

KARAKTERISASI ABU KAYU MERBAU (*Intsia, spp.*): PENGARUH TEMPERATUR DAN LAMA KALSINASI

Characterization of Merbau Wood Ash (*Intsia, spp.*): Effect of Temperature and Duration of Calcination

Darma Santi^{1,*} dan Jacson Victor Morin¹

¹Jurusan Kimia, Universitas Papua, Jl. Gunung Salju Amban, Manokwari, Papua Barat

*email: d.santi@unipa.ac.id

ABSTRAK

Karakterisasi abu kayu merbau (*Intsia, spp.*) akibat pengaruh temperatur dan lama kalsinasi telah dipelajari. Variasi temperatur kalsinasi yaitu 500 °C (sebagai M500) dan 600 °C (sebagai M600), sedangkan variasi lama waktu kalsinasi ialah 1, 2 dan 3 jam, berturut-turut sebagai M1, M2 dan M3. Karakterisasi dilakukan menggunakan difraksi sinar-X (XRD) dan analisis spektroskopi menggunakan FT-IR. Hasil XRD teridentifikasi keberadaan spesi CaCO₃ (struktur rombohedral), dan spesi K₂Si₄O₉ dengan struktur heksagonal pada M500. Pada M600 teridentifikasi spesi Si (struktur kubik), SiO₂ (struktur kubik), K₂Si₄O₉ (struktur heksagonal) dan CaCO₃ (struktur rombohedral). Secara umum, temperatur kalsinasi meningkatkan kristalinitas beberapa senyawa yang terdapat dalam abu kayu merbau. Lama waktu kalsinasi menurunkan puncak serapan akibat reaksi dekomposisi dan adsorpsi keberadaan molekul air yang terikat dalam material abu kayu merbau (*Intsia, spp.*).

Kata Kunci: Abu kayu merbau, Temperatur, Lama reaksi, Kalsinasi.

ABSTRACT

*Characterization of merbau wood ash (*Intsia, spp.*) due to the influence of temperature and time of calcination has been studied. The variations in calcination temperature were 500 °C (as M500) and 600 °C (as M600), while the variations in the duration of calcination were 1, 2, and 3 hours, noted as M1, M2, and M3, respectively. Characterization was carried out using X-ray diffraction (XRD) and spectroscopic analysis using FT-IR. XRD results identified the presence of CaCO₃ species (rhombohedral structure) and K₂Si₄O₉ species with a hexagonal structure on M500. The M600 species identified Si (cubic structure), SiO₂ (cubic structure), K₂Si₄O₉ (hexagonal structure), and CaCO₃ (rhombohedral structure). In general, the calcination temperature increases the crystallinity of several compounds contained in merbau wood ash. The length of time calcination reduces the absorption peak due to the decomposition and adsorption reactions of the presence of water molecules bound to the ash material of merbau wood (*Intsia, spp.*).*

Keywords: Merbau wood ash, Temperature, Duration, Calcination.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan limbah yang bersumber dari hasil samping pengolahan kayu produksi

telah menjadi perhatian yang cukup menarik pada masa sekarang. Pertimbangan bahan yang ramah lingkungan serta murah dan mudah

diperoleh menjadi alasan dari pemanfaatan limbah kayu, selain itu sifat yang terbarukan juga menjadi faktor penting dalam pengembangan riset yang bersumber dari limbah pengolahan kayu.

Usaha untuk meningkatkan nilai ekonomi dari limbah kayu telah banyak dilakukan, diantaranya aplikasi pada bidang agrikultur yang memanfaatkan kandungan kalium, kalsium oksida dan nutrisi tanaman lainnya dari abu kayu (Nkana *et al.*, 1998). Abu kayu digunakan sebagai material amandemen tanah (Petrovský *et al.*, 2018; Maresca *et al.*, 2019), hal ini berkaitan dengan pH yang dimiliki abu kayu dalam kisaran 8 hingga 13 sehingga dapat digunakan sebagai zat pengapuran untuk membantu mengimbangi pengasaman tanah di tanah yang sangat asam.

Penggunaan abu kayu pada bidang konstruksi bangunan juga sangat berperan diantaranya sebagai material pengganti sebagian dari semen untuk memproduksi beton (Sigvardsen *et al.*, 2019) ataupun sebagai bahan pada mortar (Sigvardsen and Ottosen, 2019). Sifat beton yang penting dan perlu dikaji lebih lanjut adalah kekuatan mekanik, daya tahan, tahan api, sifat termal. Beberapa sifat tersebut dapat dioptimasi menggunakan bahan pengganti sebagian semen dalam produksi beton. Hal ini berhubungan dengan kandungan abu kayu yang terdiri dari CaCO_3 , SiO_2 dan $\text{K}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$ yang menunjukkan pengaruh positif pada sifat hidrasi semen

(Matschei *et al.*, 2007). Oleh karena itu, abu kayu merupakan bahan rujukan alternatif yang cukup menjanjikan sebagai bahan pengganti sebagian semen pada produksi beton. Penelitian yang telah dikembangkan secara luas bertujuan untuk mencari semen alternatif yang berupa produk geopolimer diantaranya yang telah dilakukan oleh (Reddy *et al.*, 2010; Hassan *et al.*, 2019).

Biofuels dan bentuk energi terbarukan dewasa ini juga telah mendapat perhatian yang besar sebagai pengganti alternatif bahan bakar yang berasal dari fosil, berkaitan dengan keterbatasan jumlah bahan bakar konvensional dan biaya yang berfluktuasi. Biodiesel merupakan salah satu jenis bio-bahan bakar dari campuran dari alkil ester asam lemak yang diperoleh dari sumber yang terbarukan seperti minyak dari tumbuhan dan lemak dari hewan. Secara umum, metode yang digunakan untuk menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) adalah menggunakan reaksi transesterifikasi trigliserida dengan alkohol dan menggunakan bantuan katalis. Produk yang dihasilkan memiliki sifat fisik dan kimia yang serupa dengan diesel berbasis minyak bumi. Keunggulan biodiesel dibandingkan bahan bakar diesel konvensional meliputi, titik nyala tinggi, bilangan setana tinggi, viskositas rendah, pelumasan tinggi, biodegradabilitas, dan sifat ramah lingkungan karena menghasilkan karbon monoksida dan sulfur dioksida dengan kadar yang lebih rendah.

Peranan katalis baik homogen ataupun heterogen sangat penting pada proses produksi biodisel. Penggunaan katalis homogen memiliki keunggulan diantaranya adalah jumlah hasil yang tinggi dan konversi minyak menjadi metil ester yang lebih cepat. Akan tetapi katalis homogen memiliki kekurangan yaitu menyebabkan korosi pada peralatan, pembentukan emulsi selama pemurnian biodisel dan beberapa masalah lingkungan lainnya. Kelemahan tersebut dapat diatasi dengan katalis heterogen yang pada dewasa ini telah menarik perhatian peneliti. Berbagai sumber katalis telah dipelajari diantaranya material katalis berbasis CaO, yaitu CaO/Al₂O₃ (Uprety *et al.*, 2016), material berbasis pemanfaatan limbah, yaitu CaO yang diperoleh dari campuran abu kayu, cangkang siput dan kulit telur (Marinković *et al.*, 2016; Mansir *et al.*, 2018), abu layang biomasa (BFA) (Novais *et al.*, 2018), limbah kayu (Sharma *et al.*, 2012; Santi *et al.*, 2015).

Kelimpahan limbah kayu yang tinggi menjadi alasan utama pemanfaatannya sebagai material katalis dewasa ini. Keberadaan logam oksida yang bersifat basa menyebabkan potensi katalis yang penting. Berdasarkan laporan Ulery *et al.*, (1993), komposisi abu kayu bergantung pada berbagai faktor, diantaranya jenis spesies kayu, pembakaran bagian dari kayu (batang, cabang, dan daun), umur tanaman, tipe tanah, iklim, kondisi pembakaran. Oleh karena itu, tujuan dari

tulisan ini adalah untuk memperoleh karakterisasi abu kayu merbau (*Intsia*, spp.) dari variasi kondisi kalsinasi meliputi temperatur dan lama kalsinasi.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan adalah sampel kayu merbau (*Intsia*, spp.) berbentuk chip diperoleh dari tempat pengolahan kayu produksi lokal yang berada di Manokwari, Papua Barat, Indonesia, selain itu aquadest. Peralatan yang digunakan adalah tanur, dan desikator.

Prosedur Kerja

a. Kalsinasi kayu merbau (*Intsia*, spp.)

Sampel kayu dicuci dengan aquadest dan selanjutnya dikeringkan pada 60 °C sampai berat konstan. Sampel dimasukkan ke dalam tanur dengan variasi temperatur 500 dan 600 °C selama 1 jam. Lama kalsinasi yaitu 1, 2 dan 3 jam dilakukan pada temperatur 500 °C. Abu yang dihasilkan dari variasi temperatur diberi kode sebagai M500 dan M600, sedangkan untuk variasi lama kalsinasi, yaitu M1, M2 dan M3.

b. Karakterisasi sampel abu kayu

Difraksi sinar-X (XRD) abu kayu hasil preparasi dilakukan menggunakan Rigaku Miniflex600, $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$, 40 kV, 15 mA). Analisis spektroskopi menggunakan FT-IR Shimadzu FTIR-8210-FC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

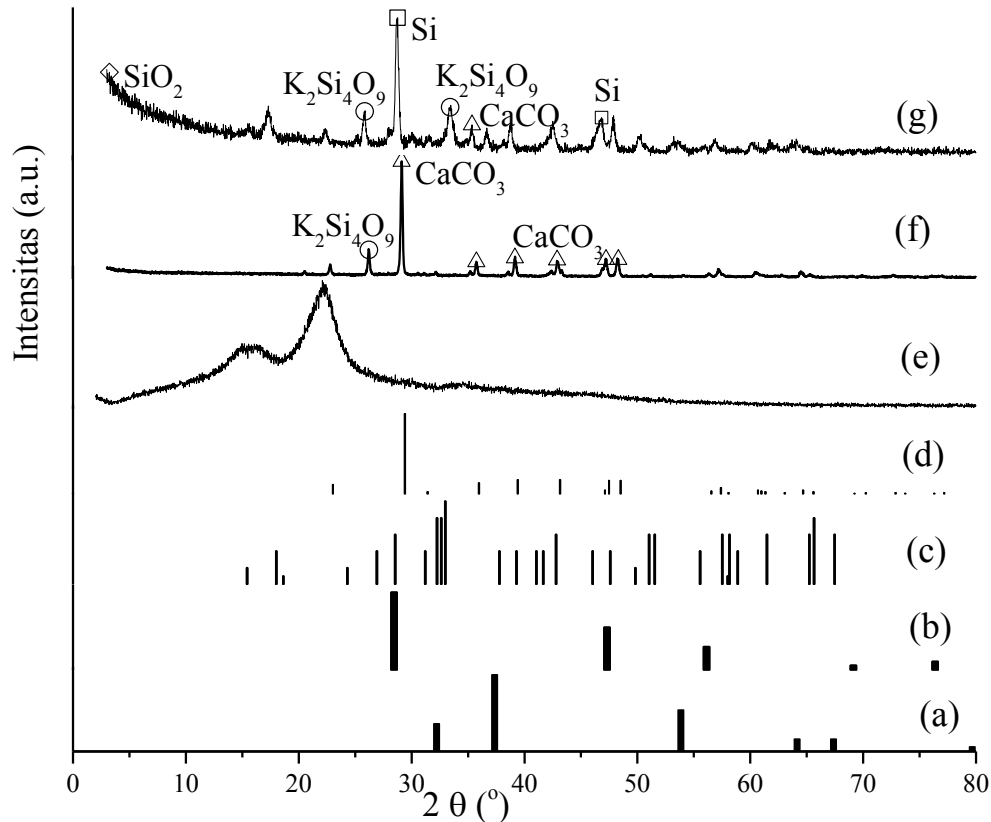
a. Karakterisasi abu kayu merbau (*Intsia, spp*) menggunakan XRD

Pola difraktogram material hasil preparasi dengan variasi temperatur disajikan pada Gambar 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa terjadi perubahan struktur akibat proses kalsinasi, hal ini nampak dari profil XRD untuk sampel mentah/sebelum preparasi yang ditunjukkan pada Gambar 1.a sangat berbeda dengan kedua profil sampel setelah dipreparasi, baik pada temperatur 500 °C maupun 600 °C, secara berturut-turut pada Gambar 1.f dan Gambar 1.g. Difraktogram bahan mentah dari kayu merbau memperlihatkan tiga puncak lebar dengan hasil yang telah dilaporkan sebelumnya oleh Jain *et al.*, (2014) yang melaporkan profil dari tempurung kelapa varietas Malaysia. Profil ini berkaitan dengan pola selulosa mikrokristalin (Nieva *et al.*, 2015) yang bercampur dengan daerah amorf.

Secara umum pola dari sampel abu kayu hasil kalsinasi menunjukkan telah terbentuknya bagian kristalin, yang ditunjukkan dengan munculnya beberapa puncak yang khas dari logam dan oksida logam. Identifikasi puncak yang muncul dilakukan dengan membandingkan terhadap

referensi standar untuk jenis mineral mayor yang muncul, yaitu difraktogram dari silikon oksida (SiO_2) dengan JCPDS 50-0511, yang ditunjukkan dalam Gambar 1.a, silikon (Si) dengan JCPDS 27-1402 ditunjukkan dalam Gambar 1.b, kalium silikat ($\text{K}_2\text{Si}_4\text{O}_9$) Gambar 1.c, dan JCPDS 05-0586 untuk kalsium karbonat (CaCO_3).

Kenaikan temperatur kalsinasi terlihat menyebabkan perbedaan kandungan mineral yang dihasilkan pada produk abu kayu. Hal ini terbukti dengan munculnya puncak silikon oksida (SiO_2) serta silikon (Si) pada kalsinasi dengan temperatur 600 °C yang tidak dijumpai pada produk dengan temperatur 500 °C. Pada Gambar 1.g, SiO_2 teramati dengan keberadaan puncak pada $2\theta = 3,00^\circ$ dengan d_{hkl} [211]. Keberadaan SiO_2 dengan struktur kubik akan mudah dikenali dengan munculnya puncak pada sudut kecil (*small angle*), dan optimum pada $2\theta = 2,67^\circ$, dimana sudut optimal tersebut tidak dapat nampak pada hasil pengukuran karena pada pengukuran sampel menggunakan XRD tidak dilakukan sampai pada sudut kecil (kurang dari $2\theta = 3^\circ$). Akan tetapi, hal ini dapat ditelusuri dengan pengamatan kenaikan tren difraktogram yang terlihat makin naik di daerah sebelah kiri mulai dari sudut kurang dari 5° .



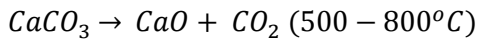
Gambar 1. Pola XRD: (a) JCPDS 50-0511, (b) JCPDS 27-1402, (c) JCPDS 30-0978, (d) JCPDS 05-0586, (e) kayu merbau sebelum preparasi, (f) M500, (g) M600

Beberapa puncak lainnya yang berkaitan dengan keberadaan Si dengan struktur kubik teramati pada $2\theta = 28,44^\circ$ [111] dan $47,30^\circ$ [220]. Selain itu, pada M600 terdeteksi adanya spesi $K_2Si_4O_9$ dengan struktur heksagonal pada $2\theta = 26,00^\circ$ [110] dan $32,98^\circ$ [112]. Kalium silikat mengalami peningkatan karakter puncak pada M600 dibandingkan jika dibandingkan terhadap M500, hal ini disebabkan terjadi transformasi antara kalium yang umumnya berbentuk oksida terhadap spesi SiO_2 . Hal ini dimungkinkan karena keberadaan kalium merupakan komponen mayor dengan urutan kedua setelah natrium pada sampel abu kayu merbau, sesuai dengan pernyataan dari hasil

riset sebelumnya (Santi *et al.*, 2015). Selain itu pada sampel M600 teridentifikasi keberadaan spesi $CaCO_3$ dengan struktur rombohedral pada $2\theta = 31,48^\circ$ [006].

Pada sampel M500 terlihat keberadaan $CaCO_3$ pada sudut difraksi $29,16^\circ$ [104], $35,98^\circ$ [113], $38,9^\circ$ [113], $43,14^\circ$ [202], $47,20^\circ$ [024], dan $48,26^\circ$ [116] dengan struktur rombohedral. Selain itu spesi $K_2Si_4O_9$ juga terlihat pada $26,20^\circ$ [110] dengan struktur heksagonal. Pada M500 terlihat bahwa terdapat variasi mayor dalam komposisi abu kayu merbau, yaitu berupa $CaCO_3$, sedangkan pada temperatur di atasnya beberapa puncak

spesi CaCO_3 telah berkurang dan digantikan dengan spesi lainnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Sharma *et al.* (2012) bahwa pada temperatur diatas $500\text{ }^\circ\text{C}$, kalsium karbonat akan mengalami reaksi dekomposisi, sesuai dengan persamaan reaksi berikut:

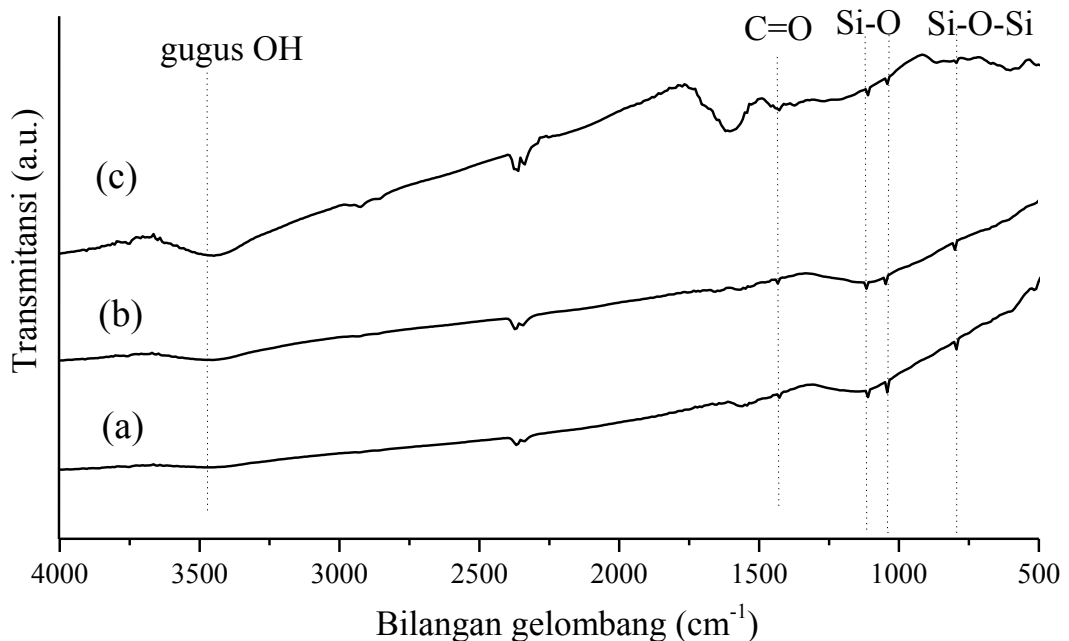


Keberadaan Ca terdeteksi dengan intensitas rendah sebagai mineral minor yang berupa kalium kalsium oksida/fairchildite, dengan sistem kristal hexagonal sesuai dengan JCPDS 021-1287, yaitu pada $33,78^\circ$ [110].

b. Karakterisasi abu kayu merbau (*Intsia, spp*) menggunakan FTIR

Spektra FTIR sampel abu kayu merbau (*Intsia, spp.*) yang dikalsinasi pada temperatur $500\text{ }^\circ\text{C}$

disajikan pada Gambar 2. Secara umum perbedaan lama reaksi kalsinasi tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap komposisi gugus fungsi yang terkandung dalam sampel, akan tetapi memperlihatkan adanya penurunan intensitas serapan dengan bertambahnya lama reaksi. Analisis infra merah pada abu kayu mengindikasikan keberadaan dari vibrasi ulur asimetris Si-O pada 1110 cm^{-1} dan 1041 cm^{-1} , vibrasi ulur simetris Si-O-Si pada 794 cm^{-1} (Kalembkiewicz *et al.*, 2018). Pita spektra yang melebar pada 3448 cm^{-1} berkaitan dengan pita serapan yang muncul pada daerah sekitar $\sim 1600\text{ cm}^{-1}$ yang mengindikasikan gugus hidroksil yang tersebar secara acak pada struktur



Gambar 2. Spektra FTIR: (a) M500 pada 3 jam kalsinasi, (b) M500 pada 2 jam kalsinasi, dan (c) M500 pada 1 jam kalsinasi

antara mineral yang terikat dan berkaitan dengan keberadaan molekul air yang terikat atau teradsorpsi oleh material abu kayu. Pita serapan yang terdapat pada 1427 cm^{-1} merupakan karakteristik dari vibrasi ulur asimetri C=O (Qian *et al.*, 2013, 2015) yang menandakan keberadaan senyawa karbonat pada sampel abu kayu.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian karakteristik yang telah dikemukakan, dapat disimpulkan bahwa kalsinasi mampu meningkatkan karakter kristalin sampel abu kayu, yang meliputi beberapa senyawa yaitu pada M600 teridentifikasi senyawaan Si yang berupa spesi Si (struktur kubik), SiO_2 (struktur kubik), dan $\text{K}_2\text{Si}_4\text{O}_9$ (struktur heksagonal). Selain itu terdapat CaCO_3 (struktur rombohedral) walaupun dengan penurunan intensitas dibandingkan pada sampel M500. Sebaliknya pada M500 CaCO_3 merupakan spesi variasi mayor yang teridentifikasi, selain $\text{K}_2\text{Si}_4\text{O}_9$ dengan struktur heksagonal. Penurunan intensitas CaCO_3 berkaitan dengan dekomposisi yang dialami pada suhu diatas $500\text{ }^\circ\text{C}$.

DAFTAR PUSTAKA

Hassan, H.S., Abdel-Gawwad, H.A., Vásquez-García, S.R., Israde-Alcántara, I., Flores-Ramirez, N., Rico, J.L., and Mohammed, M.S., 2019. Cleaner Production of One-

Part White Geopolymer Cement Using Pre-Treated Wood Biomass Ash and Diatomite, *Journal of Cleaner Production*, 209:1420–1428.

Jain, A., Jayaraman, S., Balasubramanian, R., and Srinivasan, M.P., 2014. Hydrothermal Pre-Treatment for Mesoporous Carbon Synthesis: Enhancement of Chemical Activation, *Journal of Materials Chemistry A*, 2(2):520–528.

Kalembkiewicz, J., Galas, D., and Sitarz-Palczak, E., 2018. The Physicochemical Properties and Composition of Biomass Ash and Evaluating Directions of Its Applications, *Polish Journal of Environmental Studies*, 27(6):2593–2604.

Mansir, N., Teo, S.H., Rabi, I., and Taufiq-Yap, Y.H., 2018. Effective Biodiesel Synthesis from Waste Cooking Oil and Biomass Residue Solid Green Catalyst, *Chemical Engineering Journal*, 347:137–144.

Maresca, A., Krüger, O., Herzel, H., Adam, C., Kalbe, U., and Astrup, T.F., 2019. Influence of Wood Ash Pre-Treatment on Leaching Behaviour, Liming and Fertilising Potential, *Waste Management*, 83:113–122.

Marinković, D.M., Stanković, M. V., Veličković, A. V., Avramović, J.M., Miladinović, M.R., Stamenković, O.O., Veljković, V.B., and Jovanović, D.M.,

2016. Calcium Oxide as a Promising Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Production: Current State and Perspectives, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 56:1387–1408.
- Matschei, T., Lothenbach, B., and Glasser, F.P., 2007. The Role of Calcium Carbonate in Cement Hydration, *Cement and Concrete Research.*, 37, 551–558.
- Nieva, M.L., Volpe, M.A., and Moyano, E.L., 2015. Catalytic and Catalytic Free Process for Cellulose Conversion: Fast Pyrolysis and Microwave Induced Pyrolysis Studies, *Cellulose*, 22(1):215–228.
- Nkana, J.C.V., Demeyer, A., and Verloo, M.G., 1998. Chemical Effects of Wood Ash on Plant Growth in Tropical Acid Soils, *Bioresource Technology*, 63(3):251–260.
- Novais, R.M., Gameiro, T., Carvalheiras, J., Seabra, M.P., Tarelho, L.A.C., Labrincha, J.A., and Capela, I., 2018. High pH Buffer Capacity Biomass Fly Ash-Based Geopolymer Spheres to Boost Methane Yield in Anaerobic Digestion, *Journal of Cleaner Production*, 178:258–267.
- Petrovský, E., Remeš, J., Kapička, A., Podrázský, V., Grison, H., and Borůvka, L., 2018. Magnetic Mapping of Distribution of Wood Ash Used for Fertilization of Forest Soil, *Science of the Total Environment*, 626:228–234.
- Qian, K., Kumar, A., Patil, K., Bellmer, D., Wang, D., Yuan, W., and Huhnke, R.L., 2013. Effects of Biomass Feedstocks and Gasification Conditions on the Physiochemical Properties of Char, *Energies*, 6(8):3972–3986.
- Qian, K., Kumar, A., Zhang, H., Bellmer, D., and Huhnke, R., 2015. Recent Advances in Utilization of Biochar, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42:1055–1064.
- Reddy, B.S.K., Varaprasad, J., and Reddy, K.N.K., 2010. Strength and Workability of Low Lime Fly-Ash Based Geopolymer Concrete, *ndian Journal of Science and Technology*, 3(12):1188–1189.
- Santi, D., Lestari, A.D., dan Triyono, 2015. Efektifitas Abu Kayu Merbau Sebagai Katalis Heterogen Dalam Reaksi Transesterifikasi Minyak Curah Menjadi Biodiesel, *Mekanika Jurnal*, 13(12):65–69.
- Sharma, M., Khan, A.A., Puri, S.K., and Tuli, D.K., 2012. Wood Ash as a Potential Heterogeneous Catalyst for Biodiesel Synthesis, *Biomass and Bioenergy*, 41:94–106.
- Sigvardsen, N.M., Kirkelund, G.M., Jensen, P.E., Geiker, M.R., and Ottosen, L.M., 2019. Impact of Production Parameters on Physiochemical Characteristics of Wood Ash for Possible Utilisation in

- Cement-Based Materials, *Resources, Conservation and Recycling*, 145:230–240.
- Sigvardsen, N.M. and Ottosen, L.M., 2019. Characterization of Coal Bio Ash from Wood Pellets and Low-Alkali Coal Fly Ash and Use as Partial Cement Replacement in Mortar, *Cement and Concrete Composites*, 95:25–32.
- Ulery, A.L., Graham, R.C., and Amrhein, C., 1993. Wood-ash Composition and Soil PH Following Intense Burning, *Soil Science*, 156(5):358–364.
- Uprety, B.K., Chaiwong, W., Ewelike, C., and Rakshit, S.K., 2016. Biodiesel Production using Heterogeneous Catalysts Including Wood Ash and The Importance of Enhancing Byproduct Glycerol Purity, *Energy Conversion and Management*, 115:191–199.