

Analisis Proximat Terhadap beberapa Jenis Biochar dari Limbah Pertanian

(Analysis of Proximate Against Several Types of Biochar from Agricultural Waste)

Nova Nirlasari¹, Manfarizah¹, Darusman^{1*}

¹Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: darusman@unsyiah.ac.id

Abstrak. Limbah pertanian merupakan limbah sumber daya alam yang mudah dijumpai dan mempunyai nilai yang tinggi. Limbah pertanian tersebut dapat diolah sebagai bahan pembuatan biochar atau arang hayati. Untuk dijadikan energi, limbah ini perlu mendapatkan perlakuan pembakaran secara pirolisis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi komponen yang terkandung pada kulit durian, kulit kelapa muda dan kayu pohon cemara dengan analisis proximat. Pembuatan biochar dilakukan dengan menggunakan chamber muffle dengan suhu 700°C dengan durasi pembakaran selama 5 jam pada ketiga jenis limbah pertanian tersebut. Penelitian ini dilaksanakan di kebun percobaan dan laboratorium fisika tanah fakultas pertanian universitas syiah kuala pada bulan desember 2020 sampai dengan maret 2021. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (ral) non faktorial dengan 3 perlakuan yang diulang sebanyak 5 kali sehingga didapatkan 15 perlakuan. Parameter yang di analisis yaitu berupa analisis proximat untuk mengidentifikasi kandungan komponen biochar yang terdiri dari kadar air, zat menguap, kadar abu dan karbon terikat. Selanjutnya dilakukan analisis kimia yaitu pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biochar limbah pertanian setelah dianalisis proximat berpengaruh terhadap semua parameter, yaitu pada kadar air, pH, zat menguap, kadar abu dan karbon terikat. Selanjutnya, biochar yang dihasilkan secara pembakaran pirolisis pada suhu temperatur 700°C dengan lama pembakaran selama 5 jam menghasilkan pH biochar rata-rata 11.62 dengan kandungan karbon terikat bervariasi dari 17.62% - 57.50%. Pirolisis dengan suhu temperatur 700°C dengan waktu pembakaran selama 5 jam menghasilkan kadar abu 0.00% untuk biochar limbah pertanian kulit durian dan kayu pohon cemara.

Kata kunci : Limbah pertanian, biochar, analisis proximat.

Abstract. Agricultural waste is easy to find and has a high value. The agricultural waste can be processed as material for making biochar or biological charcoal. To be used this waste needs to be treated with pyrolysis combustion. This study aims to determine the composition of the components contained in durian peel, young coconut skin and pine wood with proximate analysis. The production of biochar was carried out using a chamber muffle at a temperature of 700°C with a combustion duration of 5 hours on the three types of agricultural waste. This research was carried out in the experimental garden and soil physics laboratory, Faculty of Agriculture, Syiah Kuala University from December 2020 to March 2021. This study used a non-factorial completely randomized design (RAL) with 3 treatments repeated 5 times so that 15 treatments were obtained. The parameters analyzed were in the form of proximate analysis to identify the content of biochar components consisting of water content, volatile matter, ash content and fixed carbon. Furthermore, chemical analysis is carried out, namely pH. The results showed that agricultural waste biochar after proximate analysis had an effect on all parameters, namely water content, pH, volatile matter, ash content and fixed carbon. Furthermore, biochar produced by pyrolysis combustion at a temperature of 700°C with a burning time of 5 hours produces an average biochar pH of 11.62 with fixed carbon content varying from 17.62% - 57.50%. Pyrolysis at a temperature of 700°C with a burning time of 5 hours produced an ash content of 0.00% for agricultural waste biochar from durian bark and pine tree wood.

Keywords: Agricultural waste, biochar, proximate analysis.

PENDAHULUAN

Limbah pertanian merupakan limbah sumber daya alam yang mudah dijumpai dan mempunyai nilai yang tinggi. Limbah pertanian tersebut dapat diolah sebagai salah satu bahan pembuatan biochar atau arang hayati. Biochar atau arang hayati merupakan materi padat yang terbentuk dari karbonisasi biomassa atau dapat disebut dengan arang aktif. Biomassa yang menjadi bahan biochar akan lebih efisien apabila berasal dari beberapa limbah pertanian yang tidak bisa dijadikan pakan ternak maupun sulit untuk dikomposkan. Biochar merupakan

bahan pembenah tanah alami yang merupakan berbahan baku hasil pembakaran yang tidak sempurna atau sering disebut pirolisis pada beberapa limbah pertanian yang sulit untuk didekomposisikan (Lehmann and Marco., 2006).

Biochar dapat dihasilkan dari beberapa limbah pertanian yang tidak digunakan lagi dan dibuang begitu saja dan sangat jarang untuk dimanfaatkan. Hal ini disebabkan karena kurangnya pengetahuan masyarakat atas komposisi komponen yang terkandung di dalam beberapa limbah pertanian tersebut yang mana jika dapat dimanfaatkan dengan baik maka dapat menguntungkan masyarakat (Fadhilah et al., 2011). Banyak dari beberapa limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai biochar antara lain seperti limbah kulit durian, kulit kelapa muda dan kayu pohon cemara. Kebanyakan masyarakat berfikir bahwa limbah hanya mendatangkan dampak negatif. Sebenarnya dari beberapa limbah pertanian tersebut, limbah pertanian yang bersifat alami atau organik dapat dimanfaatkan dari berbagai aktivitas terutama dari aktivitas pertanian.

Untuk mendapatkan komponen dari beberapa biochar limbah pertanian dengan uji proximat, maka akan dilakukan pembakaran secara pirolisis. Menurut (Wahyudi., 2018) Pirolisis berasal dari dua kata yaitu pyro yang berarti panas dan lysis yang berarti degradasi atau penguraian. Istilah lain dari pirolisis juga merupakan penguraian yang tidak teratur dari beberapa limbah pertanian yang disebabkan oleh adanya pemanasan tanpa berhubungan langsung dengan udara luar. Alat pembakaran yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan chamber muffle furnace dengan temperatur konstan yaitu pada suhu 700°C dengan lama pembakaran selama 5 jam untuk mengetahui komponen biochar yang terkandung di dalam beberapa limbah pertanian dengan uji analisis proximat. Uji proximat merupakan suatu analisis yang dapat dilakukan pada beberapa sampel perlakuan limbah pertanian salah satunya yaitu untuk mengetahui komposisi komponen biochar dengan mengukur parameter-parameter yang dinyatakan dalam satuan persen berat yaitu parameter kandungan air, parameter kandungan zat menguap (volatile matter), parameter kadar abu (ash content) dan parameter karbon terikat (*fixed carbon*)

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti tertarik untuk memanfaatkan beberapa limbah pertanian berupa kulit durian, kulit kelapa muda dan kayu pohon cemara sebagai pembuatan biochar untuk mengetahui komposisi komponen dengan uji proximat serta ingin menjadikan beberapa limbah pertanian tersebut supaya memiliki nilai ekonomi dan juga lebih bermanfaat untuk dijadikan pembenah tanah.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh dan analisis dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Desember 2020 sampai Maret 2021.

Alat dan Bahan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan porselin, chamber muffle furnace, shaker, pH meter, ayakan, botol film, timbangan, karung, tali, parang, terpal dan alat-alat laboratorium lainnya. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bahan kimia H₂O untuk analisis pH biochar dan bahan yang diperlukan saat dilapangan yaitu kulit durian, kulit kelapa muda dan kayu pohon cemara.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini akan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) pada pola non faktorial dengan percobaan sebanyak 3 perlakuan dengan 5 kali ulangan. Sehingga didapatkan 15 perlakuan.

Prosedur Penelitian

A. Persiapan beberapa limbah pertanian

Persiapan beberapa limbah pertanian akan dilakukan dengan pengumpulan bahan-bahan yang akan digunakan dalam pembuatan biochar. Limbah pertanian tersebut antara lain kulit kelapa muda, kulit durian, dan kayu pohon cemara. Kemudian, semua bahan baku tersebut akan dipotong-potong dan dikeringkan sampai kering dibawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air yang ada di dalam kulit durian, kulit kelapa muda dan kayu pohon cemara. Setelah kering, masing-masing bahan baku berupa kulit durian, kulit kelapa muda dan kayu pohon cemara dimasukkan kedalam kantong plastik. Kemudian dilanjutkan dengan proses pembuatan biochar dengan masing-masing bahan baku dibakar dengan menggunakan chamber muffle furnace dengan temperatur 700°C dengan lama pembakaran selama 5 jam.

B. Persiapan alat pembakaran

Alat pembakaran yang digunakan pada penelitian ini yaitu chamber muffle furnace. Chamber muffle furnace atau tanur sering disebut dengan tungku pembakaran yang digunakan untuk pemanasan yaitu suatu alat sejenis oven berupa ruangan dengan penyekat termal yang mampu melakukan pembakaran hingga 1250°C. Chamber muffle furnace juga memiliki temperatur yang dapat dikontrol (konstan).

C. Proses pembuatan biochar

Proses pembuatan biochar pada limbah pertanian kulit durian, kulit kelapa muda dan kayu pohon cemara yaitu pada pembakaran konstan temperatur dengan suhu 700°C dengan lama pembakaran selama 5 jam untuk setiap perlakuan. Pembakaran biochar limbah pertanian menggunakan alat pembakaran chamber muffle furnace.

D. Teknis pengambilan sampel biochar

Teknis pengambilan sampel yaitu dilakukan pada masing-masing biochar limbah pertanian yang sudah melalui proses penumbukan dan juga penyaringan

1. Sampel biochar yang sudah dihaluskan dan disaring dapat dimasukkan kedalam wadah (toples) kemudian ditutup dengan dilapisi kertas koran
2. Kemudian sampel biochar disimpan di ruangan yang tertutup agar tidak terkena sinar matahari secara langsung, paparan kontaminan gas ataupun cairan lainnya.
3. Biochar juga bisa disimpan dalam kondisi kering, agar tidak meningkatkan aktivitas mikroba pada sampel biochar.
4. Kemudian biochar siap untuk dianalisis di laboratorium.

E. Analisis parameter biochar

Pada penelitian ini, pembakaran biochar dilakukan dengan menggunakan Chamber muffle furnace dengan suhu temperatur konstan yaitu pada suhu 700°C untuk dilakukan analisis proksimat. Analisis proksimat merupakan suatu metode analisis kimia untuk mengidentifikasi kandungan biochar yang terdiri dari kadar air, zat menguap (volatile matter), kadar abu (ash content), karbon terikat (fixed carbon) dan pH.

HASIL DAN PEMBAHASAN

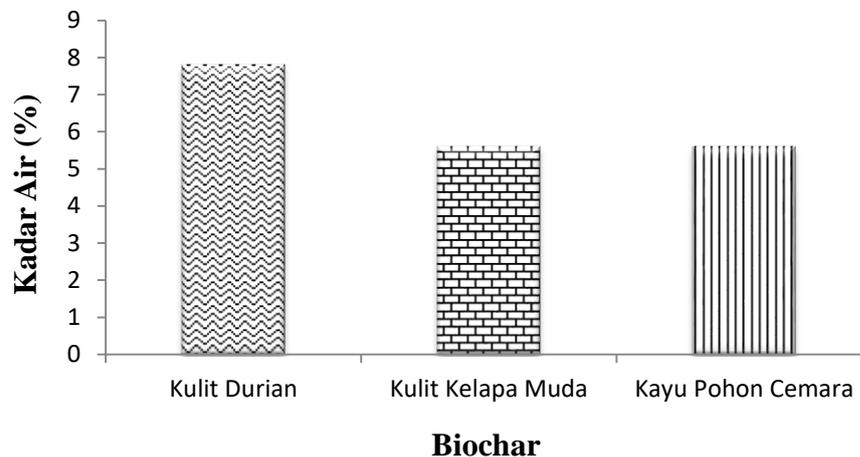
Kadar Air Biochar

Uji sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan biochar limbah pertanian berpengaruh nyata terhadap kadar air biochar. Rata-rata kadar air biochar limbah pertanian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata kadar air biochar limbah pertanian

Perlakuan	Kadar Air %
KD (Kulit durian)	7,80 a
KKM (Kulit kelapa muda)	5,60 a
KPC (Kayu pohon cemara)	5,60 a
BNJ _{0,05}	2,24

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama berbeda nyata pada uji BNJ_{0,05}



Gambar 1. Kadar Air Biochar Limbah Pertanian

Rata-rata kadar air biochar limbah pertanian setelah diuji dengan BNJ_{0,05} disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 1. Pada semua perlakuan biochar dapat dilihat nilai tertinggi pada kadar air yaitu pada perlakuan Kulit durian dengan nilai 7,8%. Meskipun secara uji BNJ pada taraf 5% dengan menggunakan biochar limbah pertanian tidak berbeda nyata antar perlakuan, meskipun secara uji sidik ragam terdapat pengaruh antar perlakuan biochar limbah pertanian kadar air secara nyata. Menurut Cahya et al. (2010), nilai kadar air pada produk biochar dapat dipengaruhi oleh terjadinya beberapa kontak langsung antara biochar temperatur yang tinggi dengan udara di sekitarnya sehingga biochar tersebut banyak menyerap uap air. Besar kecilnya kadar air yang didapatkan pada biochar dapat mempengaruhi kemampuan biochar dalam memegang air. Dimana jika semakin lama waktu pembakaran suhu temperaturnya, maka kadar air biochar akan semakin terbuka sehingga menyebabkan terjadinya kontak langsung antara biochar yang bersifat higroskopik dengan udara. Sehingga biochar tersebut akan banyak menyerap uap air (Kemas et al.,2018)

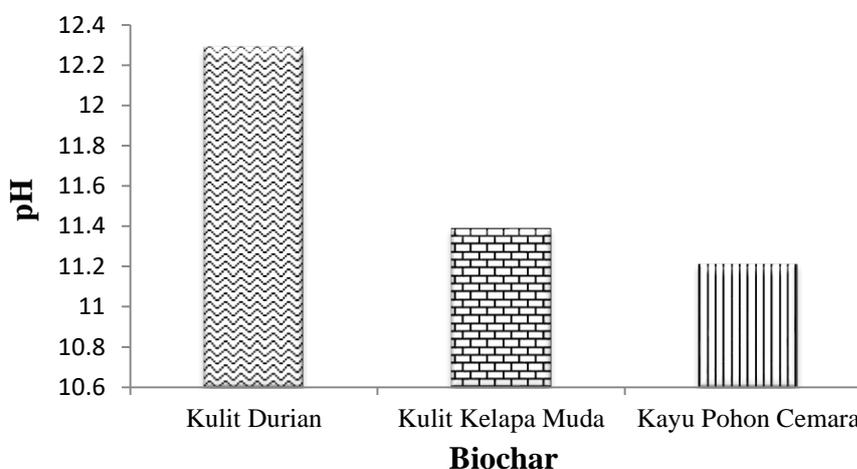
pH Biochar

Uji sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan biochar limbah pertanian berpengaruh sangat nyata terhadap pH biochar. Rata-rata pH biochar limbah pertanian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata pH Biochar Limbah Pertanian

Perlakuan	pH
KD (Kulit durian)	12,29 b
KKM (Kulit kelapa muda)	11,39 a
KPC (Kayu pohon cemara)	11,21 a
BNJ _{0,05}	0,55

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama berbeda nyata pada uji BNJ_{0,05}



Gambar 2. pH Biochar Limbah Pertanian

Rata-rata pH biochar pada beberapa limbah pertanian setelah diuji dengan BNJ_{0,05} disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa perlakuan biochar limbah pertanian berbeda sangat nyata terhadap pH biochar. Pada semua perlakuan dapat dilihat bahwa semua limbah pertanian setelah dijadikan biochar memiliki pH rata-rata 11,20 - 12,28 sehingga biochar limbah pertanian tersebut dapat dijadikan sebagai bahan pengganti kapur pada lahan masam dan dapat digunakan sebagai amelioran untuk menaikkan pH tanah jika diaplikasikan sebagai pembenah tanah pada tanah yang masam (Berek and Hue., 2016. Pada tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai tertinggi pH terdapat pada perlakuan Kulit durian yaitu dengan nilai 12,28. Temperatur pembakaran sangat berpengaruh pada bahan biochar. Dimana semakin tinggi temperatur pembakaran maka akan semakin tinggi pH biochar yang akan didapatkan. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Yuan et al (2011) semakin tinggi suhu yang digunakan dalam memproduksi biochar maka pH biochar yang dihasilkan juga akan semakin tinggi nilainya. Nilai pH biochar dapat dipengaruhi oleh beberapa limbah pertanian yang digunakan tergantung pada suhu pembakaran maupun berapa lamanya waktu pembakaran dalam pembuatan biochar limbah pertanian. Salah satu sifat biochar yang sering dipertimbangkan yaitu pH atau tingkat keasaman pada suatu biochar

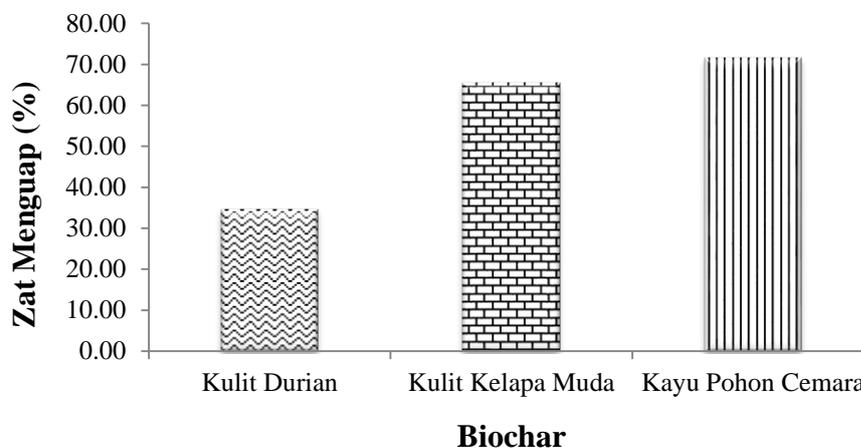
Zat Menguap (Volatile Matter) Biochar

Uji sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan limbah pertanian berpengaruh sangat nyata terhadap zat menguap (volatile matter) biochar. Rata-rata zat menguap (volatile matter) biochar limbah pertanian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Zat Menguap (Volatile Matter) Biochar Limbah Pertanian

Perlakuan	Zat Menguap %
KD (Kulit durian)	34,70 a
KKM (Kulit kelapa muda)	65,36 b
KPC (Kayu pohon cemara)	71,61 b
BNJ0,05	10,69

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama berbeda nyata pada uji BNJ_{0,05}



Gambar 3. Zat Menguap (Volatile Matter) Biochar Limbah Pertanian

Rata-rata zat menguap (volatile matter) biochar pada perlakuan biochar limbah pertanian setelah diuji dengan BNJ_{0,05} disajikan pada Tabel 3 dan Grafik 3 menunjukkan bahwa berpengaruh sangat nyata terhadap zat menguap (volatile matter) biochar. Pada semua perlakuan biochar limbah pertanian dapat dilihat bahwa kulit durian memiliki nilai terendah dibandingkan dengan jenis biochar limbah pertanian lainnya yaitu dengan nilai 34,70%. Hal ini tergantung pada proses pembakaran biochar itu sendiri, mulai dari limbah pertanian yang digunakan juga waktu dan suhu pembakarannya. Sedangkan dengan nilai tertinggi yaitu pada perlakuan limbah pertanian kayu pohon cemara yaitu 71,61%. Hal ini sesuai dengan pendapat Taufik and Umi (2017) yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur pirolisis maka akan semakin rendah zat menguap (volatile matter) pada biochar. Zat mudah menguap yaitu proses kehilangan berat (selain air) yang terdapat dalam biochar. zat menguap (volatile matter) itu sendiri dapat dipengaruhi oleh beberapa temperatur maupun jenis limbah pertanian yang digunakan. Menurut pernyataan Pari (1995), menyebutkan bahwa tingginya zat menguap (volatile matter) dan lamanya waktu pembakaran kadar zat menguap (volatile matter) dapat menurunkan kadar karbon yang terkandung dalam arang aktif, sehingga menghasilkan jumlah karbon menurun atau semakin sedikit. Kadar zat menguap adalah sebagai kehilangan berat (selain karena hilangnya air) dari biochar yang terjadi pada saat proses pengarangan berlangsung (Sukowati et al., 2019).

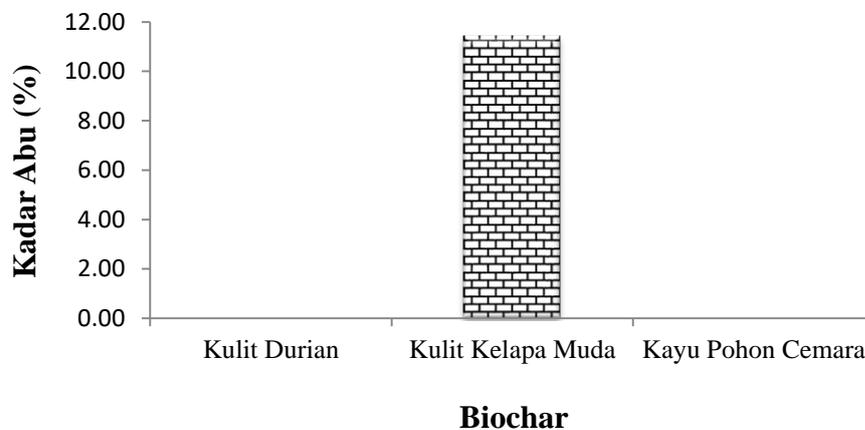
Kadar Abu (Ash Content) Biochar

Uji sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan limbah pertanian berpengaruh sangat nyata terhadap kadar abu (ash content) biochar. Rata-rata kadar abu (*ash content*) biochar limbah pertanian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata Kadar Abu (*Ash Content*) Biochar Limbah Pertanian

Perlakuan	Kadar Abu %
KD (Kulit durian)	00,00 a
KKM (Kulit kelapa muda)	11,42 b
KPC (Kayu pohon cemara)	0,00 a
BNJ _{0,05}	6,00

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama berbeda nyata pada uji BNJ_{0,05}



Gambar 4. Kadar Abu (*Ash Content*) Biochar Limbah Pertanian

Rata-rata kadar abu (ash content) biochar pada perlakuan limbah pertanian setelah di uji lanjut dengan BNJ_{0,05} disajikan pada Tabel 4 dan Gambar 4. Menunjukkan bahwa limbah pertanian berbeda sangat nyata terhadap kadar abu (ash content) dan di diperoleh nilai terendah yaitu pada perlakuan biochar limbah pertanian kulit durian serta pada perlakuan biochar limbah pertanian kayu pohon cemara yaitu 0,00%. Hal ini diduga bahwa perlakuan biochar limbah pertanian kulit durian dan kayu pohon cemara merupakan limbah pertanian yang mudah terbakar dari pada perlakuan limbah pertanian kulit kelapa muda sehingga banyak terbentuk abu. Menurut Pari (1995) tinggi kadar abu pada biochar dapat menurunkan kadar karbon yang terkandung di dalam biochar limbah pertanian. Abu yang terdapat pada biochar limbah pertanian merupakan oksida-oksida logam yang tidak dapat menguap dan juga memiliki sifat yang tidak mudah untuk terbakar. Hal ini disebabkan oleh tinggi suhu temperatur dan lama waktu pembakarannya, sehingga dapat menghasilkan kadar abu biochar semakin meningkat (Schroder., 2006). Biochar yang memiliki kadar abu (ash content) yang rendah, akan menghasilkan kadar karbon yang tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Setyawan et al (2018) apabila kadar abu (ash content) dalam biochar tersebut tinggi maka akan berdampak buruk pada kualitas/mutu biochar sendiri karena dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori pada biochar sehingga luas permukaannya akan menjadi berkurang. Kadar abu (ash content) pada biochar sangat berpengaruh terhadap suhu pembakaran maupun limbah pertanian yang akan digunakan.

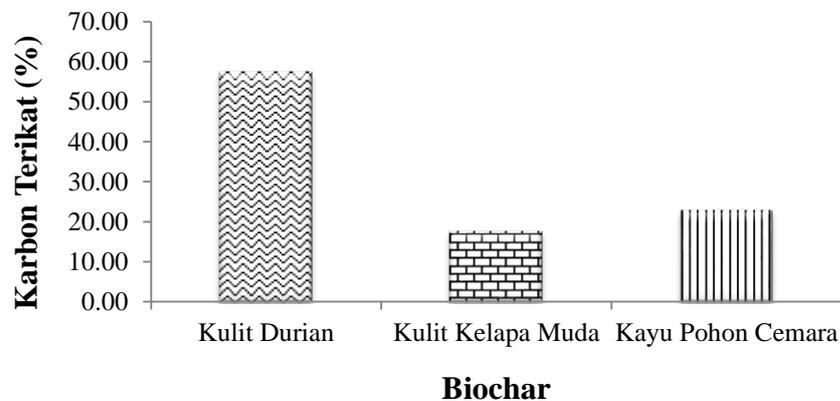
Karbon Terikat (*Fixed Carbon*) Biochar

Uji sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan limbah pertanian berpengaruh sangat nyata terhadap karbon terikat (*fixed carbon*) biochar. Rata-rata karbon terikat (*fixed carbon*) biochar limbah pertanian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata Karbon Terikat (*Fixed Carbon*) Biochar Limbah Pertanian

Perlakuan	Karbon Terikat %
KD (Kulit durian)	57,50 b
KKM (Kulit kelapa muda)	17,62 a
KPC (Kayu pohon cemara)	22,79 a
BNJ _{0,05}	9,19

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang tidak sama berbeda nyata pada uji BNJ_{0,05}



Gambar 5. Karbon Terikat (*Fixed Carbon*) Biochar Limbah Pertanian

Rata-rata karbon terikat (*fixed carbon*) biochar limbah pertanian setelah diuji lanjut dengan BNJ_{0,05} disajikan pada Tabel 5 dan Gambar 5 menunjukkan bahwa biochar limbah pertanian berbeda sangat nyata terhadap karbon terikat (*fixed carbon*). Pada semua perlakuan biochar limbah pertanian dapat dilihat bahwa nilai karbon terikat (*fixed carbon*) tertinggi yaitu terdapat pada perlakuan biochar limbah pertanian kulit durian 57,50%. Hal ini diduga pada perlakuan biochar limbah pertanian tersebut memiliki kadar abu yang rendah. Kadar abu yang rendah erat kaitannya dengan karbon yang dihasilkan semakin rendah kadar abu maka kandungan karbon di dalam biochar akan menjadi tinggi. Menurut (Puspita et al., 2021) menyatakan bahwa kandungan karbon yang tinggi pada biochar dapat memaksimalkan penyimpanan jumlah karbon yang akan digunakan sebagai sumber energi maupun sebagai adsorpsi polutan pada tanah. Karbon terikat pada biochar limbah pertanian dapat bertahan dalam jangka waktu yang lebih lama dalam tanah telah dibuktikan yaitu dengan waktu paruh lebih dari 1000 tahun di dalam tanah (Lehmann et al., 2006). Karbon terikat (*fixed carbon*) adalah bahan bakar padat yang tertinggal di dalam reaktor setelah proses pembakaran. Kandungan utama dari karbon terikat adalah karbon dan juga sedikit mengandung hidrogen, oksigen, sulfur dan nitrogen yang tidak terbawa gas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa uji Proximat dapat digunakan sebagai alat uji komposisi komponen dari beberapa perlakuan biochar limbah pertanian kulit durian, kulit kelapa muda dan kayu pohon cemara. Biochar yang dihasilkan secara pembakaran pirolisis pada suhu temperatur 700 °C dengan lama pembakaran selama 5 jam menghasilkan pH biochar rata-rata 11,62 dengan kandungan karbon terikat bervariasi dari 17,62% - 57,50%. Pirolisis dengan suhu temperatur 700 °C dengan waktu pembakaran selama 5 jam menghasilkan kadar abu 0,00% untuk biochar limbah pertanian kulit durian dan kayu pohon cemara. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk beberapa biochar limbah pertanian lainnya. Namun harus diperhatikan suhu temperatur pirolisis dan waktu lama pembakarannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Berek, A. K. and Hue, N. V., 2016. Characterization of biochars and their use as an amendment to acid soils. *Soil Science*, 181(9/10), pp.412-426.
- Cahya, M., Hartanto, R. and Novita, D. D. 2014. Kajian penurunan mutu dan umur simpan jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) segar dalam kemasan plastik polypropylene pada suhu ruang dan suhu rendah. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 3(1).
- Fadhilah, A., Sugianto, H., Hadi, K., Firmandhani, S. W., Murtini, T. W. and Pandelaki, E. E. 2011. Kajian Pengelolaan Sampah Kampus Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. *Modul*, 11(2).
- Kemas, R., Irawan, D., Zanaria, Y. and Adi, N., 2018. Pengaruh cara pembakaran pirolisis terhadap karakteristik dan efisiensi arang dan asap cair yang dihasilkan. *Seminar Nasional Teknologi Terapan VI 2018*, pp. 141-150. Universitas Muhammadiyah Metro. Lampung.
- Lehmann, J. and Marco, R., 2006. Biochar Soil Management On Highly Weathered Soils In The Humid Tropics. P: 517-530 In *Biological Approaches To Sustainable Soil Systems* (Norman Uphoff Et Al Eda.). Taylor and Francis Group PO Box 409267Atlanta, GA30384-9267.
- Lehmann, J., Gaunt, S. and Marco, R., 2006. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems: a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11:403-427.
- Pari, G., 1995. Pembuatan dan Karakteristik Arang Aktif dari kayu dan Batubara. Tesis Program Pascasarjana Magister Sains Kimia. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Puspita, V., Syakur, S. and Darusman, D., 2021. Karakteristik Biochar Sekam Padi Pada Dua Temperatur Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4).
- Schroder, E., 2006. Experiment on The Generation of Activated Carbon From Biomass. *Institute For Nuclear and Energy Technologies Forschungs Karlsruhe, Germany*. Hal: 106-111.
- Setyawan, M.N., Wardani, S. and Kusumastuti, E., 2018. Arang Kulit Kacang Tanah Teraktivitas H₃po₄ Sebagai Absorbe Ion Logam Cu (II) dan Diimobilisasi dalam Bata Beton. *Indonesia Journal of Chemical Science*, 7(3), pp. 262-269.
- Sukowati, D., Yuwono, T. A., & Nurhayati, A. D., 2019. Analisis Perbandingan Kualitas Briket Arang Bonggol Jagung dengan Arang Daun Jati. *PENDIPA Journal of Science Education*, 3(3), pp.142-145.
- Taufik, I. and Umi, R., 2017. Karakteristik Biochar Berdasarkan Jenis Biomassa Dan parameter proses pyrolysis. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1), pp.28-35.

- Yuan, J., Xu, R. and Zhang, H., 2011. The Forms of Alkalies in the Biochar Produced from Crop Residues at Different Temperatures. *Bioresour. Technol.* 102, pp.3488-3497.
- Wahyudi, J., Prayitno, H. T. and Astuti, A. D., 2018. Pemanfaatan limbah plastik sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar alternatif. *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK*, 14(1), pp.58-67.