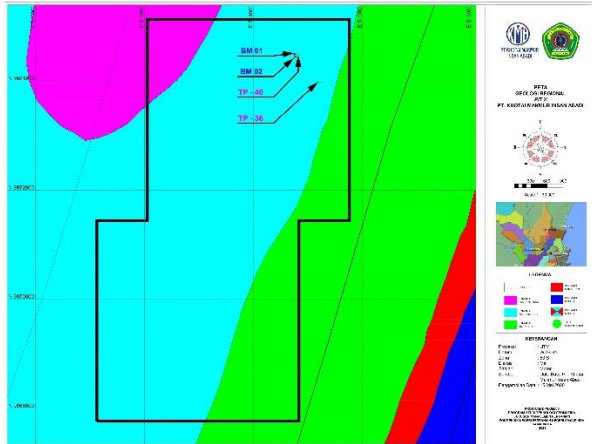
5. Formasi Kampung Baru (Tpkb)

Formasi ini terdiri atas litologi batu pasir kuarsa lepas dengan sisipan batu lempung, batu lanau, serpih dan batubara muda (*lignite*). Formasi ini berumur Miosen Akhir – Pliosen Akhir dengan lingkungan pengendapannya delta.

6. Formasi Alluvium

Merupakan batuan termuda di dalam Cekungan Kutai, terdiri dari endapan pasir, lumpur, dan kerikil yang diendapkan di lingkungan sungai, rawa, delta, dan pantai.

Cekungan Kutai terjadi karena pemekaran arah Barat Daya – Timur Laut dan terbukanya Selat Makasar pada Oligo-Miosen menyebabkan Cekungan Kutai sebagai tempat yang ideal untuk pengendapan sedimen. Cekungan Kutai terbagi menjadi 3 (tiga) berdasarkan perkembangan struktur geologinya, yaitu Cekungan Kutai Bagian Barat, Cekungan Antiklinorium Samarinda, dan Cekungan Kutai Bagian Timur. Antiklinorium Samarinda merupakan antiklin-antiklin sempit dan memanjang yang ada di Cekungan Samarinda. Antiklinorium terjadi karena adanya *shale* dan juga akibat pergerakan sesar mendatar pada batuan dasar (*basement*).



Gambar 7. Peta geologi regional PT. Khotai Makmur Insan Abadi

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini terhadap kedua titik pemantauan (TP) dapat disimpulkan pada pergeseran titik pemantauan 40 (TP_40) stabil meskipun ada beberapa tanggal yang terjadi pergeseran yang melebihi ambang batas 0,100 m dengan status hati-hati. Dan untuk pergeseran di titik pemantauan 36 (TP_36) terjadi pergeseran yang melebihi ambang batas maximum di tanggal 19, dengan hal ini harus di lakukan evakuasi terhadap aktifitas yang berada di sekitar area tersebut karena dapat menyebabkan hal-hal yang dapat merugikan perusahaan. Hasil tersebut berdampak positif terhadap personil dan peralatan yang bekerja di sekitar area titik pemantauan, dikarenakan dapat memberitahukan status pada lereng tersebut. Dan dari hasil penelitian terhadap kedua titik pemantauan (TP), hal ini dapat menjadikan referensi kedua titik pemantauan (TP) untuk pembuatan desain lereng yang lebih aman.

Saran dari hasil penelitian ini yaitu melakukan pemeriksaan area sekitar titik pemantauan sebelum dilakukannya pemasangan titik pemantauan, apakah ada faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pergeseran di area tersebut. Dalam melakukan survei *monitoring* , sebaiknya melakukan dengan alat, waktu pengamatan yang sama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih penulis ucapkan kepada PT. Khotai Makmur Insan Abadi telah membantu menyediakan data untuk dilakukannya penelitian ini serta Program Studi Teknologi Geomatika sudah mendukung terlaksananya acara.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizi, Masagus Ahmad dkk, 2012, Analisis Risiko Kestabilan Lereng Tambang Terbuka (Studi Kasus Tambang Mineral X), Prosiding Simposium Dan Seminar Geomekanika Ke 1, Hal 4.19-4.27
- Supandi, 2011, Pengamatan Kestabilan Lereng Tambang Menggunakan Slope Stability Radar (SSR). Jurnal Teknologi Technoscintia, Vol. 4 No.1, Hal 94-102
- Supriatna, S., Sukardi, E. Rustandi, 1995, Buku Lampiran Peta Geologi Lembar Samarinda. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi: Kalimantan.
- Steven, dkk, 2020, Manajemen Risiko Kegagalan Lereng Pada Tambang Emas Menggunakan Teknologi Slope Stability Radar. Prosiding TPT XXIX PERHAPI, hal 85-94.