

**Karakteristik Geokimia Dan Komposisi Mineral Serta Isolasi Dan Identifikasi Kandungan Selulosa Pada Kayu Petrisian Dan In-Situ Araucarioxylon Di Kawasan Geopark Merangin**

*Characteristics of Geokimia and Mineral Composition and Isolation and Identification of Cellulose Contains in Petrisian Wood and In-Situ Araucarioxylon in Geopark Regions Merangin*

**Meisya Karyawanti, Sutrisno dan Julius**  
Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Jambi  
E-mail: Mkaryawanti@gmail.com

**ABSTRACT**

*The purpose of this study is to determine the characteristics and mineral content and cellulose identification of petrified wood fossils and araucarioxylon in Geopark Merangin Jambi. This research was conducted in Merangin Geopark Area in Merangin District of Jambi Province. This research was conducted in 2015. From the research result, it can be concluded from geochemical perspective and fossilization process of petrified wood fossil and insitu araucarioxylon. It is known that the main composite component of the wood fossil is silica (Si) and Oxygen (O) and the result of isolation and cellulose identification by method FT-IR and UV-Vis from petrified wood fossils and insitu araucarioxylon have not found cellulose content as the main constituent of wood.*

*Keywords : Wood fossil petrified, Araucarioxylon, cellulose, Si dan O<sub>2</sub>*

**PENDAHULUAN**

**Latar Belakang**

Batang Merangin merupakan tempat keberadaan flora Jambi dan memiliki keterkaitan dan interaksi yang erat dengan masyarakat setempat. Hal tersebut tercermin dari karakteristik masyarakat yang tidak dapat terlepas dari keberadaan sungai batang merangin. Pada sepanjang tepian sungai ditemukan beberapa potensi aneka ragam batuan yang juga disebut sebagai formasi Mengkarang di Kabupaten Merangin, Provinsi Jambi yakni dikawasan Geopark Merangin dan ditemukan fosil tumbuhan berupa batang pohon yang sudah membatu dan fosil daun *Macraethopteris sp.*, *Cardoites sp.*, *Calamites sp.*, *Pecopteris sp.*, *Lipidodendron*, serta fosil batang pohon *Araucarioxylon* yang telah terawetkan masih berada pada posisi tumbuh (*insitu*).

Fosil tumbuhan “flora Jambi” yang dibuktikan oleh kehadiran fosil batang pohon (*Araucarioxylon*) yang terawetkan ditemukan di Sungai Merangin, pada titik koordinat 02°08’58,11”S dan 102°11’01,8”E. Fosil tersebut merupakan salah satu keragaman geologi (*geodiversity*) pulau Sumatera yang penting bila ditinjau dari sudut

pandangan keilmuan yakni lingkungan, paleogeokimia, paleobiologi dan ilmu kebumihannya. Geodiversitas dari Geopark Merangin memiliki keunikan-keunikan dalam perspektif mineral dan geokimia yang dikandungnya yang ditemui di kawasan batang sungai Merangin yang terletak antara desa Air Batu kecamatan Renah Pembarap, Desa Beiku Tanjung (Teluk Wang Sakti) sampai dengan Desa Ujung Tanjung kecamatan Bangko (Buku saku geopark). Bahkan fosil batang pohon *Araucarioxylon* yang terawatkan masih berada pada posisi tumbuh (*insitu*) yang berpotensi sebagai andalan Geopark Merangin.

*Araucarioxylon* merupakan jenis tanaman purba yang telah punah dan keberadaannya hanya berupa fosil-fosil yang bisa di temukan pada beberapa lokasi. Penelitian dari Booi, M., *et al*, (2014:307) meskipun kayu *Araucariod* miskin dalam karakter diagnostik, jauh diatas 200 spesies Paleozoik ahir telah dideskripsikan dan berdasarkan perbandingan karakteristik kayu *araucariods* yang tumbuh masa kini dengan spesimen Permian Awal “*Araucariods*” yang masih ada dapat dibedakan oleh beberapa (kontinu) karakter. Beberapa penelitian sebelumnya juga telah dilakukan terhadap fosil kayu ini tetapi kebanyakan diantaranya hanya melakukan inventarisasi keberadaan fosil dan jenis spesiesnya. Laporan terakhir menyatakan bahwa genus tanaman purba ini memiliki lebih dari 400 spesies yang tersebar di seluruh permukaan bumi.

Proses fosilisasi tumbuh-tumbuhan identik dengan proses petrifikasi, litifikasi dan permineralisasi. Kayu yang membatu (*petrisian*) adalah bentuk yang paling terkenal dihasilkan dari proses ini. Hingga saat ini, dua model mekanisme dan faktor-faktor yang mempengaruhi petrifikasi masih menjadi kontroversi yakni pengisian atau penggantian. Dalam beberapa penelitian, fosil kayu *petrisian* telah digunakan oleh ahli-ahli geologi untuk menguji lingkungan pengendapan, iklim dan adanya interupsi dari proses sedimentasi, terutama pada fosil kayu *in situ*.

Hingga saat ini, masih belum ada laporan penelitian yang meneliti bahan-bahan organik yang mungkin terawatkan dalam fosil kayu di wilayah Indonesia, terutama situs geologi dari beberapa jenis fosil Jambi Flora di kawasan geopark kabupaten Merangin. Fosil kayu *Araucarioxylon* merupakan satu-satunya fosil kayu yang masih *insitu* dari kawasan Geopark Merangin. Identifikasi tentang kandungan selulosa belum dilakukan serta proses terjadinya fosilisasi fosil kayu tersebut belum teridentifikasi. Penentuan

kandungan kimiawi dan mineral dari fosil kayu tersebut merupakan informasi dasar dalam mempelajari batuan dalam konteks paleogeokimia.

Oleh sebab itu, identifikasi, karakteristik fosil kayu *Araucarioxylon* dan petrisian yang berasal dari kawasan tersebut sangat penting dilakukan untuk memberipetunjuk mengenai unsur- unsur kimia yang terkandung dari fosil kayu *Araucarioxylon* dan petrisian. Selain itu, proses fosililasi fosil kayu sangat penting untuk diketahui sebagai bahan informasi proses pembentukan geologi yang terjadi.

### **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang dikemukakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) Bagaimana karakteristik kandungan mineral dari kayu petrisian dan *in-situ Araucaryoxillon* yang terdapat di kawasan Geopark Merangin, dan (2) Isolasi dan identifikasi kandungan bahan organik berupa selulosa dalam kayu petrisian dan *in-situ Araucaryoxillon* yang terdapat di kawasan Geopark Merangin.

### **Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah (1) Mengidentifikasi secara mikroanalisis karakteristik mineral dari kayu petrisian dan *in situ Araucaryoxillon* yang terdapat di kawasan Geopark Merangin, dan (2) Mengisolasi senyawa organik berupa selulosa dalam fosil kayu petrisian dan *in- situ Araucaryoxillon* yang terdapat di kawasan Geopark Merangin.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilakukan di sekitar kawasan Geopark Merangin yakni disepanjang sungai Batang Merangin mulai dari Desa Air Batu sepanjang 15 Km. Posisi geografis Geopark Merangin (Kusumahbrata dan Suwardi., 2012) berada pada 102°06'07" – 102°12'10" BT dan 2°07'00" – 2°11'47" LS yang merupakan kawasan situs geologi Formasi Mengkarang yang mengandung fosil flora Jambi, Formasi ini tersingkap sepanjang Batang Mengkarang, Merangin, sebagian Batang Mesumai dan Tabir yang terletak sekitar 20 km sebelah barat Kota Bangko. Penelitian ini dilaksanakan bulan Maret 2015 sampai dengan November 2015.

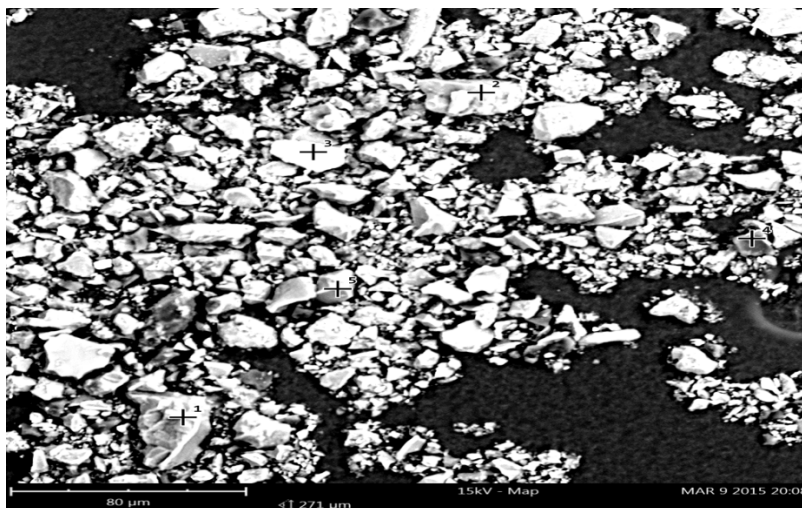
Untuk menjamin akurasi perhitungan, pengolahan data-data percobaan termasuk menampilkannya dalam bentuk grafik/kurva akan dilakukan dengan bantuan program

*EXCELL*. Identifikasi senyawa organik dengan menggunakan FTIR dan UV-Vis. Kandungan mineral seperti kalsit, silika, pirit dan hematit dalam sampel ditentukan dengan menggunakan XRD dan SEM-EDS digunakan untuk menentukan topografi dari sampel fosil kayu petrisian dan *Araucarioxylon*. Semua data, foto, grafik yang diperoleh dari instrument SEM-EDS, XRD sesuai dengan software yang sudah tersedia dalam alat masing-masing. Gambaran spektrum FTIR dan UV-Vis dianalisa dengan standar spektrum yang diperoleh dari penelitian terdahulu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Sampel Fosil Kayu

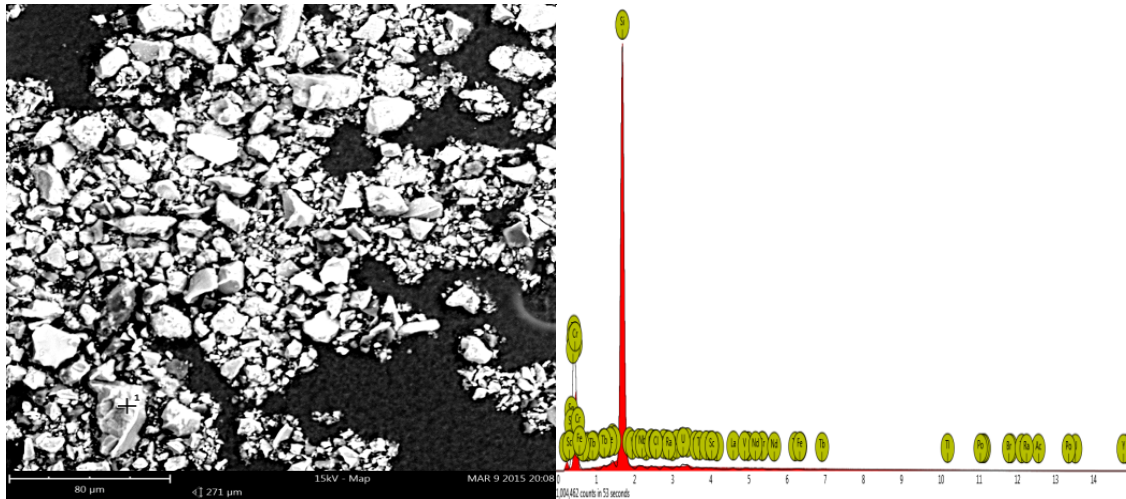
Sampel fosil kayu *Araucarioxylon* dan petrisian dianalisis dengan menggunakan SEM-EDS dan XRD. Analisis SEM-EDS dimaksudkan untuk melihat morfologi permukaan dan mineral yang terkandung dalam fosil kayu *Araucarioxylon* dan petrisian. XRD untuk melihat senyawa penyusun batuan dan fasa Kristal yang terbentuk dari fosil kayu *Araucarioxylon* dan petrisian. Hasil SEM fosil kayu petrisian dan *Araucarioxylon* ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 1. Morfologi Fosil Kayu *Araucarioxylon* Hasil SEM**

Untuk selanjutnya, dilakukan analisis kandungan mineral dengan menggunakan EDS yang mana dipilih lima spot secara acak untuk mewakili semua sampel yang ada. Hasil EDS kelima spot tersebut ditunjukkan pada gambar dibawah ini;

### Spot 1

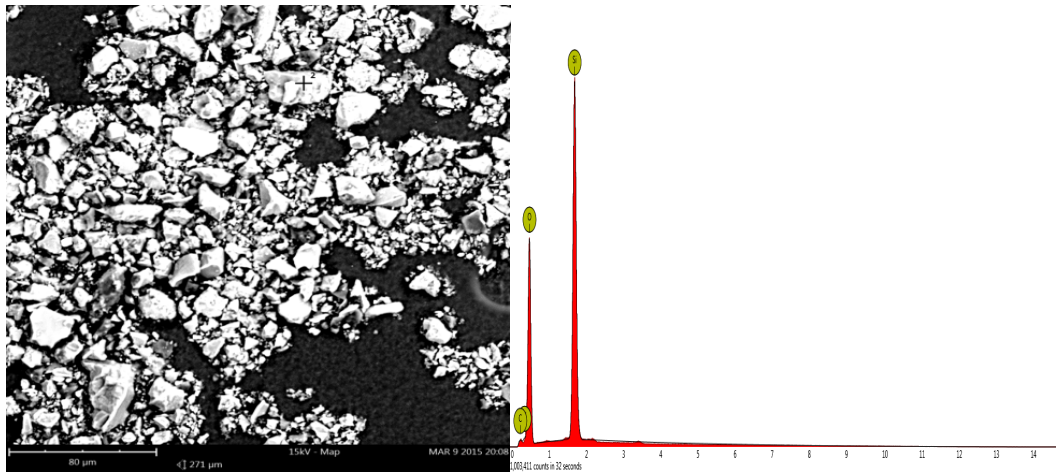


Gambar 2. Hasil SEM EDS spot 1 Fosil Kayu *Araucarioxylon*

Tabel 1. Kandungan Mineral Hasil spot 1 Fosil Kayu *Araucarioxylon*

Element Number	Element Symbol	Element Name	Concentration
14	Si	Silicon	59.4
35	Br	Bromine	2.1
39	Y	Yttrium	2.7
50	Sn	Tin	3.6
34	Se	Selenium	1.1
19	K	Potassium	0.9
81	Tl	Thallium	2.0
41	Nb	Niobium	2.5
89	Ac	Actinium	4.4
92	U	Uranium	4.0
84	Po	Polonium	3.6
88	Ra	Radium	2.4
12	Mg	Magnesium	0.8
17	Cl	Chlorine	0.4
52	Te	Tellurium	1.2
53	I	Iodine	1.3
21	Sc	Scandium	0.4
57	La	Lanthanum	1.9
23	V	Vanadium	0.6
24	Cr	Chromium	0.5
60	Nd	Neodymium	1.7
65	Tb	Terbium	1.6
26	Fe	Iron	0.7

**Spot 2**

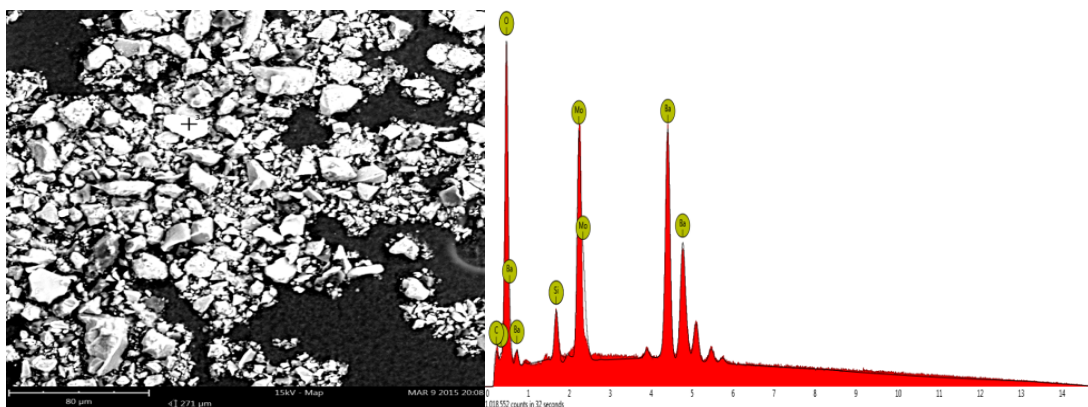


**Gambar 3. Hasil SEM EDS spot 2 Fosil Kayu *Araucarioxylon***

**Tabel 2. Kandungan Mineral Hasil spot 2 Fosil Kayu *Araucarioxylon***

Element Number	Element Symbol	Element Name	Concentration
14	Si	Silicon	30.9
8	O	Oxygen	67.5
7	N	Nitrogen	1.3
6	C	Carbon	0.3

**Spot 3**

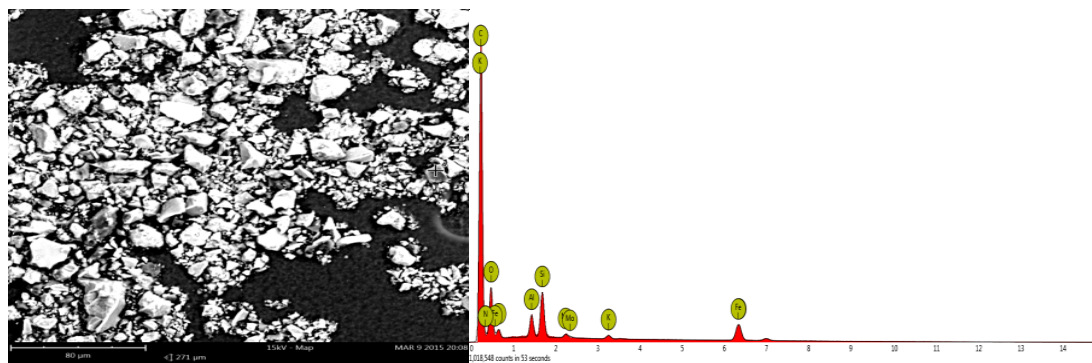


**Gambar 4. Hasil SEM EDS spot 3 Fosil Kayu *Araucarioxylon***

**Tabel3. Kandungan mineral Hasil spot 3 Fosil Kayu *Araucarioxylon***

Element Number	Element Symbol	Element Name	Concentration
56	Ba	Barium	40.8
8	O	Oxygen	37.4
42	Mo	Molybdenum	19.0
14	Si	Silicon	1.8
7	N	Nitrogen	0.8
6	C	Carbon	0.3

**Spot 4**

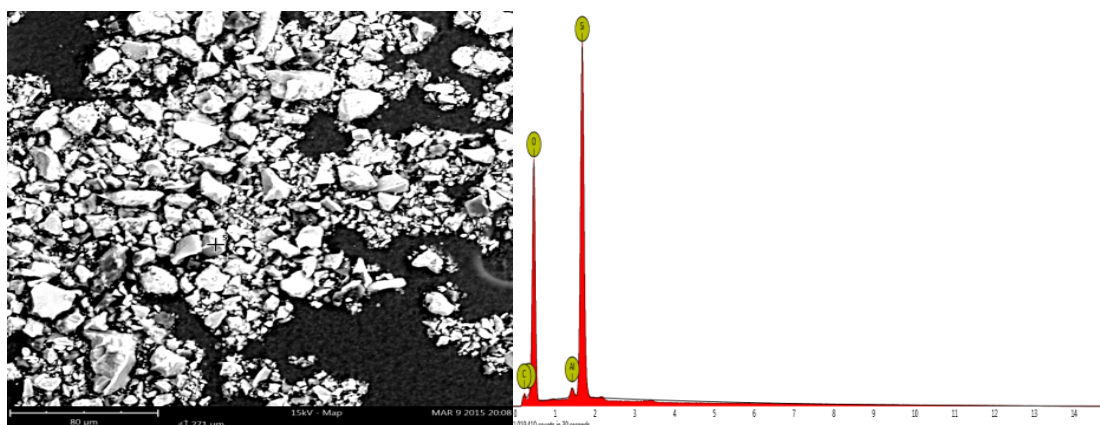


**Gambar 5. Hasil SEM EDS spot 4 Fosil Kayu *Araucarioxylon***

**Tabel4. Kandungan Mineral Hasil spot 4 Fosil Kayu *Araucarioxylon***

Element Number	Element Symbol	Element Name	Concentration
6	C	Carbon	28.1
14	Si	Silicon	6.8
8	O	Oxygen	41.7
26	Fe	Iron	13.7
13	Al	Aluminium	4.1
7	N	Nitrogen	3.3
19	K	Potassium	0.9
42	Mo	Molybdenum	1.5

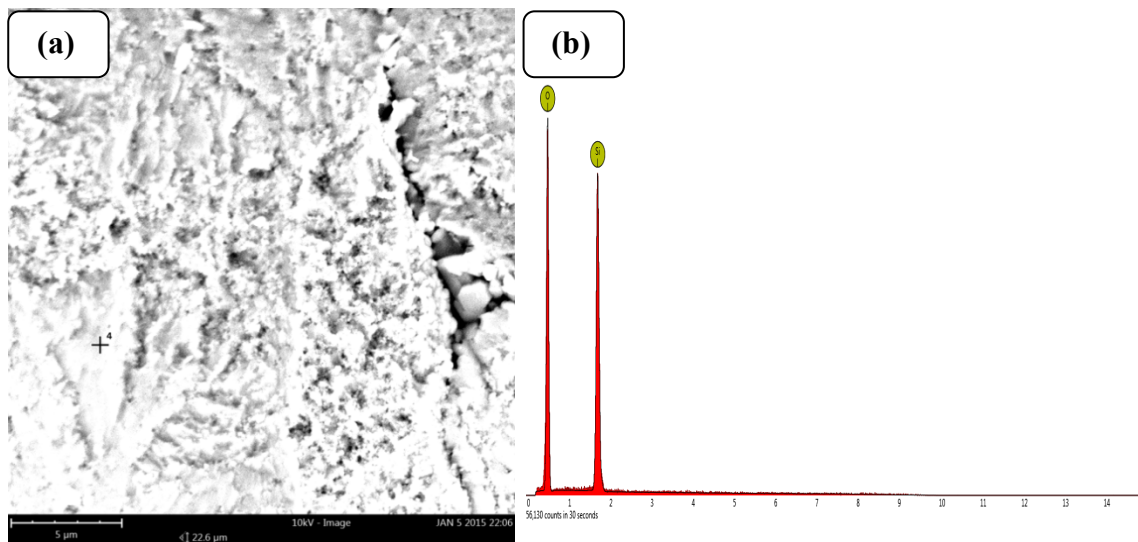
**Spot 5**



**Gambar 6. Hasil SEM EDS spot 5 Fosil Kayu *Araucarioxylon***

**Tabel5. Kandungan Mineral Hasil spot 5 Fosil Kayu *Araucarioxylon***

Element Number	Element Symbol	Element Name	Concentration
14	Si	Silicon	28.2
8	O	Oxygen	69.2
13	Al	Aluminium	0.9
7	N	Nitrogen	1.2
6	C	Carbon	0.5

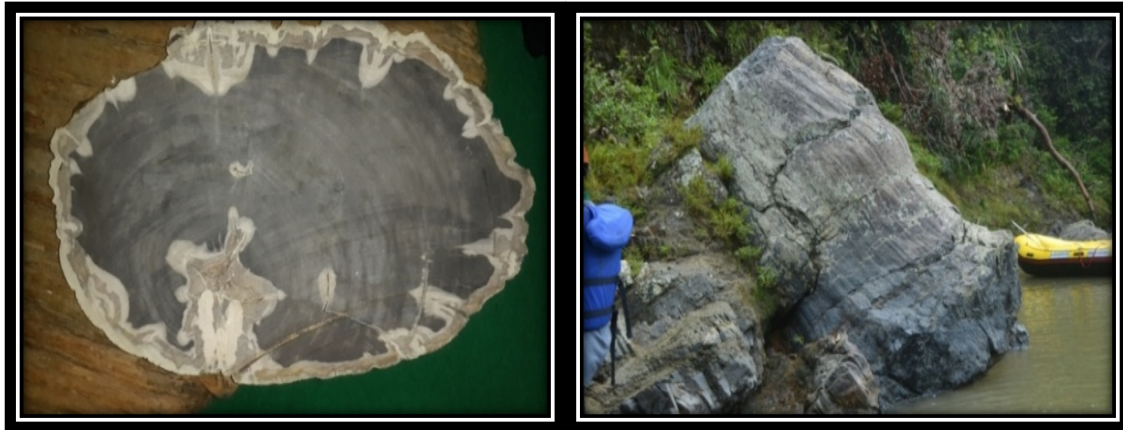


**Gambar 7. Morfologi fosil kayu *petrisian* hasil SEM EDS**

Dari hasil SEM-EDS diperoleh penyusun utama dari fosil kayu *petrisian* adalah unsur Si dan O. hal ini menunjukkan komponen terbesar dalam fosil kayu tersebut adalah  $\text{SiO}_2$ .

Hasil SEM-EDS yang disajikan pada Gambar 1 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa morfologi fosil kayu *Araucarioxylon* dan *petrisian* memiliki struktur morfologi yang berbeda. Fosil kayu *Araucarioxylon* memiliki ukuran partikel yang lebih besar dibandingkan fosil kayu *petrisian*. Partikel fosil kayu *Araucarioxylon* berbentuk bongkahan-bongkahan yang saling terpisah, sedangkan fosil kayu *petrisian* memiliki partikel yang saling menyatu dan lebih halus. Dari hasil EDS diketahui bahwa pada fosil kayu *Araucarioxylon* dan *petrisian* terdapat kandungan silika dan oksigen yang menunjukkan adanya proses silifikasi.

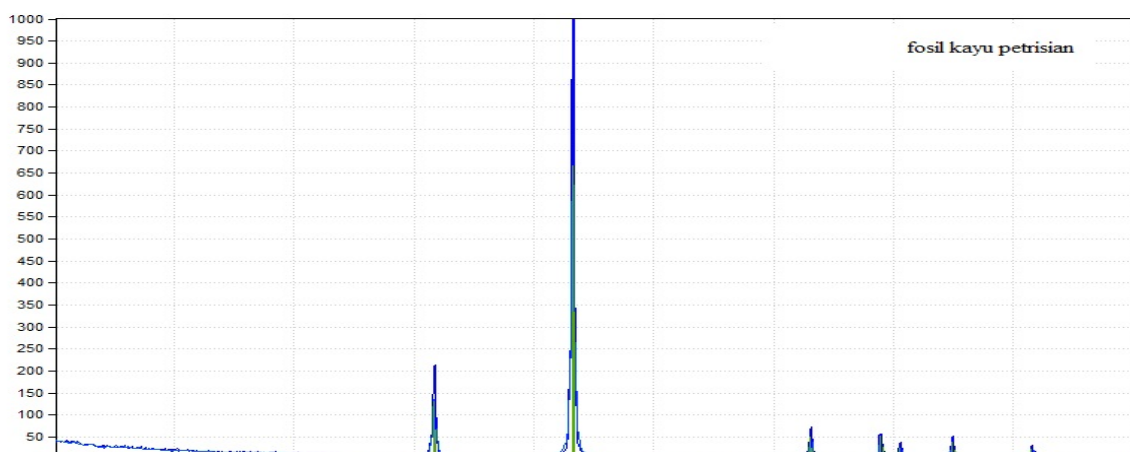


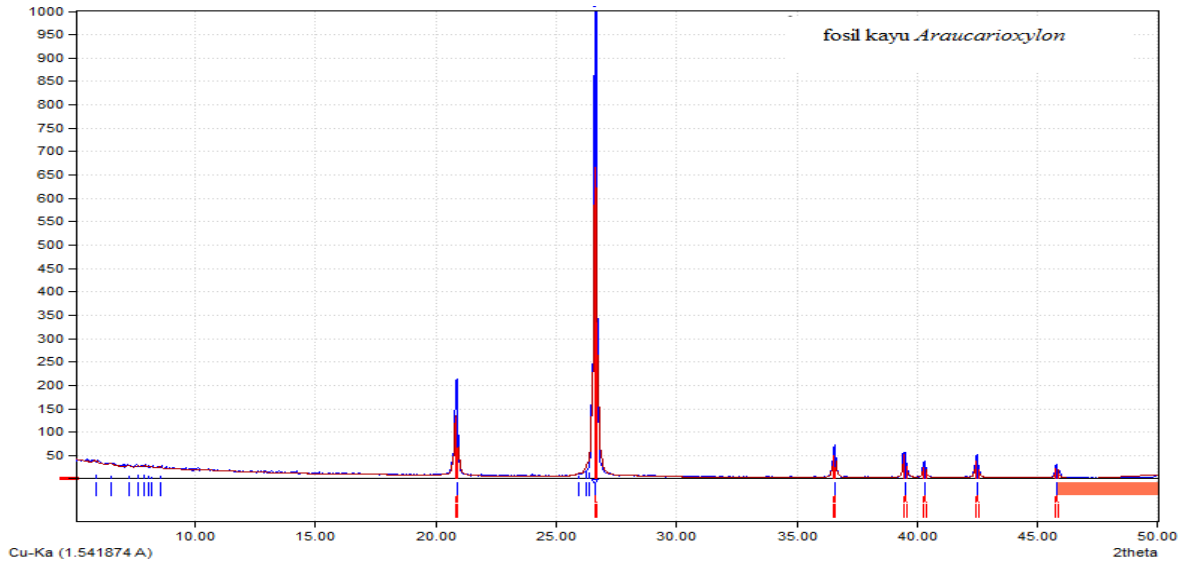


Gambar 8. Fossil Kayu Petrisian dan *Araucarioxylon*

Selain itu warna hitam dari fosil kayu yang dihasilkan disebabkan oleh tingginya kandungan Fe dan beberapa unsur transisi.

Adanya silika dan oksigen sebagai penyusun utama sampel fosil kayu juga diperkuat hasil karakterisasi dengan XRD. Karakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffractometer*) dilakukan untuk mengetahui komposisi dan menentukan intensitas dan kristalinitas dari sampel fosil kayu dengan cara mengidentifikasi fase kristal. Data yang diperoleh berupa jarak antar bidang, intensitas dan sudut difraksi ( $2\theta$ ) yang kemudian dicocokkan dengan data pola difraksi sinar-x database atau hasil penelitian lain yang telah dilakukan, sehingga senyawa yang terdapat dalam sampel dapat diidentifikasi. Difraktogram hasil uji XRD dapat dilihat pada gambar berikut:

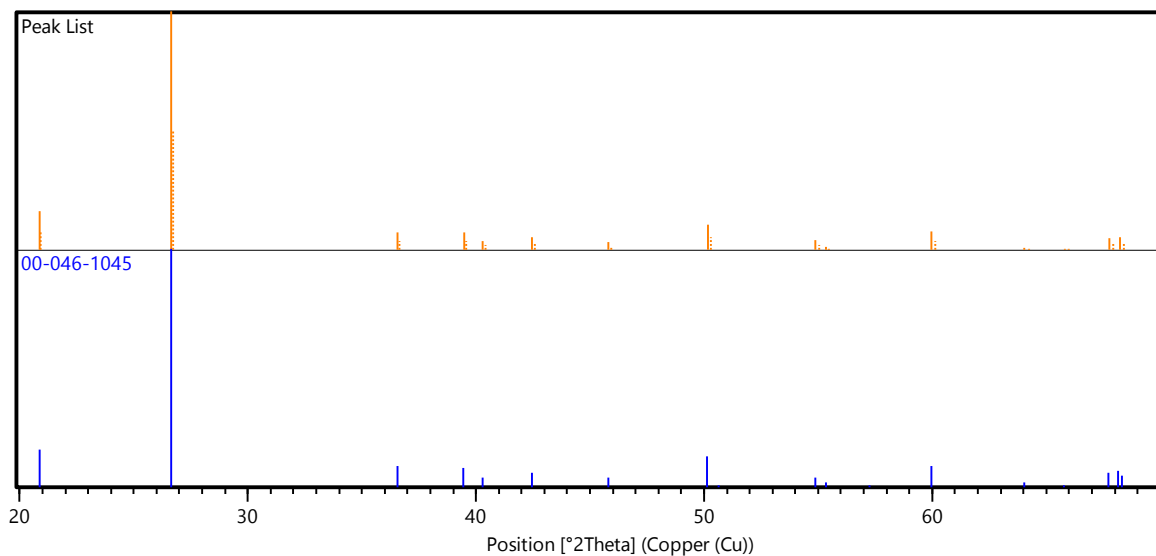




**Gambar 9. Difraktogram XRD sampel fosil kayu petrisian dan araucarioxylon**

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa fosil kayu petrisian dan araucarioxylon memiliki difraktogram XRD yang sama. Dengan demikian kristalinitas dan senyawa penyusunnya pun sama. Hasil difraktogram kedua sampel fosil kayu tersebut menghasilkan puncak yang tajam pada daerah  $2\theta = 26,65^\circ$ ; diikuti puncak pada  $2\theta = 20,87^\circ$ ;  $36,57^\circ$ ;  $39,49^\circ$ ;  $42,48^\circ$ ;  $40,32^\circ$  dan  $45,82^\circ$ .

Selanjutnya difraktogram XRD sampel fosil kayu dicocokkan dengan difraktogram XRD dari database menggunakan program MATCH13, yang mana perbandingannya ditunjukkan pada gambar berikut.

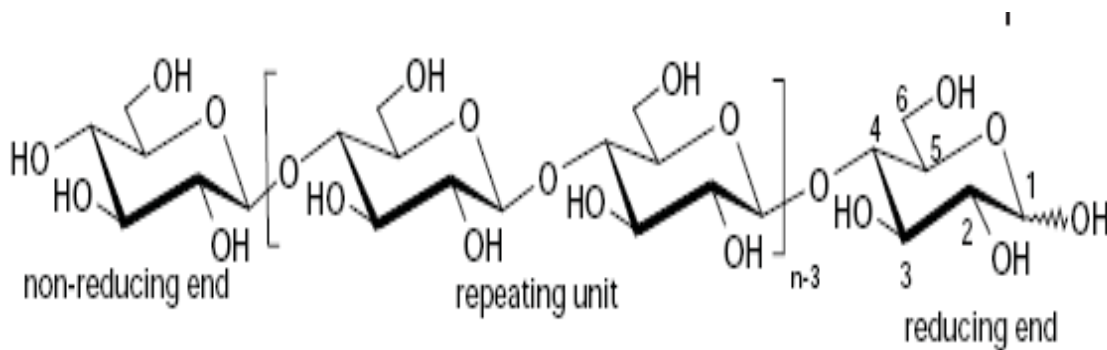


**Gambar 10. Perbandingan difraktogram XRD sampel fosil kayu dengan difraktogram XRD dari database (JCPDS 00-046-1045)**

Jika memperhatikan puncak-puncak difraksi yang diperoleh, Serta dicocokkan dengan puncak-puncak difraksi data base ternyata difraktogram tersebut sama dengan database JCPDS (*Joint Commite on Powder Diffraction Standars*) 00-046-1045 untuk silika dioksida. Dengan demikian kandungan mineral yang terdapat dalam sampel fosil kayu adalah silika dioksida ( $\text{SiO}_2$ ) dalam bentuk quartz.

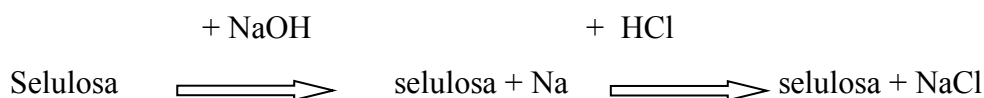
### Isolasi Selulosa

Isolasi selulosa ini bertujuan untuk mengetahui kandungan selulosa dari sampel fosil kayu. Seperti yang kita ketahui komponen utama penyusun dinding sel tanaman salah satunya adalah selulosa. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari berat kering tanaman (Saha, 2004). Selulosa merupakan polisakarida yang terdiri atas satuan-satuan dan mempunyai massa molekul relatif yang sangat tinggi, tersusun dari 2.000-3.000 glukosa. Rumus molekul selulosa adalah  $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ . Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman yaitu senyawa polimer glukosa yang tersusun dari unit-unit  $\beta$ -1,4-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan  $\beta$ -1,4-Diglikosida (Han *et al.*, 1995).



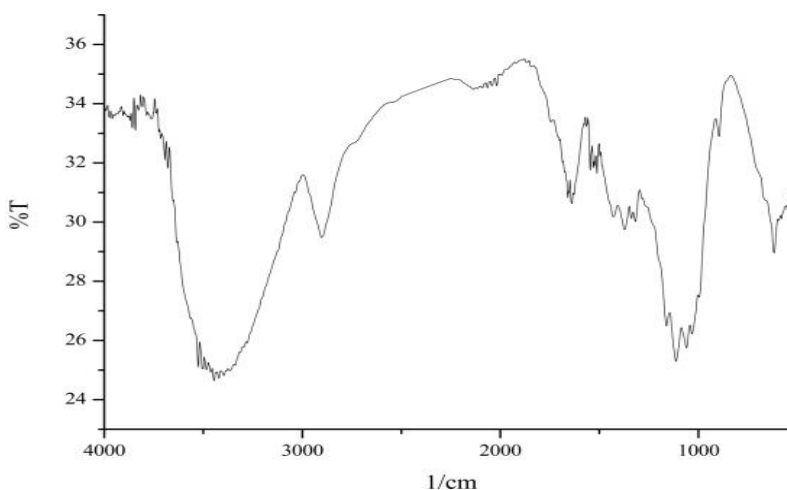
**Gambar 11. Struktur Kimia Selulosa (Sixta, 2006)**

Proses isolasi selulosa pada penelitian ini menggunakan pelarut NaOH dan HCl. Penggunaan NaOH dikarenakan NaOH dapat dengan mudah bereaksi dengan selulosa membentuk Na-selulosa yang larut dalam air. Selanjutnya untuk melepaskan ion Natrium yang terikat pada selulosa direaksikan dengan HCl sehingga terjadi reaksi pergantian yang membentuk selulosa dan hasil samping NaCl (Shukla *et al.*, 2013). Keseluruhan skema diberikan dalam persamaan :



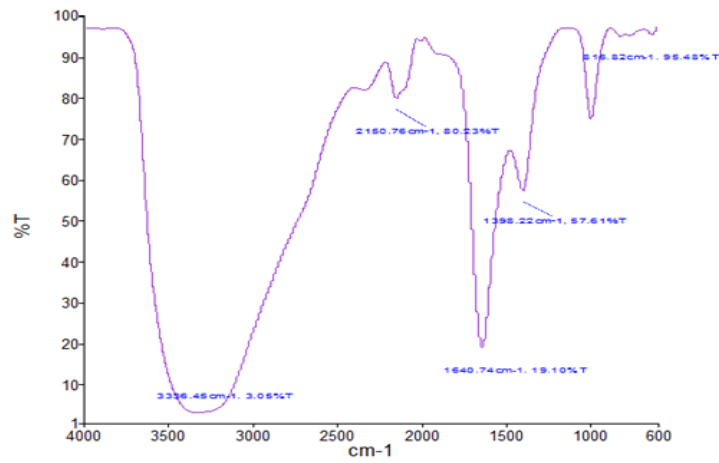
Dari hasil penelitian didapatkan produk berupa filtrat yang kemudian dianalisa dengan FT-IR dan UV-Vis. Tujuan karakterisasi dengan FT-IR ini untuk mengetahui keberadaan gugus fungsi dari produk yang didapat. Analisis ini dilakukan dengan cara membandingkan puncak spectrum produk dengan puncak spektrum selulosa standar (study literatur berdasarkan penelitian terdahulu). Sedangkan analisa dengan UV-Vis bertujuan untuk menguatkan data hasil FT-IR. Spektrofotometri UV-VIS digunakan untuk mengukur transisi-transisi diantara tingkatan-tingkatanelektronik. Transisi tersebut biasanya antara orbital ikatan (orbital pasangan bebas) dengan orbital non ikatan (orbital anti ikatan). Keuntungan selektif dari spektrofotometri UV-VIS adalah dapat menentukan gugus karakteristik dalam molekul-molekul yang sangat kompleks. Parameter yang diperoleh dari spektrofotometri UV-VIS adalah harga panjang gelombang maksimum ( $\lambda$ -maksimal) dan absorban (A) dari senyawa yang dianalisa.

Dari spectrum FTIR sampel kayu petrisian dan kayu *Araucarioxylon* terdapat serapan pada bilangan yang berbeda dengan spektrum FTIR selulosa seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut;

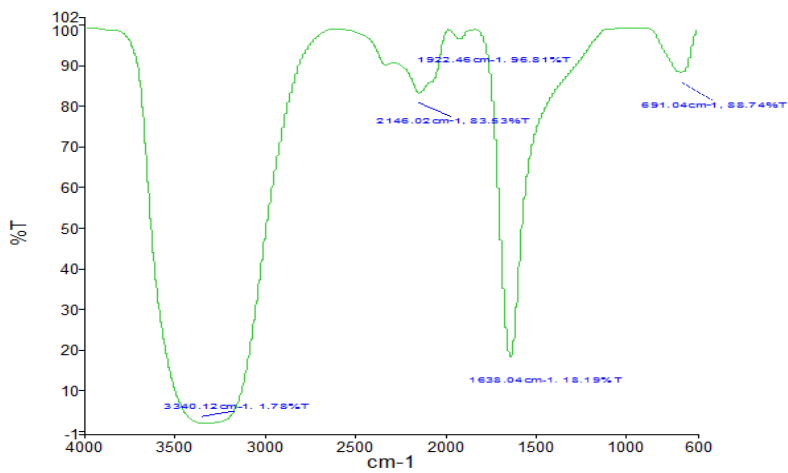


**Gambar 12. Spektrum FT-IR selulosa (Rahman Nur et al, 2016)**

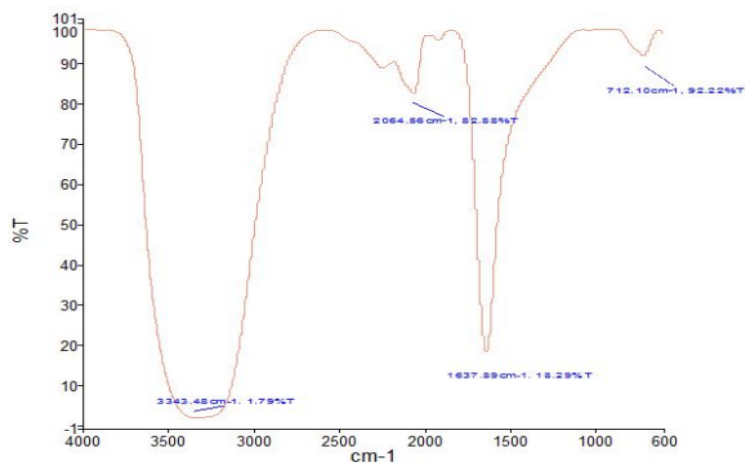
Spektrum FT-IR sampel kayu petrisian dan kayu *Araucarioxylon* menunjukkan serapan yang sama dengan spektrum FTIR senyawa silikat. Berdasarkan penelitian ismailiyah, 2016 silika dapat diisolasi dengan NaOH. Silika bersifat menyerap air sehingga terdapat satu serapan dengan intensitas yang tinggi pada bilangan gelombang  $1637,73 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan vibrasi O-H dari air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Gogoi et al, 2013). Adapun reaksi yang terjadi;



Gambar 13. Spektrum FT-IR Natrium Silikat (Ismailiyah,2016)



Gambar 14. Spektrum FT-IR Sampel kayu *petrisian*

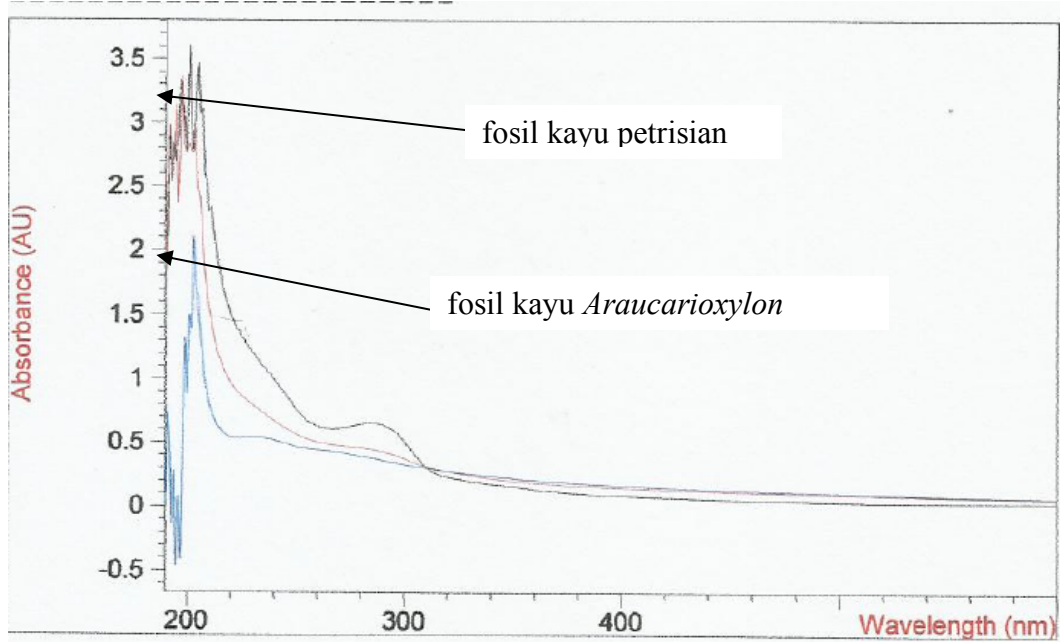


**Gambar 15. Spektrum FT-IR Sampel kayu *Araucarioxylon***

Tabel 6. Interpretasi Hasil FTIR Sampel Kayu Petrisian Dan Kayu *Araucarioxylon*

Bilangan Gelombang		Interpretasi	Refrensi
Petrisian	<i>Araucarioxylon</i>		
3342,8 cm <sup>-1</sup>	3343,48 cm <sup>-1</sup>	Vibrasi Ulur -OH dari silanol (≡Si-OH) atau air	Sriyanti et al., 2005
2165,05 cm <sup>-1</sup>	2064,56 cm <sup>-1</sup>	vibrasi tekuk -Si-O	Halasz ,2001
1637,80 cm <sup>-1</sup>	1637,89 cm <sup>-1</sup>	Vibrasi Tekuk O-H dari molekul air	Sriyanti et al., 2005
	712,10 cm <sup>-1</sup>	Vibrasi ulur simetris dari Si-O pada siloksan (≡Si-O-Si≡)	Linda et al,2015
641,37 cm <sup>-1</sup>		Si-O-Si	Linda et al,2015

Sedangkan untuk spectrum UV-Vis sampel kayu petrisian dan kayu *Araucarioxylon* memiliki panjang gelombang maksimum 203 nm seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut.



**Gambar 16. Spektrum UV-Vis Sampel fosil kayupetrisian dan *Araucarioxylon***

Dimana serapan panjang gelombang 203 mengindikasikan adanya transisi elektron dari orbital yang ditimbulkan akibat adanya ikatan rangkap (Ningsih et al,2012). Jika merujuk kepada hasil FTIR yang mengindikasikan senyawa yang terbentuk merupakan senyawa silikat kemungkinan ikatan rangkap yang dimaksud adalah ikatan – Si= O.

Pada penelitian ini juga hanya dilakukan analisa kualitatif untuk kandungan selulosa dikarenakan sampel fosil kayu yang didapat hanya dalam jumlah sedikit. Dari hasil identifikasi dan karakterisasi sampel fosil kayu dapat dilihat bahwa kandungan utama dari sampel fosil kayu adalah mineral-mineral khususnya silika dioksida. Hal ini menunjukkan adanya proses perubahan atau penggantian kandungan utama kayu berupa senyawa organik digantikan oleh mineral-mineral seperti silika, besi, mangan dan lain sebagainya. proses bahan organik diubah menjadi batu atau zat yang sama disebut petrifikasi. Petrifikasi terjadi dalam dua cara yang berkaitan, yaitu proses penggantian (*replacement*) dan permineralisasi (*void-filling*). Proses penggantian terjadi ketika air melarutkan bagian keras yang asli dan menggantikannya dengan bahan mineral. Permineralisasi merupakan tipe pengawetan dimana setelah organisme terekubur, maka bagian tubuhnya akan digantikan oleh mineral melalui ruang-ruang dalam organisme tersebut.

### **KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan dalam perspektif geokimia dan proses fosilisasi fosil kayu petrisian dan insitu *araucarioxylon* diketahui bahwa komponen penyusun utama dari fosil kayu tersebut adalah silika (Si) dan Oksigen (O) dan hasil isolasi dan identifikasi selulosa dengan metode FT-IR dan UV-Vis dari fosil kayu petrisian dan insitu *araucarioxylon* belum ditemukan adanya kandungan selulosa sebagai unsur utama penyusun kayu.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Booi, M., van Waveren, I.M., dan van Konijnenburg-van Cittert, JHA. 2014. *Wood anatomical variability in Early Permian 'Araucarioids'*. International Association of Wood Anatomists (IAWA), IAWA Journal 35 (3); 307, Published by Koninklijke Brill NV, Leiden.
- Gogoi, Krishna et al. 2013. *Immobilizing Silver Nanoparticles (SNP) On Musa Balbisiana Cellulose*. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 102 (2013) 136– 138 journal home page: [www.elsevier.com/locate/colsurfb](http://www.elsevier.com/locate/colsurfb)
- Han, S. J., Yoo, Y. J., Kang, H.S. 1995. *Characterization of bifunction cellulase and its structural gene*. Journal of biological chemistry. 270:20612-20619.

Ningsih, Rachmawati et al, 2012. *Karakterisasi Ekstrak Teh Hitam Dan Tinta Cumi-Cumi Sebagai Fotosensitiser Pada Sel Surya Berbasis Pewarna Tersensitisasi*. Sainstis. Volume 1, Nomor 2, Januari – Juni 2012 ISSN: 2089-0699.

Saha, B.C. 2004. *Lignocellulose Biodegradation and Application in Biotechnology*. US Government Work. American Chemical Society. 2-14.

Shukla et al 2013. *Preparasi And Characterization Of Cellulose Derived From Rice Husk For Drug Delivery*. Adv. Mat. Lett. 2013,4(9),714-719.