

## Karakteristik silicified wood menggunakan analisis petrografi (mikroskopi) batubara: Formasi Muara Enim Provinsi Jambi

### *Characteristics of silicified wood using coal petrographic analysis (microscope): Muara Enim Formation, Jambi*

Wahyudi Zahar<sup>1\*</sup>, Faizar Farid<sup>2</sup>, M. Ikrar Lagowa<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Program Studi Teknik Pertambangan Universitas Jambi, Jl. Jambi - Muara Bulian Km. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi 36122.

<sup>2</sup> Program Studi Kimia Universitas Jambi, Jl. Jambi - Muara Bulian Km. 15, Mendalo Darat, Kec. Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi, Jambi 36122.

e-mail: \*<sup>1</sup>[wahyudizahar@unja.ac.id](mailto:wahyudizahar@unja.ac.id), <sup>2</sup>[fedfaizarfarid@yahoo.co.id](mailto:fedfaizarfarid@yahoo.co.id), <sup>3</sup>[mikrarlagowa@unja.ac.id](mailto:mikrarlagowa@unja.ac.id)

#### ABSTRAK

Energi sumberdaya alam menjadi suatu kebutuhan penting untuk menunjang kegiatan perindustrian terutama penambangan batubara dengan kualitas yang memadai. Suatu perusahaan tambang batubara memiliki kebutuhan dengan kriteria kualitas batubara yang berbeda-beda. Pengendalian kuantitas dan kualitas batubara sesuai permintaan menjadi acuan bagi perusahaan penambangan. Pengendalian mutu batubara merupakan kendala dalam penambangan batubara, diantaranya kemunculan *silicified coal* sebagai pengotor (*impurities*) pada lapisan batubara yang akan ditambang, yang apabila keterdapatannya berfragmen melensa maka dapat berdampak pada sulitnya proses penggalian.

Komposisi mineral utama dari *silicified coal* adalah mineral silika yang memiliki keterdapatannya pada rekahan dan rongga sel tumbuhan. *Silicified coal* memiliki kekerasan 15.000 Kpa - 50.000 Kpa dengan kandungan silika dan karbonan yang melimpah. Kandungan organik berupa densinite, ulminite, attrinite, corpohumnite, gelinite, suberinite, resinite, liptodetrinite, fusinite, dan funginite dan kandungan non organik berupa mineral kuarsa, klorit, lempung, rutil, dan opak/oksida besi, aragonite, calcite, gismondine dan graphite.

**Kata-kata kunci:** *silicified coal*, silika, organik, tambang batubara

#### ABSTRACT

*Natural resource energy is an important requirement to support industrial activities, especially coal mining with adequate quality. A coal mining company has needs with different coal quality criteria. Controlling the quantity and quality of coal on demand becomes a reference for mining companies. Coal quality control is an obstacle in coal mining, including the emergence of silicified coal as impurities in the coal seam to be mined, which if caught with a flange fragment can have an impact on the difficulty of the excavation process.*

*The main mineral composition of silicified coal is silica minerals that have a resistance to fracturing and plant cell cavities. Silicified coal has a hardness of 15,000 Kpa - 50,000 Kpa with abundant silica and carbonane content. Organic content in the form of densinite, ulminite, attrinite, corpohumnite, gelinite, suberinite, resinite, liptodetrinite, fusinite, and funginite and non-organic content in the form of quartz, chlorite, clay, rutile, and opaque / oxide of iron, aragonite, calcite, gismondine and graphite.*

**Keywords:** *silicified coal, silica, organic, coal mining*

#### PENDAHULUAN

Energi sumberdaya alam menjadi suatu kebutuhan penting untuk menunjang kegiatan perindustrian. Solusi yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi diperlukan dengan metode penambangan dengan kualitas yang baik dan memadai. Suatu perusahaan tambang batubara memiliki kebutuhan dengan kriteria tertentu dengan berbagai kualitas batubara. Pengendalian kuantitas dan kualitas batubara sesuai permintaan menjadi acuan bagi perusahaan penambangan.

Dalam penambangan batubara seringkali dijumpai kendala dalam pengendalian mutu batubara. Adapun kendala yang muncul adalah keterdapatannya *silicified coal* yang merupakan hasil penggantian mineral batubara dengan mineral silika. [1]. *Silicified* merupakan proses terpenting yang terlibat dalam tumbuhan yang membuat karena melibatkan permineralisasi melalui ruang pori dan selanjutnya penggantian jaringan seluler organik oleh opal, kalsedon, moganite, atau kuarsa bahkan struktur histologis tanaman [2]. [3] Definisi lain tentang *silicified coal* yaitu

batubara yang terdiri dari mineral silika hasil presipitasi sisa tumbuhan yang membuat. *Silicified coal* dapat diklasifikasikan menjadi tiga proses diagenesa *silicified wood*, yaitu diagenesis detrital, diagenesis awal dan diagenesis akhir [4].

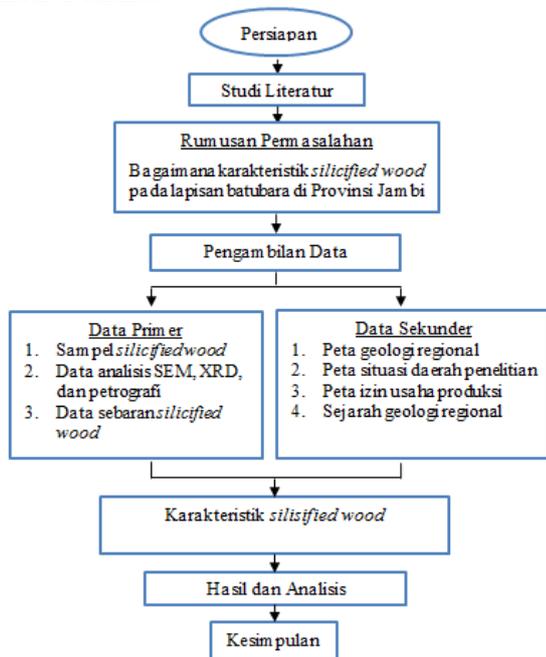
Menurut [5] terdapat empat mekanisme asal silika yang ditemukan dalam batubara (1) kontribusi detrital pada gambut; (2) pembentukan autogenik, biogenik atau anorganik selama sedimentasi gambut; (3) alterasi diagenetik dan pasca pengendapan mineral yang sudah ada sebelumnya, dan (4) pembentukan epigenik.

Dalam Penambangan batubara, sering dijumpai bahwa *silicified coal* sebagai *impurities* pada lapisan batubara yang dapat hadir secara lateral maupun fragmen melensa. Apabila keterdapatannya berfragmen melensa maka dapat berdampak pada sulitnya proses penggalian [6]. Selain dalam penggalian, permasalahan berupa kerusakan peralatan mekanis pada *crushing plant* juga disebabkan oleh densitas *silicified coal* yang lebih tinggi dari batubara [7].

Sampai saat ini, *silicified coal* hanya menjadi pengotor atau pengganggu yang dapat mengurangi kualitas batubara. Jumlah *silicified coal* pada suatu lapisan batubara cukup banyak pada suatu daerah tambang, biasanya *silicified coal* dibuang atau ditumpuk pada suatu daerah disposal dan tidak dimanfaatkan. Dengan mengetahui karakteristik fisika dan kimia melalui Petrografi (mikroskopi) dari *silicified coal* sangat dibutuhkan untuk mengetahui kandungan yang ada didalam material tersebut, sehingga material yang sebelumnya hanya menjadi pengotor dan tidak bermanfaat didalam tambang batubara dapat dimanfaatkan sesuai dengan karakter fisika dan kimianya.

**METODOLOGI**

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu: Pengambilan sampel (sampling), Pada kegiatan pengambilan sampel ini mengacu pada metode standar *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, dimana pengambilan sampel dilakukan secara manual pada lokasi penelitian. Setelah pengambilan sampel dilakukan selanjutnya persiapan preparasi sampel, lalu dilanjutkan dengan Pengujian sampel di laboratorium berupa analisa *Scanning Electron Microscope (SEM)*, *X-Ray Diffraction (XRD)*, petrografi sayatan tipis dan sayatan poles (*Coal Maceral Analysis*), Karakteristik *silicified wood* pada batubara di Provinsi Jambi. Secara skematis tahap penelitian dapat dilihat pada pada Gambar-1 berikut.



Gambar-1. Diagram Alir

**HASIL DAN DISKUSI**

**Karakteristik Silicified Coal di Lapangan**

Sampel *Silicified Coal* yang ditemukan di lapangan termasuk dalam karakteristik *Bone Coal*. *Bone Coal* mengandung mineral rombakan dan hasil prepsipitasi. *Silicified coal* sebagai pengotor batubara mempunyai mineral hasil presipitasi berupa silika, dimana kuarsa merupakan komponen utama dari lempung dan batulanau sebagai komposisi utama pengotor pada batubara.

Pada saat diagenesis awal pada batubara, batuan pengapit yang berupa batulempung dapat menangkap air yang kaya akan silika untuk tertahan didalam lapisan batubara. Selanjutnya saat pengendapan batubara terjadi, pH asam dapat menyebabkan berkurangnya peran bakteri terhadap pembentukan batubara. Pada saat pengendapan batubara terjadi, terjadi pula proses pengawetan dari material kayu. Proses pengawetan ini merupakan tempat deposisi dari mineral silika yang masuk kedalam pori dari jaringan tumbuhan yang menggantikan jaringan kayu pada saat terjadinya diagenesis lanjut.

Secara langsung (megaskopis) ciri dari *silicified coal* memiliki warna abu-abu sampai dengan hitam kusam, berdimensi hingga >256 mm, memiliki kekerasan 15.000 Kpa - 50.000 Kpa dengan kandungan silika dan karbonan yang melimpah. Penyebaran yang lateral berbentuk lensa pada lapisan roof batubara. Hal ini dikarenakan terjadinya pengendapan pada material silika dan pengendapan gambut secara bersamaan.



Gambar-2. Kenampakan *silicified coal* di lapangan [7] Fase yang menjadi tahapan dalam pembentukan *silicified coal* pada jaringan serat kayu antara lain (1) perubahan fisik tracheids oleh mineral

silika, kemudian (2) penggantian endapan kuarsa pada jaringan kayu menjadi mineral silika.

Karakteristik *silicified coal* yang sangat keras mengakibatkan penambangan batubara memerlukan penanganan lebih lanjut terhadap masuknya material pengotor (*silicified coal*) saat penambangan karena *silicified coal* tidak mengandung nilai karbon yang baik saat dilakukan pembakaran. *silicified coal* dapat mengakibatkan kerusakan pada alat penambangan maupun alat *crusher* atau peremuk batubara, sehingga saat melakukan penambangan perlu diperhatikan masuknya material pengotor tersebut. Hingga saat ini penanganan yang dilakukan oleh perusahaan adalah dengan menempatkan seorang pekerja yang bertugas untuk memilah *silicified coal* yang masuk di *stockpile* batubara untuk mengurangi kerusakan alat saat dilakukan *crushing* dan dapat mengurangi kualitas dari batubara tersebut.

### Karakteristik Silicified Coal Secara Mikroskopis

#### Hasil Analisis Petrografi Organik

Hasil analisis diketahui bahwa *silicified coal* masih memperlihatkan adanya struktur jaringan tumbuhan yang jelas, hal ini mengindikasikan bahwa proses silisifikasi yang terjadi belum mengubah seluruh dari struktur jaringan tumbuhan penyusun batubara. Struktur jaringan tumbuhan ini dapat berasal dari akar, batang, daun, getah, kutikula, maupun jaringan yang telah teroksidasi.

Pada sampel *silicified coal* yang dilakukan pengujian ditemukan komposisi organik penyusun berupa Ulminite, Attrinite, Densinite, Corpogelinite, dan Gelinite yang termasuk kedalam kelompok maseral Huminit/Vitrinit. Kelompok maseral Huminit merupakan

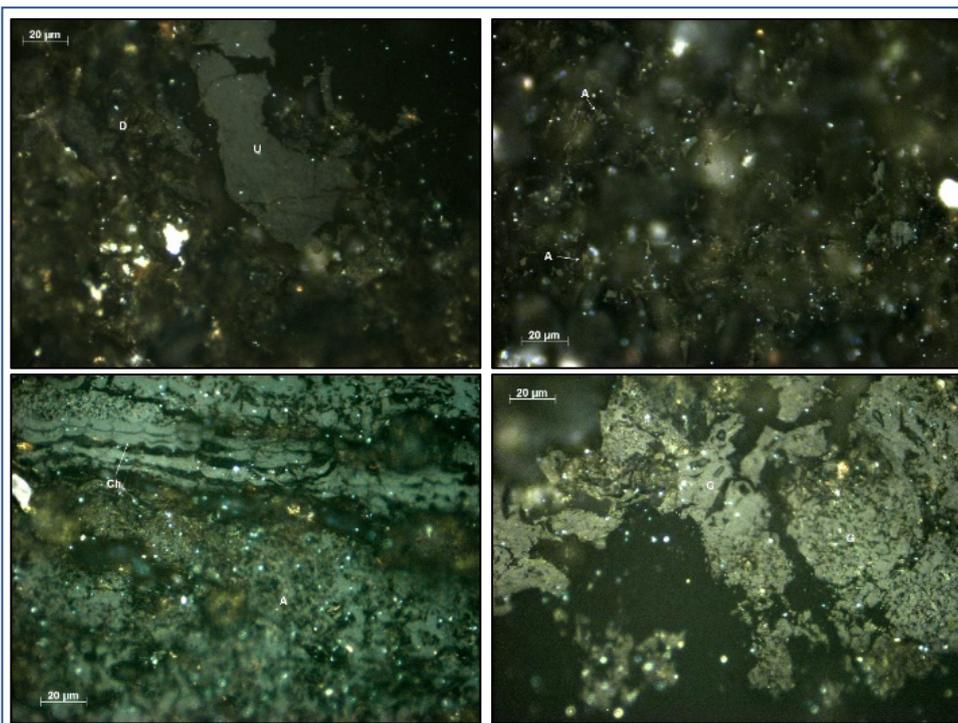
kelompok maseral yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang mengandung serat kayu seperti batang, dahan, akar, dan serat daun. Tingkat ubahan dapat mempengaruhi kenampakan warna di bawah mikroskop. Kenampakan warna yang semakin terang, dikarenakan tingkat ubahan semakin tinggi (Gambar-3).

Kelompok Maseral Liptinit yang ditemukan berupa Resinite, Liptodetrinite, dan Suberini (Gambar 4). Kelompok maseral lain yang ditemukan adalah kelompok maseral inertinite yang berasal dari tumbuhan yang sudah terbakar (*charcoal*). Kelompok maseral yang ditemukan adalah fusinite dan funginite (Gambar-5).

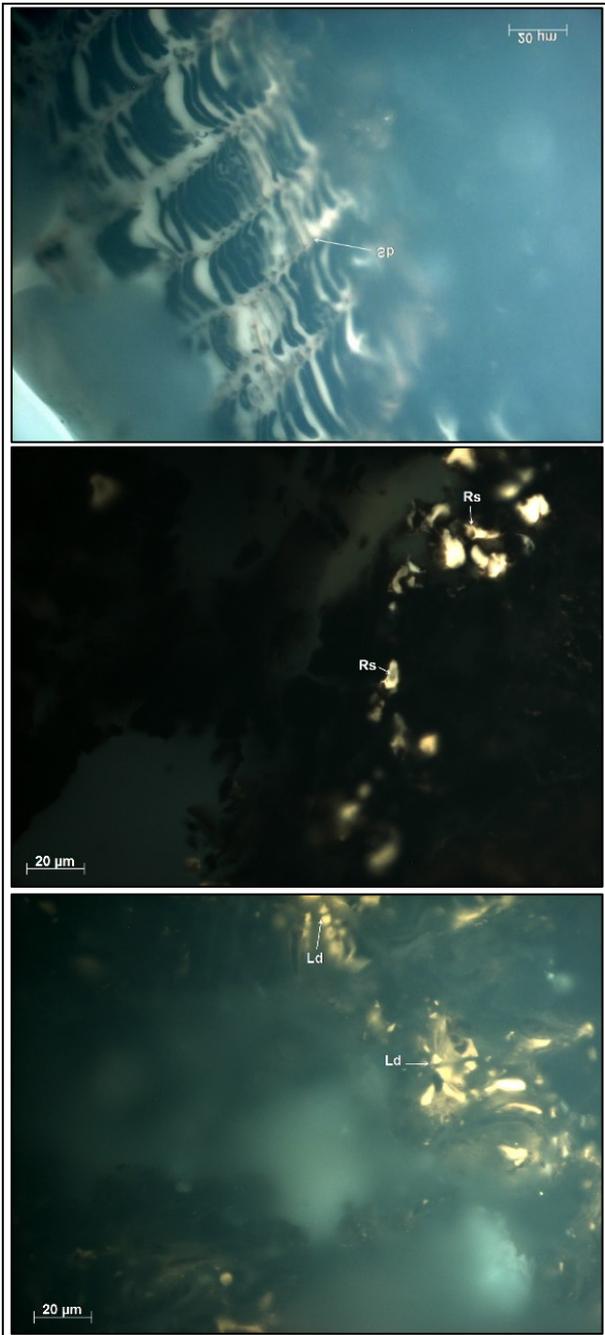
Selain kelompok maseral vitrinite, liptinite dan inertinite, analisis petrografi organik yang dilakukan pada sampel *silicified coal* diketahui juga adanya kandungan mineral pada sampel tersebut, kandungan mineral tersebut berupa besi oksida, pirit, mineral lempung, dan mineral karbonat (Gambar-6). Dari kandungan mineral (non organik) mineral lempung merupakan mineral yang paling sering terlihat atau dominan menyusun sampel *silicified coal*. Secara lengkap hasil pengujian *silicified coal* menggunakan petrografi organik.

#### Hasil Analisis Petrografi Sayatan Tipis

Sayatan tipis petrografi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui komposisi mineral yang dapat tembus cahaya (mineral non opak) sehingga jenis mineral yang hadir pada analisis petrografi organik dapat diperkuat. Hasil analisis sayatan tipis *silicified coal* menunjukkan tekstur non klastik, berukuran butir hingga 0.13 mm, disusun oleh mineral kuarsa (56%), klorit (3%), lempung (10%), rutil (1%), dan opak/oksida besi (30%).



**Gambar-3.** Kenampakan komposisi maseral *silicified coal* dibawah mikroskop petrografi organik. (D = densinite, U = ulminite, A = attrinite, Ch = corpohuminite, dan G = Gelinite)

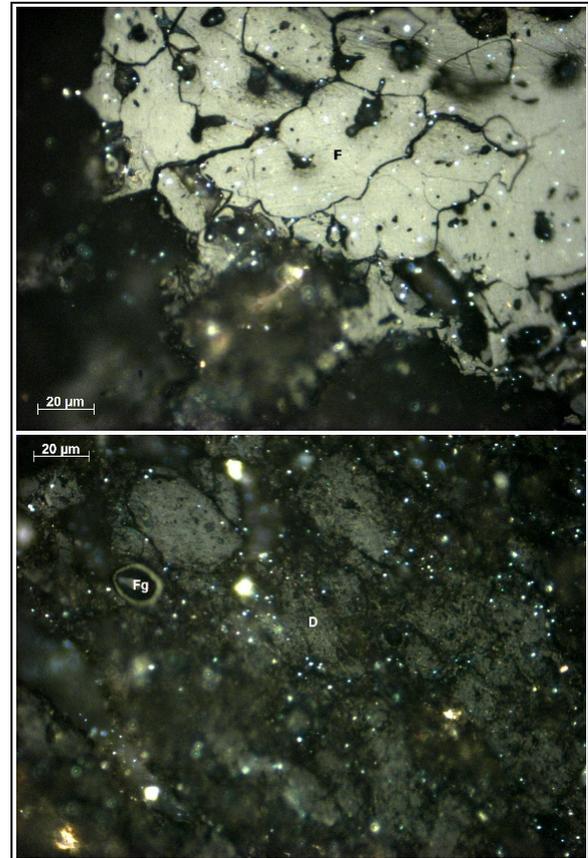


**Gambar-4.** Foto mikroskopi kelompok maseral Liptinite. (Sb = suberinite, Rs = resinite, Ld = liptodetrinite).

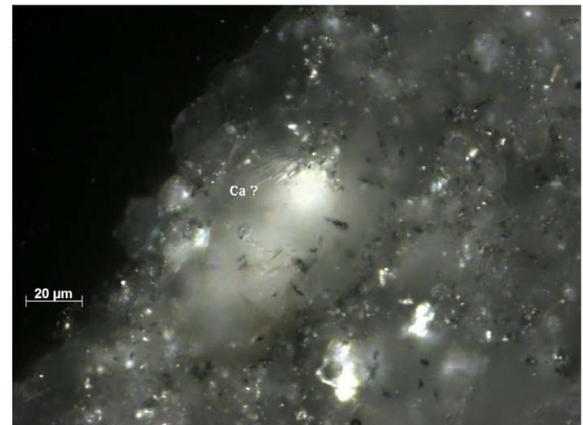
Mineral kuarsa memiliki ciri tidak berwarna, berukuran halus hingga 0.13 mm. Bentuk butir dari mineral kuarsa yaitu menyudut tanggung hingga membundar tanggung, merupakan kuarsa sekunder hasil proses silisifikasi. Mineral lempung berwarna coklat muda, berukuran sangat halus, tersebar merata. Klorit berwarna hijau kekuningan berukuran sangat halus, bentuk serabut halus, berkelompok, hadir bersama lempung dan opak. Rutil berwarna coklat kemerahan, berukuran hingga 0.22 mm, bentuk prismatic, hadir individu, sedangkan Opak/oksida besi berwarna coklat hingga hitam, kedap cahaya, berukuran hingga 0.26 mm, bentuk menyudut tanggung. (Gambar-7).

**SEM (Scanning Electron Microscope)**

SEM merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk



**Gambar-5.** Fusinite (F) dan funginite (Fg) pada sampel *silicified coal*



**Gambar-6.** Mineral karbonat yang terdapat pada sampel *silicified coal*

menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Salah satu keunggulan yang dimiliki oleh SEM (*Scanning Electron Microscope*) yaitu SEM memiliki resolusi yang lebih tinggi daripada mikroskop optik. Ini yang membedakan antara SEM dengan mikroskop optik. Hal ini disebabkan oleh panjang gelombang de-Broglie yang memiliki elektron lebih pendek daripada gelombang optik. Karena Panjang gelombang dapat mempengaruhi resolusi dari mikroskop tersebut. Makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop.

Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas elektron yang dipantulkan dengan energi tinggi. Dengan memanfaatkan berkas pantulan dari benda tersebut maka informasi dapat diketahui dengan menggunakan program pengolahan citra yang terdapat dalam komputer.

Cara terbentuknya gambar yang terjadi pada SEM berbeda dengan apa yang terjadi pada mikroskop cahaya maupun TEM. Ketika permukaan sampel tersebut dipindai dengan elektron, cara terbentuknya gambar yang terjadi pada SEM berdasarkan deteksi elektron sekunder atau *Backscattered Electron* yang muncul dari permukaan sampel. Elektron-elektron yang terdeteksi selanjutnya diperkuat sinyalnya, besar amplitudonya ditampilkan dalam gradiasi gelap-terang pada monitor CRT (*Chatode Ray Tube*).

Detektor yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas elektron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Selain itu juga dapat menentukan lokasi berkas elektron yang berintensitas tertinggi itu. Pada proses operasinya, SEM tidak memerlukan sampel yang ditipiskan, sehingga bisa digunakan untuk melihat obyek dari sudut pandang 3 dimensi. Gambar struktur objek yang sudah diperbesar inilah dapat dilihat pada layar CRT.

Gambar-8 memperlihatkan fotometri hasil analisis SEM pada sampel *silicified coal*. Terlihat bahwa mineral didominasi oleh mineral karbonat dan silika yang menjadi pengisi atau pengganti material organik pada sampel *silicified coal* yang di analisis. Mineral karbonat dan silika ini yang menyebabkan meningkatnya kekerasan pada sampel *silicified coal* yang seharusnya penyusun utama berupa kandungan organik yang nantinya akan menjadi batubara telah diubah menjadi material non-organik.

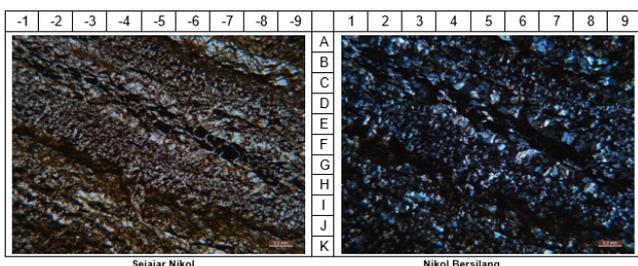
**XRD (X-Ray Diffraction)**

Salah satu metode analisis yang efektif dalam mendeskripsikan batuan atau senyawa kimia tertentu

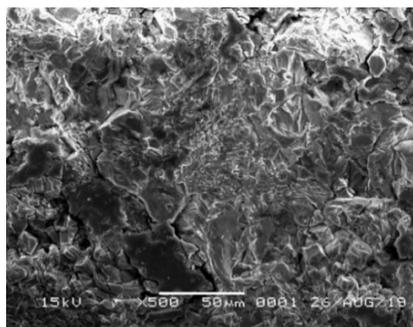
dalam wujud padat dengan menggunakan diffraksi atau pantulan sinar X adalah analisis mineralogi dan kristalografi dengan XRD. Sinar X merupakan radian elektromagnetik yang dihasilkan oleh deselerasi partikel dengan kecepatan tinggi secara tiba-tiba. Keunggulan dari analisis mineralogi dengan XRD dibandingkan dengan analisis petrografi yaitu analisis mineralogi dengan XRD dapat mengidentifikasi dengan jelas jenis mineral lempung (*clay*).

Adapun tujuan lain dari pengujian XRD ini adalah untuk menentukan sistem kristal. Metode Difraksi sinar-X dapat menerangkan parameter kisi, jenis struktur, susunan atom yang berbeda pada kristal, adanya ketidak sempurnaan pada kristal, orientasi, butir-butir dan ukuran butir.

Menurut [8] XRD dapat mengetahui komposisi mineral *silicified coal*. Dari hasil analisis XRD didapatkan 5 (lima) jenis mineral yang dominan hadir pada hasil pengujian yaitu aragonite (CCaO<sub>3</sub>) dengan system kristal orthorhombic dan calcite-magnesium (Mg<sub>0.03</sub>Ca<sub>0.97</sub>CO<sub>3</sub>) dengan system kristal rhombohedral yang termasuk kelompok mineral karbonat. Mineral gismondine (CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub> 4H<sub>2</sub>O) yang merupakan kelompok Calcium Aluminium Silicate Hydrate dengan system kristal monoclinic, graphite (C) yang termasuk dalam kelompok karbon dengan system kristal hexagonal, dan kuarsa (SiO<sub>2</sub>) yang termasuk dalam kelompok silicon oxide dengan system kristal hexagonal. Hasil pengujian berupa grafik puncak dari intensitas mineral yang ada (Tabel-1 dan Gambar-9).



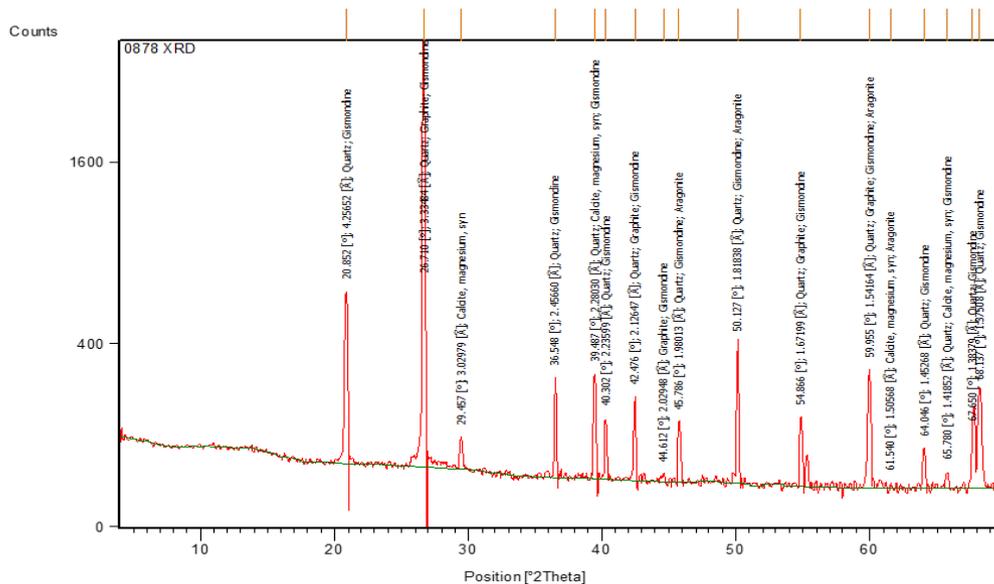
**Gambar-7.** Hasil analisis sayatan tipis pada nikol sejajar dan nikol silang



**Gambar-8.** Hasil analisis SEM yang memperlihatkan struktur kristal silika dan karbonat

**Tabel-1.** Intensitas mineral dan kandungan komposisi kimiawi

Ref Code	Score	Compound Name	Displacement [°2Th.]	Scale Factor	Chemical Formula
01-085-0794	85	Quartz	0.000	1.003	Si O <sub>2</sub>
01-089-1304	22	Calcite, magnesium, syn	0.000	0.034	(Mg <sub>0.03</sub> Ca <sub>0.97</sub> )(C O <sub>3</sub> )
01-089-8487	24	Graphite	0.000	0.463	C
00-020-0452	29	Gismondine	0.000	0.933	Ca Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>8</sub> 14 H <sub>2</sub> O
00-024-0025	5	Aragonite	0.000	0.035	Ca C O <sub>3</sub>



Gambar-9. Grafik hasil pengujian XRD dengan pembacaan 2Theta

## KESIMPULAN

*Silicified coal* memiliki kekerasan 15.000 Kpa sampai dengan 50.000 Kpa dengan kandungan silika dan karbonan yang melimpah. Memiliki kandungan organik berupa densinite, ulminite, attrinite, corpohumnite, gelinite, suberinite, resinite, liptodetrinite, fusinite, dan funginite dan kandungan non organik berupa mineral kuarsa, klorit, lempung, rutil, dan opak/oksida besi, aragonite, calcite, gismondine dan graphite.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada universitas jambi dan perusahaan batubara PT. Nanriang yang telah memberi dukungan dalam bentuk finansial, fasilitas, atau legalitas terhadap penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kusumawijayanti, *et al.*, "Geologi dan Studi Persebaran dan Pembentukan Silicified Coal Berdasarkan Analisis Geokimia Pada Daerah PIT Paringin PT Adaro Indonesia dan Daerah Sekitarnya Kecamatan Balangan Kalimantan Selatan," *Jurnal Online Mahasiswa*, vol. I, no. 1, pp. 1-9, 2016.
- [2] D. Dietrich, *et al.*, *A Microstructure Study on Silicified Wood From The Permian Petrified Forest of Chemnitz, Germany*: Springer, 2013.
- [3] R. Hidayatullah and S. N. Jati, "Silicified Coal dan Implikasinya Terhadap Penambangan di Daerah Arahau, KAbupaten Lahat, Sumatera Selatan," *Jurnal Geomine*, vol. VI, no. 3, pp. 144-149, 2018.
- [4] T. Winarno, *et al.*, "Silicified Coal Characteristic and Distribution at PT Mitrabara Adiperdana Tbk, North Kalimantan for Efficient Mine Planning," *Journal of Physics: Conference Series*, pp. 1-9, 2020.
- [5] F. Fadliansyah, *et al.*, "Characteristic of Silicified Coal on Tanjung Agung Syncline, Muara Enim, and

It's Effect Due The Mining Industry," *Jurnal Teknik Patra Akademika*, vol. VIII, no. 1, pp. 29-36, 2017.

- [6] E. D. Utami, Suhendra and R. K. Fitrianto, "Karakteristik dan Pola Persebaran Silicified Coal Daerah Air Laya dan Merapi Barat, Sumatera Selatan," in *Seminar Nasional Kebumihan Ke-10*, Yogyakarta, 2017.
- [7] B. Rahmad, *et al.*, "Pembentukan Silicified Wood (Silicified Coal) di lapisan Batubara Seam-1 dan Dampak Operasional Penambangan, Daerah Muara Wahau, Kab. Kutai Timur, Kalimantan Timur," in *Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XVI*, Yogyakarta, 2021.
- [8] H. Oktariani, *et al.*, "Silicified Fossil Wood From Lebak Regency, Banten Province, Indonesia," *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, vol. XX, no. 2, pp. 93-99, 2019.
- [9] H. Amijaya, *et al.*, "MIneralogy of Silicified Coal in Muara Enim Formation, Tanjung ENim, South Sumatera.," in *Sriwijaya Intenational Conference on Engineering*, Sumatera Selatan, 2016.
- [10] A. Irwandy, *Batubara Indonesia*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2014.
- [11] D. Aryanda, *et al.*, "Perancangan Sequence Penambangan Batubara Untuk Memenuhi Target Produksi Bulanan (Studi Kasus: Bara 14 Seam C Pt. Fajar Bumi Sakti, Kalimantan Timur)," *Teknik Pertambangan Universitas Hasanuddin*, vol. X, no. 2, pp. 66-74, 2014.
- [12] Z. Wahyudi, *et al.*, "Pengaruh Komposisi Mikroskopi dan Kimiawi Batubara Terhadap Hasil Analisis Free Swelling Index Sebagai Salah Satu Parameter Penentu Cokeability Batubara Daerah Murung Raya," in *Prosiding TPT Perhapi*, Balikpapan, 2017.