

ANALISIS PENYANGGA ARCIS PADA LUBANG SAWAH LUWUNG PT BUKIT ASAM TBK UNIT PERTAMBANGAN OMBILIN

Analysis of the Arcis Barrier Pillar at the Sawah Luwung Opening, PT Bukit Asam Tbk, Ombilin Mining Unit

Afrilia Duwi Wijaya^{*1}, Reni Arisanti², Ahmad Husni³

Universitas Prabumulih^{1,2,3}

*afriliaduwi@gmail.com

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk menilai kondisi teknis asli penyangga arcis dan bagaimana kualitas material kayu berdampak pada umur pakai penyangga di lubang perawatan tambang J38 di Sawahluwung, Unit Pertambangan Ombilin PT Bukit Asam Tbk. Metode pengamatan lapangan dan pengukuran deformasi spasial dilakukan terhadap 19 unit arcis baja SS400. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi lubang berkurang, dengan konvergensi atap menurunkan tinggi dari 2,80 meter menjadi 2,70 meter dan penyempitan dinding dari 4,40 meter menjadi 4,29 meter. Pemasangan kayu pengganjal yang tidak sempurna menyebabkan rongga, yang menyebabkan beban merata pada struktur baja, yang mengurangi efektivitas penyangga ini. Selain itu, degradasi biologis akibat serangan jamur dan rayap pada kayu Meranti Kelas Kuat II dipercepat oleh tingginya tingkat kelembapan udara (RH 89,0%), yang mengurangi umur pakai kayu dari dua tahun menjadi hanya satu hingga dua bulan. Untuk mencegah kegagalan struktur penyangga secara keseluruhan, metode pengisian rongga yang rapat dan perawatan pengawetan kayu sangat penting karena, karena material kayu berfungsi sebagai peredam energi, beban batuan bertumpu langsung pada baja arcis.

Kata kunci: Penyangga Arcis, Tambang Bawah Tanah, Konvergensi, *Point Loading*, Kayu Meranti.

Abstract

This study aims to assess the actual technical condition of arch supports and the impact of timber quality on their service life within the J38 mine maintenance gallery at Sawahluwung, part of PT Bukit Asam Tbk's Ombilin Mining Unit. Field observations and spatial deformation measurements were conducted on 19 units of SS400 steel arch supports. The results indicate a reduction in gallery dimensions, with roof convergence decreasing the height from 2.80 meters to 2.70 meters and wall narrowing reducing the width from 4.40 meters to 4.29 meters. Improper installation of timber packing created voids, leading to uneven loading on the steel structure and compromising the support's effectiveness. Furthermore, biological degradation – specifically fungal and termite attacks on the Class II strength Meranti timber – was accelerated by high humidity (89.0% RH), reducing the timber's service life from two years to merely one or two months. To prevent total structural failure, methods ensuring tight void filling and effective timber preservation are crucial; without them, the timber fails to function as an energy absorber, causing rock loads to bear directly upon the steel arches.

Keywords: Arch Support, Underground Mine, Convergence, *Point Loading*, Meranti Wood.



© 2026 Afrilia Duwi Wijaya. Published by Yayasan Pendidikan Literasi Borneo (Nomor AHU-0031523.AH.01.04.Tahun 2025). This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

PENDAHULUAN

Unit Pertambangan Ombilin (UPO), milik PT Bukit Asam Tbk, adalah salah satu pertambangan batubara tertua di Asia Tenggara, dan memiliki nilai strategis dan historis yang signifikan. Fokus operasi lubang tambangnya, termasuk Lubang Sawahluwung, telah berubah menjadi fasilitas pendidikan dan warisan industri sejak ditetapkan sebagai Situs Warisan Dunia UNESCO pada tahun 2019. Meskipun Produksi komersial telah berkurang, struktur lubang bukaan tetap harus dipelihara secara intensif untuk menjamin keamanan operasional dan keselamatan pengunjung dan karyawan lapangan (UNESCO, 2019).

Untuk Lubang Sawahluwung, terutama di lokasi perawatan J38, sistem penyangga arcis digunakan. Sistem ini menggabungkan kekuatan struktural baja SS400 dengan fleksibilitas kayu Meranti Kelas II sebagai

pengganjal. Sistem komposit ini secara teoretis dimaksudkan untuk mendistribusikan beban batuan secara merata ke seluruh struktur busur baja melalui perantara kayu yang menyerap energi. Namun, situasi nyata di lapangan menunjukkan masalah teknis berupa ketidaksempurnaan pemasangan, yang meninggalkan rongga atau lubang di antara busur baja dan permukaan dinding batuan. Adanya rongga menyebabkan fenomena point loading, di mana beban batuan terkonsentrasi pada titik tertentu. Ini menyebabkan distribusi beban yang tidak merata pada struktur baja. Di wilayah J.38, di mana tingkat kelembapan udara relatif (RH) sangat tinggi, kondisi diperparah oleh faktor-faktor lingkungan. Kondisi yang sangat lembap ini mempercepat proses pelapukan biologis oleh jamur dan rayap pada kayu meranti, menurunkan umur pakai kayu dari sekitar dua tahun menjadi hanya satu hingga dua bulan. Kegagalan kayu menyebabkan beban batuan menumpu pada baja arcis.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Data tidak hanya diperoleh melalui pengamatan dan observasi langsung di lapangan, tetapi juga dari data sekunder yang berasal dari perusahaan. Selanjutnya, data dikumpulkan, ditabulasi, dan diproses menggunakan microsoft excel, yang bergantung pada rumus teknis pertambangan. Selanjutnya, kinerja alat dan tingkat pencapaian target produksi perusahaan diukur dengan menganalisis waktu kerja efektif, hambatan operasi, ketersediaan, penggunaan, dan kapasitas produksi aktual pabrik peleburan. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Mereka kemudian digunakan untuk mencapai kesimpulan dan memberikan rekomendasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kondisi Aktual Penyangga Arcis Pada Lubang Sawahluwung

Saat ini, sistem penyangga di lubang sawahluwung di lokasi J38, Unit Pertambangan Bukit Asam Ombilin di PT, dibangun secara permanen dan terdiri dari 19 set arcis baja. Geometri penyangga setengah lingkaran dimaksudkan untuk mendistribusikan beban tekan batuan secara merata ke seluruh struktur. Untuk meningkatkan stabilitas, setiap unit arcis dipasang dengan jarak antar 1,2 meter, yang merupakan jarak standar untuk melindungi area perawatan dari kerusakan atau runtuhnya batuan atap.

Luas Penampang

Data fluktuasi dimensi yang dikumpulkan dari 19 titik di lokasi J38 menunjukkan profil konvergensi terowongan. Tabel A.1 perhitungan luas penampang tinggi dan lebar aktual menyajikan ringkasan menyeluruh dari hasil perhitungan luas penampang dari titik 1 hingga titik 19.

Rumus untuk mendapat selisih dari perbandingan pengukuran awal arcis pada tahun 1985 hingga pengukuran akhir pada tahun 2026:

Tabel I. Perhitungan Selisih Standar Desain Dengan Kondisi Aktual Lokasi J.38 (*Overbreak Dan Underbreak*).

Titik/ No	Parameter	Standar Desain (m)	Kondisi Aktual (m)	Selisih (m)	Keterangan
--------------	-----------	--------------------------	--------------------------	-------------	------------

1-2	Tinggi	2,80	2,90	+0,10	<i>Overbreak</i>
	Lebar	4,40	4,30	-0,10	<i>Underbreak</i>
3	Tinggi	2,80	2,80	0,00	Sesuai
	Lebar	4,40	4,30	-0,10	<i>Underbreak</i>
4	Tinggi	2,80	2,70	-0,10	<i>Underbreak</i>
	Lebar	4,40	4,29	-0,11	<i>Underbreak</i>
5-8	Tinggi	2,80	2,75	-0,05	<i>Underbreak</i>
	Lebar	4,40	4,40	0,00	Sesuai
9	Tinggi	2,80	2,80	0,00	Sesuai
	Lebar	4,40	4,40	0,00	Sesuai
10-13	Tinggi	2,80	2,75	-0,05	<i>Underbreak</i>
	Lebar	4,40	4,30	-0,10	<i>Underbreak</i>
14	Tinggi	2,80	2,80	0,00	Sesuai
	Lebar	4,40	4,30	-0,10	<i>Underbreak</i>
15-18	Tinggi	2,80	2,75	-0,05	<i>Underbreak</i>
	Lebar	4,40	4,40	0,00	Sesuai
19	Tinggi	2,80	2,80	0,00	Sesuai
	Lebar	4,40	4,40	0,00	Sesuai

Keterangan:

- Nilai Positif (+) menunjukkan penggalian melebihi batas desain.
- Nilai Negatif (-): Menunjukkan penggalian kurang dari desain. Ini dapat menyebabkan pelonggaran massa batuan, yang dikenal sebagai pelonggaran massa batuan. Kondisi ini juga dapat mempengaruhi kebutuhan akan material pengisi, seperti grouting atau shotcrete, di belakang pilar baja. Kondisi ini dapat mengganggu ruang gerak (profil bebas) peralatan tambang atau mengganggu spasi dan pemasangan pilar baja.
- Mendekati Nol: Hal ini sesuai dengan desain dalam batas toleransi. Dilakukan evaluasi terhadap kesesuaian antara dimensi aktual hasil penggalian dengan desain teknis yang telah ditetapkan berdasarkan hasil observasi lapangan dan pengukuran langsung pada lubang bukaan di lokasi J38. Untuk mengidentifikasi adanya penyimpangan geometri seperti *overbreak* atau *underbreak*, pengukuran ini berkonsentrasi pada parameter tinggi dan lebar bukaan.



Gambar 1. Meteran

Panjang bentangan penyanggaan secara keseluruhan ditentukan oleh jumlah interval antar set penyangga, bukan jumlah unit penyangga yang terpasang. Di lokasi J38, 19 set arcis baja membentuk 18 interval spasi, yang berarti panjang bentangan penyanggaan secara keseluruhan 21,6 meter.

Spesifikasi dan Pemasangan Penyangga Arcis

Sistem penyangga yang digunakan di lokasi penelitian adalah kombinasi dari kekuatan struktural baja dengan fleksibilitas material kayu. Spesifikasi material dan kondisi teknis pemasangan di area kritis (J38) digunakan untuk membentuk sistem komposit ini.



Gambar 2. Baja SS400

Pemasangan dilakukan secara berurutan, dimulai dengan membersihkan atap lubang, perakitan segmen busur baja, dan pengencangan baut pengikat. Sistem penyanggaan pasif ini dimaksudkan untuk menahan tekanan massa batuan di lubang perawatan dengan menggunakan kayu meranti sebagai media distribusi beban (Dwinagara, 2020).



Gambar 3. Blocking

Tabel II. Hasil Observasi

Aspek Observasi	Deskripsi Kondisi Aktual	Implikasi Teknis & Mekanis
Material & Distribusi Blocking	Penggunaan blok kayu yang disusun secara manual pada bagian atap (<i>crown</i>) dan dinding samping (<i>sidewall</i>) busur baja.	Distribusi beban sangat bergantung pada ketelitian penyusunan blok kayu secara manual.

Kondisi Kontak Antarmuka	Ditemukan banyak rongga kosong (<i>void</i>) yang signifikan antara busur baja dan lapisan batuan atap (<i>sandstone</i>).	Kontak antara penyangga dan batuan tidak bersifat kontinu (terputus-putus).
Mekanisme Pembebanan	Terjadi fenomena <i>point loading</i> (pembebanan titik) akibat distribusi blok kayu yang tidak merata.	Beban massa batuan terkonsentrasi pada titik tertentu, bukan terdistribusi merata ke seluruh lengkungan baja.
Integritas Struktural	Kapasitas dukung beban tidak mencapai efisiensi maksimal (100%).	Timbulnya titik lemah (<i>weak points</i>) yang memicu deformasi dini dan perubahan geometri busur baja.

- Meskipun material busur baja memiliki karakteristik metalurgi yang baik, kesalahan teknis dalam sistem pembungkus kayu di lokasi J38 menyebabkan kegagalan dalam mendistribusikan tegangan batuan. Akibatnya, kemampuan mekanis penyangga secara keseluruhan menahan tekanan batuan menjadi lebih buruk.
- Evaluasi Kondisi Geologis di J.38. Berdasarkan hasil observasi dan pengukuran parameter di lapangan, beberapa poin penting menggambarkan kondisi geoteknik saat ini.

Tabel III. Kondisi Geologis di J.38

Indikator Pengamatan	Deskripsi Kondisi Lapangan	Implikasi Geomekanika
Lebar Penampang	Terjadi penyusutan dari lebar ideal 4,4 m menjadi 4,29 m.	Adanya pergerakan lateral (<i>samping</i>) dari massa batuan dinding.
Tinggi Penampang	Terjadi penurunan dari tinggi ideal 2,8 m menjadi 2,7 m.	Terdeteksi beban vertikal yang menyebabkan konvergensi atap sebesar 10 cm.
Status Geometri	Perubahan dimensi nyata pada titik pengamatan J38.	Tekanan batuan mulai bekerja melebihi kapasitas awal lubang tambang.
Karakteristik Litologi	Dominasi batu pasir (<i>sandstone</i>).	Umumnya stabil, namun penyangga tetap krusial untuk mencegah peluruhan butiran (<i>spalling</i>).
Iklim Mikro	Lingkungan kering, suhu 20,7°C.	Sangat menguntungkan; mencegah pelapukan cepat kayu dan meminimalisir korosi baja.

Secara keseluruhan, informasi geologis ini menunjukkan bahwa meskipun lingkungan kerja sangat membantu keawetan material arcis, tekanan aktif dari massa batuan masih memengaruhi perubahan profil geometri bukaan di lokasi J38.

Kondisi Aktual Penyangga Arcis

Pengamatan langsung di lapangan di lokasi J38 menunjukkan bahwa arcis baja penyangga tetap stabil saat menahan beban batuan di atas lubang. Namun, hasil inspeksi mendalam pada 19 unit arcis baja yang terpasang menunjukkan tekanan batuan aktif, atau tekanan batuan aktif, pada beberapa titik, yang ditunjukkan dengan penurunan pada busur arcis.

2. Evaluasi Kualitas Material Blok Kayu Terhadap Masa Pakai Arcis

Kualitas material blok adalah faktor penting yang menentukan keamanan lubang bukaan tambang bawah tanah dalam jangka panjang. Menurut pengamatan yang dilakukan di lapangan, ada korelasi yang signifikan antara jenis kayu yang dipilih dengan ketahanannya terhadap beban batuan dan pengaruh lingkungan. Meskipun arcis baja adalah komponen utama secara struktural, kayu yang berfungsi sebagai pengganjal atau stapler sangat penting untuk mendistribusikan beban secara merata. Jika kualitas kayu menurun, seluruh sistem penyangga arcis akan tidak berfungsi dengan baik.

Karakteristik dan Kelas Kayu

Menurut peraturan teknis yang diatur dalam Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018, kayu yang digunakan dalam operasional tambang bawah tanah dikategorikan berdasarkan sifat fisik dan mekanisnya. Kayu meranti yang digunakan di lokasi penelitian adalah Kelas Kuat II (Pratama, 2021).

Tabel IV berikut menggabungkan standar klasifikasi kekuatan kayu:

Tabel IV. Klasifikasi Kekuatan Kayu untuk Penyanggaan Tambang

Kelas Kuat	Berat Jenis (Kering Udara)	Kuat Lentur Mutlak (kg/cm ²)	Kuat Tekan Mutlak (kg/cm ²)
I	≥0,90	≥ 1.100	≥ 650
II	0,60 – 0,90	725 – 1.100	425 – 650
III	0,40 – 0,60	500 – 725	300 – 425
IV	0,30 – 0,40	300 – 500	215 – 300
V	≤0,30	≤300	≤ 215

Kayu meranti adalah jenis kayu kelas kuat II dengan sifat yang dapat meredam deformasi batuan. Sifat kuat lentur mutlak kayu ini mencegah kegagalan struktur pada titik kontak antara batuan dan busur baja. Di sisi lain, sifat kuat tekan mutlak memungkinkan media penyangga untuk menerima beban vertikal secara merata dari belakang lubang, atau atap.

Kapasitas Dukung Log Kayu

Dalam sistem penyanggaan *hibrida* antara komponen kayu dan baja arcis, penggunaan material kayu bulat (*log*) dengan spesifikasi dimensi tertentu sangat penting. Spesifikasi fungsional dimensi *log* kayu disajikan dalam Tabel V berikut:

Tabel V. Spesifikasi Dimensi dan Fungsionalitas *Log* Kayu pada Lokasi J38

Parameter Teknis	Nilai Spesifikasi	Implikasi dan Fungsionalitas Mekanik
Diameter Log	15 – 17 cm	Menghasilkan luas penampang yang proporsional untuk menahan tekanan kompresi batuan.
Keliling Log	40 – 45 cm	Memastikan area kontak yang luas guna menghindari konsentrasi tegangan lokal.
Peran Struktural	<i>Cushioning</i>	Bertindak sebagai bantalan peredam antara batuan dinamis dan profil baja SS400.

Distribusi Beban	Transmisi Merata	Menjamin interaksi stabil antara batuan dan arcis guna menjaga integritas profil baja.
------------------	------------------	--

Dampak Kondisi Kelembapan

Pengupasan drainase lantai menghasilkan penjenruhan serat kayu yang permanen, yang menyebabkan kelembapan udara yang tinggi di J38. Kelembapan relatif, juga dikenal sebagai kelembapan relatif (RH), dapat dihitung dengan membandingkan tekanan uap air aktual dengan tekanan uap air jenuh pada suhu yang sama (Rachmat (2007)).



Gambar 4. *Anemometer*

KESIMPULAN

Pada lubang sawahluwung, ada deviasi dimensi lubang bukaan (underbreak) dengan penurunan tinggi 0,10 m dan penyempitan lebar 0,11 m. Ini adalah kondisi aktual penyangga arcis. Kondisi ini disebabkan oleh material kayu penahan yang terbelah oleh tekanan batuan. Beban massa batuan berpindah ke rangka baja SS400, menyebabkan deformasi plastis. Penyebab utama kerusakan biologis pada blok kayu Meranti Kelas kuat II adalah kualitas material blok kayu terhadap umur pakai arcis dengan kondisi lubang yang sangat lembap (RH 89,0%) karena penguapan drainase lantai. Serangan rayap dan jamur meningkat karena tingkat kelembapan yang tinggi, yang mengurangi umur pakai efektif kayu dari sekitar dua tahun menjadi hanya satu hingga dua bulan. Hancurnya material ini menyebabkan kayu tidak lagi berfungsi sebagai penyerap energi. Akibatnya, pilar besi (arcis) menjadi kurang efektif dan tahan lama. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, ada beberapa rekomendasi teknis yang disarankan untuk perusahaan, Untuk mengurangi risiko tegangan terpusat (point loading), elemen pendukung baru harus dipasang dengan rapat dan tidak ada rongga untuk menjamin kontak 360 derajat antara baja arcis dan batuan. Selain itu, segera lakukan penggantian komponen kayu yang telah lapuk atau terbelah, terutama pada jarak 5 meter pertama lokasi J38. Untuk meningkatkan ketahanan di lingkungan lembap, manajemen lingkungan dan perlindungan

material mengawetkan kayu dengan cairan anti-rayap dan fungisida sebelum instalasi bawah tanah. Untuk memperlambat laju korosi pada baja dan pelapukan pada kayu, sistem drainase harus diubah dengan menggunakan saluran tertutup dan peningkatan ventilasi lokal.

REFERENSI

- Dwinagara., (2020). Evaluasi Ground Support Berdasarkan Klasifikasi Massa Batuan Rock Mass Index dan Rock Mass Rating serta Menggunakan Finite Element Method Numerical Modeling pada Tambang Bawah Tanah Kencana PT Nusa Halmahera Minerals. *Jurnal Geoteknik Pertambangan*, 14(2), hal. 45–58.
- Guley, C. (2023). Application, Mechanics, and Durability of Timber Supports in Modern Underground Mining Operations. *International Journal of Underground Mining Systems*, 19(3), hal. 201–215.
- Hustrulid, W. A., & Bullock, R. L. (Eds.). (2001). *Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies*. Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME), hal. 345–362.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Jakarta: KESDM RI, hal. 215–230 (Lampiran II Pedoman Keselamatan Kerja Pertambangan Bawah Tanah).
- PKKI. (1961). *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (NI-5)*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, hal. 12–22.
- Pratama, R. (2021). Studi Karakteristik Massa Batuan dan Evaluasi Penyangga Kayu pada Lubang Tambang Batubara BMK-35 CV. Bara Mitra Kencana, Talawi Sawahlunto. Skripsi/Tugas Akhir, Program Studi Teknik Pertambangan, Sawahlunto, hal. 56–74.
- PT Bukit Asam Tbk., (2019). *Bukit Asam Received Certificate of Ombilin Coal Mining Heritage of Sawahlunto*. Tanjung Enim: Corporate Communication PTBA, hal. 1–4.
- Rachmat, R. K. (2007). Pengaruh Pengawetan terhadap Sifat Mekanis Tiga Jenis Kayu Komersial. Laporan Penelitian, Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, hal. 14–29.
- Rahman, N. (2025). Analisis Historis dan Profil Geoteknis Tambang Batubara Bawah Tanah Ombilin Sawahlunto. *Jurnal Sejarah dan Industri Pertambangan Indonesia*, 5(1), hal. 88–97.
- UNESCO. (2019). *Ombilin Coal Mining Heritage of Sawahlunto*. Paris: UNESCO World Heritage Centre, hal. 12–19.
- Bieniawski, Z. T. (1989). Mendukung analisis hubungan antara kondisi geologi, kualitas massa batuan, dan kinerja sistem penyangga di tambang bawah tanah.
- Brady, B. H. (2006). *Rock Mechanics for Underground Mining* (3rd ed.). Springer.
- Cahyono, Y. D. (2023). *Sistem Penyanggaan dalam Terowongan*. Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS).

- Ginting, A. P. (2021). Inovasi Sistem Penyanggaan di Tambang Bawah Tanah DMLZ PT Freeport Indonesia. Prosiding Konferensi Universitas Sriwijaya.
- Hoek, E. K. (1995). Support of Underground Excavations in Hard Rock.