

STRUKTUR MAKROSKOPIS DAN MIKROSKOPIS FOSIL KAYU ASAL DESA BANGUN REJO, KABUPATEN KUTAI KARTANEGARA

Mia Maulida, Nani Husien*, Agus Sulisty Budi, Erwin, Ahmad Aryanto
Laboratorium Biologi dan Pengawetan Kayu, Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman
Samarinda Kalimantan Timur 75123, Indonesia
*Email: nanihusien@gmail.com

Received : 09 Agustus 2021. *Accepted*: 16 Maret 2022

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui struktur Makroskopis dan Mikroskopis fosil kayu yang ditemukan di Desa Bangun Rejo, Kabupaten Kutai Kartanegara. Pengamatan struktur makroskopis meliputi warna, kekerasan dan berat jenis, sedangkan pengamatan mikroskopis (struktur sel) fosil kayu dilakukan melalui tiga bidang yaitu bidang Transversal (X), Tangensial (T), dan Radial (R) dengan menggunakan Stereo Microscope NIKON SMZ 645 dan Research Microscope Eclipse E400 yang dilengkapi Kamera Nikon. Sel yang dihitung meliputi sel pori (diameter, tinggi dan jumlah sel), sel jari-jari (tinggi, lebar dan jumlah sel, dan persentase sel. Kekerasan dihitung dengan menggunakan alat uji batuan yaitu Diamond selector II, sedangkan berta jenis menggunakan perhitungan standar umum yaitu perbandingan antara massa dan volume benda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara mikroskopis kedua sampel fosil kayu yang ditemukan adalah fosil Hardwood atau kayu daun lebar yang jenisnya belum diketahui, dengan ciri-ciri memiliki pori, yang kebanyakan terdiri dari pori soliter, jari-jari uniseriate dengan susunan heterogen. Hasil pengamatan makroskopis fosil kayu pada sampel FKM1 memiliki warna coklat gelap, coklat muda dan campuran merah, sedangkan Sampel FKM memiliki warna coklat muda, kuning dan coklat tua. Nilai kekerasan kedua fosil kayu 4 skala mohs dan berat jenis masing-masing sebesar 3,25 dan 3,04.

Kata Kunci: Struktur Makroskopis, Mikroskopis, Fosil Kayu, Kayu daun lebar, Desa Bangun Rejo

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the macroscopic and microscopic structures of wood fossils found in Bangun Rejo Village, Kutai Kartanegara Regency. Observation of the macroscopic structure included color, hardness and density, while microscopic observations were carried out through three sections, namely the Transverse, Tangential, and Radial sections, using Stereo Microscope NIKON SMZ 645 and Research Microscope Eclipse E400 (equipped with a Nikon camera). The counted cells were: Pores (diameter, height, number), Rays (height, width, number), and the percentage of cells. The hardness value was calculated by using a rock hardness tester, namely "Diamond Selector II". Meanwhile, specific gravity was calculated by using general calculation standard for specific gravity, namely the ratio of mass to volume. The results showed that microscopically the two samples of wood fossils found were hardwood fossils (broad leaf wood) whose species was not yet known, with the characteristics of mostly solitary pores, uniseriate rays with heterogeneous arrangement. Meanwhile, the macroscopic observations of wood fossils FKM1 showed dark brown, light brown and a mixture of red. The second FKM2 showed light brown, yellow and dark brown colors. The hardness both was 4 on the Mohs scale, while the density were 3.25 and 3.04, respectively.

Keywords: Macroscopic, Microscopic Structure, Fossil Wood, Hardwood, Bangun Rejo Village

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dikaruniai kekayaan alam yang sangat melimpah, termasuk kekayaan keragaman geologi (geodiversity). Banyak dari keragaman geologi itu merupakan warisan geologi (geoheritage) yang penting untuk pendidikan maupun sebagai aset wisata. (Ahmad, et.al., 2018). Dalam sejarah geologi, kehidupan terutama pepohonan (flora) tumbuh dengan subur di daerah rawa yang juga merupakan asal-muasal dari batubara dan fosil

kayu. Di daerah yang kaya akan fosil kayu, yang sekarang dikenal sebagai Kubah Bayah, sebelumnya diduga merupakan Cekungan Bayah. Dalam cekungan inilah pepohonan tumbuh dengan subur bahkan menjadi pohon-pohon berukuran raksasa (Anonim, 2017). Penelitian mengenai fosil kayu termasuk ke dalam lingkup bidang ilmu paleobotani, merupakan ilmu yang mempelajari fosil tumbuhan. Kajian dalam bidang ilmu paleobotani meliputi aspek fosil tumbuhan, rekortuksi taksa, dan sejarah evolusi dunia tumbuhan. Untuk dapat memahami Paleobotani



dengan baik diperlukan penguasaan pada bidang-bidang ilmu pendukung, seperti geologi, anatomi tumbuhan, dan taksonomi tumbuhan (Susandarini, 2004).

Sejumlah temuan fosil kayu di Kalimantan Timur mulai terungkap sejak ditemukannya beberapa fosil kayu di beberapa lokasi di Kabupaten Kutai Kartanegara pada tahun 2001. Fosil-Fosil kayu yang berada di sekitar perkebunan masyarakat namun tidak dianggap sebagai bahan temuan berharga. Penelitian awal terhadap beberapa kayu fosil yang ditemukan di Kabupaten Kutai Kartanegara, yang menyimpulkan bahwa beberapa fosil kayu yang diidentifikasi secara makro merupakan jenis tumbuhan kayu berdaun lebar (Hardwood) (Husien, et.al 2016). Oleh karena banyaknya fosil kayu yang ditemukan di Kalimantan Timur, khususnya di Kutai Kartanegara yang belum diketahui jenisnya maupun karakteristik makro dan mikroskopinya, maka dilakukan penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Lokasi Pengambilan sampel

Sampel diambil dari Desa Bangun Rejo, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara. Pengamatan Makroskopis dan Mikroskopis dilakukan di Laboratorium Biologi dan Pengawetan Kayu Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda Kalimantan Timur. Lokasi pengambilan sampel fosil kayu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1:



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Fosil Kayu Lokasi di Desa Bangun Rejo, Kabupaten Kutai Kartanegara. (Aplikasi Archgis, 2019)

Bahan dan Alat

Sampel penelitian terdiri dari dua buah fosil kayu (FKM1 dan FKM2) yang diambil dari Desa Bangun Rejo, Kutai Kartanegara Kalimantan Timur.



Gambar 2. Kondisi Sampel Fosil Kayu di lokasi perkebunan Desa Bangun Rejo: A) Sampel fosil kayu FKM1 dan B) Sampel fosil kayu FKM2

Bahan yang digunakan yaitu: 1). Bubuk Karborundum 2). Entellan; 3). Objek glas 4). Cover glas 5). Canada balsam; 6). Kertas amplas 7) Air. Sedangkan alat-alat yang digunakan antara lain: 1). Mesin pemotong batu; 2). Mesin penghalus; 3). Loupe perbesaran 10x; 4). Alat tulis; 5). Kamera digital; 6). Box atau plastik; 7). Kertas label; 8). Microscope; 9). Beker gelas 10) Alat uji kekerasan; 11) Timbangan digital; 12) Mesin Gerinda.

Prosedur Penelitian

Pembuatan Sampel makro (laboratorium Biologi Kayu, 2016) :

1. Fosil Kayu dipotong dengan ukuran (3x3x3) cm, kemudian dihaluskan permukaannya untuk menentukan dan memperjelas ketiga bidang penampang kayu.
2. Setelah struktur ketiga bidang terlihat dengan jelas, lalu fosil kayu dibersihkan dengan air.
3. Pengamatan makro pada tiga bidang penampang dilakukan secara kasat mata dan bantuan loupe perbesaran 8x -10x.

Pembuatan Sampel Mikroskopis (Badan Geologi Bandung, 2017) :

1. Dua sampel fosil kayu dipotong tipis pada tiga bidang dengan ketebalan sekitar 50 μ m
2. Setiap irisan fosil lalu digosok diatas mesin amplas, ditaburi serbuk korbordum 320 mesh dan air
3. Irisan dicuci kembali dan digosok diatas kaca dengan serbuk Karborundum 600 mesh agar lebih halus dan tipis
4. Selanjutnya irisan yang telah tipis direkatkan pada objek glass yang sudah diolesi canada balsam dan diamankan hingga dingin dan melekat dengan baik, tanpa ditutup coverglas
5. Setiap irisan fosil yang sudah melekat pada objekglas selanjutnya digosok kembali dengan serbuk korbordum hingga terlihat tipis (terlihat struktur sel) dengan melihatnya di bawah mikroskop.

6. Untuk mendapatkan ketipisan sesuai yang diinginkan (20-30 μ m), irisan fosil selanjutnya dibersihkan dengan air dan digosok kembali selanjutnya dikeringkan sebentar dan diberi perekat serta ditutup dengan cover glass hingga kering selama lebih kurang 24 jam. Selanjutnya preparat dapat dilakukan pengamatan dengan mikroskop.

Prosedur Pengamatan

Pengamatan Struktur Makroskopis Fosil Kayu

Pengamatan struktur makroskopis fosil kayu berbeda dengan pengamatan makroskopis pada kayu solid, dalam penelitian ini pengamatan makroskopis fosil kayu dilakukan dengan mengamati: warna kayu, lingkaran tahun, SIA, porositas, kekerasan kayu dan berat jenis. Prosedur pengamatan makroskopis yang dilakukan di jelaskan sebagai berikut:

1. Pengamatan warna fosil kayu pada ketiga bidang secara kasat mata atau dengan bantuan loupe perbesaran 8x-10x dan mengamati keberadaan sel-sel anatomi pada ketiga bidang X, T, dan R dengan menggunakan Mikroskop SMZ 465 untuk dilakukan pemotretan.
2. Berikutnya dilakukan uji kekerasan fosil kayu dengan menggunakan diamond selector II dengan penekanan di empat titik permukaan sampel
3. Pengukuran berat jenis fosil kayu dengan menggunakan timbangan digital, dan gelas ukur dengan cara memasukkan sampel yang telah di timbang kedalam gelas ukur yang berisi air penuh. Selanjutnya dihitung kenaikan air pada gelas ukur yang berisi sampel. Untuk mendapatkan berat jenis, berat sampel awal di bagi volume air dengan rumus : massa/volume.

Pengamatan Struktur Mikroskopis Fosil Kayu

Pengamatan struktur mikroskopis dan pengukuran sel melalui preparat hasil sayatan menggunakan mikroskop Nikon E400 perbesaran 40x dan 100x yang dilengkapi dengan kamera Nikon.

1. Pengukuran sel pori

Pengukuran sel pori meliputi; tinggi pori yang dilakukan pada bidang tangensial dengan menggunakan garis mikrometer yang terdapat dalam mikroskop Pengukuran diameter pori dilakukan pada bidang transversal (X) pada pori dengan menggunakan mistar/micrometer (mm) yang ada pada mikroskop layar.

2. Pengukuran sel Jari-jari

Pengukuran sel jari-jari meliputi tinggi dan lebar sel jari-jari yang dilakukan pada mikroskop layar pada bidang tangensial Tinggi jari-jari dihitung mulai ujung sel jari-jari pada setiap sel, sedangkan

diameter jari-jari juga dilakukan pada setiap sel jari-jari

3. Pengukuran Jumlah sel pori dan sel jari-jari

Pengukuran jumlah sel pori dilakukan pada bidang transversal dengan menggunakan kertas yang dilubangi persegi empat sesuai dengan ukuran yang telah dikonversikan di mikroskop layar (1 mm x 1 mm), kemudian dihitung jumlah pori yang masuk dalam kotak tersebut. Apabila terdapat sel pori yang tidak utuh terlihat sedikit dalam skala tersebut, maka sel pori dihitung setengah. Sedangkan yang kelihatan utuh dihitung satu, dengan satuan jumlah pori/mm², sedangkan jumlah jari-jari dengan cara menghitung jumlah sel jari-jari per mm. sama halnya dengan pengukuran pada jumlah sel pori, hanya saja sel jari-jari yang terkena atau masuk dalam garis tengah saja yang dihitung. Karena garis tengah sudah menunjukkan ukuran 1 mm, dengan satuan jumlah jari-jari/mm.

4. Pengukuran persentase sel kayu

Pengukuran persentase sel pori, sel parenkim dan sel jari-jari dilakukan dengan menggunakan metode *dot grid* pada mikroskop layar. Cara pengukuran adalah menghitung titik-titik pada dot grid tersebut yang terdapat di dalam sel (pori, jari, maupun parenkim). Adapun jumlah titik-titik di dalam dot grid seluruhnya sebanyak 441 titik (yang berarti 100%). Untuk mempermudah dalam pengukuran persentase sel dibantu dengan hand counter (pencatat angka).

$$\text{Persentase sel} = \frac{\text{jumlah titik yang ada dalam sel}}{441} \times 100 \%$$

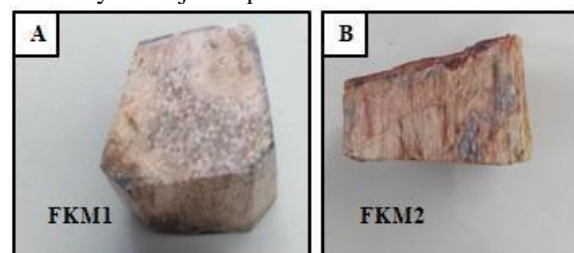
5. Analisis Data

Penyajian hasil pengamatan dilakukan secara deskriptif dan tabulasi, dan juga komparasi data genus fosil kayu yang ditemukan dengan genus masa kini sebagai tambahan, melalui aplikasi identifikasi fosil kayu untuk Asia Tenggara (*Xylarium Bogoriense*, Bogor).

HASIL DAN PEMBAHASAN

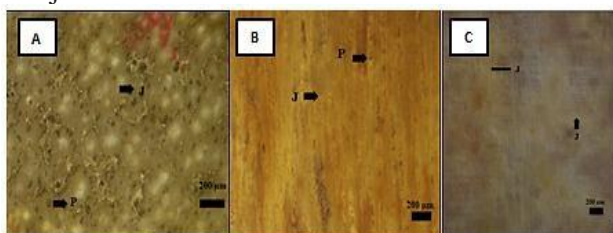
1. Struktur Makroskopis FKM1 dan FKM2

Gambaran struktur makro yang mencakup warna fosil kayu disajikan pada Gambar 3:



Gambar 3. Warna Fosil Kayu pada permukaan Sampel (A) FKM1 dan (B) FKM2

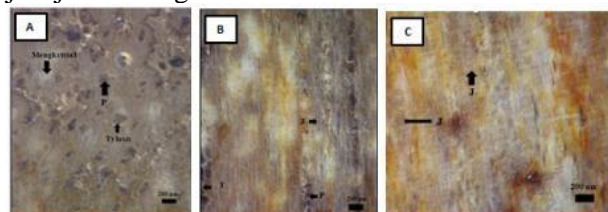
Warna sampel FKM1 (gambar 3A) memperlihatkan warna coklat dan putih serta campuran abu-abu, Lingkaran tahun dan SIA tidak terlihat. Gambar 3B warna pada sampel FKM2 coklat dan merah, Lingkaran tahun dan SIA juga tidak terlihat. Warna susunan sampel FKM1 dan FKM2 yang didominasi berwarna coklat, menurut (Kusmiryati, 2015) termasuk dalam batuan sedimen. Hal ini disebabkan oleh mineral-mineral yang masuk ke dalam sel-sel kayu dan mengendap merupakan sedimentasi yang terjadi di tanah yang prosesnya berlangsung lama sehingga membuat perubahan warna pada fosil. Menurut Sunarty et.al (2017), warna fosil kayu yang cenderung coklat atau putih hal ini disebabkan fosil kayu berada di dinding sungai atau bekas galian batubara yang mengandung endapan batu pasir dan endapan konglomerat. Warna pada penampang FKM1 terdapat campuran warna kemerahan yang secara umum merupakan warna besi oksida, demikian pula warna kuning dan coklat juga berasal dari besi oksida, yang elemennya masuk dan tercampur dengan air/lumpur selama proses perubahan kayu menjadi batuan.



Gambar 4. Struktur Makroskopis FKM1, (a) Bidang Transversal, (b) Bidang Tangensial, (c) Bidang Radial

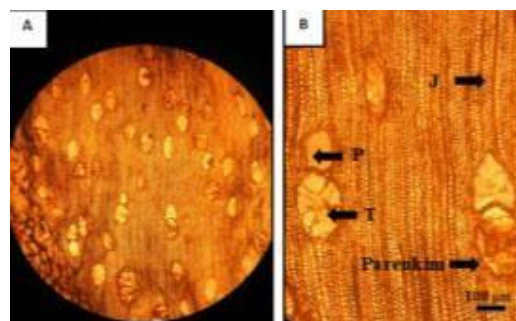
Gambar 4A memperlihatkan bidang transversal FKM1, terdapat fosil kayu memiliki sebaran pori tata baur yaitu pori terlihat tersebar tidak beraturan, baik pori besar dan pori kecil tidak ada susunan tertentu. Pembuluh hampir seluruhnya soliter (90%), hanya beberapa terlihat pori ganda. Terlihat pembuluh berbentuk bulat lonjong atau oval, tidak beraturan (bulat gepeng), kemungkinan diakibatkan tekanan saat proses terisinya kandungan mineral di kayu dalam sel pembuluh dalam jangka waktu yang lama sehingga merubah bentuk dari sel pembuluh (pori). Sedangkan seljari-jarinya halus dan kecil dan memperlihatkan garis lurus kearah radial. Gambar 4B memperlihatkan bidang tangensial FKM1, terdapat pembuluh dengan sel pori bentuk ganda. Untuk sel jari-jari yang sangat halus, dan hampir tidak terlihat secara kasat mata sehingga sukar diamati. Berdasarkan pengamatan makroskopis dengan bantuan loupe dan stereo mikroskop, jari-jari fosil kayu ini tergolong ke dalam jari-jari satu seri

(uniseriate). Gambar 4C memperlihatkan penampang bidang radial FKM1 terdapat sel jari-jari tegak lurus/marginal dengan umumnya terdiri dari 2-4 baris, Terdapat juga sel jari-jari tipe baring yang berbentuk batubata. Pengamatan Struktur Makroskopis penampang FKM2 yang disajikan pada Gambar 5A menunjukkan bidang transversal FKM2, pembuluh berbentuk bulat tidak beraturan (bulat gepeng) kemungkinan diakibatkan tekanan saat proses terisinya kandungan mineral di kayu dalam sel pembuluh dalam jangka waktu yang lama. Ditemukan juga adanya tilosis pada pori. Garis sel jari-jari memperlihatkan bentuk lurus maupun bergelombang kearah radial. Gambar 5B menunjukkan bidang tangensial FKM2 terdapat sel jari-jari sangat kecil dengan bentuk yang tidak begitu jelas jika dilihat secara kasat mata. Sel jari-jari memanjang dan tergolong ke dalam satu seri/uniseriate dengan tipe heterogen. Terdapat pembuluh yang terisis oleh tilosis. Gambar 5C menunjukkan penampang bidang radial (R) perbesaran 20x. Pada penampang radial tampak sel jari-jari yang membentuk susunan sel baring dan sel tegak. Tipe sel jari-jari tergolong dalam tipe sel jari-jari heterogen.



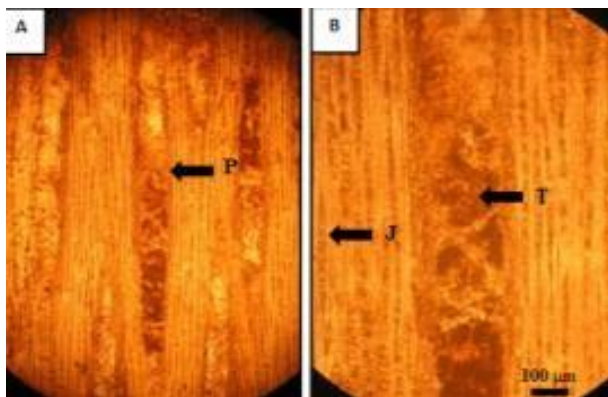
Gambar 5. Struktur Makroskopis FKM2 (A) Bidang Transversal, (B) Bidang Tangensial, (C) Bidang Radial

2. Struktur Mikroskopis FKM1 dan FKM2
Struktur mikroskopis FKM1 dapat dilihat dalam Gambar 6, 7, 8 sebagai berikut:



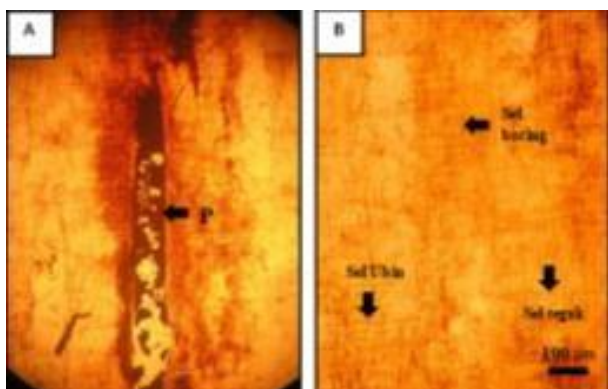
Gambar 6. Struktur Mikroskopis Bidang Transversal FKM1 (A): Pori tunggal dan ganda, sebaran pembuluh pola diagonal, porositas tata baur dan berisi tilosis; (B): Jari-jari, pori, tilosis, dan parenkim.

Gambar 6A memperlihatkan bidang transversal FKM1 terlihat susunan pembuluh dalam pola diagonal dan radial. Pori berbentuk oval atau lonjong dan jarang yang berbentuk bulat. Beberapa pori tampak jelas terisi dengan tiloses. Pori didominasi pori tunggal dan sedikit yang berbentuk ganda. Pada gambar 6B terlihat beberapa pembuluh soliter dan ganda berbentuk oval. Dalam sel pori terlihat adanya deposit berupa tilosis dan terdapat parenkim aksial. Hasil perhitungan FKM1 memiliki rata-rata diameter pori 21,55 μ m, tinggi pori 42,49, dan jumlah 3,9 buah/mm² dengan jumlah persentase sel pori sebesar 12,45%.



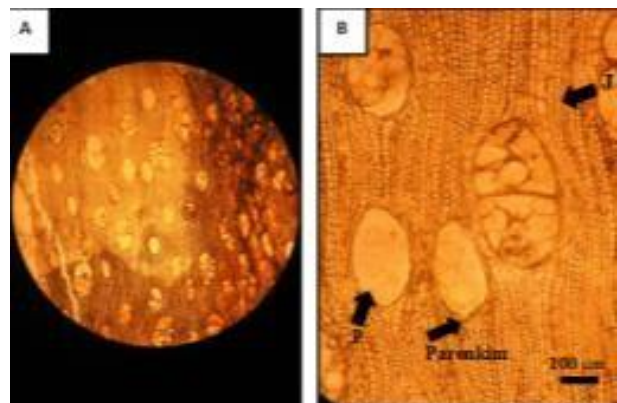
Gambar 7. Struktur Mikroskopis bidang Tangensial FKM1 dengan (A): Bidang Tangensial FKM1; (B) (J) Jari-jari, (P) Pembuluh dan tilosis (T)

Gambar 7A menunjukkan penampang Mikroskopis FKM1 bidang tangensial (T), terdapat jari-jari kecil dan sangat halus dan berdekatan satu sama lain yang secara mikroskopis terlihat sebagai jari-jari tunggal atau jari-jari sempit yang disebut juga jari-jari uniseriate yang terlihat jelas pada gambar 7B. Terdapat juga tylosis didalam pembuluh pada gambar 7B. Hasil perhitungan nilai rata-rata tinggi jari-jari 7,710 mm, lebar 26,38 μ m dan jumlah 6,95 buah/mm, dengan rata-rata persentase sel jari2 sebesar 3,33%.



Gambar 8. Struktur Mikroskopis Bidang Radial (R) FKM1 (A): Tanda panah Pembuluh dan (B): Tanda panah Sel baring, sel tegak dan sel kotak

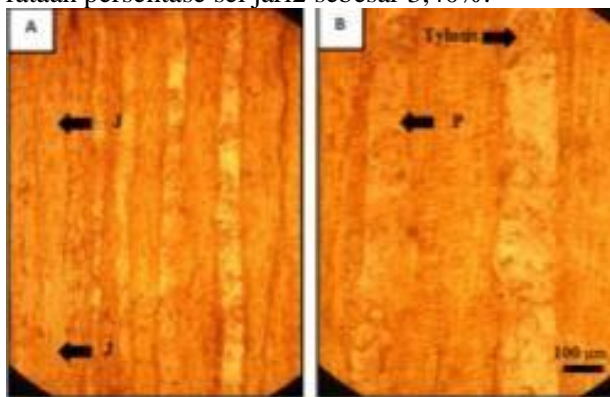
Gambar 8A menunjukkan mikroskopis FKM1 bidang radial (R), terdapat pembuluh yang berisi tilosis. Pada Gambar 8B terdapat sel jari-jari, dimana sel umumnya terdiri dari 2-4 baris sel kotak atau marjinal/persegi, beberapa terlihat seperti sel ubin yang sel jari-jarinya kosong, sehingga dapat dikatakan bahwa tipe sel jari-jari fosil kayu FKM1 adalah uniseriate heterogen. Gambaran struktur mikroskopis FKM2 pada ke tiga bidang penampang kayu dapat dilihat dalam Gambar 9, 10, 11 sebagai berikut:



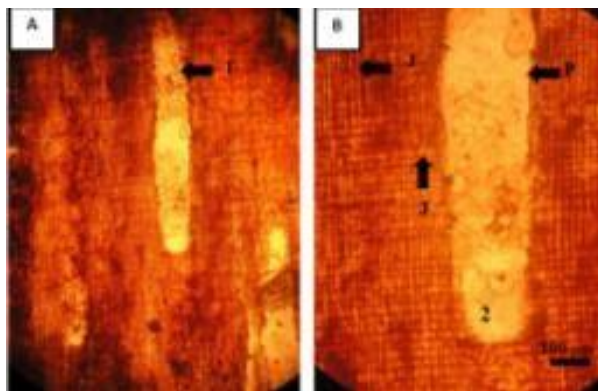
Gambar 9. Struktur Mikroskopis FKM2 bidang transversal, (A): Sebaran pori pola diagonal dan pori yang berisi Tilosis ;(B) Pori, Jari-jari dan Parenkim

Gambar 9A memperlihatkan Struktur Mikroskopis FKM2 bidang transversal dengan susunan pori pola diagonal atau miring. Pori sebagian besar berbentuk oval atau lonjong jarang yang berbentuk bulat, termasuk pori tata lingkaran yang lambat tumbuh dengan pola tangensial . Pada gambar yang sama juga terlihat beberapa pori terisi dengan tiloses. Pori didominasi pori tunggal dan sedikit yang berbentuk ganda. Pada Gambar gambar 9B menunjukkan bidang transversal fosil kayu FKM2 dengan perbesaran 100x terdapat pori ganda dan tunggal dan berbentuk oval (lonjong), terdapat parenkim paratrakeal, juga terlihat garis jari-jari sempit, dan saling berdekatan. Sel serabut tampak ber dinding tebal. Kandungan tilosis juga terlihat pada sel pori. FKM1 memiliki rata-rata diameter pori 22,77 μ m, tinggi pori 42,57 dan jumlah 2,93 buah/mm² dengan jumlah persentase sel pori sebesar 13,40%.

Gambar 10A memperlihatkan struktur mikroskopis FKM2 bidang tangensial, terdapat sel jari-jari berbentuk halus yang disebut jari-jari uniseriate yang terdiri dari satu baris sel. Pada gambar 10B terlihat juga pori beiri tilosis. Tilosis berasal dari zat berlebihan dari sel parenkim jari-jari yang keluar ke dinding pembuluh sehingga sebagian ataupun seluruh tilosis ini mampu menyumbat atau memenuhi sel pembuluh. Hasil perhitungan nilai rata-rata tinggi jari-jari 7,791 mm, lebar 32,46 μm dan jumlah 7,5 buah/mm, dengan rata-rata persentase sel jari-jari sebesar 3,40%.



Gambar 10. Struktur Mikroskopis FKM2 bidang tangensial (A): Tanda panah Jari-jari Uniseriate; (B) Pembuluh dan tilosis.



Gambar 11. Struktur Mikroskopis FKM2 Bidang Radial (A): Pori berisi tilosis (B): Sel pori dan Jari-jari heterogen

Gambar 11(A) menunjukkan Struktur mikroskopis FKM2 bidang radial, terdapat kandungan tilosis di dalam sel pembuluh dan berdekatan dengan sel parenkim jari-jari, demikian pula Gambar 11(B) memperlihatkan struktur sel anatomi pada bidang radial dengan sel jari-jari uniseriate tipe heterogen yang umumnya terdiri dari sel tegak dan sel baring, terdiri dari 2-4 baris sel.

KESIMPULAN

1. Warna fosil kayu FKM1 pada permukaan penampang berwarna campuran coklat, putih, dan abu-abu. Sedangkan pada permukaan FKM2 memiliki warna coklat, merah dan abu-abu.
2. Sampel fosil kayu yang ditemukan termasuk dalam golongan kayu berdaun lebar (Hardwood) dan memiliki pori (Porous wood).
3. Secara Mikroskopis, FKM1 dan FKM2 memiliki sel pembuluh (pori) sebagian besar soliter dan tersusun secara diagonal, porositas tata baur serta jari-jari satu baris (uniseriate) dengan tipe heterogen.
4. Nilai kekerasan fosil kayu FKM1 dan FKM2 masing-masing sebesar 4 skala Mohs.
5. Berat Jenis fosil kayu FKM1 dan FKM2 masing-masing sebesar 3.25 dan 3.04.

DAFTAR PUSTAKA

- Andianto, Lelana NE, Ismanto A. 2012. Identifikasi Fosil Kayu dari Kali Cemoro Kabupaten Sragen, Jawa Tengah. Prosiding Seminar Nasional Biologi, Prospektif Biologi dalam Pengelolaan Sumber Hayati. Fakultas Biologi, UGM. Yogyakarta.
- Andianto, Agus I. 2017. Identifikasi Fosil Kayu asal Lebak dan Bogor. Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis.
- Apri HI. 2008a. Struktur Anatomi Kayu Daun Lebar (Hardwoods) dan Kayu Daun Jarum (Softwoods). Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. USU e-Repository © 2008.
- Apri HI. 2008b. Sifat Fisis Kayu: Berat Jenis dan Kadar Air Pada Beberapa Jenis Kayu. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. USU e-Repository © 2008.
- Aqsha ES, Siagian ERR, Rahayu ID, Oviandari YG. 2017. Analisa Struktur Geologi Desa Bhuana Jaya Bagian Timur, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Prosiding Seminar Nasional IV.
- Dewi LM. 2013. Penelitian Fosil Kayu, Status dan Prospeknya di Indonesia.
- Dokumen Indonesia. com. 2015. Mineral Fluorite. <https://dokumen.tips/documents/mineral-fluorite.html>. Diakses: 26-7-2019.

- Dumanauw J.F. 2001. Mengenal Kayu Pendidikan Industri Kayu Atas (PIKA). Penerbit Kanisius. Semarang
- Eraku S, Permana PA, Hulukati E. 2017. Potensi Sumber Daya Alam Fosil Kayu di Daerah Gorontalo. *Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* 7(2) p: 172-177.
- Hassan KM. 2015. The Fossil Wood of East Cairo, Egypt: A Mineralogical View. *Mineralogia* 45(1) p: 47-57
- Husien N, Sulistyobudi A, Gandi. 2016. Preliminary Research: Feature of Cross Section, Hardness, and Specific Gravity Some Pertified Wood from Loa Janan, Kutai Kertanegara, East Kalimantan. *Journal Modern Environmental Science and Engineering* 10(1) p: 716-722.
- IAWA. 1989. Wood Identification: Macroscopic Characteristics for Wide Leaf Wood. Terjemahan oleh: Sulistyobudi A, Mandang Y.I, Damayanti R, dan Rulliaty S. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor.
- Kagemori N, Mandang IY, Kagemori TY, Hadiwisastra S. 2002. A Case Study on Silicified Fossil Wood in Java Island, Indonesia: A Preliminary Report.
- Kusmiyarti TB. 2015. Penuntun Praktikum Mata Kuliah Agrogeologi dan Lingkungan. Fakultas Pertanian Universitas Udayana Denpasar.
- Mandang YI, Martono D. 1996. Keanekaragaman Fosil Kayu di Bagian Barat Pulau Jawa. *Jurnal Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 14 (5). Puslitbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan Bogor.
- Mandang IY, Kagemori N. 2004. A Fossil Wood of Dipterocarpaceae from Pliocene Deposit in the West Region of Java Island, Indonesia. *Journal of Biodiversitas*. 5(1). p: 28-35.
- Nandi. 2010. Hands out Geologi Lingkungan (GG405) Materi Batuan, Mineral dan Batu Bara.
- Oktariani H, Winantris L, Fauzielly. 2018. Fosil Kayu *Dryobalanoxylon* sp. Pada Formasi Genteng di Kabupaten Lebak Provinsi Banten dan Paleofitogeografinya di Indonesia. *Bulletin of Geology*. 2(1).
- Sucipto T. 2009. Struktur, Anatomi Dan Identifikasi Jenis Kayu. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Sulistyo, R. N. Husien, Erwin, A. Sulistyo Budi. 2021. Ciri Makroskopis Fosil Kayu, Kekerasan dan Berat Jenis Asal Desa Purwajaya, Kutai Kartanegara. *Ulin – J Hut Trop* 5 (1) ; 41-49
- Supriatna S, Rustandi E. 1995. Peta Geologi Lembar Samarinda, Kalimantan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung, Indonesia.
- Supriadi A, Rachman O. 2002. Sifat Pemesinan Empat Jenis Kayu Kurang Dikenal dan Hubungannya Dengan Berat Jenis dan Ukuran Pori. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 20(1).
- Tsoumis, G. 1969. Wood as Row Material. Pergamon Press. Oxford. London. Edinburg. New York. Xylarium.pustekolah.org. Identifikasi Kayu Asia Tenggara.
- Wheeler EA, Baas P, Gasson PE. 1989. Iawa List of Microscopic Features for Hardwood Identification. Leiden, The Netherlands.