

**Evaluasi *Trigger Action Response Plan* (TARP)
Pergerakan Lereng Disposal Menggunakan
Alat *Slope Stability Radar* (SSR) Pada Disposal
PT. Bara Tabang, Kabupaten Kutai Kartanegara
Provinsi Kalimantan Timur
(*Evaluation Of Trigger Action Response Plan (TARP) For Slope
Movement In Disposal Using Slope Stability Radar (SSR) At
PT. Bara Tabang Disposal, Kutai Kartanegara Regency,
East Kalimantan Province*)**

Irianta Ibo Sembiring¹, Tommy Trides², Windhu Nugroho³, Revia Oktaviani⁴,
Albertus Juvensius Pontus⁵

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman^{1,2,3,4,5}

Email: ianyan436@gmail.com, tommy.trides@ftunmul.ac.id

Abstrak

PT Bara Tabang merupakan salah satu perusahaan tambang batubara yang menggunakan alat *Slope stability radar* (SSR) sebagai alat *monitoring* lereng. SSR merupakan salah satu alat pemantauan lereng yang memiliki kelebihan dalam memantau keadaan lereng secara *real time*. SSR dapat menjadi alat yang sangat berguna dalam pengembangan dan penerapan *Trigger Action Response Plan* (TARP) untuk manajemen risiko. TARP merupakan sistem respon terstruktur yang mengatur langkah-langkah yang perlu diambil berdasarkan pemicu tertentu (*trigger*) yang terdeteksi di lapangan, guna mencegah kecelakaan dan kerugian. Penerapan SSR dalam menentukan TARP fokus pada identifikasi pemicu yang terkait dengan pergerakan lereng yang berbahaya. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai ambang batas pada *alarm* dengan menggunakan metode *Upper Control Limit* (UCL) dan merekomendasikan nilai *Trigger Action Response Plan* (TARP). Hasil penelitian didapatkan nilai ambang batas pada VCP 1440, nilai rekomendasi *alarm* ialah 5.71 mm/jam dengan *critical value* sebesar 15.871 mm/jam dan berdasarkan nilai VCP 1440, tindakan yang diperlukan dapat disesuaikan terhadap status kestabilan lereng *Disposal Pit* Bara Tabang yang dikategorikan menjadi empat yaitu kondisi hijau – aman (< -1.48 mm/jam), kondisi kuning – awas ($-1.48 - 4.28$ mm/jam), kondisi oranye – kritis ($4.28 - 5.71$ mm/jam), dan kondisi merah – longsor (> 15.871 mm/jam).

Kata Kunci: *Slope Stability Radar* (SSR), *Trigger Action Respon Plan* (TARP), *Upper Control Limit* (UCL).

Abstract

PT Bara Tabang is one of the coal mining companies that utilizes the *Slope Stability Radar* (SSR) as a slope monitoring tool. SSR is a slope monitoring device that has the advantage of monitoring slope conditions in real time. SSR can be a very useful tool in the development and implementation of the *Trigger Action Response Plan* (TARP) for risk management. TARP is a structured response system that dictates the steps to be taken based on certain triggers detected in the field to prevent accidents and losses. The application of SSR in determining TARP focuses on identifying triggers related to dangerous slope movements. Therefore, this study aims to determine the threshold value for alarms using the *Upper Control Limit* (UCL) method and to recommend values for the *Trigger Action Response Plan* (TARP). The study's results show that the threshold value for VCP 1440 is 5.71 mm/hour, with a critical value of 15.871 mm/hour. Based on the VCP 1440 value, the necessary actions can be adjusted according to the stability status of the Bara Tabang Disposal Pit slope, which is categorized into four conditions: green – safe (< -1.48 mm/hour), yellow – caution (-1.48 to 4.28 mm/hour), orange – critical (4.28 to 5.71 mm/hour), and red – landslide (> 15.871 mm/hour).

Keywords: *Slope Stability Radar* (SSR), *Trigger Action Respon Plan* (TARP), *Upper Control Limit* (UCL).

PENDAHULUAN

PT. Bara Tabang merupakan salah satu perusahaan tambang batubara dengan menggunakan metode tambang terbuka (*open pit*). Dalam operasi penambangan, batuan hasil pengupasan (*overburden*) yang tidak bernilai ekonomis akan dibuang pada area yang disebut *disposal*. *Disposal* yang menjadi fokus penelitian ini adalah *In Pit Dump* (IPD). IPD pada *Pit* Bara Tabang ini memiliki potensi keruntuhan lereng yang sangat tinggi mengingat karakteristik geologis dan morfologi wilayah tersebut, dimana lereng sering kali mengalami pergerakan akibat faktor alam dan aktivitas penambangan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk meminimalkan risiko tersebut adalah dengan penerapan *Trigger Action Response Plan* (TARP), yang bertujuan untuk memantau dan mengendalikan pergerakan lereng secara dini serta memberikan langkah-langkah mitigasi apabila terjadi pergerakan yang signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi terhadap penerapan TARP dalam mengelola pergerakan lereng pada *disposal* PT Bara Tabang dengan menggunakan teknologi SSR.

METODOLOGI

Pada penelitian ini metode yang penulis gunakan adalah metode kuantitatif, yaitu analisis teknis berdasarkan data lapangan dan perhitungan teoritis. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan data yang terukur dan analisis yang objektif.

Metode Pengumpulan Data

Metode penelitian dilakukan dengan pengumpulan data primer yang didapat langsung dari lapangan. Data primer berupa data *monitoring Slope Stability Radar* (SSR). Pada penelitian ini menggunakan alat *Slope Stability Radar XT* dan dilakukan pemantauan selama 30 hari untuk mengetahui pergerakan lereng *Disposal*.

Metode Analisis Data

Tahapan pengolahan data dan analisis data berdasarkan data *monitoring Slope Stability Radar* (SSR) dapat digunakan untuk menentukan nilai ambang batas. Nilai ambang batas ditentukan menggunakan data *inverse velocity* masing-masing pembacaan (VCP 60, VCP 720, VCP 1440). Dari data kecepatan tersebut diolah menggunakan bantuan *software Microsoft Excel* dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Langkah pertama, data *inverse velocity* masing-masing pembacaan (VCP 60, VCP 720, VCP 1440) digunakan untuk menghitung nilai rata-rata (M), *marginal ratio* $\bar{M}r$, dan standar deviasi (SD).
2. Langkah kedua, menghitung nilai *Upper Control Limit*
3. Langkah ketiga, menghitung nilai *Lower Control Limit*
4. Langkah keempat, menghitung nilai *Critical Value*
5. Langkah kelima, setelah mendapatkan nilai UCL, LCL, dan *Critical Value* kemudian nilai tersebut digunakan untuk merekomendasikan tabel klasifikasi *Trigger Action Response Plan* (TARP).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan nilai ambang batas digunakan untuk keperluan antisipasi atau tindakan yang harus dilakukan sebelum terjadi longsor pada lereng. Apabila kecepatan pergerakan lereng telah melebihi nilai ambang batas yang ditentukan, maka diperlukan pemantauan atau tindakan khusus pada area yang berpotensi terdampak agar meminimalisir timbulnya hal yang tidak diinginkan atau kecelakaan. Nilai ambang atas kecepatan pergerakan lereng bisa didapatkan dari hasil pembacaan *radar* SSR, yaitu berupa *velocity* pada SSR untuk menentukan kecepatan pergerakan lereng di waktu itu dalam satuan mm/jam yang disebut dengan VCP atau *velocity calculation periods*. Pembacaan VCP yang digunakan ialah VCP 60, VCP 720, VCP 1440. Penentuan nilai ambang batas ini digunakan saat keadaan lereng bersih atau tanpa gangguan apapun (contohnya aktivitas alat maupun aktivitas lainnya).

Pada penelitian ini, nilai penentuan LCL, UCL dan *Critical Value* dihitung berdasarkan rata-rata nilai kecepatan pergerakan lereng bersih (tanpa gangguan alat) dari bulan Oktober hingga November 2024 dari hasil pembacaan *radar* SSR.

Tabel 1. Nilai LCL, UCL dan *Critical Value*

VCP (mm/jam)	M (mm/jam)	Mr (mm/jam)	LCL (mm/jam)	UCL (mm/jam)	<i>Critical Value</i> (mm/jam)
60	0.687	0.424	-0.445	1.82	5.139

720	1.648	1.232	-1.642	4.94	11.633
1440	2.115	1.35	-1.48	5.71	15.871

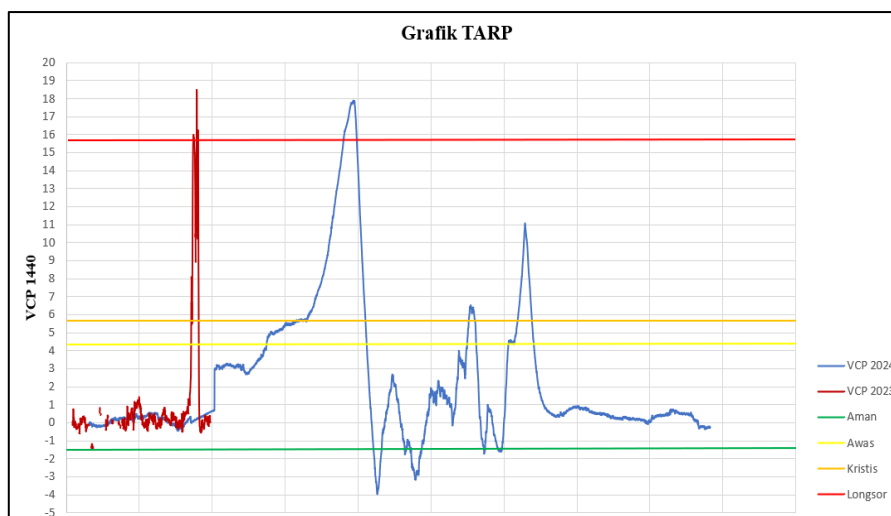
Pada tabel 1 menunjukkan terdapat perbedaan nilai rata-rata, *marginal ratio*, LCL, UCL dan *critical value* dari masing-masing pembacaan VCP. Pembacaan VCP 60, didapatkan nilai rata-rata sebesar 0.678 mm/jam, *marginal ratio* sebesar 0.424 mm/jam, LCL sebesar -0.445 mm/jam yang artinya mengindikasikan lereng dalam kondisi aman, UCL sebesar 1.82 mm/jam yang artinya lereng dalam kondisi bahaya (awas), dan *critical value* sebesar 5.139 yang artinya berpotensi bahwa lereng akan terjadi longsoran. Pembacaan VCP 720, didapatkan nilai rata-rata sebesar 1.648 mm/jam, *marginal ratio* sebesar 1.232 mm/jam, LCL sebesar -1.642 mm/jam yang artinya mengindikasikan lereng dalam kondisi aman, UCL sebesar 4.94 mm/jam yang artinya lereng dalam kondisi bahaya (awas), dan *critical value* sebesar 11.633 yang artinya berpotensi bahwa lereng akan terjadi longsoran. Pembacaan VCP 1440, didapatkan nilai rata-rata sebesar 2.115 mm/jam, *marginal ratio* sebesar 1.35 mm/jam, LCL sebesar -1.48 mm/jam yang artinya mengindikasikan lereng dalam kondisi aman, UCL sebesar 5.71 mm/jam yang artinya lereng dalam kondisi bahaya (awas), dan *critical value* sebesar 15.871 yang artinya berpotensi bahwa lereng akan terjadi longsoran.

Nilai *Trigger Action Response Plan* (TARP) PT Bara Tabang terbagi menjadi lima kriteria kestabilan lereng yaitu: aman, kondisi hijau (awas), kondisi kuning (kritis), kondisi oranye (longsor), dan kondisi merah (longsor besar) dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. *Trigger Action Response Plan* (TARP) PT Bara Tabang

TARP TRIGGER	Kategori	Velocity (mm/jam)	Deskripsi
	Aman	$v < 0.83$	<i>Continue Activity</i>
Level 1	Awas	$v > 0.83$	<i>Warning Dump Active</i>
Level 2	Kritis	$v > 3.3$	<i>Stop Dumping & All work Below</i>
Level 3	Longsor	$v > 6.6$	<i>Failing Dump, Large Cracking</i>
Level 4	Longsor Besar	$v > 13.33$	<i>Multi-level large Dump Failure</i>

Level 1 = < 0.83 mm/jam, sebagai tanda lereng yang dimonitoring memiliki pergerakan massa batuan level 1, tergolong masih dalam kondisi (awas), peringatan aktivitas *dumping*. Triger 2 = > 3.3 mm/jam sebagai tanda lereng yang dimonitoring memiliki pergerakan massa batuan level 2 (waspada), hentikan aktivitas *dumping* dan semua pekerjaan bawah lereng. Level 3 = > 6.6 mm/jam sebagai tanda lereng yang dimonitoring memiliki pergerakan massa batuan level 3 (evakuasi), kondisi ini terbilang sudah tidak aman untuk melanjutkan proses penambangan atau produksi, lereng mengalami retakan. Level 4 = > 13.33 mm/jam sebagai tanda lereng yang dimonitoring memiliki pergerakan massa batuan tersebut sudah mengalami longsor.



Gambar 1. Grafik Rekomendasi TARP

Sedangkan, penilaian rekomendasi menurut perhitungan LCL, UCL dan *Critical Value* dapat menjadi salah satu poin dalam penyusunan *Trigger Action Response Plan* (TARP). Pada gambar 1 menampilkan rekomendasi TARP yang didapatkan dari hasil perhitungan LCL, UCL dan *Critical Value* terbagi menjadi

empat kriteria kestabilan lereng yaitu: kondisi hijau (aman), kondisi kuning (monitor), kondisi oranye (waspada), dan kondisi merah (evakuasi).

Tabel 3. Rekomendasi *Trigger Action Response Plan* (TARP)

	Kondisi Hijau TARP Trigger 1 (Aman)	Kondisi Kuning TARP Trigger 2 (Awas)	Kondisi Oranye TARP Trigger 3 (Kritis)	Kondisi Merah TARP Trigger 4 (Longsor)
Status	Kondisi Aman Untuk Bekerja	Kondisi aman untuk bekerja dengan pengawasan	Kondisi waspada untuk bekerja dengan pengawasan intensif	Kondisi bahaya untuk bekerja dan segera lakukan evakuasi
Velocity (mm/jam)	< -1.48	-1.48 – 4.28	4.28 - 5.71	>15.871

Triger 1 = < -1.48mm/jam, sebagai tanda lereng yang dimonitoring memiliki pergerakan massa batuan level 1, tergolong masih dalam kondisi (aman), yang artinya proses penambangan masih bisa berja langsung dan belum mengganggu produksi. *Triger 2* = -1.48 – 4.28 mm/jam sebagai tanda lereng yang dimonitoring memiliki pergerakan massa batuan level 2 (waspada), kondisi ini terbilang masih aman, untuk melanjutkan proses penambangan belum mengganggu produksi. *Triger 3* = 4.28 -15.871 mm/jam sebagai tanda lereng yang dimonitoring memiliki pergerakan massa batuan level 3 (evakuasi), kondisi ini terbilang sudah tidak aman untuk melanjutkan proses penambangan atau produksi, pada level ini karyawan dan alat sudah harus di evakuasi ke tempat yang lebih aman. *Triger 4* = > 15.871 mm/jam sebagai tanda lereng yang dimonitoring memiliki pergerakan massa batuan tersebut sudah mengalami longsor.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, rekomendasi nilai ambang batas pada VCP 1440, nilai rekomendasi *alarm* ialah 5.71 mm/jam dengan *critical value* sebesar 15.871 mm/jam. Berdasarkan nilai VCP 1440, tindakan yang diperlukan dapat disesuaikan terhadap status kestabilan lereng *Disposal Pit* Bara Tabang yang dikategorikan menjadi empat yaitu Kondisi Hijau – Aman (< -1.48 mm/jam), Kondisi Kuning – Awas (-1.48 – 4.28 mm/jam), Kondisi Oranye – Kritis (4.28 -5.71) mm/jam, dan Kondisi Merah – Longsor (>15.871 mm/jam).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Bara Tabang, terutama kepada seluruh staff *Section Geotech* yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian. Serta kepada seluruh dosen Program Studi S1 Teknik Pertambangan yang banyak membimbing dalam pembuatan jurnal ini, untuk orang tua, saudara serta semua teman-teman yang selalu mendukung dalam semua keadaan.

DAFTAR PUSTAKA

- A., Bagas S., Suprayogi, A., dan Sabri, L. M., 2020, Survei Deformasi Dengan Metode GNSS Tahun 2019 Di Sekitar Jembatan Penggaron, Jurnal Geodesu Undip, Vol.9, Nomor 2, 177.
- Andara, G., Dharu, A., dan Nasrullah, A., 2020, Analisis Kinerja Light Detecting And Ranging (LiDAR) Untuk Deteksi Objek Menggunakan Metode Jarak Euclidean. Proceeding Of Engineering, 8864-8871.
- Arif, I., 2021, Geoteknik Tambang. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Atmawinata, S., N. Ratman dan Baharuddin, 1995, Peta Geologi Lembar Muara Ancalong, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Bakken, K., Chapin, G., & Abrahams, G., 2020, *Trigger action response plan development and optimisation at the Bingham Canyon Mine*, 177–190.
- Cahyo, F. A., Farizka, A., Amiruddin, dan A., Musa, R. H., 2018, Practical Method od Predicting Slope Failure Based on Velocity Value (SLO Method) From Slope Stability Radar, Jurnal Prosiding XXVII dan Kongres X Perhapi 2018.
- Dwinagara, B., dan Arif, I, 2017, Analisis Karakteristik dan Ambang Batas Alarm Velocity dan Invers-Velocity Jenis Batuan dan Struktur Geologi Data Slope Stability Radar. Seminar Nasional Teknologi IV (pp. 20-26), Samarinda: Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.
- Fukuzono, T., 1985, A new Method to Predict the Time of Slope Failure Caused by Rainfall Using the Inverse Number of Velocity of Surface Displacement. Journal of Japan Landslide Society, 8-13.

- GroundProbe*, 2021, *Slope Stability Radar Alarm Threshold Validation at Telfer Gold Mine*, Australian Centre for Geomechanics, Perth.
- Gultom, J., Sannang, M.A., Musa, R.H., 2014, Prediksi Waktu Longsoran di Lereng Highwall Tambang Batubara Terbuka dengan Metode Inverse Velocity, Prosiding TPT Perhapi.
- Hasibuan, S., & Bambang, H., 2020, Analisis Balik Kestabilan Lereng Bekas Disposal Area Dengan Menggunakan Metode Bishop Di Tambang PT Nusa Alam Lestari Di Desa Salak, Kecamatan Talawi, Kota Sawahlunto, Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Bina Tambang*, 46-56.
- Kliche, C.A., 1999, *Rock Slope Stability*, Littleton: *Society for mining, metallurgy, and exploration*.
- Kumar, A., dan Ritika, R., 2017, *Monitoring and Evaluating of Slope Stability for Setting Out of Critical Limit at Slope Stability Radar. International Journal of Geo-Engineering*, 1-16.
- Sulistio, D., Wijaya, A.E., Supandi, 2022, Analisis Monitoring Pergerakan lereng Timbunan Quarry Batugamping di PT Cicatih Putra Sukabumi, Vol. 03, No. 01, pp 21-32.
- Yudono, A. S., Utomo, D. P., Hakim, L., Putra, I., Dewantara, D., dan Haryanta, T, 2021, *Back Analysis of Vector Loss Effect To Determine Threshold Using Slope Stability Radar Data Case Study Of Failure In Open Pit Coal Mine*, Prosiding TPT Xxx dan Kongres Xi Perhapi