KARAKTERISTIK ARANG AKTIF ECENG GONDOK (*Eichornia crassipes*) DENGAN AKTIVATOR H_3PO_4, $ZnCl_2$, DAN KOH

Rahmat Yunus[1*], Edi Mikrianto[1], H. Abdurrahman[1], dan Agung Kaharapen Jaya[1]
Program Studi Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat Banjrabaru
*Corresponding author: *rahmat.yunus@ulm.ac.id*

Abstrak. Arang aktif secara umum dapat dibuat dengan cara pirolisis menggunakan aktivator asam, basa, dan garam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik arang aktif eceng gondok (*Eichornia crassipes*) dengan aktivator H_3PO_4, KOH, dan $ZnCl_2$ pada konsentrasi masing-masing 5%; 10; dan 15%. Karakterisasi tersebut yaitu kadar air, abu, zat volatil, dan karbon terikat. Karakteristik terbaik di analisis dengan FTIR. Hasil karakterisasi dibandingkan dengan SNI 06–3730–1995 tentang arang aktif teknis. Proses aktivasi dari ketiga aktivator tersebut dilakukan masing-masing dengan cara triplo. Hasil penelitian menunjukkan pirolisis eceng gndok menghasilkan arang dengan rendemen 58,22%. Hasil karakterisasi arang aktif dari ketiga aktivator menunjukkan karakteristik yang baik dan memenuhi syarat mutu SNI tersebut. Karakteristik terbaik diperoleh pada H_3PO_4 15% dengan kadar air (6,41±0,21%), abu (8,23±0,12%), zat volatil (15,36±0,03%), dan karbon terikat (78,28%); KOH 15% dengan kadar air (5,64±0,08%), abu (8,46±0,22%), zat volatil (17,38 ± 0,28%), dan karbon terikat (76,17%); dan $ZnCl_2$ 10% dengan Kadar air (6,28±0,03%), abu (7,96±0,05%), zat volatil (18,34±0,02%), dan karbon terikat (73,71%).Hasil identifikasi dengan FTIR menunjukkan arang aktif semua perlakuan memiliki gugus C=O. .Pada perlakuan KOH dan ZnC_2 memiliki gugus –OH dan pada H_3PO_4 menunjukkan adanya gugus P=O.

Katakunci*: Arang aktif, Karakteristik, Eceng gondok, H_3PO_4, KOH, dan $ZnCl_2$*

1. PENDAHULUAN

Eceng gondok adalah salah satu tumbuhan dengan habitat lahan basah. Tumbuhan ini dapat tumbuh dan berkembang sangat cepat dengan produksi biomassa yang tinggi, tahan terhadap hama dan penyakit, serta mampu mengakumulasi berbagai macam polutan. Banyak penelitian yang telah membuktikan kemampuan absorpsi eceng gondok terhadap senyawa anorganik dan organik. Beberapa diantaranya adalah pada air asam tambang, eceng gondok mampu mengakumulasi Pb dan As (Yunus, 2015, 2017), Fe dan Mn (Yunus & Nopi, 2018). Arang eceng gondok juga mampu mengabsorpsi logam-logam berat dan amoniak (Zaman & Sutrisno, 2006), Ni(II) dan Cu(II) (Shofiyani & Gusrizal, 2006). Valentina, *et al*., (2013) menyatakan eceng gondok juga dapat menurunkan kekeruhan, COD, BOD pada Air.

Eceng gondok pada dasarnya banyak mengandung senyawa-senyawa kimia dengan komposisi terbesar adalah air. Eeceng gondok mengandung protein sebanyak 17,1%, lemak 3,6%, dan sellulosa mencapai 18,2%. (Valentina, *et al*,, 2013). Hasil analisa dari eceng gondok dalam keadaan segar diperoleh bahan organik 36,59%, C-organik 21,23%, N total 0,28%, P total 0,00011% dan K total 0,0016% (Wardini, 2008). Rochyati (1998) kandungan kimia pada tangkai eceng gondok segar adalah air 92,6%, abu 0,44%, serat kasar 2,09%, karbohidrat 0,17%, lemak 0,35%, protein 0,16%, fosfor 0,52%, kalium 0,42%, klorida 0,26%, alkanoid 2,22%, dan pada keadaan kering eceng gondok mempunyai kandungan selulosa 64,51%, pentosa 15,61%, silika 5,56%, abu 12%, dan lignin 7,69%. Eceng gondok mengandung lignoselulosa yang terdiri dari selulosa 25%, hemiselulosa 33% dan lignin 10% (Rachmawaty et al., 2013).

Tingginya kandungan sellulosa dalam eceng gondok maka berpotensi untuk dapat diolah menjadi arang aktif. Wang, *et al*. (2013) bahwa adanya unsur kimiawi yang terdapat pada pelepah kelapa sawit berupa selulosa, lignin, dan hemiselulosa menyebabkan pelepah kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk membuat karbon aktif. Sellulosa apabila dipanaskan pada suhu tinggi akan menyisahkan karbon. Atom-atom karbon tersebut akan membentuk struktur segi enam sehingga membentuk pori-pori yang besar. Pori-pori tersebut dapat dimaksimalkan dengan cara aktivasi. Karbon aktif memiliki sifat amorf dengan luas permukaan sekitar 300 m2 /g – 2000 m2 /g, hal ini menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menjerap dengan daya jerap mencapai 25% – 100% (Esterlita & Herlina, 2015). Kemampuan menjerap ini disebabkan karena terbentuknya pori-pori pada karbon aktif akibat proses karbonisasi yang dilanjutkan dengan proses aktivasi (Wulandari, *et al*., 2003).

Arang aktif pada dasarnya ada dua bentuk, yaitu butiran dan bubuk. Arang aktif bubuk digunakan sebagai adsorben pada larutan, sedangkan butiran digunakan untuk adsorben gas atau uap. Arang aktif banyak dimanfaatkan oleh industri untuk berbagai tujuan, diantaranya pemurnian gas, pembersih air, pengolahan limbah

© Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Lambung Mangkurat

cair, mengadsorpsi bau, warna, gas, dan logam (Lempang, *et al*,. 2012). Secara kimia banyak aktivator yang dapat digunakan baik yang bersifat asam, basa, maupun garam. Paryanto et al, (2018), membuat arang dari ampas buah mangrove dengan aktivator H3PO4 dan hasilnya mampu menjerap iodine sebesar sebesar 1.496,251 mg/gram, luas permukaan karbon aktif 1.874,835 m2 /gram dan jari-jari pori karbon aktif paling optimum adalah 8,629 µm. Samun & Danarto (2008) membuat arang dari sekam padi dengan altivator ZnCl2 10%, hasilnya mampu menjerap larutan Cr(VI) sebesar 95,6%. Sangkota, *et al*., (2017), membuat arang aktif dari eceng gondok dengan aktivator $ZnCl_2$ 10% dan hasilnya mampu mengadsorpsi Pb sebesar 98,44%. Hutavea & Sirait (2012), juga membuat arang aktif dari tempurung kelapa dengan aktivator $ZnCl_2$, Na_2CO_3 dan NaOH dengan konsentrasi masing-masing 5% dan meraka menyimpulkan bahwa hasil terbaik ditinjau dari luas permukaan dan kemampuan adsorpsi terhadap iodine adalah $ZnCl_2$ 5%. Jaya (2015), juga membuat arang aktif dari kulit kakao dengan aktivator ZnCl2 10% dan diaplikasikan untuk adsorpsi gas CO, NO, dan NOx pada kendaraan bermotor roda empat. Redha, *et al*., (2018), telah membuat arang aktif dari kulit cangkang biji kopi dengan aktivator KOH (3:1) yang digunakan untuk mengadsorpsi emisi CO dan NOx pada kendaraan bermotor roda empat dan hasilnya mampu menurunkan gas CO sebesar 33,3 % pada suhu 350 ^oC, 33,3% pada suhu 400 ^oC dan 47,6% pada suhu 500 ^oC, sedangkan gas NO terjadi penurunan sebesar 25,69% pada suhu 350 ^oC, 29,77% pada suhu 400 ^oC dan 33,58% pada suhu 500 ^oC, dan pada gas NOx terjadi penurunan sebesar 25,65% pada suhu 350 ^oC, 29,47% pada suhu 400 oC dan 33,15% pada suhu 500 ^oC.

2. METODE

2.1 Bahan dan Akat

Bahan berupa daun edeng gondok (DEG) diperoleh dari kecamatan Gambut , $ZnCl_2$ p.a, KOH p.a, H_3PO_4 p.a, HCl, akuades, tissue roll, kertas saring Whatmann 41, aluminium foil, dan pH universal. Peralatan yang digunakan adalah Oven, Furnace, Desikator, Neraca analitik, Cawan porselin, Ayakan 60 mesh, Erlenmeyer 250 mL, Kaca arloji, Corong, Labu semprot, Sendok, Mortar, gelas umum yang digunakan di laboratorium Kimia. Istrumen yang digunakan adalah FTIR =(Alpha Bruker).

2.2 Prosedur Kerja

Eceng gondok dibersihkan dari sisa-sisa kotoran kemudian dipisahkan dari akarnya dan dipotong kecil-kecil kemudian dicuci dengan menggunakan air bersih. DEG yang bersih dikeringkan dibawah sinar matahari selama 5 hari. DEG kering dioven selama 24 jam pada suhu 60 ^oC. Sampel dihaluskan menggunakan blender kemudian dipirolisis dalam furnace pada suhu 300^o C selama 90 menit dan dinginkan pada suhu kamar. Arang yang terbentuk kemudian digerus lalu dioven pada suhu 110 ^oC. Arang yang sudah kering diayak menggunakan ayakan ukuran 60 mesh kemudian ditimbang untuk dihitung sebagai rendemen arang.

Arang sebanyak 50 gram dimasukkan kedalam gelas beker dan ditambahkan 500 mL larutan $ZnCl_2$ sebagai aktiavator dengan konsentrasi (5%, 10%, 15%). Arang yang sudah dicampurkan diaduk menggunakan sudip dan diletakkan pada magnetic stirrer selama 10 menit. Arang didiamkan selama 24 jam lalu disaring dengan dengan kertas whatmann 41mesh. Arang kemudian dicuci dengan akuades hingga didapatkan pH netral. Arang aktif dikeringkan dalam oven selama 4-6 jam lalu dtimbang untuk penentuan rendemen. Hal yang sama dilakukan untuk aktivator KOH dan H_3PO_4, kecuali aktivator KOH ditambahkan HCl 2M saat mencuci sambil dibilas akuades hingga didapatakan pH netral.

2.2.1 Karakterisasi Arang Aktif

Penentuan kadar air

Arang aktif sebanyak 1,000 gram ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan porselen. Dipanaskan dalam oven pada suhu 105 ^oC selama 2 jam 30 menit. Kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang (sampai berat tetap).Selanjutnya dihitung kadar air dihitung dengan persamaan (1).

Kadar air (%) = (a-b/a) 100% (1)

a = bobot contoh sebelum pemanasan (g)
b = bobot contoh setelah pemanasan (g)

Penentuan kadar abu

Arang aktif 1,000 gram dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah ditentukan bobot keringnya. Arang aktif dipanaskan di dalam furnace pada suhu 600 °C selama 2 jam. Setelah itu didinginkan di dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang. Pemanasan dan penimbangan diulang hingga diperoleh bobot yang konstan. Waktu pemanasan cukup 1 jam selama pengulangan. Kadar abu dihitung dengan persamaan (2).

Kadar abu (%) = (a-b/a) 100% (2)

a = bobot awal contoh (g)
b = bobot akhir contoh (g)

Penentuan kadar zat volatil

Arang aktif 1,000 gram dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah ketahui bobot keringnya. Selanjutnya dipanaskan dalam furnace pada suhu 700 °C selama 10 menit, kemudian didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan timbang. Cawan ditutup serapat mungkin selama pemanasan dan dihindari terjadinya pembakaran contoh. Kadar zat volatil mudah menguap dihitung dengan persamaan (3).

Kadar zat volatil (%) = (a-b/a) 100% (3)

a = bobot contoh sebelum pemanasan (g)
b = bobot contoh setelah pemanasan (g)

Penentuan kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat dihitung dengan persamaan (4):

Kadar karbon terikat = 100% - (kadar abu + kadar zat mudah mengauap) (4)

Analisis gugus fungsi FTIR

Arang aktif yang menunjukkan karakter terbaik berdasarkan SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis dianalisis dengan Spektroskopi FTIR untuk mengetahui gugus-gugus fungsinya. Analisis spektroskopi FTIR pada penelitian ini menggunakan spektrofotometer FTIR Alpha Bruker.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil piriolisis terhadap biomassa eceng gondok kering sebanyak 1.033,31 g diperoleh arang sebanyak 601,55 g atau dengan rendemen 58,22%. Arang selanjutnya diaktivasi dengan perendaman pada masing-masing larutan $ZnCl_2$. KOH, dan H_3PO_4 dengan masing-masing konsentrasi 5,0; 10,0; dan 15,0%. Aktivasi dilakakuan dengan ulangan masing-masing tiga kali (triplo). Hasil karakterisasi arang aktif eceng gondok dari ketiga activator ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Arang Aktif Eceng Gondok

Aktivator	Konsentrasi (%)	Rendemen (%)	Kadar air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar volatil (%)	Kadar C terikat (%)
H_3PO_4	5	58,62	6.72 ± 0,00	6.36 ± 0.13	18.20 ± 0,08	75,44
	10	58,65	6,50 ± 0,49	7,30 ± 0.30	17,35 ± 0,04	75,35
	15	60,11	6,41 ± 0,21	8,23 ± 0,12	15,36 ± 0,03	76,41
KOH	5	55,54	6,36 ± 0,07	6,46 ± 0,23	20,67 ± 0,12	70,87
	10	64,22	6,12 ± 0,00	7,64 ± 0,03	19,53 ± 0,13	72,82
	15	50,75	5,64 ± 0,08	8,46 ± 0,22	17,38 ± 0,28	76,17
$ZnCl_2$	5	68,95	6,42 ± 0,30	6,60 ± 0,25	21,20 ± 0,06	70,32
	10	75,34	6,28 ± 0,03	7,96 ± 0,05	18,34 ± 0,02	73,71
	15	73,66	6,17 ± 0,14	8,48 ± 0,37	20,51 ± 0,19	72,88
SNI 06 – 3730 – 1995			Maks.15	Maks. 10	Maks 25	Min. 65

Berdasarkan Tabel 1. rendemen arang aktif dari ketiga aktivator cenderung bervariasi. Rendemen tertinggi ketiga variasi konsentrasi diperoleh pada H_3PO_4 15,0% (60,11%); KOH 10,0% (64,22%); dan $ZnCl_2$ 10,0%

(75,34%). Ketiga aktivator tersebut $ZnCl_2$ memberikan rendemen tertinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi aktivator tidak secara linier menghasilkan rendemen yang tinggi pula, kecuali aktivator asam pospat. Yue *et al*. (2003) bahwa makin tinggi konsentrasi aktivator maka makin tinggi pula rendemen yang terbentuk. Hal ini dapat dipahami bahwa makin tinggi konsentrasi aktivator maka reaksi antara arang dengan aktivataor berpeluang makin besar.

3.1 Kadar air

Berdasarkan Tabel 1 bahwa kadar air arang aktif eceng gondok dari ketiga aktivator secara keseluruhan memenuhi stadar menurut SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis (maks, 10%). Kadar air arang aktif yang paling rendah diperoleh dari aktivator KOH 15% (5,64%). Hasil ini juga menunjukkan kadar air dari ketiga aktivator cenderung sama, yaitu peningkatan konsentrasi diikuti dengan penurunan kadar air. Kadar air merupakan gambaran kuantitas air yang terkandung dalam suatu arang dengan sifat higroskopnya. Hendaway (2003) bahwa kadar air sangat dipengaruhi oleh jumlah uap air di udara, lama proses pendinginan, dan sifat higroskopis dari arang. Dengan demikian hasil akrivator yang memberikan sifat higroskopik terbaik adalah KOH.

3.2 Kadar abu

Kadar abu merupakan gambaran kuantitas mineral yang terkandung dalam arang aktif. SNI 06 – 3730 – 1995, tentang arang aktif teknis kadar abu maksimum 10%. Berdasarkan Tabel 1. bahwa arang aktif dari ketiga aktivator memberikan kadar abu yang kurang dari 10%. Hal ini berarti bahwa arang aktif yang diproduksi dengan tiga aktivator tersebut memenuhi SNI. Kadar abu tertinggi diperoleh dari aktivator H_3PO_4 (15%) dan terendah pada aktivator $ZnCl_2$ (5%). Kadar abu dari ketiga aktivator menunjukkan kecenderungan yang sama, dimana peningkatan konsentrasi memberikan kadar abu yang semakin meningkat. Ketiga aktivator menunjukkan kecenderungan yanga sama, yaitu semikin tinggi konsentrasi diikuti naiknya kadar abu. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi antara aktivator dengan mineral yang terikat pada arang semakin reaktif. Jankowska *et al*., (1991) bahwa kadar abu tersebut menunjukkan kandungan mineral yang terkandung dalam arang aktif.

3.3 Kadar volatil

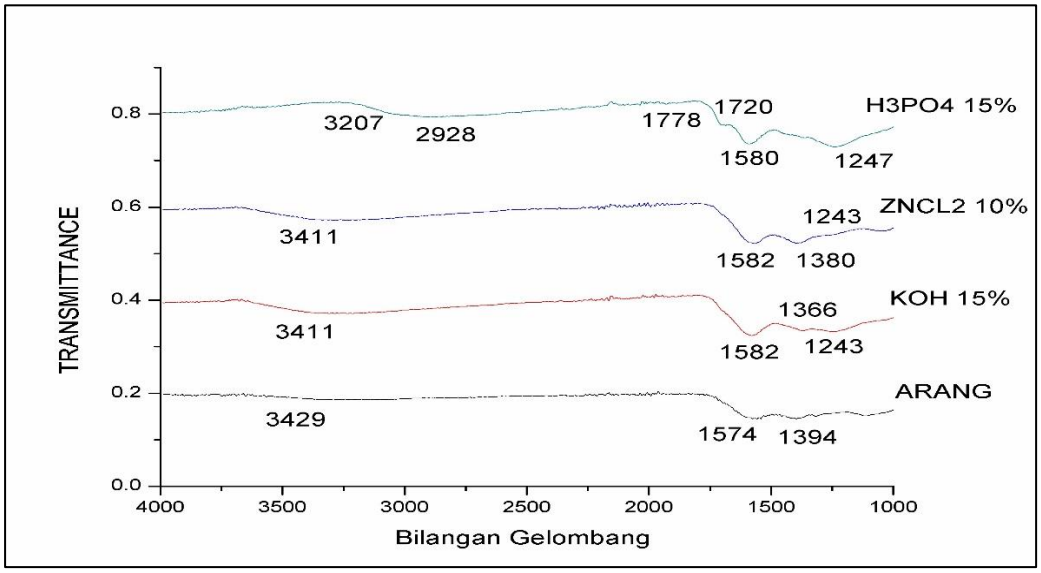
Kadar volatil atau zat yang mudah menguap (terbang) pada arang aktif merupakan gambaran adanya pemutusan ikatan terhadap atom-atom seperti C, H, O, dan N yang terikat pada gugus-gugus yang terbentuk dan menguap karena pemanasan. Tabel 1 menujukkan kadar volatil arang aktif dari ketiga aktivator antara 15,36 – 20,51% atau memenuhi SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis (maks, 25%). Kadar volatil terendah diperoleh dari aktivator H_3PO_4 (15%) dan teringgi pada aktivator $ZnCl_2$ (15%). Ketiga aktivator memeberikan hasil dengan kecenderungan yanga sama, yaitu semikin tinggi konsentrasi diikuti dengan menurunnya kadar volatil. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi antara aktivator dengan mineral yang terikat pada arang semakin reaktif. Pari (2006) Penurunan kadar zat terbang ini menunjukkan adanya reaksi antara atom karbon dengan uap air membentuk senyawa non karbon yang menguap seperti CO , CH dan H pada proses aktivasi.

3.4 Kadar karbon terikat

Kadar karbon terikat merupakan karbon murni yang terkandung pada arang aktif. Kadar karbon terikat ini adalah hasil dari pengurangan kadar air, abu, dan volatil. Pada Tabel 1, kadar karbon terikat dari ketiga aktivator diperoleh antara 70,32 – 78,28%. Hasil ini menunjukkan arang eceng gondok memenuhi syarat SNI 06 – 3730 – 1995 tentang arang aktif teknis, yaitu minimal 65%. Perlakuan aktivasi dengan tiga aktivator menunjukkan aktivator H_3PO_4 (15%) memberikan hasil terbaik daripada $ZnCl_2$ dan KOH. Hal ini menunjukkan asam pospat lebih efektif melarutkan mineral dan unsur lainnya seperti, C, H, O, dan N yang terikat pada molekul karbon dengan membentuk gugus fungsi baru.

3.5 Analisis gugus fungsi

Berdasarkan hasil karakterisasi arang aktif dari tiga aktivator dengan tiga variasi konsentrasi tersebut semuanya memenuhi standar SNI 06 – 3730 – 1995. Dari arang aktif ketiga aktivator tersebut, yang memiliki karakteristik terbaik adalah H_3PO_4 15%, KOH15%, dan $ZnCl_2$ 10%. Ketiga arang aktif ini kemudian dianalisis dengan Spektroskopi FTIR untuk mengetahui gugus-gugus fungsinya. Hasil analisis spektroskopi FTIR dutunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Spektra IR Arang dan Arang Aktif

Gambar 1. Menunjukkan bahwa pada spektra IR arang dan arang aktif terdapat pita serapan pada bilangan gelombang sebagaimana yang dirunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Gugug fungsional Arang Aktif Eceng Gondok

Gugus Fungsi	Teoritis (Mistry, 2009)	Arang aktif komersial (Riyanto, *et al*., (2020)	Arang	Aktivator		
				H_3PO_4	KOH	$ZnCl_2$
OH	3200 – 3600	3510,45	3429	3207	3411	3411
CH	2850 – 2970	2931,80	-	2928	-	-
C≡C	1690 - 1760	2291,43	-	1720 - 1778	-	-
C=C	1580 – 1660	1635,64	1574	1580	1582	1582
NO_2	1300 - 1370		1394	-	1366	1380
CO	1050 – 1300	1126,43	-	1247	1243	1243

Berdasarkan Tabel 2. menunjukkan spektra FTIR arang mempunyai pita serapan pada bilangan gelombang 3429; 1574; dan 1394 cm^{-1}. Secara teoritis menurut Mistry (2009) dan Riyanti et al., (2020), pita serapan tersebut menunjukkan adanya gugus fungsi OH, C=C, dan NO_2. Pada arang aktif dengan aktivator H_3PO4 terdapat pita serapan berturut-turut pada bilangan gelombang 3207; 2928; 1720-1778; 1580; dan 1247 cm^{-1}. menunjukkan adanya gugus fungsi OH, CH, C≡C, C=C, dan CO. Arang aktif dengan aktivator KOH dan $ZnCl_2$ mempunyai pita serapan yang sama yaitu, pada bilangan gelombang 3411; 1582;1366; dan 1243 cm^{-1}. Menurut Mistry (2009) dan Riyanto et al., (2020), pita serapan tersebut menunjukkan adanya gugus fungsi OH, C=C. NO_2, dan CO.

Secara keseluruhan bilangan gelombang sekitar 3429 - 3307 cm^{-1} menunjukkan adanya gugus –OH yang terlihat baik pada arang maupun pada arang aktif. Transmitan tertinggi ditunjukkan oleh KOH 15%.. Pada perlakuan H_3PO_4 15% terdapat serapan pada bilangan gelombang 2913,73 cm^{-1} menunjukkan adanya C-H. Pada bilangan gelombang 1574-1582 cm^{-1} semua perlakuan menunjukkan adanya serapan. Hal ini menunjukkan semua

perlakuan mengandung C=C. Transmitan tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan H_3PO_4 15% sedangkan terendah oleh arang. Silverstein, *et al*., (1991), adanya serapan melebar pada bilangan gelombang 3307,92 cm^{-1} diduga adalah vibrasi gugus OH asam dan serapan pada daerah 2929,87 cm^{-1} diduga adalah vibrasi dari C-H alifatik yang diperkuat dengan munculnya serapan pada daerah 1456,26 cm^{-1}. Serapan melebar pada daerah bilangan gelombang 1720-1778 cm^{-1} diduga adalah vibrasi dari O-H pada gugus P-OH yang diperkuat dengan adanya serapan pada 1247 cm^{-1} yang diduga merupakan vibrasi dari P-O pada gugus P-OH. Lin-Vient, *et al*., (1991), serapan pada daerah bilangan gelombang 1707,00 cm^{-1} diduga vibrasi dari gugus P=O, yang dikonfirmasi dengan adanya serapan pada 1240,23 cm^{-1}.

Hasil identifikasi dengan FTIR ini menunjukkan bahwa arang aktif eceng gondok yang diaktvasi dengan KOH dan $ZnCl_2$ memiliki gugus fungsi yang sama, yaitu OH, C=C, dam C=O. Arang aktif yang diaktivasi dengan H_3PO_4 memiliki gugus fungsi OH, CH, P=O, dan P-OH. Adanya gugus P=O dan P-OH diduga bersumber dari aktivator.

4. SIMPULAN

1. Perbedaan konsentrasi aktivator pada arang eceng gondok berpengaruh terhadap rendemen dan karakteristik arang aktif.
2. Arang eceng gondok yang diaktivasi dengan H3PO4 memilki gugus fungsional OH, CH, P=O dan P-OH

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih tak terhingga kepada :

1. Bapak Rektor ULM yang telah memberikan dana penelitian melalui Program Dosen Wajib Meneliti
2. Bapak Dekan FMIPA yang telah memberikan izin untuk penelitian ini
3. Para staf, teknisi, laboran Laboratorium Dasar FMIPA yang dengan ramah melayani kami dalam pelaksanaan penelitian ini.
4. Petugas pengambil sampel, pengumpul data, dan rekan-rekan lainnya dan tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu kelancaran penelitian ini.

Semoga segala bantuannya menjadi amal ibadah….Aamiin.

6. DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 1995. Arang Aktif Teknis. Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta. SNI 06-3730-95.

Esterlita, M. O., and N. Herlina. (2015). "Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl2, KOH, Dan H3PO4 Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (Arenga Pinnata)." Jurnal Teknik Kimia USU 4(1): 47–52.

Hendaway A.. (2003). *Influence of HNO3 Oxidation on the Structure and Adsorptive Properties of Corncob-based Activated Carbon*, Elsevier, Carbon 41:713-722

Hutavea, M. A., & Sirait, S. R. (2012). Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tempurung Kelapa Sawit Dengan Penambahan Zat Pengaktif. Jurnal Tekhnik Kimia, 8(2): 1-8.

Jankowska, H., A. Swiatkowski, & J. Choma. (1991). *Active Carbon*. Horwood, London

Jaya, F. T. (2015). Adsorpsi Emisi Gas CO, NO, Dan NOx Menggunakan Karbon Aktif Dari Limbah Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao L*.) Pada Kendaraan Bermotor Roda Empat. Makassar: FMIPA Universitas Hasanuddin.

Lempang Mody, Wasrin Syafii, & Gustan Pari. 2012. Sifat Mutu Arang Aktif Tempurung Kelapa. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, Vol. 30(2): 100-113

Lin-Vien, D., Norman B.C., William G.F., Jeanette G.G., (1991). *Infrared and Raman Characteristic Frequencies of Organic Molecules*, Academic Press, San Diego

Mistry, B. D. (2009). *A Handbook of Spectroscopic Data: UV, IR, PMR, CNMR, and Mass Spectroscopy*. Edited by Valsad-(Gujarat) B.K.M. Science College. 2009th ed. Jaipur, India: Oxford Book Company.

Pari, G., D. Tohir, Mahpudin & J. Ferry. (2006). Arang Aktif Serbuk Gergaji Sebagai Bahan Adsorben Pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor.Jurnal Penelitian Hasil Hutan 24 (4): 309-322.

Paryanto, et al., (2018). Karbon Aktif Dari Ampas Buah Mangrove Sisa Pembuatan Zat Warna Alami Menggunakan Aktivator H_3PO_4. Inovasi Teknik Kimia, Vol. 3(2): 17-22.

Rachmawaty, R., M. Meriyani, & S. Priyanto. 2013. "Sintesis Selulosa Diasetat Dari Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Dan Potensinya Untuk Pembuatan Membran." Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, 2 (3): 8–16.

Redha F, Rio Junaidy, & Ida Hasmita (2018). Penyerapan Emisi CO Dan NOx Pada Gas Buang Kendaraan Menggunakan Karbon Aktif Dari Kulit Cangkang Biji Kopi. Baristand Industri Banda Aceh. Biopropal Industri. 9(1): 37-47

Riyanto CA, Prabalaras E, Martono Y. (2020). Karakterisasi Nanopartikel Karbon Aktif dari Daun Eceng Gondok (E*ichhornia crassipes*) Berdasarkan Variasi Suhu dan Waktu Aktivasi, *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 12(2): 85-92.

Rochyati. (1988). Peranan Bahan Organik Dalam Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Pupuk Dan Produktivitas Tanah. 161- 180. Dalam Prosiding Lokakarya

Samun T & Danarto, YC.(2008). Pengaruh aktivasi karbon dari sekam padi pada proses adsorpsi logam (Cr(VI). Jurnal Ekuilibrium, 7(1): 13 – 16

Sangkota V.D., Supriadi, & Irwan Said. (2017). Pengaruh aktivasi kimia arang tanaman eecebg gondok (*Eichhornia crassipes*) terhadap adsorpsi logam timbal (Pb). J. Akad. Kim. 6(1): 48-54, Diakses 8 Nopember 2020

Shofiyani, A., & Gusrizal. (2006). *Determination of pH effect and capacity of heavy metals adsorption by water hyacinth (eichhornia crassipes) biomass*. Indonesia Journal of Chemistry, 6(1): 56 – 60.

Silverstein, R.M., Bassler G.C., Morrill T.C., 1991, *Spectrometric Identification of Organic Compounds*, fifth edition, John Wiley and Sons, Singapore.

Valentina, A. E., Miswadi, S. S., & Latifah. (2013). Pemanfaatan arang eceng gondok dalam menurunkan kekeruhan, COD, BOD pada air sumur. Indonesian Journal of Chemical Science, 2(2): 84-89.

Wang, *et al*., (2013). *Optimization of Mesoporous Activated Carbon from Coconut Shells by Chemical Activation with Phosporic Acid*. Bioresources 8(4): 6184-6195.

Wardini. (2008). Analisis kandungan Nutrisi pada Eceng Gondok (Eicharnia crassipes) sebagai bahan pakan ternak. http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browser&op= read&id= jbptitbpp-gdl course 2001-r-631-sme. Diakses tanggal 8 nopember 2020.

Wulandari, F., Erlina, R. A. Bintoro, E. Budi, Umiatin, & H. Nasbey. (2003). Pengaruh Temperatur Pengeringan Pada Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Klorida Dan Asam Fosfat Untuk Penyaringan Air Keruh. 289–93.

Yue, Z., Economy J., & Mangun C.L., (2003). *Preparation of Fibrous Porous Materials by Chemical Activation*, Carbon, 41: 1809-1817

Yunus, R. & Nopi, S (2018). *Fe And Mn Phytoremediation Of Acid Coal Mine Drainage Using Water Hyacinth (Eichornia Crassipes) And Chine Water Chestnut (Eleocharis Dulcis) On Constructed Wetland System*. International Journal of bioscience (IJB). 12(4): 273-282.

Yunus, R. (2017). *Removal Of Pb In Acid Coal Drainage Using Water Hyacinth* (*Eichornia crassipes Mart. Solms*). Journal of Biodiversity and Environmental Science (JBES). 11(6): 9-18.

Zaman, B., & Sutrisno, E. (2006). Kemampuan enyerapan eceng gondok terhadap amoniak dalam limbah rumah sakit berdasarkan umur dan lama kontak (Studi kasus: RS Panti Wilasa, Semarang). Jurnal Presipitasi, 1(1): 49-54.