

KARAKTERISTIK KIMIA KAYU JABON (*ANTHOCEPALLUS CADAMBA*) BERDASARKAN KELAS DIAMETER PADA AREAL BEKAS TAMBANG BATUBARA

Chemical Characteristics of Jabon (Anthocephallus cadamba) Wood Based on Diameter Class in Former Coal Mining Area

Anisa Norhidayah, Wiwin Tyas Istikowati, Budi Sutiya

Program Studi Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat,
Banjarbaru, Kalimantan Selatan, Indonesia

ABSTRACT. Forest have many benefits, including as producers of forest products and many coal mining areas are used in forest areas. Reclamation is carried out as an obligation for IPPKH (Izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan) holders, one of the plants planted in the area is Jabon (*Anthocephallus cadamba*). Jabon itself is a plant that can grow quickly (*fast growing*) on reclaimed land. Jabon can grow up to 18 m high with a diameter of 42 cm at the age of 6 years if it is in good condition. Due to the increasing need for wood, it is necessary to optimize the use of wood. One of the most commonly used uses of wood is as paper pulp and construction material. The purpose of this study is to determine the chemical characteristics of Jabon wood on the reclaimed land itself to find out its further utilization using a chemical content testing process by TAPPI standards. The results obtained are that the results from diameter class 1 to diameter class 5 vary greatly and if used for paper pulp will produce low quality.

Keywords: Jabon wood; Chemical content; Former coal mining areas

ABSTRAK. Hutan memiliki banyak manfaat diantaranya adalah sebagai penghasil produk hasil hutan dan ditemukan pula banyak areal tambang batubara yang dipakai pada kawasan hutan. Reklamasi dilakukan sebagai kewajiban bagi para pemegang IPPKH (Izin Pinjam Pakai Kawasan Hutan), salah satu tanaman yang ditanam pada kawasan itu adalah Jabon (*Anthocephallus cadamba*). Jabon sendiri adalah tanaman yang bisa tumbuh dengan cepat (*fast growing*) pada lahan reklamasi. Jabon mampu tumbuh hingga tinggi 18 m dengan diameter 42 cm pada umur 6 tahun jika dalam kondisi baik. Dikarenakan semakin tahun kebutuhan akan kayu semakin meningkat maka perlu pengoptimalan penggunaan kayu. Salah satu kegunaan kayu yang paling sering digunakan adalah sebagai pulp kertas dan bahan konstruksi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik kimia kayu Jabon pada lahan reklamasi itu sendiri untuk mengetahui lebih lanjut pemanfaatannya menggunakan proses pengujian kandungan kimia yang sesuai dengan standar TAPPI. Hasil penelitian yang diperoleh adalah bahwa hasil dari kelas diameter 1 hingga kelas diameter 5 sangat bervariasi dan jika digunakan untuk pulp kertas akan menghasilkan kualitas yang rendah.

Kata kunci: Kayu jabon; Kandungan kimia; Areal bekas tambang batubara

Penulis untuk korespondensi, surel: nissa.hidayah@gmail.com

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki hutan tropis yang luas serta memiliki beragam potensi sumber daya alam yang dihasilkan. Indonesia juga dikenal sebagai negara penghasil mineral yang tinggi. Oleh karena itu dilakukan reklamasi, reklamasi lahan tambang termasuk kewajiban bagi Perusahaan yang mengelola pertambangan (Sofyan et al., 2017). Tumbuhan pionir diperlukan untuk ditanam pada lahan bekas tambang ini sebagai usaha revegetasi hutan. Tumbuhan pionir yang biasa ditanam pada lahan reklamasi sendiri adalah seperti jabon

(*Anthocephallus cadamba*) salah satunya. Jabon merupakan tumbuhan berkayu yang termasuk kedalam kayu lokal yang bisa tumbuh dengan cepat (*fast growing*), jabon juga termasuk ke dalam kelas serat I dan kelas serat II untuk bahan baku pulp kertas (Aprianis et al., 2009).

Jabon tergolong tanaman yang cepat tumbuh hingga 18 m dan diameter batangnya bisa mencapai 42 cm (Halawane et al., 2011). Menurut Jasni et al. (2016), kayu sendiri adalah bahan organik dengan susunan unsur 50 % C, 6 % H, 44 % O dan sedikit untuk unsur lainnya. Semakin tahun kebutuhan kayu pun akan semakin meningkat, hal ini yang

menyebabkan kualitasnya pun akan lebih diperhatikan. Laju perkembangan ekonomi dan industri juga sangat memengaruhi perkembangan penggunaan kertas yang digunakan sebagai media (Bahri, 2015).

Dalam areal bekas tambang yang ditanami oleh tanaman sendiri juga memiliki karakteristik kimia yang pasti berbeda dengan hutan alam yang diluar reklamasi. Penelitian Supartini (2009) menyatakan bahwa komponen kimia pada suatu jenis kayu perlu diketahui untuk mengetahui pemanfaatan kayu tersebut sebagai pulp, kertas atau hal-hal lain, Salah satu kayu yang biasa digunakan sebagai pulp kertas adalah Jabon (*Anthocephalus cadamba*). Kandungan atau komponen kimia ini penting diketahui untuk mengetahui kualitas pulp dari kayu tersebut.

Komponen kimia kayu terdiri dari zat ekstraktif, lignin, hemiselulosa dan selulosa. Dengan diketahuinya kandungan dari setiap komponen tersebut akan memudahkan pemanfaatan kayu tersebut. Terutama pada jabon yang akan diteliti ini, dikarenakan jabon ini tumbuh di lahan reklamasi. Penelitian ini dilakukan untuk lebih mengetahui karakteristik kimia kayu jabon dan pemanfaatan kayunya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan, Universitas Lambung Mangkurat untuk uji sifat kimia dan Laboratorium Kimia Dasar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA), Universitas Lambung Mangkurat untuk uji FTIR. Penelitian ini dilaksanakan yang dimulai dari pengumpulan bahan dan alat untuk penelitian, lalu pengujian karakteristik kimia, hingga penyusunan laporan.

Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan adalah kayu jabon yang berupa serbuk yang sudah lolos saringan 40 mesh dan 60 mesh. Terdiri dari kelas diameter 1 (5 - <11 cm), kelas diameter 2 (11 - <16 cm), kelas diameter 3 (16 - <21 cm), kelas diameter 4 (21 - <26 cm) dan kelas diameter 5 (26 - <31 cm). Asam sulfat (H_2SO_4) 98 % untuk pengujian lignin, Natrium Hidroksida (NaOH) 1 % dan asam asetat 10 % untuk pengujian ekstraktif larut NaOH. Alkohol 70 %, Benzena (C_6H_6) untuk pengujian ekstraktif larut alkohol-

benzene, Aceton (CH_3COH_3) untuk pengujian ekstraktif larut aceton, Natrium Hidroksida (NaOH) $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ untuk uji hemiselulosa dan aquades untuk pelarut.

Pengujian Kandungan Kimia

Kandungan ekstraktif larut air panas dan air dingin menggunakan standar TAPPI T 207 om-88. Kandungan ekstraktif larut NaOH menggunakan standar TAPPI T212 om-88. Kandungan ekstraktif larut alkohol-benzene menggunakan standar TAPPI T 4 m-59. Untuk pengujian kandungan ekstraktif larut aceton, kandungan lignin, kandungan hemiselulosa, selulosa dan holoselulosa menggunakan standar berdasarkan penelitian (Haque et al., 2015)

Pengujian FTIR (Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier)

Serbuk bebas ekstraktif yang diambil dari pengujian ekstraktif larut alkohol-benzene yang dihasilkan dikeringkan dalam oven dengan suhu 70°C . Sampel tersebut dikirimkan ke Laboratorium Kimia Dasar Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lambung Mangkurat dengan menggunakan alat spektrofotometri FTIR. Hasil dari pengujian ini di interpretasi agar dapat dibaca.

Rancangan Penelitian

Analisa data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 kali ulangan dalam 15 sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Kimia Kayu Jabon

Jabon yang ada pada lahan reklamasi ini memiliki kadar air yang berbeda-beda pada setiap kelas diameternya. Kadar air pada kelas diameter 1, kelas diameter 2, kelas diameter 3, kelas diameter 4 dan kelas diameter 5 adalah sebesar 4,77 %, 3,79 %, 9,29 %, 7,93 %, 12,23 % secara berurutan. Kadar air ini digunakan untuk menentukan berat sampel yang akan digunakan untuk pengujian. Hasil uji kandungan kimia kayu Jabon pada lahan reklamasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan Kimia Kayu Jabon pada Lahan Reklamasi Berdasarkan Kelas Diameter (Data Primer)

Parameter	Kandungan Kimia (%)				
	Kelas Diameter 1	Kelas Diameter 2	Kelas Diameter 3	Kelas Diameter 4	Kelas Diameter 5
Selulosa	22,48	13,47	14,96	19,16	23,94
Lignin	26,47	34,27	32,83	33,33	26,56
Hemiselulosa	31,05	31,80	31,37	28,10	29,57
Holuselulosa	53,48	45,27	46,32	47,26	53,51
Ekstraktif :					
Kelarutan dalam air dingin	12,54	12,98	15,18	15,45	14,60
Kelarutan dalam air panas	18,38	18,28	18,38	18,15	17,50
Kelarutan dalam Alkohol-Benzena 1 : 2	15,10	15,04	13,59	13,53	15,35
Kelarutan dalam NaOH	30,39	31,45	31,32	28,37	28,88
Kelarutan dalam Aceton	20,05	20,46	20,84	19,40	19,94

Ekstraktif larut air dingin pada kelas diameter 1, kelas diameter 2, kelas diameter 3, kelas diameter 4, kelas diameter 5 adalah sebesar 12,54 %, 12,98 %, 15,18 %, 15,45 % dan 14,60 % secara berurutan. Ekstraktif larut air panas sebesar 18,38 %, 18,28 %, 18,38 %, 18,15 %, 17,50 % secara berurutan juga. Kandungan ekstraktif larut air dingin dan air panas yang dimiliki jabon pada lahan reklamasi ini relative lebih tinggi jika dibanding kayu yang biasa digunakan untuk bahan pulp jenis *Eucalyptus pellita* (Fatimah *et al.*, 2013). Kandungan ekstraktif yang dimiliki jabon pada lahan reklamasi ini tidak berbeda jauh jika dibandingkan dengan jenis kayu yang umum digunakan seperti pada *Acacia mangium* yang memiliki kandungan 11,39 % untuk larut air dingin dan 14,06 untuk larut air panas (Karlinasari *et al.*, 2010).

Kelarutan dalam NaOH 1 % pada kelas diameter 1 hingga kelas diameter 5 secara berurutan adalah sebesar 30,39 %, 31,15 %, 31,32 %, 28,38 % dan 28,88 %. Rata-rata kelarutan dalam NaOH jabon ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan kayu bangkal yang juga lebih kecil dari *Acacia mangium*, sengon dan *Eucalyptus urophylla* (Herlina, Istikowati & Fatriani, 2018). Semakin tinggi kelarutan dalam NaOH 1 % berarti semakin tinggi tingkat kerusakan kayu. Tingkat kerusakan ini menggambarkan adanya proses degradasi lignin yang dibutuhkan dalam proses pembuatan bahan baku (Sokanandi *et al.*, 2014). Kandungan ekstraktif dengan pelarut alkohol-benzene yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1. Kandungan ekstraktif larut alkohol-benzene yang terkandung di setiap kelas diameter berkisar 13-15 %. Kandungan

ekstraktif larut alkohol-benzene pada jabon ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan jenis kayu yang biasa digunakan untuk bahan baku pulp kertas seperti sengon (*Albizia falcataria*) yang sebesar 2,34 % dan *Eucalyptus urophylla* 1,18% (Herlina *et al.*, 2018). Kandungan ekstraktif jabon ini pada setiap kelas diameter secara keseluruhan memiliki rata-rata yang berbeda. Variasi ini yang bisa membedakan untuk penggunaan kayu atau pohon yang bisa dimanfaatkan sebagai pulp, konstruksi ataupun biokomposit. Kandungan ekstraktif pada setiap diameter ini cukup tinggi yang bisa menyebabkan hasil pulp dengan kualitas rendah karena lebih dari 10 %, yang sesuai dengan yang dinyatakan oleh Prawirohatmodjo (1997) bahwa kandungan ekstraktif setiap tumbuhan itu berkisar 1-10 %. Namun, semakin tinggi kadar ekstraktif pada suatu kayu akan mempengaruhi sifat ketahanan terhadap organisme perusak (Augustina *et al.*, 2021). Hal itu sesuai dengan penelitian Owoyemi dan Olaniran (2014) yang menyatakan bahwa komponen organik dari ekstraktif akan mempengaruhi karakteristik kayu terhadap organisme perusak kayu.

Kandungan lignin pada kayu jabon ini berbeda-beda di setiap kelas diameternya. Hasil uji kandungan lignin yang dimiliki jabon ini berkisar 26-34%, hal ini sesuai dengan yang diperoleh dari penelitian Dumanauw (2001) bahwa kandungan lignin pada kayu daun lebar ini berkisar 18-33 %. Menurut standar FAO (1980) dalam penelitian Syafii dan Siregar (2006), kandungan lignin pada jabon ini termasuk ke dalam kelas cukup jika digunakan untuk pulp kertas pada kelas

diameter 1 dan 5, sedangkan pada kelas diameter 2,3 dan 4

termasuk ke dalam kelas kurang. Kandungan lignin ini penting dalam proses pengolahan pulp dan kertas serta lignin ini juga termasuk senyawa yang sangat penting dalam proses pemisahan serat.

Kandungan selulosa pada jabon ini juga bervariasi pada setiap kelas diameternya. Hasil yang diperoleh (Tabel 1) menunjukkan bahwa kandungan selulosa memiliki nilai <40 % yang berarti termasuk ke dalam kelas rendah (Jasni, 2016). Kandungan holoselulosa juga memiliki variasi pada setiap kelas diameternya namun yang tertinggi dimiliki oleh kelas diameter 1 dan 5 (Tabel 1). Kayu dengan holoselulosa ini mempengaruhi dalam proses pengolahan pulp dikarenakan dapat

memberikan kekuatan pada kertas yang dihasilkan. Kandungan selulosa dan holoselulosa ini sangat berpengaruh dalam pembuatan pulp dan kertas. Kandungan selulosa yang tinggi akan berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan (Casey, 1980).

Hasil kandungan hemiselulosa (Tabel 1) pada setiap kelas diameter juga bervariasi. Kandungan hemiselulosa yang dimiliki jabon ini termasuk ke dalam kelas yang tinggi jika dalam kisaran hemiselulosa tumbuhan 15-19 % (Prawirohatmodjo, 1997). Hemiselulosa berfungsi sebagai pengikat pada proses pembuatan pulp dan kertas (Sutiya *et al.*, 2012)

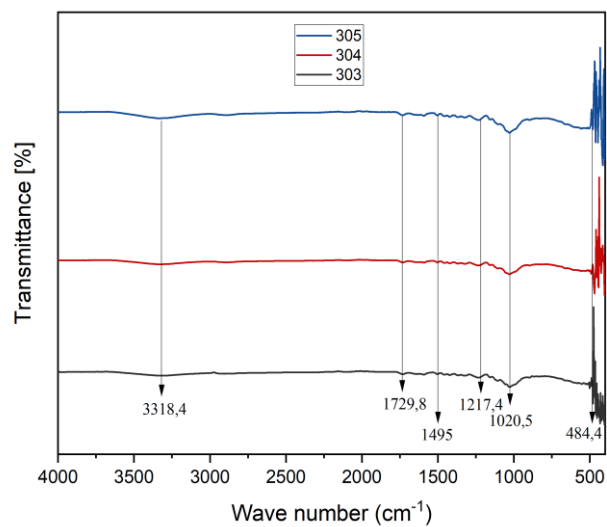
Tabel 2. Kandungan Kimia Kayu Jabon Lahan Reklamasi dan Luar Reklamasi

Parameter	Kandungan Kimia (%)		Klasifikasi	
	Kadar ⁽¹⁾	Kadar ⁽²⁾		
Selulosa	18,80	52,47	Rendah	Tinggi
Pentosa	-	15,23	-	Rendah
Lignin	30,69	26,81	Sedang	Sedang
Hemiselulosa	30,38	-	-	-
Holoselulosa	49,17	-	-	-
Ekstraktif :				
Kelarutan dalam air dingin	14,15	3,39	Tinggi	-
Kelarutan dalam air panas	18,14	4,81	Tinggi	-
Kelarutan dalam Alkohol-Benzena 1 : 2	14,52	6,12	Tinggi	Tinggi
Kelarutan dalam NaOH 1%	30,08	12,83	Tinggi	-
Kelarutan dalam Aceton	20,14	-	-	-
Abu	-	0,52	-	-

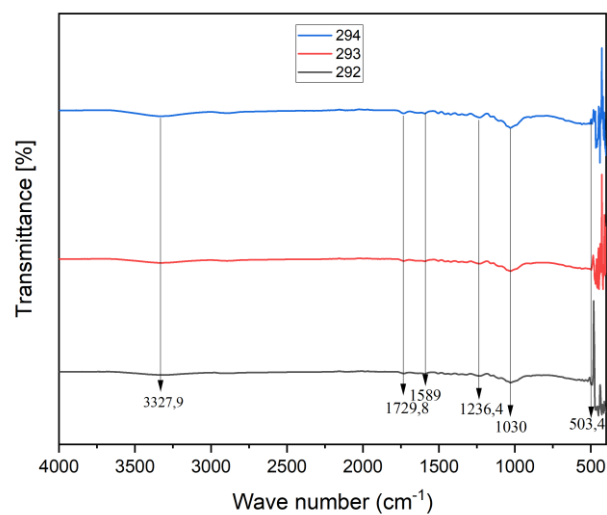
Sumber: Lempang (2014)

Karakteristik kimia kayu jabon pada lahan reklamasi ini berbeda jika dibandingkan dengan kayu jabon pada hutan alam seperti yang terlihat pada Tabel 2, Kayu jabon pada lahan reklamasi ini cukup tinggi. Secara keseluruhan untuk kayu jabon pada lahan

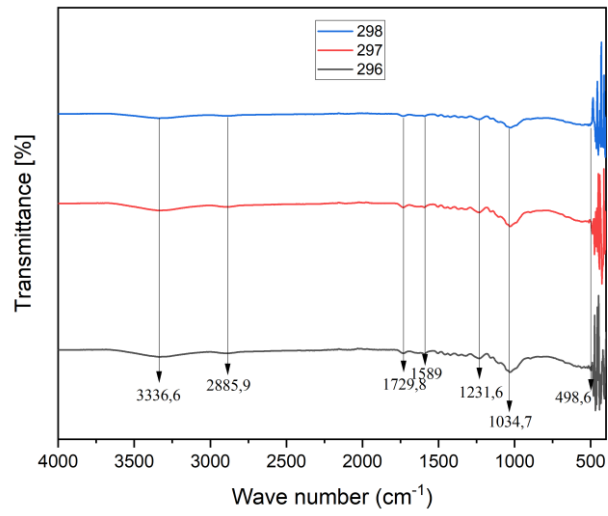
reklamasi ini tidak memungkinkan untuk pulp dikarenakan akan tidak efisien serta kualitas pulp yang dihasilkan akan lebih rendah, namun masih bisa untuk bahan konstruksi dikarenakan untuk kandungan kimia yang mendukung seperti ekstraktifnya yang tinggi.



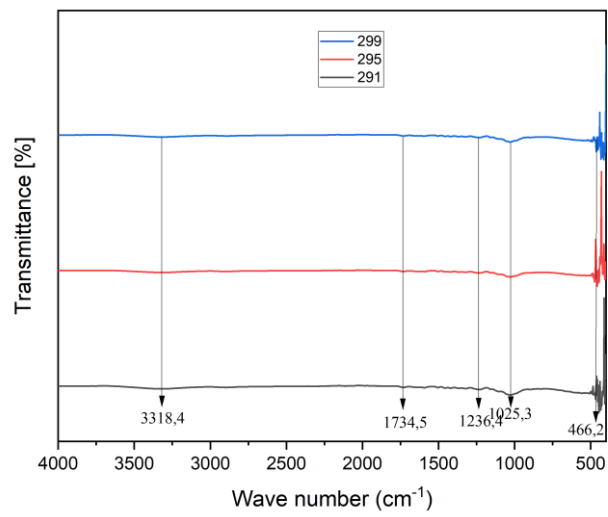
Gambar 1. Spektrum Gelombang Kayu Jabon Kelas Diameter 1 (D1)



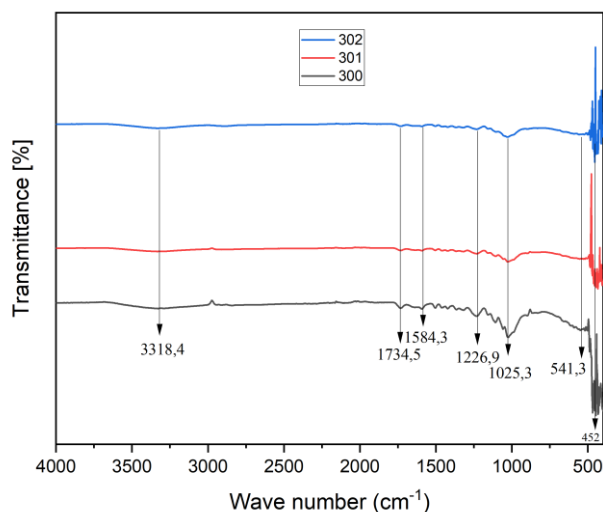
Gambar 2. Spektrum Gelombang Kayu Jabon Kelas Diameter 2 (D2)



Gambar 3. Spektrum Gelombang Kayu Jabon Kelas Diameter 3 (D3)



Gambar 4. Spektrum Gelombang Kayu Jabon Kelas Diameter 4 (D4)



Gambar 5. Spektrum Gelombang Kayu Jabon Kelas Diameter 5 (D5)

Uji Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier

Fourier Transform Infrared (FTIR) adalah spektroskopi inframerah untuk mendeteksi dan analisis hasil spektrum (Anam, 2007). FTIR ini memiliki fungsi untuk mendeteksi senyawa organik yang ada di dalamnya dalam segi kualitatif untuk mengetahui gugus senyawa yang ada di dalamnya. Hasil dari spektrum gelombang untuk kayu jabon per kelas diameter ini dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5. Hasil interpretasi per kelas diameter dapat dilihat pada Tabel 3.

Pengujian interpretasi ini menunjukkan pada setiap kelas diameter terdapat gugus fungsi O-H dari gugus hidroksil selulosa. Bilangan yang diperoleh dari setiap kelas diameter lebih kecil jika dibandingkan dengan bilangan gelombang spektrum kayu yaitu sebesar $3400,0\text{ cm}^{-1}$ (Durmaz *et al.*, 2016).

Gugus fungsi metal C-H pada setiap kelas diameter hanya terdeteksi pada bagian kelas diameter 2 yang lebih kecil jika dibandingkan bilangan spektrum kayunya $2931,8\text{ cm}^{-1}$. Gugus asetil, asam karboksilat atau hemiselulosa ditemukan pada setiap kelas diameter. Menurut Durmaz (2016) bilangan gelombang pada gugus cincin aromatik C=C atau lignin adalah berkisar 1510 cm^{-1} , yang terdeteksi pada kelas diameter 2 sampai kelas diameter 5. Penelitian Opedal *et al.* (2019) menyatakan bahwa puncak yang terlihat 1510 cm^{-1} termasuk puncak kecil dan lignin masih bisa bertambah yang menunjukkan gugus hidroksil yang tinggi. Deformasi C-H untuk lignin dan hemiselulosa ditemukan pada kelas diameter 1 sebesar 1495 cm^{-1} lebih tinggi jika dibandingkan spektrum kayu sebesar 1425 cm^{-1} . Gugus cincin siringil dan C-O ulur (lignin) ditemukan pada setiap kelas diameter serta menunjukkan adanya vibrasi C-O dari ikatan β -1-4-glikosida atau selulosa.

Tabel 3. Hasil Interpretasi Spektrum Gelombang IR Setiap Kelas Diameter

D1	D2	D3	D4	D5	Keterangan
3318,4	3327,9	3336,6	3318,4	3318,4	Gugus fungsi O-H dari gugus hidroksil (selulosa)
-	2885,9	-	-	-	Gugus C-H dari gugus metal
1729,8	1729,8	1729,8	1734,5	1734,5	C=O ulur gugus asetil, asam karboksilat (hemiselulosa)
-	1589	1589	1589	1584,3	C=C ulur dari gugus cincin aromatic (lignin)

D1	D2	D3	D4	D5	Keterangan
1495	-	-	-	-	Deformasi C-H (lignin, hemiselulosa)
1217,4	1236,4	1231,6	1236,4	1226,9	Cincin siringil dan C-O ulur (lignin)
1020,5	1030	1034,7	1025,3	1025,3	Terdapat adanya vibrasi C-O dari ikatan β -1-4-glikosida (selulosa)
484,4	503,4	498,6	466,2	452	-

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kandungan kimia yang telah diuji menghasilkan hasil yang berbeda dalam setiap kelas diameternya. Terutama pada kandungan lignin, hemiselulosa dan selulosa sangat menunjukkan hal yang berbeda pada setiap kelas diameter. Perbedaan mencolok pada kelas diameter 2, kelas diameter 3, kelas diameter 4 yang memperoleh nilai sebesar >30 % sedangkan kelas diameter 1 dan 5 memperoleh nilai <30 % untuk kandungan ligninnya. Namun, hal berbeda terlihat pada kandungan hemiselulosa pada kelas diameter 1, 2 dan 3 yang mendapatkan nilai >30 % sedangkan pada kelas diameter 4 dan 5 memperoleh nilai <30%. Kandungan selulosa kelas diameter 1 dan 5 memperoleh nilai >20% sedangkan kelas diameter 2, 3 dan 4 mendapat nilai <20%. Untuk variasi kandungan ekstraktifnya memperoleh 12 - <19 % pada setiap kelas diameter.

Hasil uji FTIR yang dilakukan pada setiap kelas diameter juga menunjukkan adanya gugus fungsi yang menyatakan kandungan lignin, hemiselulosa dan selulosa. Berdasarkan uji karakteristik kimia kayu jabon yang ditanam pada areal bekas tambang Batubara atau lahan reklamasi ini menunjukkan bahwa kayu tidak disarankan jika dijadikan pulp dikarenakan kadar lignin yang tinggi serta selulosanya yang rendah.

Saran

Penelitian ini memberikan pengetahuan tentang karakteristik kimia kayu dai Jabon yang di ambil dari lahan bekas tambang batubara (areal reklamasi), penelitian ini bisa dilanjutkan dari sisi anatomi kayunya dan dimensi seratnya untuk mengetahui lebih spesifik lagi dalam hal pemanfaatan kayunya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, C. 2007. Analisis Gugus Fungsi pada Sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FT-IR. *Berkala Fisika*, 10(1):79-85.
- Aprianis, Y. & S. Rahmayanti. 2009. Dimensi Serat dan Nilai Turunannya dari Tujuh Jenis Kayu Asal Propinsi Jambi. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 27(1):11-20.
- Augustina S., I. Wahyudi, I W. Darmawan, J. Malik, Y. Kojima, T. Okada & N. Okano. 2021. Pengaruh Karakteristik Kimia terhadap Sifat Mekanis dan Keawetan Alami Tiga Jenis Kayu Kurang Digunakan. *Jurnal Sylva Lestari*, 9(1):161-178.
- Bahri, S. 2015. Pembuatan Pulp dari Batang Pisang. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2):36-50.
- Casey, J.P. 1980. *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology Vol 1 : Pulping and Bleaching, Third Edition*. New York: Wild Interscience Publication.
- Dumanauw, J. F. 2001. *Mengenal Kayu*. Jakarta: Gramedia.
- Durmaz S., O. Ozgenc, IH Boyaci, UC Yildiz & E. Erisir. 2016. *Examination of the Chemical Changes in Spruce Wood Degraded by Brown-rot Fungi Using FT-IR and FT-Raman Spectroscopy*. *Vibrational Spectroscopy*, 85:202-207.
- Fatimah, S., M. Susanto & G. Lukmandaru. 2013. Studi Komponen Kimia Kayu Eucalyptus pellita F. Muell dari Pohon Plus Hasil Uji Keturunan Generasi Kedua di Wonogiri, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Kehutanan*, 7(1).
- Halawane, J.E., Hidayah H.N., & Kinho J. 2011. Prospek Pengembangan Jabon Merah (*Anthocephalus macrophylla* (Roxb.) Havil). Solusi

- Herlina, W. T. Istikowati & Fatriani. 2018. Analisis Kimia dari Serat Kayu Bangkal (*Nauclea officinalis*) sebagai Alternatif Bahan Baku Pulp Kertas. Jurnal Riset Industri Hasil Hutan, 10(1):21.
- Jasni, G. Pari & E.R. Satiti. 2016. Komposisi dan Keawetan Alami 20 Jenis Kayu Indonesia dengan Pengujian di Bawah Naungan. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 34(4):323-333.
- Karlinasari, L., D.S.Nawawi & M. Widyani. 2010. Kajian Sifat Anatomi dan Kimia Kayu Kaitannya dengan Sifat Akustik Kayu. Bionatura Jurnal Ilmu Hayati dan Fisik, 12(3):110-111. Kebutuhan Kayu Masa Depan, Balai Penelitian Menado.
- Opedal M.T., E. Espinosa, A. Rodriguez & G. Chinga-Carrasco. 2019. *Lignin: A Biopolymer from Forestry Biomass for Biocomposites and 3D Printing*. Materials, 12, 3006.
- Owoyemi J. M., & Olaniran, S.O. 2014. *Natural Resistance of Ten Selected Nigerian Wood Species to Subterranean Termite's Attack*. International Journal of Biological Sciences and Applications, 1(2):35-39.
- Prawirohatmodjo, S. 1997. Kimia Kayu. Yogyakarta: Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada.
- Sofyan, Rahmat H., E. Dwi Wahjunie & Y. Hidayah. 2017. Karakterisasi Fisik Dan Kelembaban Tanah Pada Berbagai Umur Reklamasi Lahan Bekas Tambang. Buletin Tanah dan Lahan, 1(1):72-78.
- Sokanandi, A., G. Pari., D. Setiawan., & Saepuloh. 2014. Komponen Kimia Sepuluh Jenis Kayu Kurang Dikenal: Kemungkinan Penggunaan Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 32(3):209-210.
- Supartini. 2009. Komponen Kayu Meranti Kuning. Jurnal Penelitian Dipterokarpa, 3(1).
- Sutiya, B., W. T. Istikowati., A. Rahmadi & Sunardi. 2012. Kandungan Kimia dan Sifat Serat Alanh-Alang (*Imperata cylindrica*) Sebagai Gambaran Bahan Baku Pulp Kertas. BIOSCIENTIAE, 9(1):8-19.
- Syafii W. & I.Z Siregar. 2006. Sifat Kiimia dan Dimensi Serat Kayu Mangium (*Acacia mangium* Willd.) dari Tiga Provenans. Tropical Wood Science & Technology, 4(1).