



EFEK STRUTKUR GEOLOGI PATAHAN PADA HIGH-WALL TAMBANG BATUBARA DAN EVALUASI LONGSOR BERDASARKAN KECEPATAN PERPINDAHAN DI DAERAH BENGALON KECAMATAN KUTAI TIMUR PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

STRUCTURAL GEOLOGY FAULT EFFECT ON HIGHWALL COAL MINING AND FAILURE EVALUATION BASED ON VELOCITY DATA AT BENGALON, EAST-KUTAI DISTRICT, EAST KALIMANTAN PROVINCE

Muh Arif Idhan^{1*}, Gina Audina Alhabsyi^{2*}, Muhammad Ikbal^{3*}

^{1,2} Program Studi Teknik Pertambangan Fakultas Teknik -UPRI Makassar Jl. Raya Baruga, Antang, Kec. Manggala, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90234, Indonesia.

³ PT. Perkasa Inaka Kerta, Bengalon Kalimantan Timur

Artikel masuk : 11-03-2021 , Artikel diterima : 2021-06-21

ABSTRAK

Pada sistem tambang terbuka terutama tambang batubara, Struktur geologi utamanya lipatan dan sesar/patahan akan mengurangi kestabilan lereng dimana banyak kejadian menjadi faktor utama pemicu longsor yang ada. Struktur geologi patahan di definisikan sebagai struktur geologi minor yang tidak terdefiniskan pada permodelan geologi awal yang mempengaruhi kestabilan lereng. Ketidakpastian ini ditambah dengan efek getaran dari peledakan menjadi isu kritis selama proses penambangan, dan pergerakan lereng dapat berubah dengan sangat cepat dan mengakibatkan longsor.

Kata Kunci :

highwall, SSR, patahan

Keywords:

highwall, SSR, fault

Slope Stability Radar (SSR) adalah instrumen pemantauan yang telah digunakan oleh beberapa tambang terbuka di Indonesia. Dalam analisis data SSR, perilaku berdasarkan grafik adalah kunci dari program pemantauan. Analisis yang dilakukan terdiri dari pengukuran struktur geologi pada area yang terjadi longsor dan pembacaan data percepatan (*velocity*) perpindahan pada area tersebut.

Longsor yang menjadi studi penelitian sisi high-wall terjadi selaras dengan bidang struktur geologi dengan arah N 246° E, *Dip* 48° dan *Pitch* 85° sepanjang ± 150 m dan pada elevasi RL +30 hingga RL +60. Nilai Velocity pada saat terjadi longsor adalah 13.568 mm/jam. Nilai inilah yang kemudian dapat dijadikan acuan sebagai nilai Velocity Progresif sebelum terjadinya longsor pada kondisi lereng tertentu.

Studi kasus ini diharapkan dapat membantu *engineer* dalam meningkatkan kepercayaan diri untuk menentukan karakteristik longsor berdasarkan data percepatan perpindahan material yang ada pada area yang memiliki struktur geologi dan bertujuan untuk menentukan perilaku dasar dalam program monitoring SSR dan dijadikan sebagai acuan dalam Program manajemen risiko pada lingkungan tambang.

*Penulis Koresponden: arifogeologist@gmail.com

Doi : <https://doi.org/10.36986/impj.v3i1.31>

Abstract

Open Pit mining system especially at the coal mining, the geological structure especially faults will reduce slope stability at slope mining where many events are the main factors that trigger slope failure. The geological structure fault is defined as a minor geological structure that was not defined in the initial geological modeling. This uncertainty geological structure which added with blasting activity are critical issue during the mining process in coal mining which is slope movement can change rapidly and causing a slope failure.

Slope stability Radar is a monitoring instrument that has been used in this study. In SSR data analysis, graphical behavior from velocity data is the key for monitoring program. The analysis in this study consisted of measuring the geological structure in the area where slope failure occurred and reading the velocity acceleration data from SSR instrument.

Slope failure in this study conduct on the high-wall coal mining which is in line with the geological structure plane with direction N 246° E, dip 48°, and Pitch 85° along + 150 m and at elevations RL +30 to RL 60. Velocity value at the time of slope failure was 13,568 mm/hour. This value can then be used as a reference as the "Progressive Velocity" value before the slope failure occurs at certain slope wall conditions.

The content case study is expected to help engineers in increasing confidence in determining the characteristics of slope failure based on Velocity data in areas that have a geological structure, however, this study aims to determine basic behavior in the SSR monitoring program and serve as a reference in the risk management program in the coal Mining industry.

Keywords: highwall, SSR, fault

Pendahuluan

Secara umum pada proses penambangan mineral dan batubara, Struktur geologi adalah faktor ketidakpastian yang sangat berpengaruh terhadap kestabilan lereng. Modelan geologi batubara yang mengacu pada titik pengeboran eksplorasi terkadang tidak dapat memetakan secara detail struktur geologi. Pada area yang terdapat struktur geologi, deformasi massa batuan cenderung memiliki perpindahan yang lebih cepat. Penelitian ini dilakukan berdasarkan studi kasus di area atau lokasi yang telah mengalami kejadian longsor pada di posisi *high-wall Block 6 Pit 71N* tambang batubara.

Longsor pada dinding tambang sisi *high-wall* terjadi selaras dengan bidang patahan dengan arah *strike* N 246° E, *dip* 48° dan *Pitch* 85°. panjang ± 150 m serta dari elevasi RL +30 hingga RL -10. Faktor

penyebab terjadinya longsor ini diakibatkan adanya bidang lemah berupa struktur geologi patahan. Teknologi metode pemantauan lereng tambang telah mengalami perkembangan yang signifikan. Salah satunya adalah *Slope Stability Radar* (SSR). Data pemantauan lereng dengan menggunakan instrument dianggap paling mewakili deformasi massa batuan itu sendiri (Arif I, 2016). Data *Velocity* secara *real time* dapat menunjukkan tingkat perpindahan massa batuan sehingga analisis grafik perpindahan dapat dilakukan sebagai acuan untuk kondisi tertentu. Studi kasus dari kejadian sebelumnya diharapkan dapat menjadi acuan dasar sebagai langkah antisipasi pada kondisi struktur geologi dan area penambangan yang relatif sama dengan syarat ketentuan tertentu yang akan ditentukan oleh *Engineer/Geologist* site.

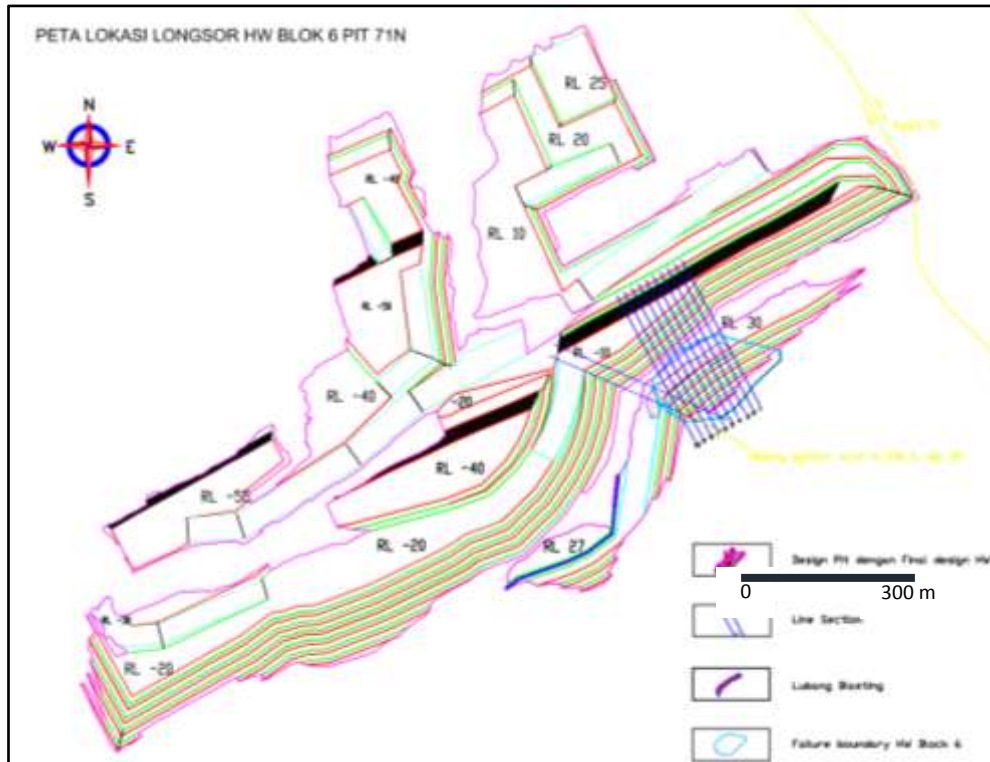
Metodologi

Tambang batubara yang mempunyai karakteristik kemiringan perlapisan diatas 30° maka semakin dalamnya galian penambangan, resiko kegagalan lereng akan meningkat termasuk di sisi *High-wall*. Pada lereng *High-wall*, karena bidang perlapisan mempunyai arah kemiringan yang berlawanan dengan lereng, maka tipe longsornya akan dipengaruhi oleh hadirnya struktur geologi selain bidang perlapisan dan tingkat pelapukan batuan (*slake*), sehingga mungkin berbentuk guling, baji, bidang maupun busur (Hoek and Bray, 1981).

Penelitian lapangan dilakukan sisi *High-Wall block 6 Pit 71N* beberapa hari setelah terjadinya longsor. Peta lokasi longsor dan penelitian lapangan *High-Wall Block 6 Pit 71N* terdapat pada Gambar 1. Untuk memperoleh data lapangan digunakan alat berupa

GPS, palu geologi, dan kompas geologi. Data yang diambil berupa data litologi, struktur geologi dengan melakukan pengukuran unsur-unsur struktur geologi, antara lain:

1. Identifikasi dan pengukuran terhadap struktur-struktur geologi (Patahan).
2. Identifikasi jenis batuan melalui pemngamatan secara fisik.
3. Setelah dilakukan penelitian di lapangan, kemudian dilanjutkan dengan evaluasi model geologi yang sudah ada untuk mengkonfirmasi apakah struktur geologi memang sudah dimodelkan.
4. Evaluasi kecepatan perpindahan berdasarkan data monitoring instrument SSR.



Gambar 1. Lokasi Longsor dan Penelitian Lapangan *High-Wall Block 6 Pit 71N*.

Evaluasi Kecepatan Perpindahan (*Velocity*)

Broadbent dan Zavodni (1982) menyimpulkan bahwa ada tiga jenis perilaku deformasi utama yaitu :

1. Perilaku regresif –ditandai dengan perlambatan deformasi menuju lereng yang stabil. Tingkat deformasi atau kecepatan lereng berkurang seiring dengan waktu dari titik awal terjadi pergerakan dimana mungkin telah terjadi peledakan, penggalian atau tekanan pori yang berlebihan.
2. Perilaku Progresif – Peningkatan deformasi

menuju ke lereng yang longsor. Tingkat deformasi atau kecepatan lereng meningkat dengan waktu

3. Perilaku Transisi - lereng yang awalnya ditandai regresif (fase perlambatan) dan kemudian karakteristiknya berubah menjadi progresif yang mengarah ke longsor. Titik yang lereng berubah dari karakteristik regresif ke progresif ini dikenal sebagai "timbulnya longsor - *onset failure*".

Hasil dan Pembahasan

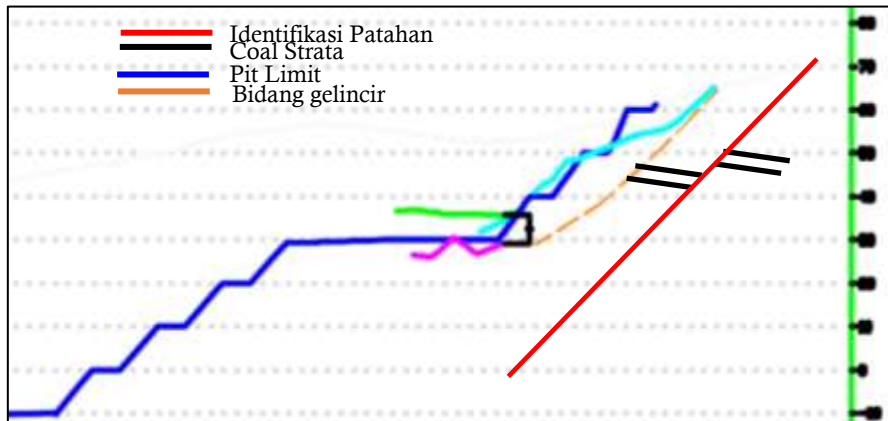
Kebanyakan struktur geologi kompleks tidak dapat didefinisikan sebelum tersingkap dari kegiatan suatu proses penambangan, karena jarak antar bor geologi yang jarang melalui daerah struktur geologi yang kompleks. Dalam kejadian longsor yang diamati, dinding yang tidak stabil terdapat sesar normal/patahan skala kecil yang tidak dapat diamati secara detail untuk digambarkan dan dimodelkan. Setelah terjadi longsor lokal, bidang patahan dapat diamati dari bidang gelincir yang ada sehingga *Dip* dan *Pitch* bidang patahan dapat diukur. Secara teori longsor yang terjadi di area *High-wall* adalah jenis *toppling* namun keberadaan patahan yang memotong bidang perlapisan maka akan dijumpai longsor jenis *slacking* dan *circular* yang akan terjadi.

Identifikasi Patahan dan Pengukuran lapangan.

Identifikasi awal pada area longsor lokal di lapangan tanggal 05 Agustus 2019 pukul 08:48 wita dijumpai hadirnya patahan *minor* pada sisi dinding *high-wall* dengan lebar 3 – 8 cm dan panjang ± 25 m yang dapat dilihat pada Gambar 2. Dari pemodelan geologi yang ada, patahan ini terbentuk pada kelurusan bidang struktur geologi yang ada. Gambar 3 menunjukkan bahwa evaluasi model patahan yang ada tidak masuk dalam permodelan geologi sebelumnya. Hadirnya patahan ini adalah sebagai suatu indikasi akan terjadinya longsor di karenakan patahan ini sejajar dengan bidang lemah batuan. Indikasi struktur patahan minor dijumpai di lapangan setelah adanya aktivitas penambangan dan longsor pada elevasi RL +30 dan di dapatkan kedudukan bidang patahan dengan *strike* N 246° E, *dip* 48° dan *Pitch* 85°.



Gambar 2. Indikasi bidang patahan pada longsor lokal (*Minor*) High-wall (Pra-Longsor)



Gambar 3. Evaluasi Model patahan yang tidak terdeteksi di model geologi

Jenis Batuan

Identifikasi jenis batuan dari material longsor didapatkan dari pengamatan secara fisik dengan pemetaan geologi permukaan skala kecil. Gambar 4 memperlihatkan *body* longsor *Highwall* dan kombinasi batuan penyusunnya dengan lebar 150meter dan tinggi 30 meter. Berdasarkan jenis batuan secara umum dari hasil pemetaan geologi dari dinding yang telah longsor terdiri dari:

- a. Batupasir (*Sandstone*) : secara umum *insitu strength low - medium*, beberapa *medium to stabil* jika pada area tersebut tidak terdapat struktur geologi.

high, ukuran butiran *fine - medium grained*, *joint planar to wavy*.

- b. Batulempung (*claystone*): secara umum *insitu strength very low - low*, beberapa area *medium strength*,
- c. *Laminated shaley siltstone* :*insitu strength very low - low*, terdapat inklusi karbon. Umumnya sebagai *floor seam* batubara.
- d. *Seam* batubara. Hitam pecahan *medium - widely*, *insitu strength low - medium*. *Claystones* dan *Sandstone* dianggap sangat

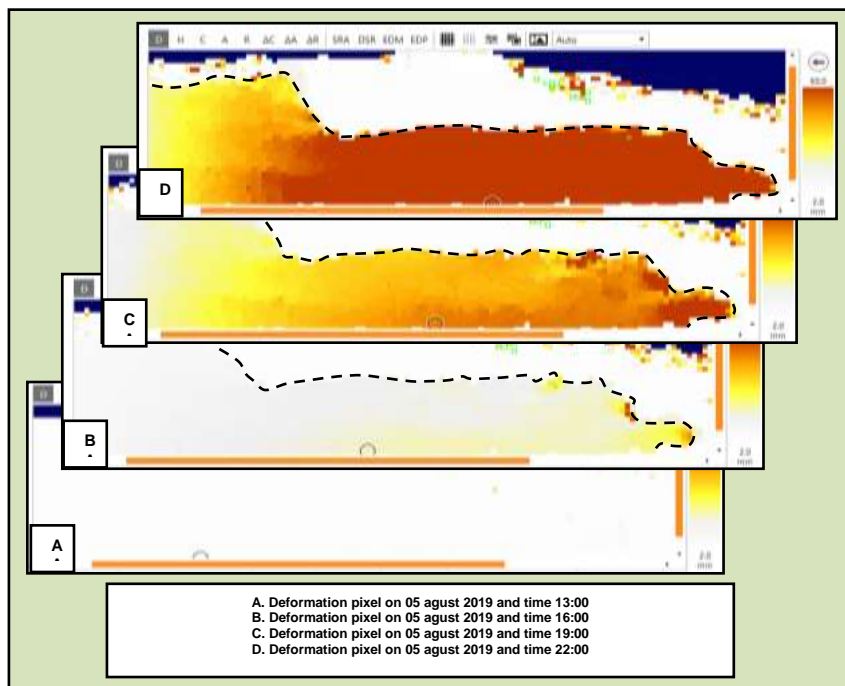


Gambar 4. body longsor High-Wall dengan kombinasi jenis batuan penyusun.

Data deformasi Slope Stability Radar.

Monitoring SSR dilakukan secara *continue*, hal yang menjadi fokus dalam tulisan ini yaitu respon *deformation* pada saat akan terjadinya longsor. Hasil *monitoring Slope Stability Radar* yang dilakukan

secara *continue* menunjukkan adanya perubahan *deformation* pada tanggal 5 Agustus 2019 yang menyebabkan terjadinya longsor seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perubahan Pixel deformasi perubahan setiap 3 jam. 5th Agustus 2019.

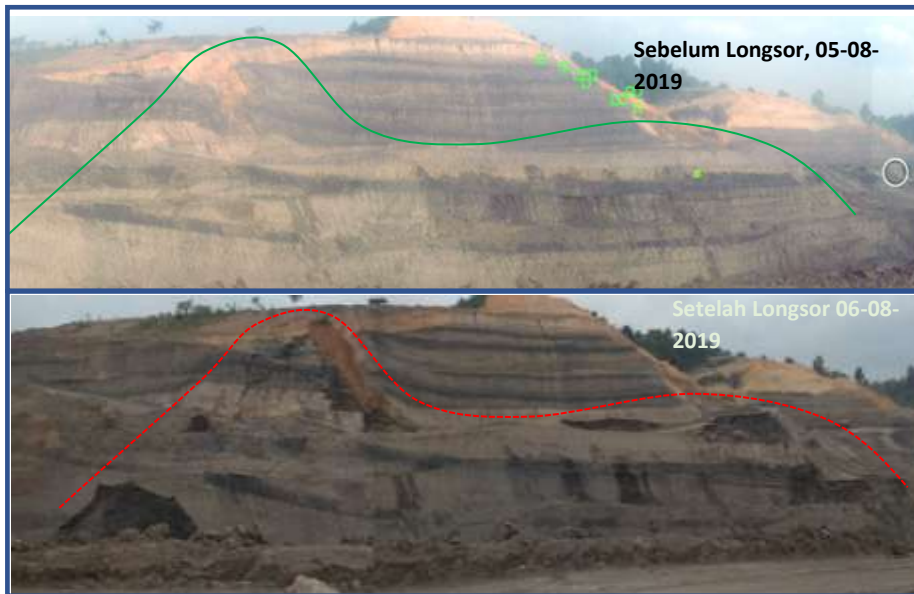
Pixel Deformasi

Hasil perubahan pixel deformation yang awalnya tidak terjadi deformation (A) dengan ditunjukkan warna putih dan mengalami *deformation*

yang ditunjukkan perubahan warna ke yang lebih signifikan yaitu *orange* (B,C,D). Perubahan rona deformation ini tentunya menghasilkan grafik yang berbeda pula, sehingga fokus perubahan nilai

grafik yang dihasilkan oleh deformation akan menunjukkan kapan saat terjadinya longsor. Gambar 6 memperlihatkan perubahan foto hasil SSR

sebelum dan setelah longsor *Highwall Block 6 Pit 71N*.

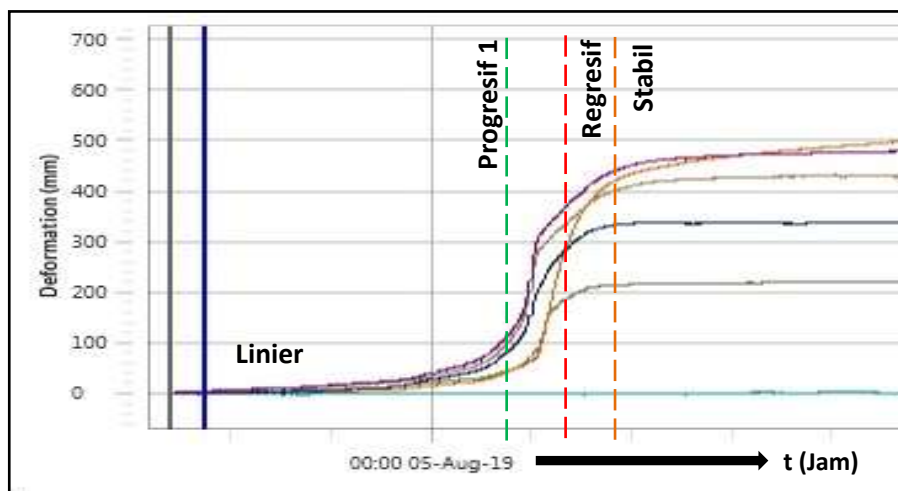


Gambar 6. Perubahan hasil foto SSR sebelum dan setelah longsor.

Grafik Deformasi

Grafik deformation yang dihasilkan berdasarkan *monitoring slope stability radar* (SSR) menunjukkan bahwa pergerakan awal terjadinya longsor tersebut terjadi pada tanggal 05 Agustus 2019 pukul 13:01 wita hingga tanggal 06 Agustus 2019 pukul 14:04 wita (Gambar 6). Nilai *deformation* yang dihasilkan minimum yaitu 70.975 mm dan

maximum yang dihasilkan 410.183 mm, peningkatan nilai *deformation* selama kurang lebih dalam waktu 25 jam yaitu 339.21 mm dan apabila dirata-ratakan berdasarkan nilai *deformation* dan lama waktu kejadian maka nilai pergerakan yang didapatkan ialah 13.568 mm/jam. Grafik perubahan deformasi data SSR dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik perubahan deformasi data SSR, *J-Curve* sebagai kurva longsor.

Perilaku longsor lereng massa batuan *High-wall* diklasifikasikan menjadi empat tahap utama, yang

terdiri dari tiga tahap sebelum longsor (Broadbent dan Zavodni, 1982, Mercer, 2006) dan satu tahap

setelah longsor (Mercer, 2006) yang ditunjukkan pada Gambar 8 :

1. Tahap sebelum longsor terdiri dari tahap perilaku perpindahan linear/ regresif (Linier)
2. Tahap perilaku perpindahan progresif dan timbulnya longsor untuk menjadi longsor (Progresif 1)
3. Tahap timbulnya longsor, mode perilaku

Kesimpulan

Penelitian efek patahan dan evaluasi kecepatan perpindahan pada sisi *High-Wall* Block 6 Pit 71N memberikan kesimpulan antara lain;

- a) Struktur geologi patahan sebagai faktor utama penyebab terjadinya longsor, di karenakan bidang ini mampu dilewati air permukaan (hujan) serta kemungkinan besar adanya pemicu efek getaran dari aktivitas *blasting*.
- b) Bidang longsor pada sisi *high-wall* sejajar dengan bidang struktur patahan dengan arah N 246° E, *dip* 48°, dan *Pitch* 85° dengan geometri panjang ± 150 m dan dan tinggi 30meter pada elevasi RL +30 hingga RL -10.

REFERENSI

- Arif I, **2016**, "Geoteknik Tambang, Mewujudkan Tambang yang Berkelanjutan dengan Menjaga Kestabilan lereng", Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Dwinagara, B., dan Idham, M.A., 2017. Analisis Karakteristik dan Ambang Batas Alarm *Velocity* Dan *Inverse-Velocity* Jenis Batuan Dan Struktur Geologi Data *Slope Stability Radar*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi IV Universitas Mulawarman.
- Broadbent C.D. and Zavodni, Z.M., **1982**. Influence of Rock Structures on Stability, in Stability in

longsor (Progresif 2)

4. Tahap setelah longsor Tahap ini merupakan tahap tipe 2 setelah longsor saat material mengalami pemulihan sebagian dan perlambatan bertahap untuk merayap (regresif). (*last step*).
- c) *Monitoring slope stability radar* menunjukkan bahwa longsor terjadi pada tanggal 05 Agustus 2019 pukul 13:01 wita hingga tanggal 06 Agustus 2019 pukul 14:04 wita. Longsor ini ditunjukkan oleh perubahan nilai *Velocity*, pada grafik menunjukkan peningkatan nilai *Velocity* yang terjadi dari nilai 70.975 mm/jam menjadi 410.183/jam mm. Nilai *Velocity* ini terjadi dalam jangka waktu 25 jam dengan rata-rata percepatan perpindahan 13.568 mm/jam. Nilai inilah yang kemudian dapat dijadikan acuan sebagai nilai *Velocity* Progresif sebelum terjadinya longsor pada kondisi lereng tertentu.
 - d) Perilaku longsor dimulai pada tahap perpindahan Linier, Progresif (1 dan 2), dan regresif kemudian kembali stabil tanpa adanya pengulangan (*rebound*) menuju ke progresif selanjutnya.

Surface Mining, *Society of Mining Engineers, Denver, Co. Vol. 3, Ch.2.*

- Hoek, E., and Bray, J.W., **1981**. "Rock Slope Engineering", *Institution of Mining and Metallurgy*, London.
- Mercer, K. G., **2006**. Investigation into the Time Dependent Deformation Behaviour and Failure Mechanisms of Unsupported Rock Slopes Based on the Interpretation of Observed Deformation Behaviour, *Unpublished PhD Thesis*, University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa.

