

## PREDIKSI KETIDAKSTABILAN LERENG BERDASARKAN DATA HYDROLOGY MONITORING

Supandi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta

Masuk: 3 April 2013, revisi masuk: 4 Juni 2013, diterima: 3 Juli 2013

### Abstract

*Mining activities have a high risk which one of them is the slope stability. Nature provides information about slope instability indication in various ways and methods. Observing indication of instability based on incidents that have occurred is an important study for improvement. One thing to do is viewing the correlation between groundwater position before and after the landslide that by knowing its behavior, the preventive measures against this potential can be reduced or eliminated. Groundwater monitoring installation is commonly done because this data is contributed to the slope stability analysis. Optimizing all existing data sources for various purposes are required to achieve effectiveness and job efficiency. The study was conducted by observing the behavior of groundwater level before the landslide occurred so that it can be deduced correlation between these two things. In this study, ground water level is observed at the closest point to the location of landslide that can reflect the real correlation. Groundwater level observation data were plotted into graphs and combined with related data such as rainfall intensity. Observational data groundwater levels and precipitation associated with the landslide incident can be obtained before the ground water level behavior occur landslide. Plotting generate a form of "horse saddle". Information obtained from this data is the slip surface is formed when the inlet pushed into this field so that the ground water level has decreased. As the slip surface stopped the water will keep filling until it formed a stable and when the groundwater level increasing it is an indication of slope instability will be occur. Based on this study the groundwater level will form a saddle horse pattern before the landslide. When discovering it then it should give extra attention and conduct a risk assessment.*

*Keywords: Hydrology monitoring, slope monitoring, slip surface.*

### INTISARI

Kegiatan penambangan memiliki resiko tinggi salah satunya dalam hal kestabilan lereng. Alam telah memberikan informasi tentang indikasi ketidakstabilan lereng dengan berbagai cara dan metode. Mencermati indikasi ketidakstabilan berdasarkan kejadian yang pernah terjadi merupakan suatu pembelajaran yang penting untuk perbaikan. Salah satu hal yang dapat dilakukan adalah melihat korelasi antara kedudukan muka air tanah sebelum dan setelah kejadian longsor sehingga dengan diketahui perilaku ini maka langkah-langkah preventive terhadap potensi ini dapat dikurangi atau dihilangkan. Instalasi monitoring muka air tanah sudah umum dilakukan karena data ini sangat berperan terhadap stabilitas lereng. Mengoptimalkan semua sumber data yang ada untuk berbagai keperluan sangat diperlukan sehingga efektifitas dan efisiensi kerja dapat dicapai. Studi yang dilakukan adalah mencermati perilaku muka air tanah sebelum kejadian longsoran yang pernah terjadi sehingga dapat ditarik kesimpulan korelasi antara kedua hal ini. Muka air tanah yang dipakai dalam studi adalah muka air tanah hasil pengamatan untuk titik terdekat terhadap lokasi longsoran sehingga dapat mencerminkan korelasi yang nyata. Data pengamatan muka air tanah diplotkan kedalam grafik dan dikombinasikan dengan data terkait seperti intensitas hujan. Data-data pengamatan muka air tanah dan curah hujan yang dihubungkan dengan kejadian longsoran maka dapat diperoleh suatu perilaku muka air tanah sebelum kejadian longsoran terjadi. Dari hasil plotting diperoleh suatu bentuk "pelana kuda". Data ini menginformasikan bahwa

---

<sup>1</sup>[supandistnas@gmail.co](mailto:supandistnas@gmail.co)

saat slip surface terbentuk maka mendorong air masuk kedalam bidang ini sehingga muka air tanah mengalami penurunan. Ketika slip surface tersebut berhenti maka air akan terus mengisi sampai membentuk bidang stabil dan ketiak ada kenaikan muka air tanah setelah ini maka ada indikasi ketidakstabilan lereng akan terjadi. Berdasarkan studi ini maka muka air tanah akan membentuk pola seperti pelana kuda sebelum kejadian longsoran terjadi. Ketika menemukan hal ini maka harus memberikan perhatian extra termasuk melakukan *risk assessment*.

*Keywords: Hydrology monitoring, slope monitoring, slip surface*

## PENDAHULUAN

Lokasi penelitian dilakukan pada konsesi penambangan batubara PKP<sub>2</sub>B PT Borneo Indobara yang merupakan salah satu tambang besar di Kalimantan Selatan. Untuk mendukung kegiatan penambangan khususnya dalam bidang stabilitas lereng telah dilakukan pemasangan titik-titik pantau monitoring baik untuk monitoring stabilitas lereng maupun monitoring muka air tanah. Selain itu berdasarkan pada peraturan pemerintah juga telah dilakukan pemasangan titik ukur curah hujan untuk setiap lokasi tambang. Kejadian longsoran yang pernah terjadi menjadi bahan studi ini yang dikorelasikan terhadap data muka air tanah dan curah hujan. Dengan pembelajaran dari sumber data yang ada maka langkah-langkah perbaikan menuju *good mining practice* dapat dilakukan sehingga optimalisasi sumber daya batubara dapat dicapai.

Secara geologi lokasi telitian merupakan salah satu bagian kegiatan penambangan terbuka yang merupakan bagian dari cekungan Barito yang berada pada formasi Warukin. Daerah kajian merupakan kesamaan kondisi geologi dengan struktur cenderung tidak berkembang sehingga dengan mempunyai *rockmass* yang relatif sama (Hoek E, 2002). Material didominasi oleh pasir, lempung dan batubara yang mempunyai sifat plastis dengan kekerasan dibawah 1 Mpa. Perubahan kadar air berlangsung sangat cepat dan memberikan dampak signifikan terhadap sifat mekanik batuan. Muka air tanah cenderung dangkal dan mudah dijumpai pada setiap lokasi pengukuran sehingga hal ini yang dijadikan dasar dalam penelitian ini.

Walaupun telah dilakukan studi geoteknik dengan seksama untuk semua

lokasi penambangan namun beberapa "*Unknow Geologic Information*" yang mendorong ketidaksesuaian antara desain dan actual berupa longsoran. Dalam beberapa kasus lokasi longsoran berdekatan dengan titik pengamatan muka air tanah sehingga dapat dilakukan studi terhadap perilaku muka air tanah sebelum kejadian longsoran. Dari studi ini maka langkah preventif dan risk assessment terhadap dampak longsoran dapat diminimalisir dan dihilangkan (Félix Darve, 2012),.

Maksud dari penelitian ini adalah pembelajaran terhadap kejadian yang sudah terjadi untuk sebuah perbaikan dimasa mendatang dengan mempelajari perilaku muka air tanah sebelum kejadian longsoran. Dengan mempelajari perilaku tersebut maka dapat dibuat semua model perilaku muka air tanah sebelum longsoran terjadi. Tujuan akhir dari penelitian ini adalah mencari hubungan antara muka air tanah terhadap longsoran sehingga potensi ketidakstabilan dapat diperoleh sejak dini dan langkah preventif dapat dilakukan.

Manfaat dari penelitian memberikan kontribusi yang besar kepada masyarakat luas khususnya dalam bidang industri pertambangan sehingga dapat diterapkan dalam setiap lokasi kerja penambangan. Dengan hasil penelitian ini juga dapat mendorong untuk setiap kegiatan penambangan memanfaatkan informasi yang ada di sekitarnya sehingga usaha pertambangan di Indonesia akan semakin baik.

Proses terjadinya longsoran tidak akan lepas dari pola pembentukan slip surface. Pembentukan slip surface sangat tergantung dari tipe longsoran yang terjadi dimana setiap longsoran dikontrol oleh tipe material dan pola

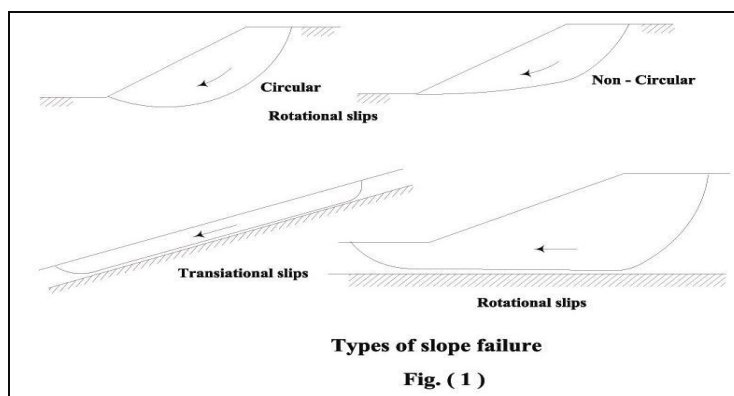
struktur. Adapun tipe longsor yang biasa dijumpai adalah longsor busur, longsor baji, longsor bidang dan longsor guling. Setiap longsor memiliki pola slip surface yang berbeda-beda sehingga mengenali tipe dari longsor dan pola slip surface menjadi hal penting dalam pembelajaran tentang stabilitas lereng (A.C Plamer, 1973). Adapun pola slip surface yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 1.

Pembentukan slip surface sangat dikontrol oleh sifat mekanik material penyusun lereng dan juga pola struktur batuan yang ada. Sifat mekanik batuan sangat ditentukan oleh sudut geser dan kohesi dari material penyusun lereng. Semakin tinggi nilai sudut geser dalam dan kohesi maka sifat material akan semakin baik. Faktor lainnya yang mempengaruhi adalah stabilitas lereng adalah geometri lereng dimana semakin besar geometri lereng maka akan semakin besar besar yang diberikan sehingga akan mengurangi stabilitas lereng. Slip surface akan terbentuk pada bidang circular pada material yang relatif homogen seperti pada timbunan dan tanah lunak. Sedangkan pola non circular terbentuk karena kontrol stratigrafi batuan atau struktur geologi

Salah satu pola slip surface yang umum dijumpai adalah pola circular dimana pola slip surface membentuk bidang circular di dalam suatu massa batuan (Gambar 2). Ketika pola slip surface terbentuk maka terjadi proses reaksi pada kohesi dan sudut geser dalam karena beberapa faktor

(Rocscience, 2002). Faktor kohesi mendorong terjadinya proses berkurangnya daya ikat material penyusun lereng dimana dengan berkurangnya daya ikat tersebut menyebabkan material dari luar mudah menerobos bidang-bidang tersebut. Material dari luar yang dapat masuk menjadi material pengisi ruang adalah air dimana air akan terus mengisi ruang-ruang kosong yang ada. Akibat tekanan formasi maka air akan menjadi pore pressure yang berdampak daya ikat butiran menurun. Daya ikat menurun karena butiran menjadi saling tidak menyangga sehingga lebih mudah bergerak. Ketika butiran sudah tidak saling menyangga satu sama lain maka membuat sudut geser berkurang sehingga mendorong degradasi sifat mekanik batuan. Ketika proses ini terjadi maka proses indikasi ketidakstabilan lereng akan terjadi.

Korelasi antara penurunan kohesi, sudut geser dalam, air dan slip surface dapat dijelaskan menjadi suatu rangkaian. Pada kondisi awal permukaan air tanah akan setabil pada level tertentu namun pada saat kohesi berkurang dan air mulai masuk kedalam suatu pori maka permukaan air akan menurun. Hal ini akan lebih intensif jika masuknya air ke dalam pori memiliki zona yang besar dalam hal ini bidang slip surface. Ketika semua ruang dalam material sudah diisi oleh air maka akan material menjadi jenuh. Ketika material sudah jenuh maka air akan kembali kembali terakumulasi dan elebasi muka air tanah kembali naik (Geo Slope, 2000)



Gambar 1. Macam-macam pola slip surface dari proses longsor

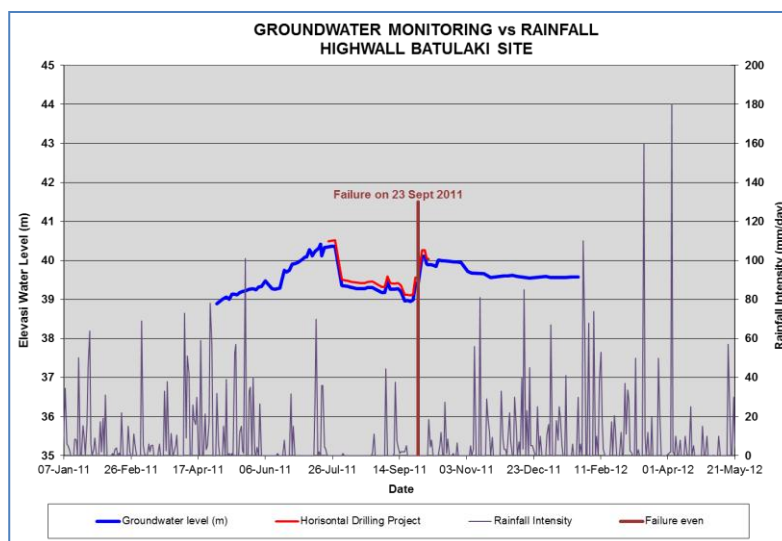


setiap lokasi tetap menggunakan peta topografi yang aktual sehingga dapat diperoleh faktor penyebab dari setiap kejadian longsor.

Peta lokasi longoran digabungkan dengan titik-titik pengamatan muka air tanah dan stasiun hujan. Titik pengamatan muka air tanah menggunakan sistem "Open Hole Piezometer". Sistem *open hole piezometer* dilakukan dengan membuat lubang ke dalam tanah dengan menggunakan mesin bor dan memasang pipa screen sepanjang lubang bor tersebut. Karena pipa yang dipasang berupa pipa screen maka air akan masuk ke dalam pipa sampai ketinggian muka air tanah yang ada sehingga muka air tanah dalam pipa diasumsikan sama dengan ketinggian muka air tanah dalam formasi. Pengukuran dilakukan dengan memasukan sensor air kedalam pipa dan ketika bersentuhan dengan air akan memberikan signal atau tanda-tanda khusus. Kedalaman muka air dalam pipa

dikoreksi terhadap tinggi sisa pipa dipermukaan yang artinya punya selisih antara elevasi permukaan dan puncak pipa screen. Dengan diketahuinya elevasi permukaan dan kedalaman muka air yang dikorekasi terhadap tinggi sisa pipa maka dapat diperoleh ketinggian muka air tanah aktual.

Muka air tanah hasil pengukuran regular diplotkan kedalam chart antara waktu pada sisi x dan besaran elevasi muka air tanah pada sisi y. Ketinggian muka air tanah sangat dipengaruhi oleh curah hujan sehingga dilakukan korelasi antara curah hujan pada area penelitian terhadap ketinggian muka air tanah pada daerah tersebut. Pada chart tersebut juga dilakukan plotting untuk kejadian longoran sehingga dapat diketahui perilaku muka air tanah sebelum kejadian longoran terjadi. Adapun hasil pengukuran muka air tanah, curah hujan dan kejadian longoran dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengukuran muka air tanah, curah hujan dan kejadian longsor.

Studi yang dilakukan pertama adalah mencari korelasi antara besaran curah hujan terhadap muka air tanah. Muka air tanah yang berada di lokasi penelitian termasuk muka air tanah dangkal dimana hal ini sesuatu dengan karakteristik endapan batubara pada *fore arc basin*. Pada *fore arc basin* ini tdnai

dengan batuan berbutir halus sampai pasir dengan kemiringan yang relatif landai dan muka air tanah yang dangkal. Berdasarkan karakteristik tersebut maka curah hujan sulit memberikan kontribusi secara langsung kedalam muka air tanah karena butiran harus cenderung mengarah ke lempung yang

mempenyai premabilitas yang rendah. Dengan material yang relatif *impermeable* ini maka air hujan cenderung membentuk laju aliran permukaan dan sebagian kecil terserap ke tanah. Dari data terlihat bahwa secara umum perilaku muka air tanah sama sekali tidak berkorelasi dengan curah hujan karena kontrol batuan yang bersifat *impermeable*.

Berdasarkan pada sifat batuan yang ada di lokasi penelitian maka perubahan muka air tanah cenderung dipicu oleh faktor lain. Salah satu faktor ini adalah pembentukan *slip surface*. Pada kondisi normal muka air tanah akan relatif stabil namun ketika ada pembentukan slip surface dimana ada ruang baru yang menambah volume maka akan menyebabkan muka air tanah akan menurun. Ketika pembentukan *slip surface* sudah berhenti maka kapasitas atau volume ruang akan tetap dan ditandai dengan muka air tanah yang relatif stabil. Ketika *slip surface* sudah stabil pada posisi terendah maka sejalan dengan waktu akan terjadi penambahan elevasi muka air tanah karena menyesuaikan dengan formasi yang ada di sekitarnya. Kecepatan penyesuaian muka air tanah ini tergantung pada tipe material yang ada dimana semakin besar ukuran butir akan semakin cepat penambahan muka air tanah. Ketika penambahan muka air tanah yang terjadi adalah peningkatan pore pressure terhadap material dimana peningkatan pore pressure ini berbanding dengan stabilitas lereng. Semakin tinggi pore pressure akan menurunkan stabilitas lereng sehingga ketika pore pressure sudah meningkat pada zona slip surface maka potensi ketidakstabilan lereng akan semakin besar karena peningkatan *pore pressure* pada zona lemah.

Berdasarkan pada penjelasan diatas maka sebelum kejadian longsor akan mengalami penurunan, rata pada titik terendah dan mengalami kenaikan. Pola ini menyerupai pelana kuda sehingga muka air tanah yang menyerupai pelana kuda merupakan tanda-tanda akan terjadi longsor. Dari berbagai data cenderung membentuk pelana kuda namun besaran kenaikan muka air tanah sebelum kejadian longsor

sangat bervariasi. Secara rata-rata kenaikan mencapai 50% dari penurunan sebelumnya sudah menunjukkan ketidakstabilan lereng. Hal ini yang perlu dilakukan penelitian lanjutan sehingga dapat diketahui secara kuantitatif dalam prosentase kenaikan pore pressure sebelum kejadian longsor.

#### KESIMPULAN

Memaksimalkan sumber data secara maksimal untuk kebutuhan yang maksimal akan mendorong kerja yang efektif dan efisien. Pada studi ini dimaksimalkan menggunakan data muka air tanah terhadap tanda-tanda potensi ketidakstabilan lereng sehingga muka air tanah inipun dapat menjadi *early warning* untuk potensi ketidakstabilan sehingga resiko terhadap kejadian ini dapat dikurangi atau dihilangkan. Pengambilan data secara regular diperlukan sehingga dapat memperlihatkan pola detail dari muka air tanah. Dari studi diperoleh kesimpulan bahwa muka air tanah cenderung memperlihatkan pola pelana kuda sebelum kejadian longsor.

#### DAFTAR PUSTAKA

- A.C Plamer and J. R. Rice. "The growth of slip surface in the progressive Failure of over-consolidated clay". Proceedings of the Royal society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences Vol 332. 1591 (Apr. 3, 1973) pp 527-548.
- Félix Darve, René de Borst, Andrew J. Whittle, Ronaldo I. Borja, 2012.. *Determination of the critical slip surface in slope stability computations*, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics.
- Hoek E, Carlos Carranza-Torres, Brent Corkum, 2002, *Hoek-Brown Failure Criterion*, Vancouver, Canada.
- Rocscience, 2002, *Critical Slip Surface Search Methods in SLIDE*, Rocscience Inc, Canada.
- Geo Slope, "Block Slip Surfaces", GEO-SLOPE International Ltd, Calgary, Alberta, Canada.