

## Pengaruh Suhu dan Konsentrasi Aktivator HCl terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Kopi

Syarifuddin Oko\*, Mustafa, Andri Kurniawan, Ega Sthefani Bara Palulun

*Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda*

*Jl. Dr. Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Lipan Samarinda, Kalimantan Timur 75242 Indonesia*

Email: syarifuddinoko@polnes.ac.id

### Abstrak

Berdasarkan data Statistik Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Timur 2019, luas perkebunan kopi Provinsi Kalimantan Timur yaitu 2.529 Ha dengan produksi 223 ton. Ampas kopi memiliki kadar total karbon sebesar 47,8-58,9%, total nitrogen sebesar 1,9- 2,3%, abu sebesar 0,43- 1,6%, dan selulosa 8,6%. Kandungan karbon tersebut berpotensi sebagai karbon aktif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu dan konsentrasi aktivator HCl terhadap karakteristik karbon aktif menurut standar SNI No. 06-3730–1995. Karbon aktif diperoleh melalui 4 tahapan yaitu preparasi bahan baku, karbonasi dengan variasi suhu 400°C, 500 °C, 600 °C dan 700 °C selama 20 menit, aktivasi kimia menggunakan aktivator HCl dengan variasi konsentrasi 0,5 M, 1 M dan 1,5 M selama 48 jam, kemudian diaktivasi fisika pada temperatur 800 °C selama 1 jam. Hasil terbaik didapatkan pada variasi suhu 400 °C dan konsentrasi HCl 1 M dengan hasil daya serap I<sub>2</sub> sebesar 797,46 mg/g, kadar abu 2,15%, kadar air 1,49%, dan kadar volatile matter 9,89%.

**Kata kunci :** Aktivasi Kimia Fisika, Karbonasi, Daya Serap Iod, Uji Proksimat

### Abstract

#### *The Effect of Temperature and HCl Activator Concentration on the Characteristics of Activated Carbon from Coffee Grounds*

*Based on the statistical data from the 2019 East Kalimantan Provincial Plantation Office, the area of East Kalimantan Province coffee plantations is 2.529 hectares with a production of 223 tons. Coffee grounds have a total carbon content of 47.8-58.9%, a total nitrogen of 1.9-2.3%, ash of 0.43-1.6%, and cellulose of 8.6%. The carbon content has the potential as activated carbon. The purpose of this study was to determine the effect of temperature and concentration of HCl activator on the characteristics of activated carbon according to SNI No. 06-3730–1995. Activated carbon is obtained through 4 stages, namely preparation of raw materials, carbonation with temperature variations of 400 °C, 500 °C, 600 °C and 700 °C for 20 minutes, chemical activation using HCl activator with various concentrations of 0.5 M, 1M and 1.5 M for 48 hours, then physically activated at a temperature of 800 °C for 1 hour. The best results were obtained at temperature variations of 400 °C and 1 M HCl concentration with the I<sub>2</sub> absorption of 797.46 mg/g, ash content of 2.15%, water content of 1.49%, and volatile matter content of 9.89%.*

**Keywords :** Physical Chemistry Activation, Carbonation, Iodine Absorption, Proximate Test

### PENDAHULUAN

Tanaman kopi merupakan salah satu komoditi tanaman tahunan yang ada di

Kalimantan Timur. Meskipun bukan komoditi unggulan, namun kopi banyak dikembangkan secara swadaya oleh masyarakat Kalimantan Timur. Berdasarkan data statistika dinas

perkebunan Provinsi Kalimantan Timur pada tahun 2019, luas area perkebunan kopi Provinsi Kalimantan Timur tercatat seluas 2.529 Ha dengan produksi 223 ton (Disbun KalTim, 2020). Pengolahan kopi menjadi minuman paling banyak diminati oleh masyarakat di dunia khususnya masyarakat Indonesia. Tingkat konsumsi produk kopi di Indonesia menurut data AEKI (Asosiasi Eksportir Kopi Indonesia) terus mengalami peningkatan. Dimana pada tahun 2010 konsumsi kopi di Indonesia sebesar 800 gram per kapita dengan total kebutuhan kopi adalah 190 ribu ton. Sedangkan pada tahun 2014, konsumsi kopi di Indonesia sebesar 1,03 kilogram per kapita dengan total kebutuhan kopi adalah 260 ribu ton (Mairiyansyah, 2016).

Tinggi rendahnya konsumsi kopi berbanding lurus dengan jumlah ampas kopi yang dihasilkan. Ampas kopi merupakan limbah biomassa dari kopi yang telah diseduh. Di satu sisi dengan tingginya tingkat konsumsi kopi dapat meningkatkan pendapatan para petani dan penjual produk kopi. Namun disisi lain hal ini dapat menimbulkan limbah yang dihasilkan dari pembuatan minuman kopi yaitu ampas kopi hasil ekstraksi minuman kopi. Karena hingga saat ini ampas kopi hanya di buang begitu saja setelah diekstraksi. Padahal limbah biomassa tersebut memiliki potensi untuk dapat diolah dan dimanfaatkan sehingga bernilai jual, sebagai contoh dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan karbon aktif.

Menurut (Caetano *et al.*, 2012) disebutkan bahwa kandungan ampas kopi meliputi total karbon sebesar 47,8-58,9%, total nitrogen sebesar 1,9- 2,3%, abu sebesar 0,43- 1,6%, dan selulosa 8,6%. Kandungan karbon yang tinggi pada ampas kopi sehingga dapat digunakan sebagai pengganti batu bara dalam pembuatan karbon aktif atau karbon aktif, dimana ketersediaannya batu bara setiap tahunnya semakin menipis (Fernianti, 2013). Karbon aktif dapat dihasilkan dari semua bahan yang mengandung karbon, baik karbon organik maupun anorganik dengan syarat bahan tersebut mempunyai struktur berpori. Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan metode aktivasi kimia dan karbonasi.

Karbon aktif merupakan salah satu bahan organik yang pemakaiannya cukup luas, baik di industri besar maupun kecil. Karbon aktif dapat

digunakan sebagai penghilang zat warna pada industri pengolahan gula maupun industri minuman, penghilangan gas yang sifatnya toksik seperti gas  $H_2S$ , pemurnian gas, pengelohan air, pengambilan kembali pelarut, pemurnian minyak jelantah (Hartanto & Ratnawati, 2010, Oko *et al.*, 2020).

Penelitian tentang pembuatan karbon aktif dari ampas kopi yang telah dilakukan oleh (Anita Imawati, 2015) dengan proses karbonasi menggunakan furnace pada suhu  $600^{\circ}C$  selama  $\pm$  4 jam dan memvariasikan jenis aktivator HCl dan  $H_3PO_4$  dengan konsentrasi masing-masing 0,1 M. Diperoleh hasil terbaik analisa daya serap iod pada jenis aktivator (HCl dan  $H_3PO_4$ ) yaitu (302,13 mg/g dan 344,21 mg/g). Menurut Anggriani (2020) dengan memvariasikan jenis aktivasi yaitu aktivasi secara fisik dan aktivasi secara kimia dengan menggunakan suhu furnace  $500^{\circ}C$  selama 45 menit dan aktivator  $H_3PO_4$  dengan konsentrasi 1 M. Diperoleh hasil terbaik pada variasi jenis aktivasi kimia yaitu daya serap iod sebesar 342,97 mg/g. Dari kedua penelitian tersebut belum memenuhi standar SNI 06-3730-1995 untuk daya serap iod nya.

Penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini akan dilakukan pembaharuan dengan menggunakan variasi konsentrasi aktivator HCl 0,5 M, 1 M dan 1,5 M dan suhu karbonasi  $400^{\circ}C$ ,  $500^{\circ}C$ ,  $600^{\circ}C$ , dan  $700^{\circ}C$  selama  $\pm$  20 menit serta menambahkan proses aktivasi fisika pada suhu  $800^{\circ}C$  selama 1 jam. Sehingga dengan adanya kebaruan variasi diharapkan hasil karbon aktif memiliki kualitas yang sesuai standar (SNI 06 - 3730 - 1995).

## METODOLOGI

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya Ampas kopi, *aquadest*, asam klorida HCl p.a (merck), Iod( $I_2$ ) p.a (merck), natrium thiosulfat ( $Na_2S_2O_3$ ) p.a (merck), indikator amilum (kanji) 1%, kertas saring Whatman No. 42, indikator universal. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya furnace, oven, desikator, *screening* 80 mesh dan 100 mesh, cawan porselin, neraca analitik, buret, erlenmeyer, *hot plate*, mortar dan lumpang alu, pipet volume, pipe ukur, gelas kimia, labu ukur.

### Pembuatan Karbon Aktif

Ampas kopi yang diperoleh dikeringkan di bawah sinar matahari, kemudian dikarbonasi menggunakan furnace dengan variasi suhu 400°C, 500°C, 600°C dan 700°C masing-masing selama 20 menit. Karbon yang dihasilkan selanjutnya diayak dengan menggunakan screening ukuran lolos 80 tertahan 100 mesh. Ditimbang sebanyak 7 g karbon ampas kopi dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian diaktivasi secara kimia dengan larutan HCl 0,5 M, 1 M dan 1,5 M selama 48 jam, penggunaan dari aktivator HCl bertujuan untuk mengikat mineral-mineral yang menempel pada pori sehingga membentuk garam dimana garam yang terbentuk berfungsi sebagai dehydrating agent dan membantu menghilangkan hidrokarbon yang terbentuk dari proses karbonasi (Alfiany *et al.*, 2013). Karbon aktif yang diperoleh dicuci menggunakan akuades hingga pH menjadi netral dan disaring menggunakan kertas saring whatman no.42. selanjutnya karbon aktif dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 3 jam. Dilanjutkan dengan pendinginan menggunakan desikator selama 15 menit dan aktivasi secara fisika menggunakan furnace pada suhu 800°C selama 1 jam. Produk karbon aktif yang diperoleh di uji daya serap iod dan uji proksimat (uji kadar air, kadar abu, kadar zat menguap (*volatile matter*)).

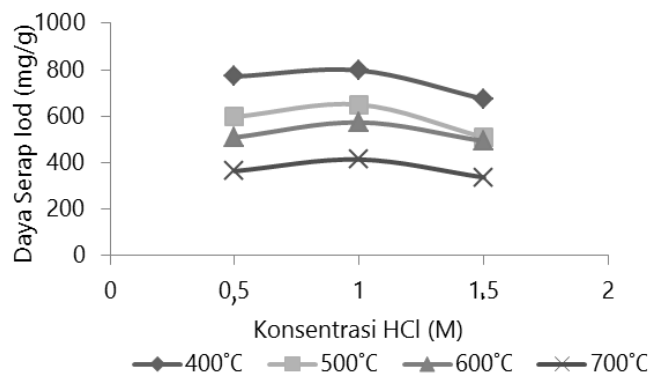
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan ampas kopi sebagai bahan baku untuk pembuatan karbon aktif. Ampas kopi sebelumnya dikarbonasi menggunakan furnace dengan suhu 400°C, 500°C, 600°C dan 700°C selama 20 menit hingga membentuk karbon. Proses selanjutnya karbon yang telah diperoleh kemudian dilakukan aktivasi secara kimia, dimana aktivasi kimia menggunakan HCl 0,5 M, 1 M, dan 1,5 M sebagai aktivator dengan waktu perendaman selama 48 jam. Kemudian dilakukan aktivasi fisika menggunakan furnace dengan suhu 800°C selama 1 jam. Karbon aktif yang diperoleh dianalisa berdasarkan standar SNI No. 06-3730-1995 yang meliputi analisa proksimat nilai kadar air, kadar abu, volatile matter, serta dianalisa daya serap karbon aktif terhadap iod.

### Analisa Daya Serap Iod

Penentuan daya serap iod adalah parameter untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap molekul-molekul dengan berat molekul kecil. Daya adsorpsi sangat bergantung pada karakteristik karbon aktif seperti kadar karbon terikat, kadar abu, kadar air, luas permukaan dan rendemennya. Faktor utama yang sangat berpengaruh terhadap daya adsorpsi tersebut adalah luas permukaan karbon aktif karena mekanisme adsorpsi berkaitan dengan jumlah pori-porinya (Hartanto and Ratnawati, 2010).

Daya adsorpsi tersebut dapat ditunjukkan dengan besarnya angka iod yaitu angka yang menunjukkan seberapa besar adsorben dapat mengadsorpsi iod (Laos, 2016). Berdasarkan grafik pada Gambar 1 pada perlakuan suhu menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu maka akan semakin rendah daya serap iod yang diperoleh. Dapat dilihat bahwa terjadi penurunan daya serap iod secara signifikan dari suhu 400-700 °C. Daya serap iod terendah diperoleh pada suhu 700 °C yang berkisar 336,91–414,32 mg/g dan karbon aktif yang memiliki daya serap iod tertinggi diperoleh pada suhu 400°C yang berkisar 674,60–797,46 mg/g. Hal ini dikarenakan pada temperatur yang tinggi dapat berpengaruh terhadap struktur karbon dan menjadikannya rapuh akibat terjadinya pengikisan karbon. Pengikisan karbon ini juga membuat permukaan karbon menjadi dangkal sehingga molekul iodium akan mudah lepas dan tidak terserap secara optimum (Haryati *et al.*, 2017). Menurut (Alfiany *et al.*, 2013) Karbon aktif yang diaktivasi dengan asam klorida (HCl) memiliki daya serap iodium lebih tinggi karena aktivator asam klorida (HCl) dengan mineral-mineral yang ada akan membentuk senyawa yang menghasilkan garam. Garam tersebut dapat berfungsi sebagai *dehydrating agent* dan membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan pada proses karbonisasi. Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi aktivator HCl maka akan semakin tinggi daya serap iod yang diperoleh. Dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan daya serap iod secara signifikan pada konsentrasi HCl 0,5–1 M untuk semua perlakuan suhu.



**Gambar 1.** Hubungan Suhu dan Konsentrasi Aktivator HCl terhadap Daya Serap Iod

Pada konsentrasi HCl 0,5 M diperoleh daya serap iod berkisar 363,95–771,28 mg/g dan pada konsentrasi HCl 1 M diperoleh daya serap iod berkisar 414,32–797,46 mg/g. Hal ini sesuai dengan (Alfiandy *et al.*, 2013) dimana semakin besar jumlah HCl semakin tinggi larutan mineral yang terlarut yang berada pada pori – pori. Meningkatnya ukuran pori maka kemampuan untuk adsorpsi semakin besar. Namun, pada konsentrasi HCl 1,5 M diperoleh penurunan daya serap iod yaitu berkisar 336,91–674,60 mg/g. Hal ini terjadi dikarenakan , konsentrasi HCl yang terlalu tinggi justru dapat mengakibatkan pori-pori karbon yang terbentuk menjadi rusak. Hal tersebut sama dengan penelitian dari (Mu'jizah, 2010) mengenai pembuatan karbon aktif dari biji kelor dengan aktivator NaCl. Selain itu, tinggi rendahnya daya serap iod juga dipengaruhi oleh hasil analisa kadar abu. Kenaikan daya serap iod berpengaruh pada kadar abu yang dihasilkan semakin rendah, karena keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif, sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang (Laos, 2016). Dapat dilihat bahwa kadar abu yang meningkat pada konsentrasi HCl 1,5 M mengakibatkan terjadinya penurunan daya serap iod. Secara keseluruhan daya serap iod terhadap karbon aktif yang dihasilkan pada penelitian ini sebagian belum memenuhi standar (SNI 06-3730-1995) yaitu maksimal 750 mg/g.

#### Analisa Kadar Abu

Penentuan kadar abu bertujuan untuk mengetahui jumlah oksida yang terkandung dalam karbon aktif. Makin banyak oksida, maka

kadar abu karbon aktif makin tinggi (Surest *et al.*, 2010). Kadar abu sangat berpengaruh terhadap kualitas karbon aktif. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pori-pori karbon aktif, sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang (Laos, 2016).

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai kadar abu peningkatannya tidak terlalu signifikan dengan meningkatnya suhu karbonasi. Dapat dilihat bahwa nilai kadar abu tertinggi diperoleh pada suhu 700°C yang berkisar (4,61% - 4,79%) dan nilai kadar abu terendah diperoleh pada suhu 400°C yang berkisar (2,57% - 2,64%). Peningkatan ini disebabkan oleh kandungan unsur anorganik teroksidasi membentuk senyawa abu pada suhu tinggi, sehingga menyebabkan endapan unsur anorganik menempel pada permukaan karbon aktif (Huda *et al.*, 2020). Kadar abu merupakan residu dari hasil pembakaran. Residu tersebut berupa mineral-mineral logam seperti K, Na, Mg (Ambarwati *et al.*, 2019). Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan bahwa penurunan dan kenaikan kadar abu pada karbon aktif dengan perlakuan konsentrasi aktivator HCl. Dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kadar abu secara signifikan pada konsentrasi 0,5 M – 1 M dan mengalami kenaikan kadar abu pada konsentrasi 1,5 M. Penurunan kadar abu tersebut dikarenakan HCl yang bersifat *miscible* dengan air atau membentuk larutan homogen dengan semua perbandingan sehingga dapat melarutkan zat-zat residu tersebut (Ambarwati *et al.*, 2019). Namun, pada konsentrasi tertinggi yaitu 1,5 M kadar abu mengalami sedikit kenaikan. Hal ini disebabkan

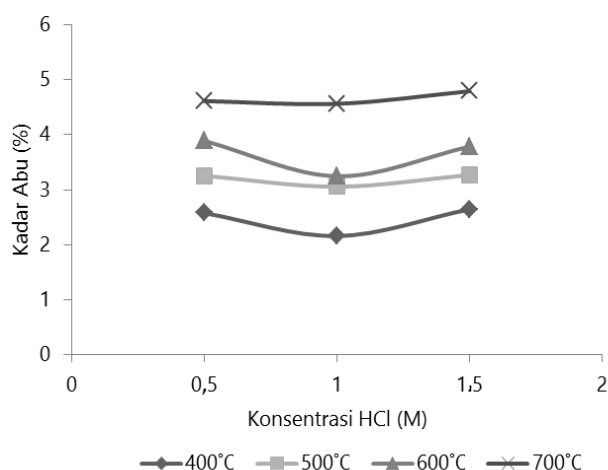
karena semakin tinggi konsentrasi HCl maka kadar air yang terkandung semakin berkurang sehingga mineral-mineral yang terbentuk menjadi garam mineral sebagian tidak terlarut dan menempel pada pori karbon aktif. Seperti KCl, MgCl, NaCl (Ambarwati *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil analisa pada penelitian yang telah dilakukan diperoleh persen kadar abu yang telah memenuhi rentang standar (SNI 06-3730-1995) dimana batas maksimum kadar abu pada karbon aktif sebesar 10%.

### Analisa Kadar Air

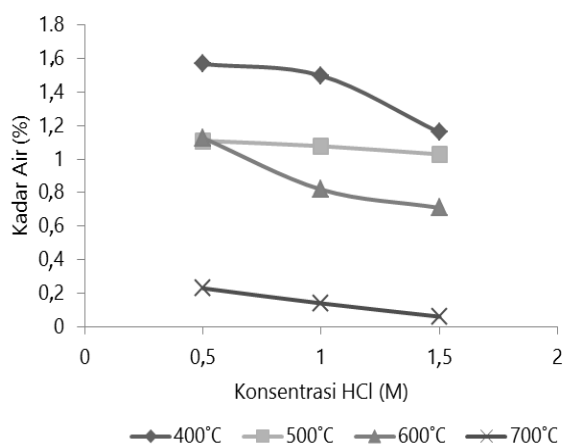
Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari karbon aktif. Tinggi rendahnya kadar air menunjukkan banyak sedikitnya air yang menutupi pori-pori karbon aktif (Baryatik, 2016). Hasil penentuan suhu dan

konsentrasi aktivator HCl terhadap kadar air dapat dilihat pada Gambar 3.

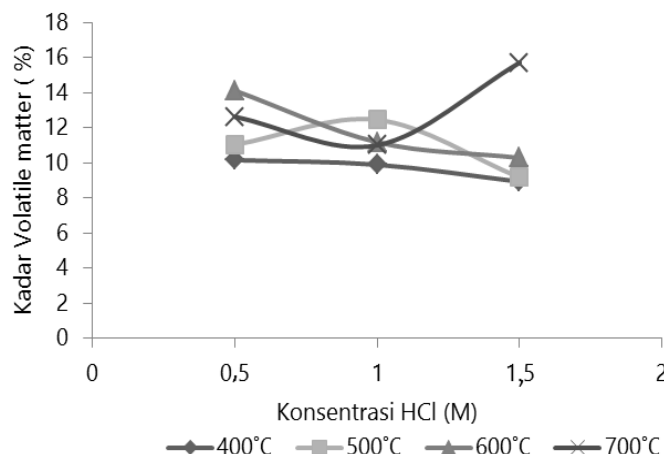
Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa kadar air cenderung menurun seiring dengan meningkatnya suhu dan konsentrasi aktivator HCl pada karbon aktif. Kadar air yang diperoleh pada penelitian ini berkisar 0,06% - 1,56%. Hasil yang diperoleh sesuai dengan teori dan hasil penelitian (Haryati *et al.*, 2017) dimana semakin tinggi suhu karbonasi maka kadar air yang terkandung dalam karbon aktif semakin rendah. Hal ini terjadi karena secara kimia molekul air akan berubah fase menjadi gas saat telah melewati titik didihnya yaitu 100°C. Pada titik itu molekul air yang terikat pada karbon akan lepas dan berubah fase menjadi gas. Selain itu, penggunaan asam klorida (HCl) sebagai zat aktivator kimia bersifat higroskopis juga membantu



**Gambar 2.** Hubungan Suhu dan Konsentrasi Aktivator HCl dengan Kadar Abu



**Gambar 3.** Hubungan Suhu dan Konsentrasi Aktivator HCl dengan Kadar Air



**Gambar 4.** Hubungan Suhu dan Konsentrasi Aktivator HCl dengan Kadar *Volatile Matter*

mengoptimalkan proses pengurangan kadar air pada karbon aktif yang dihasilkan. Semakin kecil molekul air dalam karbon aktif maka halangan molekul lain untuk masuk akan semakin kecil (Sarasati *et al.*, 2018). Berdasarkan hasil analisa pada penelitian yang telah dilakukan diperoleh persen kadar air yang telah memenuhi rentang standar (SNI 06-3730-1995) dimana batas maksimum kadar air pada karbon aktif sebesar 15%.

#### Analisa Kadar *Volatile Matter*

Penentuan kadar *volatile matter* atau kadar zat mudah menguap bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa yang mudah menguap yang terkandung dalam karbon aktif (Permatasari *et al.*, 2014). Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan kadar *volatile matter* dengan bertambahnya konsentrasi aktivator, kecuali pada perlakuan konsentrasi 1 M suhu karbonasi 500°C dan pada perlakuan konsentrasi 1,5 M suhu karbonasi 700°C. Berdasarkan (Surest *et al.*, 2010) tingginya kadar *volatile matter* disebabkan karena tidak sempurnanya penguraian senyawa non karbon seperti CO, CO dan H. Selain itu, pada perlakuan suhu dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya suhu karbonasi maka kadar *volatile matter* akan semakin meningkat, kecuali pada perlakuan suhu 700°C konsentrasi 0,5 M dan 1 M. Penurunan kadar *volatile matter* ini disebabkan oleh ketidaksempurnaan penguraian senyawa non karbon selama proses karbonisasi. Besarnya kadar

zat menguap juga ditentukan oleh waktu dan suhu pengkarbonan, ketika lama proses karbonisasi dan suhu ditingkatkan maka zat menguap yang terbuang akan semakin banyak (Meilianti, 2017). Pada penelitian ini kadar *volatile matter* diperoleh berkisar 8,93% - 15,71%. Berdasarkan hasil analisa pada penelitian yang telah dilakukan diperoleh persen kadar *volatile matter* yang telah memenuhi rentang standar (SNI 06-3730-1995) dimana batas maksimum kadar *volatile matter* pada karbon aktif sebesar 25%.

#### KESIMPULAN

Pada penelitian ini didapatkan bahwa semua variasi suhu dan konsentrasi yang digunakan untuk pembuatan karbon aktif dari ampas kopi memenuhi standar SNI 06-3730-1995 untuk analisa proksimat sedangkan untuk daya serap iod hanya suhu 400°C dengan konsentrasi 0,5 M dan 1 M yang memenuhi standar SNI 06-3730-1995 yaitu suhu 400°C dengan konsentrasi 0,5 M sebesar 1,56% kadar air, 2,57% kadar abu, 10,1610% kadar *volatile matter*, 771,28 mg/g daya serap iod dan suhu 400°C dengan konsentrasi 1 M sebesar 1,49% kadar air, 2,15% kadar abu, 9,89% kadar *volatile matter*, 797,46 mg/g daya serap iod.

#### DAFTAR PUSTAKA

Alfiany, H., Bahri, S. & Nurakhirawati, N. 2013. Kajian Penggunaan Karbon Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb

- Dengan Beberapa Aktivator Asam. *Natural Science: Journal Of Science And Technology*, 2(3):75-86
- Ambarwati, Y., Syarifah, N.P. & Widodo, L.U. 2019. Utilization Of Cassava Rods Waste As Active Charcoal And The Effect Of Hcl Activator And Activation Time On Active Charcoal. *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering And Management*, 14(2):77-81.
- Anggriani, E.J. 2020. Utilization Of Coffee Grounds As Activated Carbon For Rhodamine B Adsorbent. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 18(1):22-29.
- Anita, I.A. 2015. Kapasitas Adsorpsi Maksimum Ion Pb (Ii) Oleh Karbon Aktif Ampas Kopi Teraktivasi Hcl Dan H<sub>3</sub>po<sub>4</sub>. *Jurnal Kimia Khatulistiwa* 4(2)50-61
- Baryatik, P. 2016 Pemanfaatan Karbon Aktif Ampas Kopi Sebagai Adsorben Logam Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Batik (Studi Kasus Industri Batik Ud. Pakem Sari Desa Sumberpakem Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember).
- Caetano, N.S., Silva, V.F. & Mata, T.M. 2012. Valorization Of Coffee Grounds For Biodiesel Production. *Chemical Engineering Transactions* 26:6pp
- Disbun, 2020. Rekapitulasi Luas Areal dan Produksi Perkebunan di Provinsi Kalimantan Timur. Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Timur. Samarinda.
- Fernianti, D. 2013. Analisis Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif Dari Ampas Kopi Bubuk Yang Sudah Diseduh. *Berkala Teknik*, 3(2):563-572.
- Hartanto, S. & Ratnawati, R. 2010. Pembuatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Sawit Dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia* 12(1):12-16.
- Haryati, S., Yulhan, A.T. & Asparia, L. 2017 Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Kayu Gelam (*Melaleuca Leucadendron*) Yang Berasal Dari Tanjung Api-Api Sumatera Selatan. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(2):77-86.
- Huda, S., Ratnani, R.D. & Kurniasari, L. 2020 Karakterisasi Karbon Aktif Dari Bambu Ori (*Bambusa Arundinacea*) Yang Di Aktivasi Menggunakan Asam Klorida (Hcl). *Jurnal Inovasi Teknik Kimia* 5(1):22-27. DOI: 10.31942/inteka.v5i1.3397
- Laos, L.E. 2016. Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika*, 1(1):32-36.
- Mairiyansyah. 2016. Tingkat Motivasi Konsumen Kopi Arabika di Kedai Klinik Kopi. In Skripsi.
- Meilianti, M. 2017 Karakteristik Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Menggunakan Aktivator H<sub>3</sub>po<sub>4</sub>. *Jurnal Distilasi*, 2(2):1-9.
- Mu'jizah, S. 2010. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Biji Kelor (*Moringa oleifera*. Lamk) Dengan NaCl Sebagai Bahan Pengaktif. In Skripsi.
- Oko, S., Mustafa, M., Kurniawan, A. & Muslimin, N. A. 2020. Pemurnian Minyak Jelantah Dengan Metode Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif Dari Serbuk Gergaji Kayu Ulin (*Eusideroxylon Zwageri*). *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 14(2):124-132.
- Permatasari, A.R., Khasanah, L.U. & Widowati, E. 2014. Karakterisasi Karbon Aktif Kulit Singkong (*Manihot Utilissima*) Dengan Variasi Jenis aktivator. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian* 7(2):70-75.
- Sarasati, Y., Thohari, I. & Sunarko, B. 2018. Perbedaan Ketebalan Filter Karbon Aktif Ampas Kopi Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air Bersih. *Jurnal Penelitian Kesehatan*, 9(4):231-237.
- Surest, A.H., Permana, I. & Wibisono, R.G. 2010 Pembuatan Karbon Aktif Dari Cangkang Biji Ketapang. *Jurnal Teknik Kimia* 17(4)1-11.