

KAJIAN KARAKTERISTIK BIOCHAR DARI BATANG TEMBAKAU, BATANG PEPAYA DAN JERAMI PADI DENGAN PROSES PIROLISIS

Dwi Hery Astuti*, Sani, Yohanes Gilang Yuandana, Karlin

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, UPN "Veteran" Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya 60294
Telepon (031) 8782179, faks (031) 8782257
E-mail dwiher59@gmail.com

Abstrak

Biochar adalah produk yang kaya karbon yang dihasilkan oleh pirolisis dari biomassa yang sangat ringan. Namun, biochar berbeda dari yang lain karena diberikan dalam tanah sebagai pembenah tanah dan bermanfaat bagi lingkungan. Biomassa batang tembakau, batang pepaya dan jerami padi dapat dibuat biochar. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik biochar dari ketiga bahan meliputi rendemen, luas permukaan pori – pori, kadar C organik dan daya adsorpsi. Variabel yang kami gunakan dalam penelitian ini meliputi suhu pirolisis dan jenis bahan yang digunakan. Bahan yang digunakan pada masing – masing suhu pirolisis sebesar 100 gram. Penentuan karakteristik biochar untuk luas permukaan pori – pori menggunakan metode BET (Brunauer-Emmett-Teller) dan untuk C organik menggunakan metode spektrofotometri. Hasil biochar yang terbaik untuk rendemen tertinggi diperoleh dari biochar batang tembakau pada suhu 550° C sebesar 30,49%. Kadar C-organik yang tertinggi pada suhu 400° C ada pada biochar batang tembakau sebesar 57,08%. Luas permukaan pori-pori tertinggi pada biochar batang tembakau sebesar 319,3715 m²/g. Sedangkan daya adsorpsi yang tertinggi terdapat pada biochar dari batang pepaya.

Kata kunci : adsorpsi, biochar, fixed carbon, pirolisis, suhu.

STUDY BIOCHAR'S CHARACTERISTIC FROM TOBACCO STEM, PAPAYA STEM AND RICE STRAW WITH PYROLYSIS PROCESS

Abstract

Biochar is product contain rich carbon wich made by pyrolysis from very undemanding biomassa. But, biochar different from the other because it applied in the ground as the ground planthopper. Tobacco stem biomassa, papaya steam and rice straw can made to be biochar. The purpose of this study to reviewing biochar characteristic from third substance include the rendemen, capasious pores surface, C organic contain, and absorption capacity. In this study we used pyrolysis temperature dan the type of material used as the variable. In each temperature pyrolysis contain materials amount 100 g. Biochar characteristic determination for capasious pores surface use the BET (Brunauer – Emmett – Teller) methode and for the C organic use spectrophotometry methode. The best biochar product for higher rendemen obtained from tobacco stem biochar on 550°C temperature amount 30,49% the higher content of C organic on 400°C temperature there are in tobacco stem biochar amount 57,08%. The higher capasious pores surface there are in tobacco stem biochar amount 319,3715 m²/g. The higher capasious pores surface there are in tobacco stem biochar amount 319,3715 m²/g. While the highest adsorption capacity is found in biochar from papaya stem

Keyword : adsorbtion, biochar, fixed carbon, pirolisys, temperature.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dimana sebagian besar penduduknya bergerak dalam bidang pertanian dan perkebunan. Produksi yang tinggi dalam bidang tersebut menghasilkan limbah yang semakin tinggi pula, khususnya pada perkebunan dan pertanian tembakau, pepaya serta padi. Limbah batang pada tembakau, jerami pada padi setelah panen dan batang pepaya setelah proses peremajaan yang terus menerus dihasilkan dapat menjadi potensi untuk diproses lebih lanjut menjadi produk yang lebih bermanfaat seperti biochar.

Biochar adalah produk yang kaya karbon yang dihasilkan oleh pirolisis dari biomassa yang sangat ringan. Penelitian biochar telah dilakukan menggunakan biomassa kayu jati, tempurung kelapa, serbuk gergaji dan bambu (Erawati, 2014; Sukartono, 2012; dan Maftu'ah, 2015). Pada beberapa tahun terakhir pembuatan biochar sebagian besar menggunakan bahan baku tanaman berkayu keras (hardwood), dan masih jarang dilakukan penelitian dengan menggunakan bahan baku tanaman berkayu lunak (softwood). Beberapa penelitian biochar telah dilakukan dari biomassa tanaman berkayu lunak (softwood) seperti tongkol jagung, limbah tepung aren dan tanaman willow (Iskandar, T., 2012; Nugraheni, 2013; dan Prayogo, 2012). Namun, belum ada informasi karakteristik mengenai luas pori-pori dari biochar yang dihasilkan. Pada penelitian ini akan dihasilkan tentang karakteristik biochar sebagai adsorben dari limbah pertanian yang termasuk ke dalam tanaman berkayu lunak (softwood) yaitu batang tembakau, batang pepaya dan jerami padi meliputi kadar karbon dan luas permukaan pori – pori, serta untuk mengetahui jumlah rendemen dari peubah yang ditetapkan yaitu berat bahan baku 100 gram, dan peubah yang divariasikan yaitu jenis bahan baku dan suhu.

Karena tingginya luas permukaan arang, maka biochar dapat digunakan sebagai filter, sebagai katalis atau sebagai adsorben. Bila digunakan sebagai pembenah tanah bersama pupuk organik dan inorganik, biochar dapat meningkatkan produktivitas, serta retensi dan ketersediaan hara bagi tanaman. Aplikasi biochar ke tanah dianggap sebagai suatu pendekatan yang baru dan unik untuk menjadikan suatu penampung bagi CO₂ udara dalam jangka panjang pada ekosistem darat, aplikasi biochar ke tanah akan memberikan keuntungan melalui peningkatan produksi tanaman dan kesuburan tanah (Gani, 2009). Komposisi dari biochar sangat bervariasi bergantung dari bahan baku dan dari proses pirolisis. Contohnya, biochar yang dihasilkan dari pirolisis lambat dengan bahan baku kayu dapat mengandung karbon lebih dari 90% dengan kandungan lainnya sangat sedikit; namun di lain kasus, biochar yang

dihasilkan dari pirolisis cepat dengan bahan baku switchgrass dapat mengandung karbon hanya sebesar 35%, beberapa oksigen dan abu lebih dari 60%. Struktur biochar yang berasal dari pirolisis suhu tinggi akan menghasilkan luas permukaan yang lebih besar dan konten aromatik-karbon, yang dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi yang diperlukan untuk penyerapan karbon di udara. (Jindo, 2014)

Pirolisis adalah peristiwa kompleks, dimana senyawa organik dalam biomassa didekomposisi melalui pemanasan tanpa kehadiran oksigen atau dengan oksigen dengan jumlah terbatas. Proses ini biasanya dapat dibagi menjadi 3 jenis yang berbeda, pirolisis lambat, menengah dan cepat. Dalam pirolisis cepat (suhu tinggi, 600°C) dan waktu pemanasan singkat (<5 menit) produk paling dominan yang dihasilkan adalah dalam bentuk cairan (bio – oil atau minyak), gasifikasi (suhu lebih tinggi yaitu >800°C) untuk memaksimalkan produksi gas, sedangkan pirolisis lambat (suhu rendah, 400°C : waktu pemanasan >15 menit) adalah untuk produksi biochar dalam bentuk padatan (Prayogo, 2012). Produk pirolisis dapat berupa: padatan, gas, cairan, dan biochar. Perkembangan terakhir dari pirolisis biomassa telah terbukti mampu menjadi salah satu pilihan yang bisa memberikan kontribusi yang substansial sebagai sumber energi. Faktor yang berpengaruh pada proses pirolisis adalah: kondisi operasi (temperatur, refluks, dan waktu reaksi) dan kondisi umpan (jenis, ukuran dan kadar air) (Iskandar, T., 2012).

Adsorpsi (penyerapan) adalah suatu proses pemisahan dimana komponen dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (adsorben). Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Kebanyakan adsorben adalah bahan-bahan yang sangat berpori dan adsorpsi berlangsung terutama pada dinding pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel, berikut ini adalah klasifikasi adsorben berdasarkan ukuran pori adsorben :

Tabel 4. Klasifikasi ukuran pori-pori (Jasinda, 2013)

Type	Diameter Pori (d)
Mikropori	(d) < 2nm
Mesopori	2 nm < (d) < 50 nm
Makropori	(d) > 50 nm

Isotherm adsorpsi umumnya ditunjukkan dengan menggunakan plot grafik tekanan relatif (p/po) sebagai sumbu x terhadap jumlah adsorbat yang teradsorpsi (mmol/g) sebagai sumbu y. Prosedur percobaan isotherm adsorpsi menggunakan tekanan parsial dimana tekanan aktual ditunjukkan dengan tekanan uap jenuh pada adsorpsi dengan temperatur konstan sehingga proses adsorpsi berlangsung

secara isothermal. Isoterm adsorpsi diklasifikasikan menjadi 6 tipe oleh Brunauer, Deming, Deming dan Teller (sistem B.D.D.T). Seluruh isotherm adsorpsi harus sesuai dengan minimal 1 tipe grafik dari 6 klasifikasi isotherm adsorpsi. Keenam klasifikasi dari isotherm adsorpsi adalah Isoterm tipe I, umumnya berlangsung pada adsorben yang ukuran porinya didominasi oleh *micropore*. Contoh adsorpsi yang termasuk dalam isotherm tipe I adalah adsorpsi nitrogen oleh karbon pada 77 K dan adsorpsi ammonia pada arang pada 273K. Isoterm tipe II, adsorpsi fisika gas oleh padatan tak berpori termasuk dalam klasifikasi isotherm tipe II. Karbon yang memiliki pori berupa *micropore* dan *mesopore* akan menghasilkan isotherm tipe II. Isoterm tipe III, plot grafik dari isotherm tipe III menghasilkan bentuk konveks terhadap tekanan relatif. Klasifikasi isotherm ini merupakan karakteristik dari interaksi lemah antara adsorbat dengan adsorben. Isoterm tipe ini umumnya berlangsung pada adsorben tak berpori dan adsorben berpori mikro. Interaksi lemah antara adsorbat dan adsorben menyebabkan sedikit adsorbat yang teradsorpsi pada kondisi tekanan relatif rendah, tetapi ketika suatu molekul telah teradsorpsi pada *adsorption site* utama, akan terjadi interaksi yang kuat antara adsorbat dengan adsorben. Interaksi kuat tersebut menjadi *driving force* bagi proses adsorpsi sehingga mempercepat penyerapan adsorbat pada tekanan relatif yang lebih tinggi. Contoh adsorpsi yang mengikuti isotherm ini adalah adsorpsi molekul air pada karbon yang didasarkan pada oksigen. Isoterm tipe IV, disebut juga *hysteresis loop*. Isoterm tipe ini umumnya terjadi pada adsorben dengan ukuran pori berupa *mesopore*. Tipe isotherm ini memiliki bentuk unik untuk tiap sistem adsorpsi. Isoterm tipe V, memiliki bentuk grafik konveks terhadap tekanan relative dan merupakan karakteristik dari interaksi lemah antara adsorbat dengan adsorben. Tipe isotherm ini terjadi pada padatan dengan ukuran pori berupa *micropore* atau *mesopore*. Contoh adsorpsi yang mengikuti isotherm ini adalah adsorpsi molekul air pada karbon. Isoterm tipe VI, sering dikenal sebagai *hypothetical isotherm*. Bentuk grafik dari isotherm ini disebabkan karena formasi lengkap dari lapisan-lapisan mono molekular sebelum terjadi peningkatan menuju ke lapisan *subsequent*. Contoh adsorpsi yang mengikuti isotherm tipe VI adalah adsorpsi krypton oleh karbon hitam pada 90⁰ K. (Putranto, 2014)

METODE PENELITIAN

Bahan- bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah batang pepaya, limbah batang tembakau dan limbah jerami padi. Untuk peralatan yang digunakan alat pirolisis, oven, neraca analitik, cawan porselin dan botol sampel.

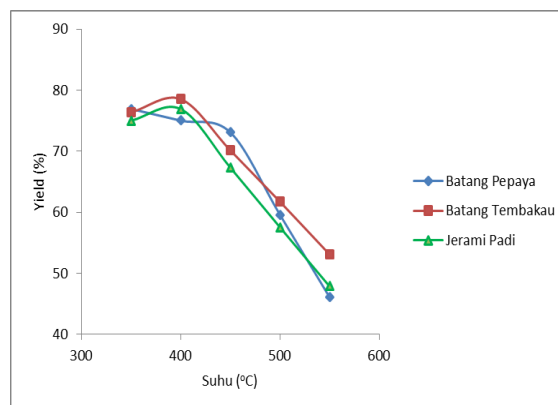
Pelaksanaan Penelitian

Bahan baku batang tembakau, batang pepaya dan jerami padi dipotong –potong menjadi ukuran yang lebih kecil. Bahan baku dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C hingga berat bahan kering konstan. Bahan – bahan yang telah dikeringkan ditimbang sebanyak 100 gram dan diletakkan ke dalam cawan porselin kemudian dimasukkan ke dalam alat pirolisis untuk dipirolisis dengan suhu 350, 400,450, 500 dan 550°C dengan waktu pirolisis 1 jam. Hasil pirolisis berupa padatan kemudian didinginkan. Produk biochar ditimbang untuk mengetahui berat biochar yang dihasilkan dan dianalisa untuk mengetahui karakteristik yang dihasilkan meliputi kadar karbon (C) dan luas pori-pori.

Analisa kadar karbon yang terdapat pada produk biochar dilakukan dengan menggunakan alat *Carbon Analyzer* buatan Leco Corporation USA, sedang untuk analisa luas pori-pori menggunakan metode Brunauer-Emmett-Teller (BET)

HASIL DAN PEMBAHASAN

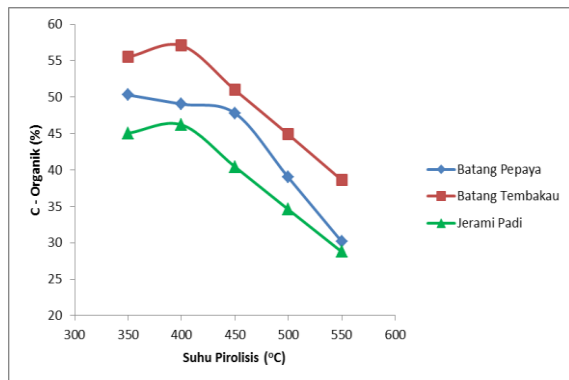
Karakteristik biochar dari batang tembakau, batang pepaya dan jerami padi pada penelitian ini diperoleh hasil rendemen, kadar C–organik, luas permukaan pori-pori dan daya adsorpsi yang dihubungkan seiring kenaikan suhu pirolisis. Berikut ini hasil rendemen yang diperoleh dari ketiga bahan terhadap suhu pirolisis.



Gambar 1. Hubungan antara Suhu Pirolisis dan Macam Bahan terhadap Yield

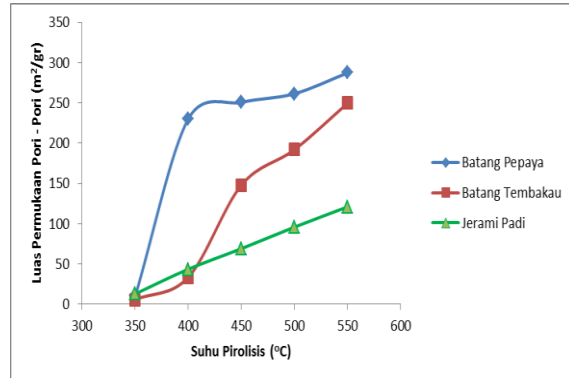
Gambar 1. memperlihatkan bahwa jumlah biochar yang diperoleh dari ketiga bahan mengalami penurunan yang signifikan seiring naiknya suhu pirolisis. Pada suhu 350°C diperoleh yield biochar batang pepaya, batang tembakau dan jerami padi sebesar 76,93%; 76,36% dan 74,32%. Biochar yang dihasilkan mengalami penurunan disetiap variable suhu setelahnya sampai suhu 550°C. Peningkatan suhu dari 350°C sampai 550°C menyebabkan hasil biochar menurun rata-rata 4% dari tiap kenaikan variable suhu, karena

hilangnya senyawa yang bersifat volatile dari biomassa selama proses pirolisis dan diatas suhu 400°C karbon yang terbentuk sudah menjadi abu. Dari Gambar 1. Juga terlihat biomassa yang menghasilkan biochar tertinggi adalah dari bahan batang tembakau, dikarenakan batang tembakau memiliki kadar lignin yang lebih tinggi dibandingkan dengan batang pepaya dan jerami padi, ditunjukkan dengan ciri-ciri fisik dari batang tembakau yang lebih keras dibandingkan kedua bahan yang lain. Begitu juga batang pepaya dengan jerami padi. Dari hasil analisa bahan didapatkan, untuk batang tembakau kandungan lignin 12,18%, selulosa 60,5%, hemiselulosa 23,35%, untuk batang pepaya lignin 9,15%, selulosa 56,23%, hemiselulosa 25,59%, dan untuk jerami padi lignin 8,26%, selulosa 51,80%, hemiselulosa 24,94%.



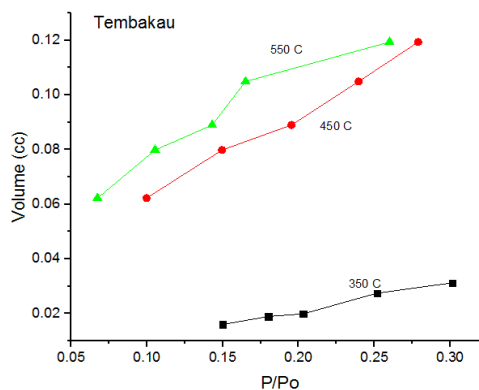
Gambar 2. Hubungan kadar Suhu Pirolisis dan Macam bahan terhadap C-Organik

Berdasarkan kadar C-organik yang diperoleh dari biochar hasil pirolisis yang ditunjukkan dalam Gambar 2, terlihat bahwa batang tembakau memiliki kadar C-organik yang tertinggi pada suhu 400°C yaitu sebesar 57,08%, kemudian, pada suhu selanjutnya mengalami penurunan yang signifikan seiring meningkatnya suhu pirolisis. Hal ini disebabkan, pada suhu 350°C-400°C unsur organik seperti N, S, O, dan H menguap, namun unsur C masih stabil sehingga terdapat peningkatan pada rentan suhu tersebut. Sedangkan pada suhu 450°C sampai pada 550°C unsur C juga ikut teruapkan, hal ini juga ditunjukkan dengan adanya abu yang terbentuk pada biochar yang dihasilkan. Kadar C-organik dalam biochar yang dihasilkan dari ketiga bahan softwood ini lebih rendah dengan biochar dari biomassa tanaman Willow (Prayogo dkk., 2012) dan dari batang pohon apel, pohon oak serta sekam padi (Jindo dkk., 2014) yang masing-masing bersifat hardwood.

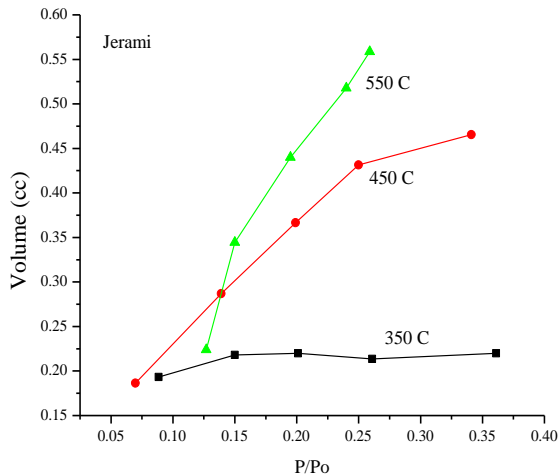


Gambar 3. Hubungan antara Suhu Pirolisis dan Macam Bahan terhadap Luas Permukaan Pori-Pori

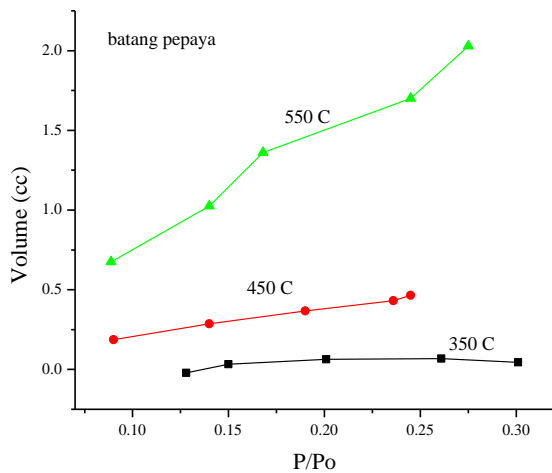
Dari Gambar 3, didapat luas permukaan pori-pori biochar yang dihasilkan dari masing-masing bahan memiliki kecenderungan semakin membesar dengan meningkatnya suhu dan Gambar 3 ini juga menunjukkan luas pori-pori biochar dari bahan batang pepaya dan jerami padi, mengalami peningkatan yang tidak signifikan dan cenderung lebih konstan dibanding biochar dari bahan batang tembakau, karena pada suhu 450°C sampai dengan 550°C, abu yang dihasilkan semakin banyak, hal ini menyebabkan ukuran abu yang lebih kecil masuk ke dalam pori-pori biochar dan membuat luas permukaan pori-pori menjadi terisi oleh abu, sehingga luas permukaan pori-porinya tidak dapat meluas dengan baik, begitu pula dengan biochar dari bahan batang tembakau, namun di sini abu yang dihasilkan dalam biochar tidak sebanyak yang dihasilkan oleh biochar dari batang pepaya dan jerami padi. Sehingga luas permukaan pori-pori dari biochar dari bahan batang tembakau cenderung dapat meluas lebih baik dengan bertambahnya suhu dibanding biochar dari batang pepaya dan jerami padi. Luas permukaan pori-pori biochar dari tiap bahan memiliki kecenderungan meningkat dengan bertambahnya suhu ini sesuai dengan studi yang telah dilakukan pada biochar dari biomassa tanaman Willow (Prayogo dkk., 2012) dan dari batang pohon apel, pohon oak serta sekam padi (Jindo dkk., 2014).



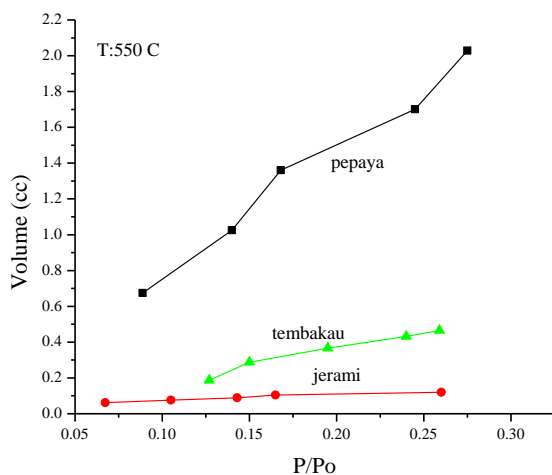
(1)



(2)



(3)

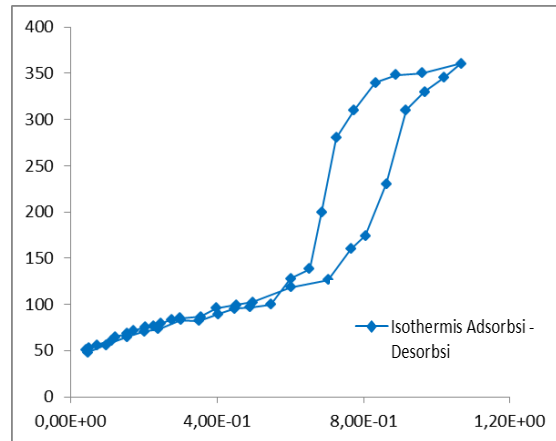


(4)

Gambar 4. Isothermis-adsorpsi biochar batang tembakau, batang pepaya dan jerami padi

Dari Gambar isothermis-adsorpsi BET (1), (2), (3), (4) antara volume yang teradsorpsi terhadap tekanan parsial dapat diketahui daya adsorpsi

dari biochar dengan rentang suhu 350–550°C dari ketiga bahan kecenderungannya sama. Semakin tinggi suhu pirolisis maka daya adsorpsinya cenderung semakin meningkat, dilihat dari semakin banyaknya volume yang teradsorpsi didalam biochar. Pada Gambar 4 pada suhu pirolisis yang sama yaitu 550°C dengan bahan yang berbeda daya adsorpsi yang tertinggi dihasilkan oleh biochar dari batang pepaya, dan diikuti oleh batang tembakau dan jerami padi.



Gambar 5. Isothermis Adsorpsi-Desorpsi Biochar Batang Tembakau suhu 550°C

Menurut Putranto tahun 2014, jika dilihat dari Gambar 5, salah satu contoh utk batang tembakau, termasuk dalam kategori Isoterm tipe V memiliki bentuk grafik konveks terhadap tekanan relative dan merupakan karakteristik dari interaksi lemah antara adsorbat dengan adsorben. Tipe isoterm ini terjadi pada padatan dengan ukuran pori berupa *micropore* atau *mesopore*.

Dari semua karakteristik yang diperoleh dapat dilihat hubungan dari suhu pirolisis terhadap rendemen, kadar C-organik, luas permukaan pori-pori dan daya adsorpsinya yaitu semakin tinggi suhu pirolisis rendemen dan kadar C-organik semakin rendah/cenderung turun. Hal ini dikarenakan adanya zat-zat yang terkandung didalam biochar yang bersifat volatil seperti unsur S, N, H dan O serta kadar C-organik yang semakin turun seiring kenaikan suhu pirolisis karena unsur C semakin tinggi suhu akan berubah menjadi abu, dengan demikian terdapat hubungan dengan menurunnya rendemen seiring dengan kenaikan suhu, karena terdapat unsur yang menguap begitu pula C yang meng-abu. Hal tersebut sesuai dengan teori yang menjelaskan mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi hasil pirolisis, dimana semakin tinggi suhu, hasil rendemen dan kandungan Carbon yang dihasilkan pun semakin sedikit, seperti yang dijelaskan oleh Brownsort (2009). Sebaliknya, terdapat hubungan dengan luas permukaan dan daya adsorpsi yang keduanya cenderung meningkat

seiring kenaikan suhu. Hasil yield tertinggi diperoleh dari biochar batang tembakau pada suhu 400°C sebesar 78,54%. Kadar C-organik yang tertinggi pada suhu 400°C ada pada biochar batang tembakau sebesar 57,08%. Luas permukaan pori-pori tertinggi pada biochar batang pepaya sebesar 287,5107m²/g. Hal tersebut juga berhubungan dengan hasil daya adsorpsi tertinggi yang terdapat pada biochar dari bahan papaya.

SIMPULAN

Hasil rendemen dalam rentang suhu 350–550°C diperoleh hasil yield dari biochar batang tembakau sebesar 76,36–53,11%, batang pepaya sebesar 76,93–46,11% dan jerami padi sebesar 75,01–47,88%, kadar C-organik diperoleh pada batang tembakau sebesar 55,5–38,6%, batang pepaya 50,3–30,15%, jerami padi 45,05–28,76% dan luas permukaan pori-pori pada batang tembakau 5.891–249.92-8 m²/gr, batang pepaya 10.1131–287.5107m²/gr dan jerami padi 12.95554-121.1843m²/gr. Daya adsorpsi pada suhu yang sama, yaitu 550°C, hasil tertinggi terdapat pada biochar dari bahan papaya. Biochar yang dihasilkan dari ketiga bahan memiliki ukuran pori berupa *micropore* atau *mesopore*. Dari ketiga bahan batang tembakau, batang pepaya dan jerami padi yang lebih cenderung dapat digunakan sebagai adsorben adalah biochar batang pepaya.

DAFTAR PUSTAKA

Brownsort, Peter A. 2009. "Biomass Pyrolysis Processes: Review of Scope, Control and Variability". UK Biochar Research Centre Working Paper 5

- Erawati, Emi. 2014. "Pengaruh Suhu Dan Perbandingan Katalis Zeolit Terhadap Karakteristik Produk Pirolisis Kayu Jati (*Tectona Grandist Lf*)". Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) 2014, ISSN: 1979-911X
- Gani, Anischan. 2009. "Potensi Arang Hayati "Biochar" sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian". Iptek Tanaman Pangan Vol. 4, No. 1–2009.
- Iskandar, Taufik, 2012. "Identifikasi Nilai Kalor Biochar dari Tongkol Jagung dan Sekam Padi pada Proses Pirolisis". Jurusan Teknik Kimia Vol.7, No.1, September 2012.
- Jasinda, 2013. "Pembuatan Dan Karakterisasi Adsorben Cangkang Telur Bebek Yang Diaktivasi Secara Termal". Medan : Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Jindo, K., dkk. 2014. "Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues. "Biogeo-science , 11, 6613–6621, 2014.
- Maftu'an, Eni. 2015. "Potensi Berbagai Bahan Organik Rawa Sebagai Sumber Biochar". Volume 1, Nomor 4, Juli 2015 Halaman: 776-781. ISSN: 2407-8050
- Nugraheni, Susanti Rina, Agus Prasetya & Sihana. 2013. "Processing Biochar from Solid Waste of Arenga Pinnata Flour Industry". Volume 11, Nomor 1, Juni 2013.
- Prayogo, C., N D. Lestari & K S. Wicaksono. 2012. "Karakteristik dan Kualitas Biochar dari Pyrolysis Biomassa Tanaman *Bio-Energi Willow (Salix sp)*". Buana Sains Vol. 12 No. 2: 9-18, 2012.
- Sukartono dan W.H Utomo, 2012. "Peranan Biochar Sebagai Pembenh Tanah Pada Pertanaman Jagung Di Tanah Lempung Berpasir (Sandy Loam) Semiarid Tropis Lombok Utara". Buana Sains Vol 12 No 1: 91-98