

## Ciri Makroskopis Fosil Kayu dari Tiga Desa di Kalimantan Timur

Nani Husien<sup>1</sup>, Mia Maulida<sup>1</sup>, Muhammad Nur Hidayat<sup>1</sup>, Febrian<sup>1</sup>,  
Erwin<sup>1</sup>, Agus Sulityo Budi<sup>1</sup>, Sujiman Kasnadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorium Biologi dan Pengawetan Kayu, Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda

<sup>2</sup>Fakultas Teknik Universitas Kutai Kertanegara, Tenggarong

Email: nhusien@fahutan.ac.id

**Abstract**— Natural resources in East Kalimantan are not only in the form of forests with various types of plants, but the resources also reserve various wood fossils that have lived in the past. Until now, the types of wood fossils are almost unknown. Fossil wood should be a historical asset that needs to be preserved and protected. In addition to being evidence of prehistoric times, it can also be used as material for studying plants in the past. This study was a preliminary study that aimed to identify the macroscopic attributes of wood fossils found in three villages in the Kutai Kertanegara regency, East Kalimantan. The method used was the macroscopic preparation method of fossil samples with carborundum powder. Macroscopic observations indicated that the wood fossils found in the three locations have different macrostructures, varied in color: black, brown, red, and a mixture of several colors. In the transverse section of the three samples of wood fossils, they showed the presence of pore cells (vessels) and a narrow to relatively wide rays parenchyma cell line, which indicated that the wood fossils from these three villages were broad-leaved (Hardwood). The results of the calculation of the specific gravity of the wood fossil found ranged from 2.3 to 5.5, with a hardness value between 4 and 6 on the Mohs scale.

**Keywords**— *Fossil Wood, Hardwood, Macroscopic characteristics, Kutai Kertanegara*

### I. PENDAHULUAN

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 fosil kayu di Indonesia sudah dimulai sejak masa pemerintahan kolonial Belanda, berbagai penelitian mengenai fosil kayu yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penelitian fosil kayu mempunyai peranan penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan dijelaskan juga bahwa fosil kayu yang ditemukan di Indonesia berasal dari masa miocene sampai pliocene yaitu 25 juta tahun sampai 2 juta tahun yang lalu (Dewi, 2013).

Penelitian mengenai fosil kayu termasuk ke dalam lingkup bidang ilmu Paleobotani, yaitu ilmu yang mempelajari fosil tumbuhan. Kajian dalam bidang ilmu Paleobotani meliputi aspek fosil tumbuhan, rekonstruksi 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). Penelitian fosil kayu di Indonesia dapat dinilai penting karena fosil kayu merupakan salah satu kekayaan

peninggalan sejarah tumbuhan yang hidup di Indonesia. Disisi lain terjadi perdagangan intensif fosil kayu pada tingkat domestik maupun ekspor. Sejak lebih dari tiga dekade yang lalu, fosil kayu telah di gali dan sampai saat ini hanya dimanfaatkan sebagai komoditi yang diperjualbelikan baik di dalam negeri maupun luar negeri (Mandang dan Kagemori, 2004). Husien, dkk. (2016) telah melakukan penelitian awal terhadap beberapa kayu fosil yang ditemukan di Kabupaten Kutai Kertanegara, yang menyimpulkan bahwa beberapa fosil kayu yang diidentifikasi secara makro merupakan jenis tumbuhan kayu berdaun lebar (Hardwood).

Penemuan fosil kayu di beberapa desa di Kutai Kertanegara ini telah mengundang minat para kolektor batu berharga untuk menggali dan mengeksploitasi harta terpendam tersebut untuk diperdagangkan baik dalam skala kecil (orang perorang) maupun kelompok besar. Beberapa lokasi tempat ditemukannya fosil kayu di Kutai Kertanegara antara lain: Desa Purwajaya, Desa Bangun Rejo dan Desa Sebulu, serta beberapa lokasi di Kota Samarinda. Kegiatan eksploitasi fosil kayu hingga kini masih berlangsung dan merupakan ancaman terhadap hilangnya sejarah tumbuhan di Kalimantan khususnya informasi mengenai pohon prasejarah yang pernah tumbuh di Kalimantan, oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik makroskopis fosil kayu yang ditemukan di tiga desa, yaitu Desa Purwajaya dan Desa Bangun Rejo, Kecamatan Tenggarong Seberang Kabupaten Kutai Kartanegara dan Desa Bukit Pinang, Samarinda, Kalimantan Timur.

### II. METODE

#### LOKASI PENGAMBILAN SAMPEL

Sampel fosil kayu berasal dari tiga desa, yaitu dua sampel diambil dari Kabupaten Kutai Kertanegara dan satu sampel dari Kota Samarinda (Gambar 1; Gambar 2).

#### PEMBUATAN SAMPEL MAKRO

Sampel fosil kayu yang ditemukan dilapangan berupa potongan fosil kayu yang tidak beraturan dan kemudian dipotong menjadi ukuran 5 x 4 x 4 cm untuk pengamatan makro, dengan urutan perlakuan seperti yang dilakukan Husien dkk. (2016) sebagai berikut: setelah dipotong sampel kemudian digosok dengan handgrinder dan dilanjutkan dengan kertas ampelas dimulai dari grit yang kasar hingga halus sambil permukaan dibersihkan dengan air. Selanjutnya menentukan tiga bidang/penampangannya yaitu bidang lintang (x), radial (r), dan tangensial (t) melalui pengamatan arah sel jari-jari. Setelah ketiga permukaan terlihat cukup jelas,

dilakukan pencatatan dan pengamatan sampel dengan menggunakan loupe serta bantuan stereo mikroskop Nikon SMZ 645 untuk melihat lebih detail struktur sel penyusun fosil kayu. Selanjutnya dilakukan pemotretan untuk melengkapi hasil pengamatan.

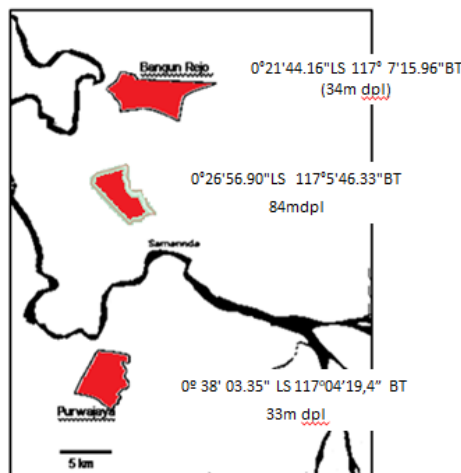
#### PENGAMATAN MAKROSKOPIS

Pengamatan secara makroskopis pada fosil kayu sedikit berbeda dengan pengamatan ciri makroskopis pada kayu normal. Hal ini disebabkan oleh fosil kayu yang sudah mengalami proses fertifikasi, pemineralisasi maupun silifikasi, menyebabkan sel-sel penyusun dalam kayu terisi oleh endapan mineral serta membuat perubahan pada struktur kayu tersebut (Husien et al., 2016). Pengamatan Makroskopis selain mengamati warna sampel pada ketiga bidang (x, t, r) juga menghitung kekerasannya dengan bantuan alat diamond tester yang memiliki skala 1-8 mohs, selanjutnya menghitung

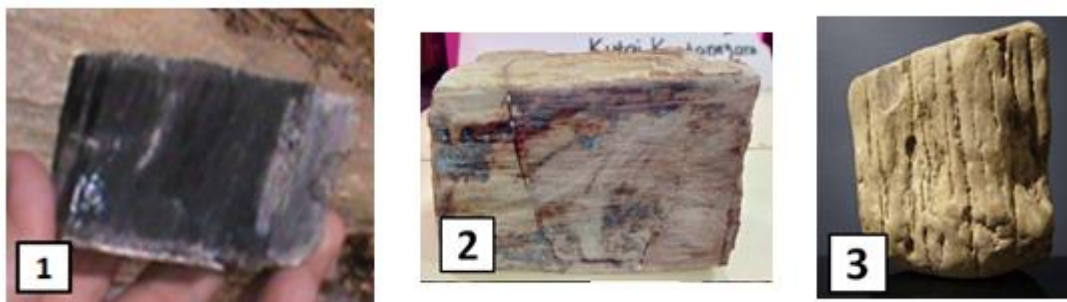
berat jenis fosil dengan metode perhitungan berat jenis secara umum, serta dilakukan pemotretan dengan bantuan stereo mikroskop dengan perbesaran sekitar 8 – 63 kali.

#### ANALISIS DATA

Dalam penelitian ini hanya dilakukan analisis deskriptif dari ke tiga sampel fosil kayu yang ditemukan. Pengamatan data sekunder dilakukan terkait kondisi lokasi, serta kondisi sampel kayu ditemukan, kemudian dilakukan perhitungan yang mencakup ukuran dimensi, kekerasan dan warna fosil kayu, sedangkan berat jenis dihitung berdasarkan rumus umum perbandingan masa benda dengan volume benda. Pengamatan hasil foto secara makroskopis dilakukan dengan membandingkan gambaran sampel fosil kayu dengan kayu masa kini untuk menentukan kelompok tumbuhan.



Gambar 1. Lokasi dan Koordinat Pengambilan Sampel Fosil Kayu



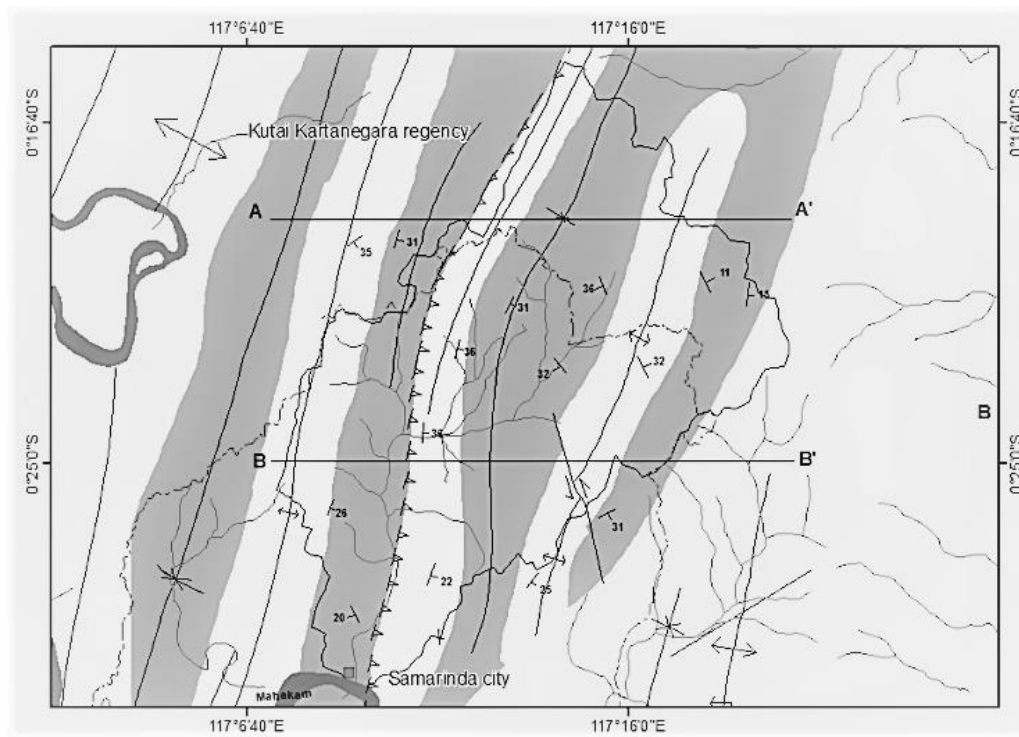
Gambar 2. Sampel Fosil Kayu Asal (1) Desa Purwajaya, (2) Desa Bangunrejo, Kutai Kertanegara dan (3) Desa Bukit Pinang, Samarinda, Kalimantan Timur

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### GEOGRAFI LOKASI TEMUAN FOSIL KAYU

Tiga sampel berasal dari tiga desa yang berjarak antara 17 - 52 km. Berdasarkan Stratigrafi Kalimantan ketiganya termasuk dalam cekungan kutai yang diperkirakan berumur tersier (Satyana dkk., 1999) dan masuk dalam formasi Kampung Baru, Balikpapan, dan Bebuluh. Menurut Supriatna dkk. (1995) secara regional, kawasan Desa Purwajaya termasuk dalam formasi Balikpapan (TMBP) sementara menurut Land dan Jones (1987) termasuk dalam formasi Prangat, yang berusia relatif Miosen Tengah (12 - 5 juta tahun lalu). Kawasan Desa Bangunrejo menurut

Supriatna dkk. (1995) juga termasuk dalam cekungan Kutai, berumur eosen akhir sampai miosen tengah (Sukardi dkk., 1995), dan termasuk dalam formasi Balikpapan. Sedangkan Kelurahan Bukit Pinang berada di Kecamatan Samarinda Kota berbatasan langsung dengan Kabupaten Kutai Kertanegara. Struktur geologi di wilayah Kota Samarinda diketahui berdasarkan hasil survey dan pemetaan geologi yang dimuat dalam buku 'Geology of Indonesia, Volume IA' karya R.W. Van Bemmelen (1949), pada umumnya berumur praktertier hingga kwarter (Gambar 3). Beberapa formasi geologi yang terdapat di wilayah Kota Samarinda diantaranya adalah Kampung Baru, Balikpapan, Pulau Balang dan Peraluan.



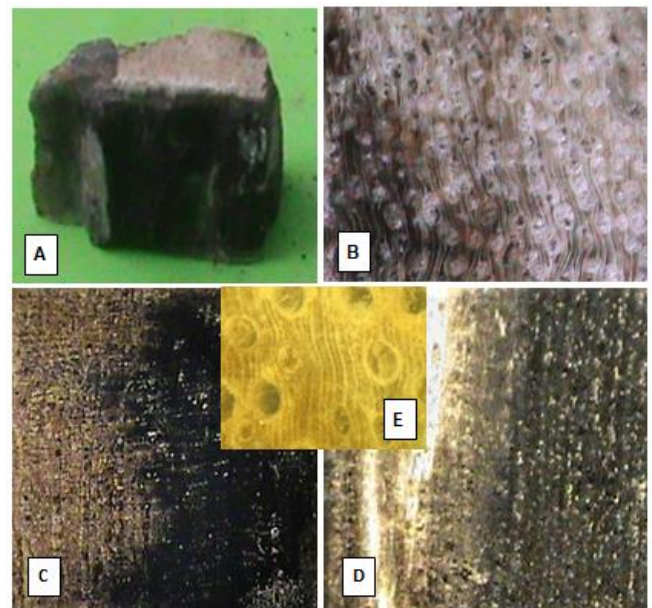
Gambar 3. Peta Geologi Kutai Kertanegara dan Samarinda

#### DESKRIPSI MAKROSKOPIS FOSIL KAYU ASAL DESA PURWAJAYA KUTAI KERTANEGARA

Sampel fosil kayu yang berasal dari Desa Purwajaya sebagian besar berwarna hitam pada sisi tangensial maupun sisi radialnya, hanya terdapat sedikit garis putih keabuan, sedangkan pada bagian transversalnya berwarna coklat muda ke abu-abuan. Warna fosil dipengaruhi oleh mineral yang mengisinya, warna hitam dengan garis putih atau coklat umumnya didominasi oleh karbon, silika, dan oksida besi (Sujarwo, 2010).

Kekerasan sampel fosil yang diukur pada beberapa titik menunjukkan skala sebesar 6,4 mosh. Sampel agak sulit dipotong karena tingkat kekerasannya yang tinggi. Berat jenis sampel mencapai 5,45. Pengamatan Makroskopis terhadap fosil kayu ini secara umum belum dapat diperkirakan jenis kayunya apakah tergolong kayu daun lebar atau kayu daun jarum, karena bentuk yang sangat keras dengan dominasi berwarna hitam, namun setelah menggunakan bantuan mikroskop SMZ 645, baru terlihat adanya lubang-lubang pori dan garis sel jari-jari. Menurut Mustoe (2015) yang telah melakukan penelitian terhadap kekerasan beberapa fosil kayu menyatakan bahwa jenis batuan sedimen yang menyusun fosil kayu sangat beragam, tergantung pada keadaan geologi dari *hinterland* (daerah sumber sedimen). Namun, beberapa batuan sedimen, seperti evaporit, terdiri dari material yang terbentuk di tempat pengendapan. Oleh karena itu, sifat batuan sedimen pada fosil kayu, tidak hanya tergantung pada pasokan sedimen, tetapi juga pada lingkungan pengendapan sedimen di mana fosil tersebut terbentuk.

Gambaran makroskopis fosil kayu asal Desa Purwajaya secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Fosil Kayu Desa Purwajaya (A), Bidang transversal (B), Bidang radial (C), Bidang tangensial (D), Struktur sel bidang transversal (E)

Pada Gambar 4(A), secara makroskopis memperlihatkan permukaan transversal yang berwarna coklat muda ke abu-abuan, sedangkan sisi tangensial memperlihatkan warna hitam, demikian pula dengan sisi bidang radial memiliki warna hitam dengan sedikit corak garis putih abu-abu. Jika dilihat secara keseluruhan sampel yang ditemukan di Desa Purwajaya ini hampir seluruhnya

berwarna hitam. Warna yang terdapat pada fosil kayu seperti dinyatakan oleh Suneson (2010) sangat tergantung pada mineral yang mengisinya atau membentuknya saat proses fosilisasi terjadi, bukan warna kayu yang sebenarnya.

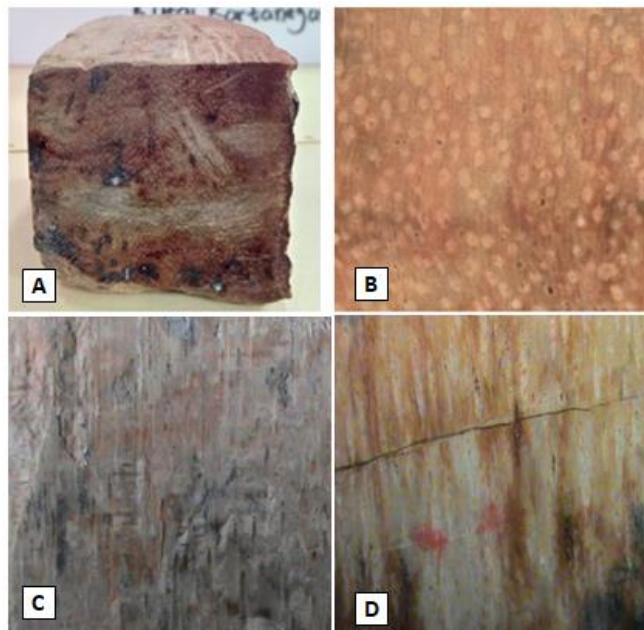
Pengamatan terhadap struktur sel secara makroskopis pada bidang transversal (Gambar 4B) melalui loupe memperlihatkan susunan sel pori yang cukup jelas. Sel pori terlihat berupa lubang berbentuk bulat dan oval yang berada diantara garis jari-jari. Pori tampak berisi endapan yang berwarna seperti sel sekitarnya (Gambar 4E). Susunan pori terlihat soliter tersebar dan ada yang ganda dengan ukuran besaran pori yang bervariasi. Sampel fosil asal Desa Purwajaya ini terlihat tidak memiliki lingkaran tahun. Gambaran jari-jari pada bidang transversal tidak lurus melainkan berlekuk. Sedangkan susunan sel di bidang radial maupun tangensial tidak terlihat jelas, karena kondisi sampel kedua bidang yang hampir seluruh bagian berwarna hitam. Berdasarkan pengamatan ciri-ciri makroskopis dengan bantuan stereo mikroskop SMZ 645 terhadap fosil kayu di Desa Purwajaya, dengan keberadaan pori terlihat cukup jelas, dan jari-jari kecil halus, maka fosil kayu yang ditemukan di Desa Purwajaya merupakan fosil kayu daun lebar (*hardwood*), namun genus maupun species belum diketahui, masih memerlukan penelitian lanjutan secara mikroskopis.

#### DESKRIPSI MAKROSKOPIS FOSIL KAYU ASAL DESA BANGUN REJO KUTAI KERTANEGARA

Warna fosil kayu asal Desa Bangun Rejo (Gambar 5A) memperlihatkan variasi warna baik pada bidang transversal (x), tangensial (t), maupun radial (r), yaitu memperlihatkan warna coklat yang bercampur kuning, putih, merah dan beberapa spot hitam. Demikian pula di kedua sisi tangensial dan radial memperlihatkan warna dengan variasi yang sama. Warna yang terdapat pada fosil kayu menurut Suneson (2010) dan Husien dkk. (2016) sangat dipengaruhi

oleh warna yang membentuk atau mengisi sel-selnya selama proses fosilisasi. Warna kayu pada pohon masa kini, ditentukan oleh lignin dan unsur organik lainnya yang terdapat dalam kayu, namun pada kayu yang terfosilisasi atau termineralisasi, meskipun gambaran struktur sel masih dapat dipertahankan dengan sangat detail, tetapi warna kayu aslinya sudah hilang. Warna pada fosil kayu tergantung mineral yang mengisinya, seperti besi pirit, besi oksida, atau mineral tembaga. Umumnya fosil kayu termineralisasi dengan mineral silikat (kuarsa) (Sujarwo, 2009). Warna spesimen fosil kayu, terjadi dari dua fenomena, yang pertama adalah jejak logam yang berperan dalam mengendalikan warna kayu yang terfosilisasi, dan kedua adalah faktor fisik dan kimia yang menyebabkan warna terdistribusi secara kompleks (Mustoe, 2015). Hasil pengukuran kekerasan sampel mempunyai nilai rata-rata 4 Mohs, dengan berat jenis berkisar 3,0 - 3,2.

Gambar 5(B) memperlihatkan gambaran struktur sel dengan pengamatan makro. Sampel tidak memiliki lingkaran tahun, memiliki pori tunggal yang lebih banyak dibandingkan pori ganda, dan juga terlihat beberapa sel pori membentuk susunan arah diagonal. Jari-jari halus, luruh ke arah tangensial, sedangkan pada bidang radial (Gambar 5C) struktur sel jari-jari yang memperlihatkan susunan menyerupai susunan bata masih dapat terlihat meski kurang jelas, bidang tangensial (Gambar 5D) sel jari-jari tidak terlihat, namun hanya sel pori yang masih dapat diamati berupa garis putih memanjang. Hasil pengamatan ciri-ciri makroskopis terhadap fosil kayu asal Desa Bangun Rejo, yang memperlihatkan keberadaan pori dengan cukup jelas, maka dapat dikatakan fosil kayu yang ditemukan di Desa Bangun Rejo merupakan fosil kayu *hardwood* atau berdaun lebar.

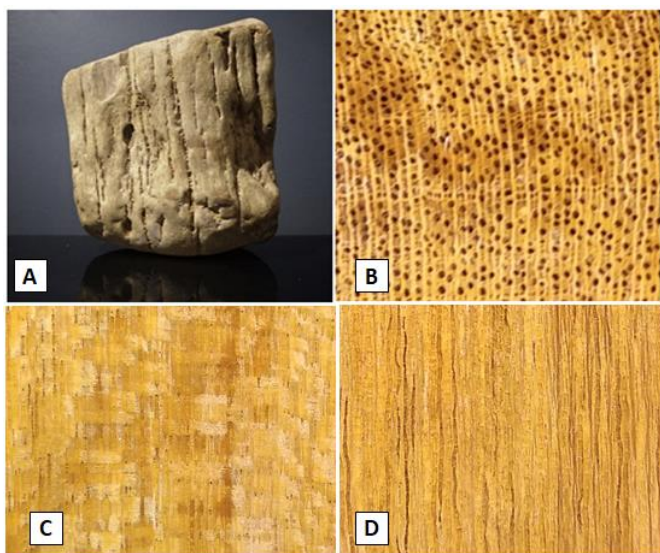


Gambar 5. Fosil Kayu Asal Desa Bangun Rejo; (A) Specimen, (B) Bidang transversal, (C) Bidang radial dan (D) Bidang tangensial

## DESKRIPSI MAKROSKOPIS FOSIL KAYU ASAL BUKIT PINANG, SAMARINDA

Sampel fosil kayu yang diteliti berukuran sekitar 4 x 3 x 3 cm, memiliki warna coklat muda (Gambar 6A) pada bagian permukaan transversal (x), tangensial (t), dan radial serta terdapat beberapa alur dalam yang memanjang secara vertikal. Fosil kayu dari ketiga desa memiliki warna yang berbeda mulai dari warna hitam (fosil Desa Purwajaya), coklat muda (fosil Desa Bukit Pinang) dan campuran beberapa warna coklat, hitam dan merah (fosil Desa Bangun Rejo). Warna coklat pada sampel fosil kayu Bukit Pinang cenderung memperlihatkan warna menyerupai sedimen lumpur. Kondisi fisiografi Samarinda sangat bervariasi, terdiri dari beberapa satuan kelompok fisiografi, diantaranya adalah daerah Endapan Pasir Pantai (Sedimen), daerah Rawa Pasang Surut (*Tidal Swamp*), dan Daerah Dataran Alluvial (*Alluvial Plain*). Hal ini memungkinkan merupakan penyebab warna fosil kayu Desa Karang Tunggal berwarna coklat muda kemungkinan karena endapan sedimen di lokasi yang mengisi sel-selnya.

Fosil kayu yang ditemukan di daerah Bukit Pinang Samarinda ini memiliki berat jenis dan kekerasan yang berbeda dengan sampel fosil yang berasal dua desa lainnya yaitu berat jenis sebesar 2,3 dan nilai kekerasan 5 skala mohs. Pada umumnya terdapat hubungan langsung antara kekerasan dan berat. Kekerasan sangat dipengaruhi oleh kerapatan sel dalam suatu benda dan juga berbanding lurus, umumnya kekerasan benda memiliki nilai tinggi bila beratnya juga tinggi dan kekerasan rendah bila bendanya lunak. Selanjutnya dijelaskan pula oleh Mustoe (2010) bahwa kekerasan fosil sangat dipengaruhi oleh mineral batuan yang dikandungnya serta proses selama fosilisasi. Gambaran makroskopis fosil kayu asal Bukit Pinang secara detail dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Sampel Makro Fosil Kayu (A) Asal Desa Bukit Pinang, Bidang Transversal (B), Bidang Radial (C) dan Bidang Tangensial (D)

Pada Gambar 6B memperlihatkan struktur makroskopis fosil kayu asal Bukit Pinang. Sampel tidak memiliki lingkaran tahun, pengelompokan pori dominan

tunggal, sangat jarang susunan pori ganda. Sebaran Pori secara tata baur (*diffuse*) tidak membentuk pola tertentu. Jari-jari terlihat agak lebar, mengarah luruh ke arah tangensial. Menurut Tsoumis (1969) bahwa jari-jari daun lebar lebih banyak variasi dalam hal lebar dan tingginya dibandingkan dengan jari-jari kayu daun jarum. Lebar jari-jari dibedakan menjadi jari-jari berseri satu, berseri dua dan kebanyakan kayu daun lebar mempunyai jari-jari berseri tiga hingga banyak (*multiseriate*). Selanjutnya dijelaskan pula bahwa pada kayu daun lebar rata-rata volume jari-jari berkisar dari 5% sampai 30%. Namun pada sampel fosil untuk mengetahui jenis dan tipe jari-jari secara makroskopis sangat sulit dilakukan kecuali perlakuan dengan pengamatan preparat. Susunan jari-jari seperti terlihat pada Gambar 6C beraturan, berselang seling menyerupai tumpukan batu bata, sedangkan pada Gambar 6D secara makroskopis terlihat beberapa guratan garis agak dalam yang merupakan guratan sel pori, namun sel jari-jari pada bidang ini secara makro tidak terlihat.

Pada Gambar 6B jika diamati saksama maka terlihat juga adanya susunan garis sel yang mengarah ke tangensial menyerupai susunan parenkim, namun belum dapat dipastikan bahwa susunan garis sel tersebut adalah sel parenkim. Hasil pengamatan ciri-ciri makroskopis dan bantuan pengamatan dengan Mikroskop Stereo Nikon SMZ 645 terhadap fosil kayu asal Bukit Pinang Samarinda, seperti hanya fosil kayu asal Desa Purwajaya dan Bangun Rejo yang memperlihatkan sel pori secara jelas, dan garis sel jari-jari yang lebih lebar, maka dapat dikatakan fosil kayu yang ditemukan di Bukit Pinang juga merupakan fosil kayu Hardwood atau kayu berdaun lebar.

## IV. KESIMPULAN

Tiga lokasi desa ditemukannya fosil kayu berdasarkan stratigrafi termasuk dalam cekungan kutai yang diperkirakan berumur tersier (eosen-miosen akhir), sedangkan Pulau Kalimantan sendiri merupakan fragmen dari Eurasia yang berumur kapur dan eosen-miosen. Fosil kayu yang ditemukan di tiga desa tersebut, yaitu Desa Purwajaya dan Desa Bangun Rejo Kabupaten Kutai Kertanegara serta Desa Bukit Pinang, Samarinda, Kalimantan Timur, secara makroskopis memperlihatkan adanya pembuluh yang tersusun secara tersebar dan ada yang tersusun secara diagonal, garis jari-jari halus serta ada yang agak lebar menunjukkan bahwa fosil kayu ini tergolong dalam kelompok fosil kayu berdaun lebar (*hardwood*). Warna fosil kayu dari ketiga desa bervariasi, yaitu hitam, coklat muda, dan campuran beberapa warna coklat, hitam, dan merah. Berat jenis fosil kayu Desa Purwajaya mencapai 5,45 sedangkan berat jenis fosil kayu Desa Bangun Rejo dan Bukit Pinang sebesar 3,2 dan 2,3. Kekerasan fosil kayu yang tertinggi berasal dari Desa Purwajaya mencapai 6 skala mohs, kemudian fosil kayu Bukit Pinang Samarinda sebesar 5 skala mohs dan yang terendah adalah fosil kayu asal Desa Bangun Rejo sebesar 4 skala mohs. Selanjutnya perlu dilakukan penelitian secara mikroskopis untuk menentukan genus maupun spesies fosil kayu yang ditemukan ini, karena diduga fosil kayu masih banyak tersebar di Kalimantan Timur dan dapat digunakan dalam mempelajari palaeobotani tumbuhan di Kalimantan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Gandi dan tim yang telah mengizinkan mengambil sampel di lokasi beliau di Desa Purwajaya, juga terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Udin, Bapak Yusuf, dan Bapak Yadi yang telah membantu selama proses di lapangan dan pekerjaan di laboratorium, serta beberapa pihak telah membantu dalam penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andianto, N.E. Lelana, A. Ismanto Identifikasi Fossil Kayu dari Kali Cemoro Kabupaten Sragen, Jawa Tengah. Prosiding Seminar Nasional Biologi, Prospektif Biologi dalam Pengelolaan Sumber Hayati. Yogyakarta: Fakultas Biologi, UGM.
- Dewi, L.M. 2013. Penelitian Fossil Kayu: Status dan Prospeknya di Indonesia. IPB International Convention Center: Diskusi Litbang Anatomi Kayu Indonesia.
- Husien, N., A. Sulisty, B. Gandi. 2016. Preliminary Research: Feature of Cross Section, Hardness, and Specific Gravity Some Petrified Wood from Loa Janan, Kutai Kertanegara, East Kalimantan. *Journal Modern Environmental Science and Engineering* (10): 716-722.
- Kagemori, N., Y.I. Mandang, Terada, Y. Kagemori, S. Hadiwisastro. 2002. A Case Study of Silicified Fossil Wood in Java Island, Indonesia.
- Krausel, R. 1926. Über Einige Fossile Hölzer aus Java. *Leidsche Geol. Mededeel.*, Bd. 2: 1-8.
- Land, D.H., Jones, C.M. 1987. Coal Geology and Exploration of part of the Tertiary Kutai Basin in East Kalimantan. *Geological Society Special Publication* 32:235-255.
- Mandang, Y.I., N. Kagemori. 2004. A Fossil Wood of Dipterocarpaceae from Pliocene Deposit in the West Region of Java Island, Indonesia. *Journal of Biodiversitas* 5(1): 28 – 35.
- Mandang, Y.I., D. Martono. 1996. Wood Fossil Diversity in the West Region of Java Island. *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 14(5): 192-203.
- Mustoe, G.E. 2015. Late Tertiary Petrified Wood from Nevada USA: Evidence of Multiple Silicification Pathways. *Journal Geosciences* (5): 286-309.
- Satyana, A.H. 2000. Kalimantan: An Outline of the Geology of Indonesia. Indonesian Association of Geologists 69-89.
- Srivastava, R., N. Kagemori. 2001. Fossil Wood of Dryobalanops from Pliocene Deposit of Indonesia. *Paleobotanist* 50: 395-401.
- Sujarwo, W. 2009. Pengaruh Lama dan Suhu Aktivasi terhadap Kualitas dan Struktur Kimia Arang Aktif Bagasse. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis* 7(2): 79-84.
- Sujarwo, W. 2010. The Effect of Activation Temperature and H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> Concentration on Quality of Waste of Petung Bamboo (*Dendrocalamus asper*) Activated Charcoal. *Bamboo Journal* 27: 41-46.
- Sukardi, N., I. Sikumbang, Umar, R. Sunaryo. 1995. Peta Geologi Lembar Sangatta, Kalimantan Timur skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Sukiman, S. 1977. Sur Deux Bois Fossiles du Gisement de la Region Pachitan a Java. C.r. 102e Congr. Nat. Soc. Sav., Limoges 1: 197-209.
- Suneson, N.H. 2010. Petrified Wood in Oklahoma: Geologist IV. The University of Oklahoma: Oklahoma Geological Survey.
- Supriatna, E., E. Rustandi. 1995. Geological Map of the Samarinda Sheet. Kalimantan: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Susandarini, R. 2004. Pengantar Paleobotani. <http://elisa1.ugm.ac.id/chapterview.php?BIO3107>. Diakses tanggal 31 Mei 2019.
- Schweitzer, J.H. 1958. Die Fossilen Dipterocarpaceen-Hölzer. *Paleontographica* B 104 (1-4): 1-66.
- Tsoumis, G. 1969. Wood as Material. Pergamon Press.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. The Geology of Indonesia, Vol IA. The Hague Martinus Nijhoff, Netherland