

Pembentukan *Silicified Wood (Silicified Coal)* di Lapisan Batubara Seam-1 dan Dampak Operasional Penambangan, Daerah Muara Wahau, Kab. Kutai Timur, Kalimantan Timur

Basuki Rahmad¹⁾, Dwi Fitri Yudiantoro¹⁾, Ganef Harjanto²⁾, Murodi Yunus³⁾

¹⁾Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

²⁾PT. Persada Multi Bara

³⁾PT. Bhakti Energi Persada

Korespondensi : basukirahmad@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Target penelitian ini adalah membahas terjadinya *silicified wood (silicified coal)* yang terdapat di lapisan batubara Seam-1 dan Seam-2, serta dampak alat berat yang menggali lapisan batubara tersebut. Dengan demikian penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan ketika proses operasional penambangan berlangsung. Data *silicified wood* ditemukan di lapangan di dalam Seam-1 berbentuk bongkah bulat batang kayu tersilisifikasikan (*silisified wood*) berukuran diameter 30 cm dan bongkah persegi batang kayu tersilisifikasikan berukuran 20cmx60 cm. Jejak jaringan serat kayu masih tampak dipermukaan bongkah-bongkah *silisified wood* tersebut, demikian juga dari kenampakan mikroskopis terlihat jaringan kayu dan kuarsa hasil proses silisifikasi. Sumber data berasal dari inti bor BR-001, Seam-1 (tebal 40 m) ditemukan di kedalaman 11.40 m – 51.40 m, sedangkan Seam-2 (tebal 27 m) ditemukan di kedalaman 59.10 m – 88.20 m. Sampel batulempung diambil di kedalaman 9.30 – 9.35m; 55.80 – 55.85 m; 72.80 m– 72.85 m; 102.20 m – 102.25 m dan 123.45 m – 123.50m. Berdasarkan analisa XRD dari semua sampel batulempung, secara umum mineral lempung yang hadir adalah kaolinite, montmorillonite dan kristobalite. Mineral lempung tersebut terjadi pada kondisi lingkungan pH asam pada temperatur berkisar 100° – 120° C. Pembentukan *silicified wood* dalam Seam-1 disebabkan oleh proses pengendapan koloid silika dari kaolin dalam batulempung tufaan sebagai sedimen roof lapisan batubara seam-1 dan koloid silika masuk ke dalam rongga pori jaringan serat kayu dari arang kayu (*charcoal*) tersebut menjadi menjadi *silicified coal*. Kondisi ini terjadi ketika proses pembatubaraan berlangsung. Kehadiran *silicified wood* dengan kuat tekan yang bervariasi antara 7407,25 kpa - 22.487,28 kpa dapat merusak gigi excavator dan gigi *crusher* ketika operasional penambangan dan prosesing batubara berlangsung, untuk itu disarankan perlu dilakukan investigasi di ROM tambang dan *front* tambang.

Kata kunci: *silicified wood*, charcoal, koloid silika, kaolinit

ABSTRACT

The target of this research is to discuss the occurrence of blackstone (*silicified wood*) found in the Seam-1 and Seam-2 coal seams, as well as the impact of heavy equipment excavating the coal seams. Thus this research is expected to be taken into consideration when the mining operational process takes place. The *silicified wood* data found in the field inside Seam-1 is in the form of a round lump of *silisified wood* measuring 30 cm in diameter and a rectangular block of *silicified wood* measuring 20cmx60 cm. Traces of wood fiber tissue are still visible on the surface of the *silisified wood*, as well as from the microscopic appearance of wood tissue and quartz resulting from the *silicification* process. The data source comes from drill core BR-001, Seam-1 (40 m thick) is found at a depth of 11.40 m – 51.40 m, while Seam-2 (27 m thick) is found at a depth of 59.10 m – 88.20 m. Claystone samples were taken at a depth of 9.30 – 9.35m; 55.80 – 55.85 m; 72.80 m– 72.85 m; 102.20 m – 102.25 m and 123.45 m – 123.50m. Based on XRD analysis of all claystone samples, in general the clay minerals present are kaolinite in tuffaceous claystone as roof sediment of coal seam-1 and silika koloid into the wood tissue pore in charcoal to become *silicified wood*. This condition occurs when the coalification forming. The presence of *silicified wood* with a compressive strength that varies between 7407,25 kpa - 22.487,28 kpa can damage excavator teeth and crusher teeth when mining operations and coal processing take place, it is recommended that investigations be carried out in the mine ROM and mine front.

Key words: *silicified wood*, charcoal, silika kolid, kaolinite, compressive strength

1. PENDAHULUAN

Hal yang menarik dalam penelitian ini adalah tersingkapnya batubara Seam-1 yang melampar di Sungai Ketang, dimana di dalam lapisan batubara tersebut terdapat material *silicified wood*. *Silicified wood* ini menarik untuk diteliti baik dari aspek pembentukannya dan operasi penambangan berlangsung terutama dampak

terhadap kekuatan gigi excavator ketika proses penggalian batubara dan peremukan batubara menggunakan crusher.

Pola penyebaran *silicified wood* yang mempunyai karakteristik yang unik yaitu berbentuk pecahan batang kayu (25cm-120cm), pecahan bulat berbentuk batang kayu (diameter 40-60cm) yang hadir secara setempat-setempat.

Secara umum bentuk *silicified wood* masih memperlihatkan serat kayu dan batang kayunya. *Silicified wood (silicified coal)* adalah Material organik dalam tubuh tumbuhan yang mati digantikan oleh mineral dari tanah, akan tetapi tetap mempertahankan bentuk eksternalnya sebagai morfologi silicified. Selanjutnya komponen dalam kayu akan digantikan oleh komponen silika [6]. *Silicified coal* mempunyai densitas lebih tinggi dari batubara sehingga dapat merusak alat pertambangan seperti *bucket* pada *excavator* dan *teeth crusher* ketika batubara masuk dalam proses crushing. Tingginya kandungan abu (*ash/mineral matter*) dalam *silicified coal* dapat menurunkan kualitas batubara ketika ikut tertambang bersama batubara.

Secara administratif lokasi daerah penelitian berada di wilayah Kecamatan Muara Wahau Kabupaten Kutai Timur, Propinsi Kalimantan Timur (Gambar 1). Secara tektonik menurut [5], daerah Muara Wahau terletak di Cekungan Kutai (Gambar 2) dan secara umum diendapkan di sistem deltaik [1].

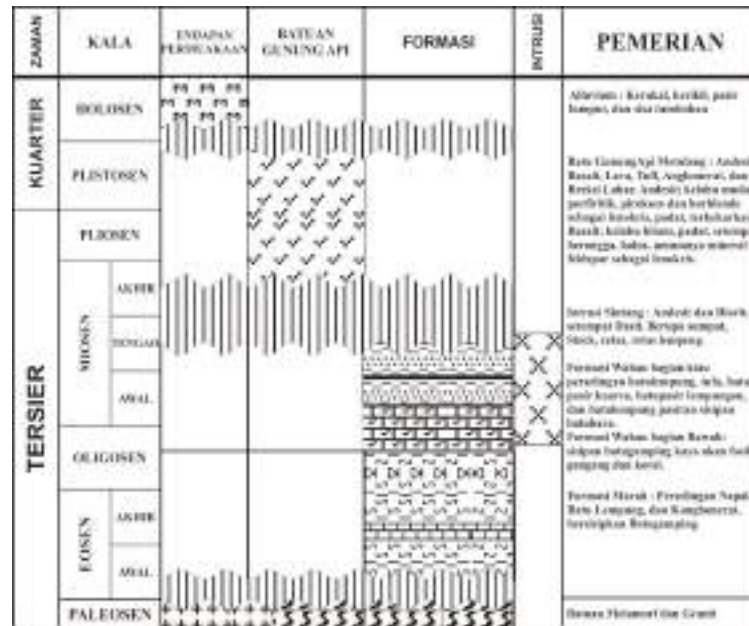


Gambar 1. Lokasi daerah penelitian



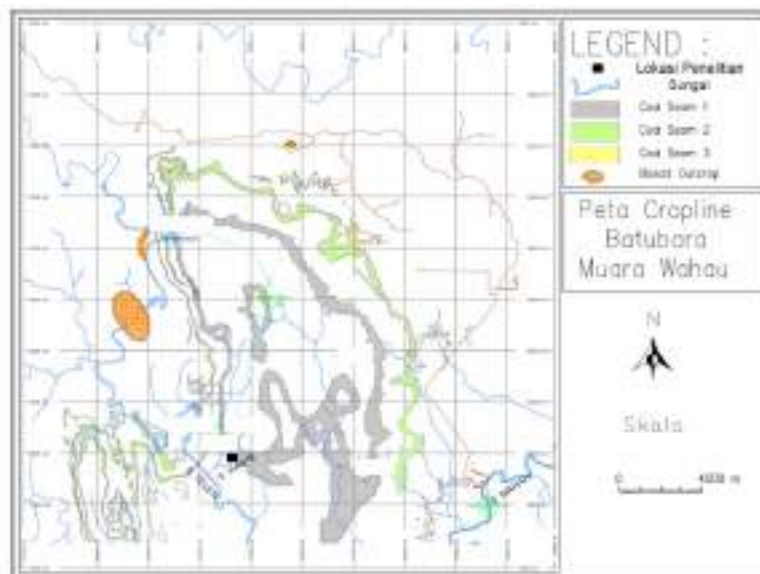
Gambar 2. Cekungan Kutai terhadap elemen-elemen Tektonik Regional [5]

Stratigrafi regional Muara Wahau berdasarkan korelasi satuan batuan dari Peta Geologi Lembar Muara Wahau (Supriatna dan Abidin, 1995), mulai Tersier dari tua ke muda diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Stratigrafi Regional Muara Wahau, Kalimantan Timur [8]

Batubara Muara Wahau termasuk dalam Formasi Wahau yang berumur Oligosen – Miosen Awal, litologinya terdiri dari perselingan batulempung, batupasir kuarsa, batupasir lempungan dan batulempung pasir. Formasi Wahau dibagi menjadi 2 (dua), Formasi Wahau bagian bawah mengandung sisipan batugamping kaya fosil ganggang dan koral, sedangkan Formasi Wahau bagian atas terdiri dari tuf dan batubara. Batubara Formasi Wahau yang berumur Miosen Awal pengendapannya selama fase regresi bersamaan dengan proses orogenesis (*Syn-Orogenic Regressive Phase Deposition*) diendapkan di sistem deltaik [5]. Ketebalan lapisan batubara Muara Wahau dibandingkan dengan lapisan batubara lainnya di Indonesia adalah sangat tebal yaitu berkisar 15 meter – 62 meter, sumberdaya batubara 9 milyar ton. Struktur geologi yang mengontrol pola sebaran lapisan batubara di MuaraWahau struktur lipatan sinklin yang sumbu berarah NW- SE dengan kedudukan kemiringan lapisan batubaranya yang relatif rendah berkisar antara 9°-12° (Gambar 4).



Gambar 4. Struktur Geologi lapisan batubara Muara Wahau

Pembentukan Silicified Wood (Silicified Coal) di Lapisan Batubara Seam -1 dan Dampak Muara Wahau, Kalimantan Timur (Basuki Rahmad, dkk)

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian silicified coal dilakukan dalam 2 tahap yaitu :

Tahap 1: Pengamatan singkapan lapangan pembuatan profil singkapan dan pengambilan contoh terdiri dari: silicified coal, batuan sedimen pengapit dan batubara. Tahap 2: Analisa laboratorium terdiri dari : analisa proksimat, nilai kalori, X-Ray Diffraction (XRD), sayatan tipis *silicified wood* dan kuat tekan *silicified wood*.

Metodologi penelitian ini menggunakan metode induktif dan deduktif, bahwa penelitian ini dilakukan berdasarkan hasil fakta dari pengamatan singkapan lapangan dan fakta lapangan tersebut dilakukan analisa atau kajian untuk membuktikan sebuah teori sehingga dapat diambil sebuah kesimpulan (deduktif) berdasarkan hasil analisa laboratorium.

Kunci dalam penelitian adalah mencari sumber asal mineral kuarsa pembentuk *silicified wood* tersebut. Setelah dilakukan pengamatan singkapan batubara seam-1 maka diduga kuat sumber asal kuarsa berasal dari bagian top (atas) sedimen pengapit lapisan batubara sema-1 yang berupa batulempung tufaan yang diduga kuat mengandung mineral lempung yang kaya akan kandungan kuarsa. Oleh karena itu analisa mineral lempung menggunakan XRD adalah sangat penting dilakukan sebagai kunci penting memecahkan masalah sumber asal *silicified wood* tersebut.

3. HASIL DAN ANALISIS

Hasil pengamatan singkapan lapangan batubara Seam-1 di Sungai Ketang tersingkap kontak batulempung tufaan menumpang di atas singkapan batubara Seam-1 (Gambar 5). Karakteristik batulempung tufaan adalah berwarna putih sebagian kecoklatan, lunak, komposisi mineral kuarsa, campuran tuf, tebal lebih dari 2 meter. Batubara Seam-1 memiliki ciri berwarna coklat, kilap kusam, gores coklat, pecahan blocky sebagian concoidal.



Gambar 5. Singkapan kontak batubara seam-1 dengan batulempung tufaan.
Lokasi Sungai Ketang.

Silicified wood tersingkap di permukaan batubara Seam-1 berbentuk bulat menyerupai batang kayu tebal 40 cm-50cm dan persegi panjang menyerupai pelepah kulit kayu panjang 60-70cm, lebar 30-40cm, memiliki ciri keras mengandung mineral kuarsa, terlihat serta kayu (Gambar 6).

Hasil pembuatan profil singkapan *silicified wood* dalam batubara seam-1 dengan batulempung tufaan dapat dilihat di gambar 7.



Gambar 6. Kenampakan *silicified wood* dalam batubara seam-1. Lokasi Sungai Ketang



Gambar 7. Kenampakan profil *silicified wood* dalam batubara seam-1. Lokasi Sungai Ketang

Secara umum hasil composite analisa proksimat, nilai kalori dan total sulfur batubara seam-1 di Sungai Ketang adalah : Calorific Value (CV) 4911 cal/gr (adb); Total Moisture (TM) 44,28 % (adb); Ash 2,95 % (adb); Volatile Matter (VM) 39,40 % (adb); Fixed Carbon (FC) 34,60 % (adb); Total Sulphur (TS) 0,14 % (adb). Berdasarkan pengukuran nilai reflektan vitrinite maka kematangan batubara seam 1 termasuk peringkat sub-bituminous, nilai Rv berkisar 0.42 – 0.48.

Hasil analisa XRD terhadap batulempung tufaan sebagai pengapit atas batubara seam-1 maka mineral yang hadir adalah sebagai berikut : Kaolinite, Montmorilonite, Kristobalite menunjukkan batuan dipengaruhi oleh

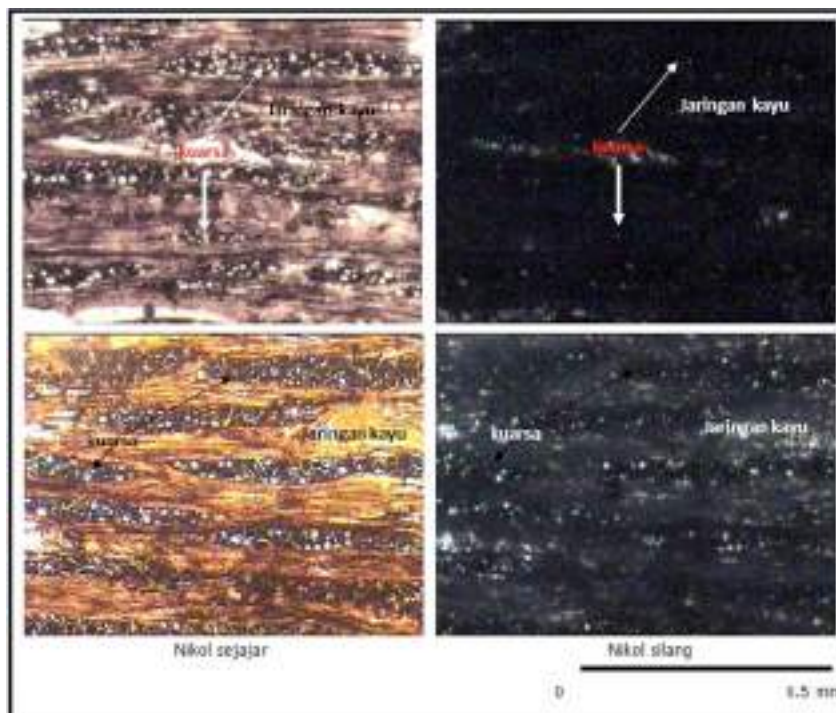
Pembentukan Silicified Wood (Silicified Coal) di Lapisan Batubara Seam -1 dan Dampak Muara Wahau, Kalimantan Timur (Basuki Rahmad, dkk)

temperatur sekitar 100° – 120° C. Hadirnya kaolin, montmorillonite dan kristobalite menggambarkan fragmen tufa gelas, kuarsa dan lempung. Lempung kaolinite sebagai kaolin sedimenter pada batulempung tufaan merupakan mineral sekunder hasil ubahan dari pelapukan batulempung tufa (feldspar bersifat asam) menghasilkan kaolin. Kaolin merupakan masa batuan yang tersusun dari material lempung dengan kandungan besi yang rendah, dan umumnya berwarna putih atau agak keputihan. Kaolin mempunyai komposisi hidrous alumunium silikat ($2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$), dengan disertai mineral penyerta [4].

Lempung montmorillonite ($(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Al}, \text{Mg})_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})_3(\text{OH})_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) berasal dari material asal vulkanik di wilayah tersebut. Terendapkannya material lempung montmorillonite diyakini akibat susut laut (regresi) ketika proses pembentukan batubara berlangsung dimana aktifitas sungai di lingkungan tersebut meningkat dan membawa material vulkanik kemudian terendapkan di lingkungan transisional pada sistem deltaik. Montmorillonite merupakan mineral sekunder hasil pelapukan mineral feldspar bersifat asam pada di batuan vulkanik seperti batulempung tufaan [4].

Keberadaan mineral Mineral kristobalite adalah polimorf bersuhu tinggi silika, yang berarti bahwa ia memiliki rumus kimia yang sama seperti kuarsa, SiO_2 , tetapi struktur kristal yang berbeda. Kuarsa dan kristobalite adalah polimorf dengan semua anggota kelompok kuarsa. Kristobalite terjadi sebagai oktahedra putih atau spherulites dalam batuan vulkanik asam (batulempung tufaan bersifat asam). Kristobalite stabil hanya di atas 1470 ° C, tetapi dapat mengkristal dan bertahan secara metastabil pada suhu yang lebih rendah [4].

Hasil analisa sayatan tipis *silicified wood* terlihat kuarsa mengisi rongga jaringan serat kayu, hal ini membuktikan adanya aktifitas larutan sisa magma (larutan silika) yang merubah komponen organik fosil kayu tergantikan menjadi komposisi silikaan (Gambar 8)

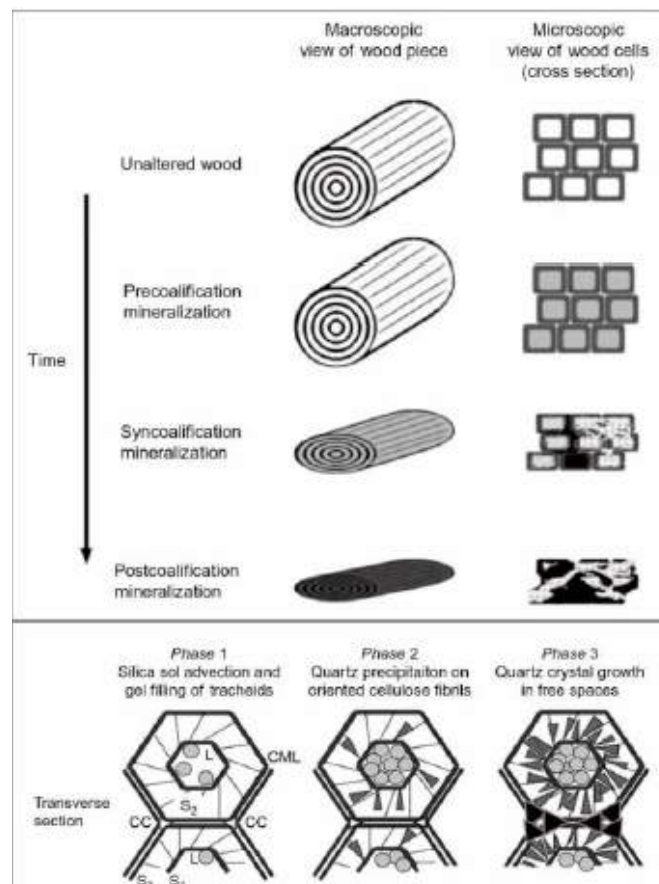


Gambar 8. Kenampakan sayatan tipis *silicified wood*

Hasil uji kuat tekan *silicified wood* yang berbentuk bulat seperti batang kayu dan persegi panjang seperti pelepah kayu kulit kayu adalah antara 7407,25 kpa - 22.487,28 kpa. Pembahasan pembentukan *silicified wood*,

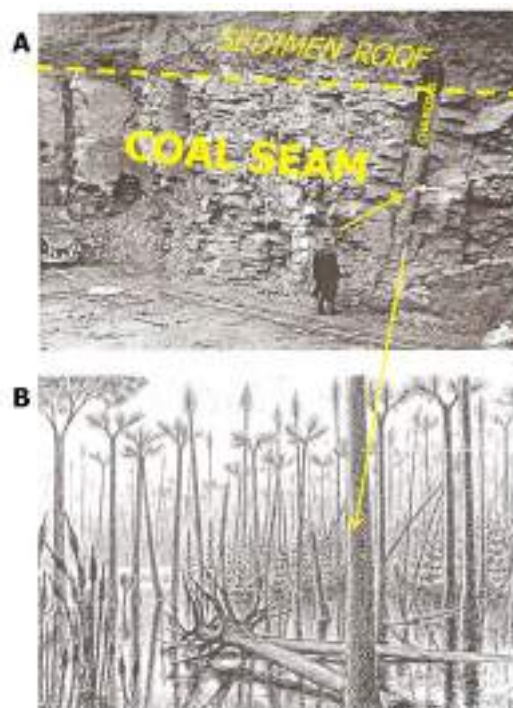
penulis merujuk beberapa publikasi antara lain: menurut [4] bahwa *silicified wood* terjadi akibat proses *leaching* batuan sedimen di atasnya atau lapisan *roof* sedimen *seam* batubara dengan kandungan silika primer (*syngenetik*) yang tinggi sehingga mineral silika terlarutkan oleh air hujan atau air formasi, dalam waktu yang panjang, komponen dalam kayu digantikan oleh komponen silika.

Menurut [3] mineral silika terbentuk dalam rongga jaringan sel serat kayu tumbuhan akan digantikan oleh komponen silika, terdapat 2 fase skematik yang menggambarkan tahap *silicification* dalam jaringan material serat kayu yaitu: fase pertama (1) mineral silika akan merubah bentuk fisik dari *tracheids* (material serat tumbuhan); fase kedua (2) pengendapan kuarsa dalam rongga jaringan kayu akan tergantikan oleh mineral silika (Gambar 9). Penelitian tentang mineralogi *silicified coal* di batubara Formasi Muara Enim, Sumatera Selatan oleh [2], dijelaskan bahwa sel jaringan serat kayu telah tergantikan oleh mineral silika membentuk *silicified coal*.



Gambar 9. Proses penggantian/pengisian rongga serat kayu batang tumbuhan menjadi kristal silika [3]

Hal yang menarik dalam penelitian ini adalah bagaimana bentuk *silicified wood* tersebut masih memperlihatkan jaringan serat kayu bahkan dengan jelas terlihat berupa potongan batang kayu, artinya ketika proses pembatubaraan berlangsung terdapat beberapa jaringan serat kayu tidak mengalami pembatubaraan. Berdasarkan pernyataan tersebut penulis merujuk dari [7], bahwa adanya beberapa jaringan serat kayu tidak mengalami proses penggambutan dan pembatubaraan, hal ini disebabkan jaringan serat kayu tersebut telah mengalami oksidasi membentuk *charcoal* (arang kayu) akibat terjadi kebakaran hutan sehingga yang tersisa tinggal karbon organik (C organic), sehingga *charcoal* (arang kayu) tersebut tidak bisa terdekomposisi oleh bakteri anaerob, dengan demikian *charcoal* tersebut tidak mengalami ubahan ketika proses penggambutan dan pembatubaraan berlangsung (Gambar 10). *Charcoal* (arang kayu) merupakan *reservoir* untuk terendapkannya koloid silika melalui rongga atau porositas dalam *charcoal* itu sendiri [6]. *Charcoal* merupakan tempat dimana koloid silika terendapkan dalam rongga pori selanjutnya akan menggantikan jaringan kayu menjadi *silicified wood* (*silicified coal*) (Gambar 8). Sumber koloid silika berasal dari silika dari mineral kaolinite, montmorilonit dan kristobalite yang ada dalam batulempung tufaan yang terletak di bagian atas (*roof*) batubara seam-1.



Gambar 10. Rekonstruksi pembentukan *charcoal* (arang kayu) [7]

Berdasarkan data XRD mineral kaolinite dan montmorillonite merupakan utama yang menjadi terbukti sebagai penyebab terbentuknya silicified coal. Reaksi mineral montmorillonite dengan air akan mengalami perubahan menjadi kaolinite dan melepaskan senyawa silika. Reaksinya sebagai berikut:



Proses perubahan tersebut menghasilkan senyawa silika yang larut bersama air. Selanjutnya silica mengisi rongga jaringan serat kayu dalam charcoal sehingga menjadi *silicified wood/silicified coal* ([6]. Kehadiran *silicified wood (silicified coal)* dengan kuat tekan antara 7407,25 kpa - 22.487,28 kpa, sangat berbahaya gigi excavator ketika operasi penggalian batubara oleh berlangsung dan berbahaya terhadap gigi *crusher* ketika proses peremukan batubara. Oleh karena perlu disarankan perlu pengawasan yang teliti baik di ROM tambang maupun di *front* tambang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan di atas maka kesimpulannya adalah :

1. Penamaan *silicified wood (silicified coal)* berasal dari arang kayu (*charcoal*) dalam lapisan batubara yang telah tergantikan oleh koloid silika.
2. Batuan sedimen pengapit bagian atas suatu lapisan batubara adalah kunci sumber asal mineral silika
3. Jenis mineral lempung di batulempung tufaan sebagai sedimen pengapit atas dari lapisan batubara seam-1 adalah kaolin yang kaya silika.
4. Kuat tekan *silicified wood* dalam batubara seam-1 Muara Wahau adalah antara 7407,25 kpa - 22.487,28 kpa, adalah masalah serius ketika proses penambangan beroperasi terutama kekuatan gigi excavator dan crusher, sehingga perlu pengawasan yang teliti baik di ROM tambang maupun di *front* tambang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allen G.P., and Chambers L.C., 1998. Sedimentation in the Modern and Miocene Mahakam Delta, Indonesian Petroleum Association. 231p.
- [2] Amijaya, H., Tambaria, T.N., and Murti, H.T.B (2016) Mineralogy of Silicified Coal in Muara Enim Formation, Tanjung Enim, South Sumatera., Sriwijaya International Conference on Engineering, Science and Technology 2011.
- [3] Dietrich, D., Lampke, T., Robler, R. 2012. *A Microstructure Study on Silicified Wood From The Permian Petrified Of Chemitz*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- [4] Haldar, S. K., 2020. Introduction to Mineralogy and Petrology. Science Direct Elsevier Second Edition.
- [5] Ott, H.L., 1987. The Kutai Basin a Unique Structural History, Proceeding IPA 16th Ann,Conv. p.307-316.
- [6] Sigleo, A.C., (1978) Organic Geochemistry of Silicified Wood, Petrified Forest., National Park, Arizona., *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 42, 13971405.
- [7] Stach, E., Mackowsky, M., Th., Teichmuller, M., Tailor, G.H., Chandra, D. & Techmuller,R., 1982. *Stach's Textbook*.
- [8] Supriatna, S., Abidin, Z.A., 1995. *Geological Map of Muara Wahau, Sheet*, Scale 1:250.000. Geological Research and Development Center, Bandung.