

Pengaruh Suhu Karbonisasi dari Arang Aktif Eceng Gondok terhadap Fluks dan Kemampuannya dalam Mereduksi Kadar Besi

Effects of Carbonization Temperature from Activated Carbon of Water Hyacinth on the Flux and Its Ability on Iron Removal

Wenny Maulina^{*}, Frendi Wahyudi Priyanto, Artoto Arkundato

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

*E-mail: wenny@unej.ac.id

ABSTRACT

The synthesis of activated carbon derived from water hyacinth has been successfully carried out as an iron adsorbent in a laboratory-scale water filter design system. In this article, activated carbon derived from water hyacinth is made through a carbonization process at 400°C and 500°C with NaOH as an activating agent. This activated carbon derived from water hyacinth acts as a filter media for purifying well water by assessing the flux, pH and iron removal efficiency before and after filtration. The results showed that the use of activated carbon derived from water hyacinth with a carbonization temperature of 500°C resulted in a water flux value greater than the carbonization temperature of 400°C. The pH value showed no difference between the use of activated carbon derived from water hyacinth (at a carbonization temperature 400°C and 500°C) before and after the filtration process, which was 7.5. Meanwhile, the effectiveness of activated carbon derived from water hyacinth at a carbonization temperature of 500°C as a filtration medium is more optimal in reducing iron levels compared to the use of activated carbon at a carbonization temperature of 400°C with percentage efficiency up to 98.09%.

Keywords: Activated carbon, Water hyacinth, Carbonization temperature, Filtration, Iron removal efficiency.

PENDAHULUAN

Air sangat penting untuk kesehatan dan kesejahteraan makhluk hidup di bumi. Kebutuhan akan air bersih terus meningkat disebabkan karena beberapa faktor seperti pertumbuhan penduduk, perkembangan pembangunan dan meningkatnya standar kehidupan. Kualitas air bersih yang layak konsumsi perlu dipertimbangkan mengingat dalam kandungan air masih banyak zat yang dapat membahayakan, seperti kandungan besi (Fe) dalam kadar yang cukup tinggi. Sesuai persyaratan kualitas air konsumsi menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010, kadar besi (Fe) yang diperbolehkan ada dalam air konsumsi sebesar 0,3 mg/l. Pada kadar yang lebih tinggi (1-2 mg/l) Fe dapat menyebabkan air berwarna kuning, terasa pahit dan menimbulkan rasa mual apabila dikonsumsi. Apabila kelarutan Fe dalam air melebihi 10 mg/l akan menyebabkan air berbau seperti telur busuk. Air yang mengandung Fe juga sangat tidak diinginkan untuk keperluan rumah tangga karena menyebabkan bekas karat pada pakaian, pada porselen dan alat-alat lainnya (Khaira, 2013; Febrina & Ayuna, 2014; Asmaningrum & Pasaribu, 2016).

Untuk menurunkan kadar Fe perlu dilakukan sistem pengolahan air. Cara yang paling sering dilakukan adalah dengan filtrasi. Filtrasi dapat mengatasi kekeruhan serta menurunkan kandungan kation yang larut, terutama kadar besi (Fe). Prinsip dasar filtrasi adalah penyaringan secara fisik, kimia, biologi untuk memisahkan/menyaring partikel yang tidak terendap dalam proses sedimentasi media berpori. Media yang sering digunakan pasir, ijuk, zeolite, dan arang aktif (Maharani & Wartini, 2017).

Arang aktif adalah adsorben paling kuat yang dikenal, yang merupakan material padat yang terdiri dari karbon. Karakteristiknya adalah struktur berpori dan luas permukaan yang dihasilkan dapat mencapai 1500 m²/g. Arang aktif banyak dimanfaatkan dalam proses pemurnian, penyerapan warna dan bau dengan biaya rendah dan efisiensi tinggi. Arang aktif bekerja berdasarkan prinsip adsorpsi. Adsorpsi adalah proses antarmuka yang meliputi pengumpulan komponen zat terlarut pada permukaan padatan adsorben. Fenomena ini berkaitan dengan gaya tarik fisik yang mengikat molekul atau zat terlarut yang umumnya dikenal sebagai gaya Van der Waals (Agrawal *et al.*, 2017; Mifbakhuddin, 2010).

Arang aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon, baik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan, binatang ataupun barang tambang. Indonesia adalah negara yang memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi. Salah satu keanekaragaman hayati yang tumbuh subur dan mudah ditemui adalah eceng gondok (*Eichornia crassipes*). Eceng gondok dianggap sebagai gulma karena menghasilkan pertumbuhan yang cepat hampir sekitar 1 m² dalam waktu kurang dari dua bulan, namun tanaman ini memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat (Sangkota *et al.*, 2017). Kandungan yang paling besar dari eceng gondok yaitu selulosa (60%) dan jumlah terbanyak berada pada bagian batang, yang jika dipanaskan pada suhu tinggi akan meninggalkan karbon sebagai hasil akhir yang terikat dan memiliki pori-pori yang besar, sehingga dapat dijadikan sebagai adsorben untuk menyerap senyawa logam berat (Putera, 2012).

Proses pembuatan arang aktif diawali melalui tahap karbonisasi. Karbonisasi merupakan tahap pembakaran dalam ruang tertutup dengan udara seminimal mungkin yang mengubah bahan mentah menjadi arang yang berwarna hitam (Fitri, 2017). Perlakuan panas yang tepat menjadi salah satu penentu kualitas arang yang dihasilkan sebelum akhirnya melalui tahap selanjutnya yaitu aktivasi.

Penelitian yang mengkaji pemberian perlakuan panas pada pembuatan arang aktif dari eceng gondok pernah dilakukan pada variasi suhu karbonisasi sebesar 400°C, 500°C dan 600°C. Berdasarkan hasil pengukuran daya serap iodin terbesar diperoleh pada arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C (Rachmawati, 2019), sedangkan kadar karbon terbesar dihasilkan pada suhu karbonisasi 500°C (Kusumaningtyas, 2019). Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan tersebut hanya menguji karakteristik fisiko-kimia arang aktif eceng gondok pada variasi suhu karbonisasi yang diberikan. Untuk itu pada penelitian ini, mengacu dari hasil terbaik kedua penelitian sebelumnya tersebut maka perlakuan panas yang diberikan pada pembuatan arang aktif dari eceng gondok menggunakan variasi suhu karbonisasi sebesar 400°C dan 500°C. Arang aktif eceng gondok dengan variasi suhu karbonisasi tersebut selanjutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai fluks, pH dan penurunan kadar besi (Fe) pada sistem rancang bangun filter air skala laboratorium.

METODE

Tahapan penelitian mencakup tahap karbonisasi eceng gondok, tahap aktivasi arang dan uji filtrasi air sumur yang diambil dari sumur monitoring Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pakusari, Jember.

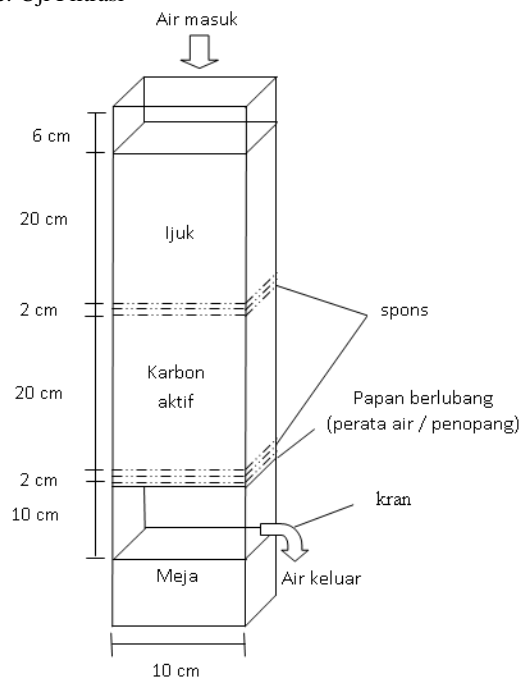
a. Tahap Karbonisasi

Tanaman eceng gondok dibersihkan dan diambil bagian batangnya, kemudian eceng gondok dikeringkan dalam oven selama 15 menit dengan suhu 150°C. Selanjutnya eceng gondok dihaluskan menggunakan blender hingga diperoleh eceng gondok dalam bentuk serbuk. Serbuk eceng gondok dimasukkan ke dalam cawan krusibel untuk dibakar dalam *furnace* selama 1 jam. Proses pembakaran dilakukan pada suhu karbonisasi 400°C dan 500°C. Arang eceng gondok yang dihasilkan kemudian disaring dengan menggunakan ayakan mesh 200.

b. Tahap Aktivasi

Proses aktivasi dilakukan dengan cara merendam arang eceng gondok ke dalam larutan NaOH 25% (b/v), dengan perbandingan antara arang eceng gondok dan NaOH adalah 1:3 (b/b). Larutan arang kemudian dipanaskan pada suhu 80°C sambil *distirring* dengan kecepatan putaran 350 rpm selama 4 jam. Kemudian disaring dan dinetralkan dengan menggunakan larutan HCl 2M dan aquadest. Arang aktif selanjutnya dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama ± 2 jam sehingga diperoleh arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi arang 400°C (Sampel A) dan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi arang 500°C (Sampel B).

c. Uji Filtrasi



Gambar 1. Desain sistem rancang bangun filter air skala laboratorium

Uji filtrasi dilakukan terhadap sistem rancang bangun filter air skala laboratorium berbahan arang aktif eceng gondok yang dikombinasikan dengan ijuk dan spons filter yang fungsinya untuk mengikat partikel yang berukuran besar dalam air seperti pasir, kerikil atau lumpur. Ukuran yang dipakai untuk panjang dan lebar media filter yaitu sebesar 10 cm, sedangkan tinggi dari sistem raancang bangun filter air sebesar 60 cm. Media adsorben arang aktif eceng gondok yang digunakan memiliki tinggi lapisan bahan sebesar 20 cm. Sementara itu, bahan ijuk yang digunakan memiliki tinggi lapisan bahan sebesar 20 cm dan spons sebesar 2 cm. Desain filter air skala laboratorium ini ditunjukkan seperti Gambar 1. Rancangan desain filter air ini dibuat oleh peneliti disesuaikan dengan kondisi pengambilan data di laboratorium.

Selama proses filtrasi berlangsung, air yang keluar ditampung dalam gelas ukur dan volumenya diukur setiap selang waktu 5 menit selama 1 jam. Pengukuran yang sama dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan menggunakan arang aktif eceng gondok yang berbeda untuk setiap suhu karbonisasi, sehingga diperoleh hasil filtrasi berupa sampel A1, A2 dan A3 yang merupakan air hasil filtrasi dari penggunaan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C dan sampel B1, B2 dan B3 sebagai air hasil filtrasi dari penggunaan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 500°C, sedangkan sampel C adalah sampel air sebelum filtrasi. Tahap selanjutnya meliputi penentuan nilai fluks, pH dan kadar besi (Fe).

Nilai fluks diperoleh dengan menggunakan persamaan (1) (Said *et al.*, 2017).

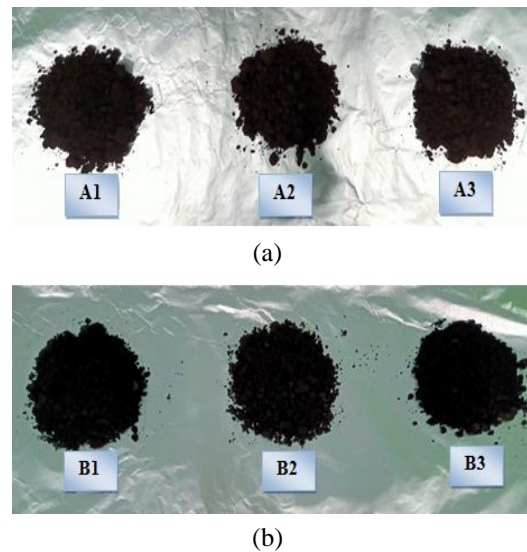
$$J = \frac{V}{At} \tag{1}$$

dimana J adalah nilai fluks ($L/m^2 \cdot jam$), V adalah volume hasil pemisahan (Liter), A adalah luas permukaan media filtrasi/arang aktif (m^2) dan t adalah waktu (jam). Pengukuran pH dilakukan menggunakan pHmeter, sedangkan kadar besi (Fe) sebelum dan setelah filtrasi diuji menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Penentuan efektivitas atau persentase penurunan kadar besi (Fe) dapat ditentukan menggunakan persamaan (2) (Abuzar *et al.*, 2015).

$$R = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \tag{2}$$

dimana R adalah penurunan kadar besi (Fe) (%), C_{in} adalah konsentrasi Fe sebelum filtrasi (mg/L), C_{out} adalah konsentrasi Fe setelah filtrasi (mg/L).

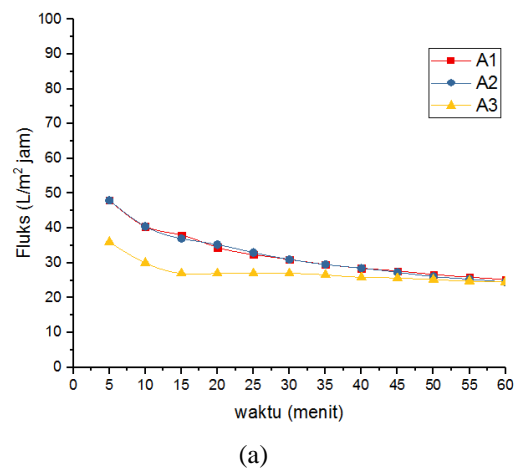
HASIL DAN PEMBAHASAN

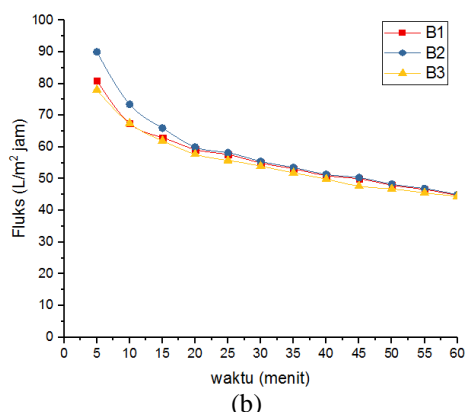


Gambar 2. Arang aktif dari eceng gondok pada suhu karbonisasi (a) 400°C dan (b) 500°C

Gambar 2 menunjukkan arang aktif eceng gondok pada suhu karbonisasi 400°C dan 500°C untuk tiap 3 kali pengulangan sampel yang dibuat, berturut-turut sampel A1, A2 dan A3 serta sampel B1, B2 dan B3. Secara visual antara arang aktif eceng gondok tersebut tidak memiliki perbedaan, dimana arang aktif berwarna hitam dan berukuran mesh 200.

a. Pengukuran nilai fluks sampel air





Gambar 3. Perubahan fluks terhadap waktu selama 1 jam proses filtrasi tiap selang 5 menit pengukuran menggunakan arang aktif eceng gondok pada suhu karbonisasi (a) 400°C dan (b) 500°C

Nilai fluks air diperoleh berdasarkan jumlah volume hasil pemisahan yang melewati satu satuan luas media filtrasi (arang aktif) dalam satuan waktu yang telah ditentukan (Setyawan, 2012). Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran fluks air selang waktu 5 menit selama 1 jam proses filtrasi menggunakan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C dan 500°C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai fluks mengalami penurunan selama 1 jam proses filtrasi. Penurunan fluks terbesar terjadi di menit ke-5 hingga menit ke-20. Pada tahap ini fluida melewati media filtrasi tanpa hambatan yang menyebabkan laju aliran air yang melewati media filtrasi menjadi lebih cepat sehingga volume air yang tertampung keluar besar, dengan demikian fluks yang dihasilkan juga besar. Penurunan fluks terus berlangsung pada menit ke-25 sampai menit ke-45 namun laju penurunannya tidak secepat menit sebelumnya. Sedangkan pada menit ke-50 hingga menit ke-60, fluks yang dihasilkan mengalami penurunan yang berlangsung secara perlahan atau bahkan mendekati konstan (kondisi tunak). Umumnya fluks akan menurun seiring dengan lamanya proses filtrasi. Penurunan fluks terbesar terjadi di menit ke-5 sampai menit ke-25 yang kemudian diikuti oleh penurunan secara perlahan hingga fluks mencapai kondisi tunak (*steady flux*) pada rentang menit ke-50 sampai menit ke-70 waktu pengukuran (Ghaffour *et al.*, 2002). Penurunan fluks dapat menunjukkan bahwa adanya penurunan kinerja arang aktif. Hal ini bisa diakibatkan adanya *fouling* sepanjang proses

operasi filtrasi yang disebabkan karena pori-pori pada arang aktif mulai tertutup dengan senyawa adsorbat (Martini & Elfidiyah, 2019).

Tabel 1. Nilai Fluks selama 1 jam proses filtrasi air sumur menggunakan arang aktif dari eceng gondok

Sampel	Pengulangan	Fluks (L/m ² ·jam)	$\bar{J} \pm \Delta J$ (L/m ² ·jam)
A	A1	25,25	24,75 ± 0,25
	A2	24,50	
	A3	24,50	
B	B1	44,75	44,75 ± 0,14
	B2	45,00	
	B3	44,50	

Nilai fluks rata-rata yang dihasilkan pada proses filtrasi dengan menggunakan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C (sampel A) dan 500°C (sampel B) ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai fluks rata-rata yang dihasilkan pada proses filtrasi dengan menggunakan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C (sampel A) sebesar (24,75 ± 0,25) L/m²·jam dan pada suhu karbonisasi 500°C diperoleh sebesar (44,75 ± 0,14) L/m²·jam. Berdasarkan hasil yang diperoleh terlihat bahwa arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 500°C menghasilkan nilai fluks yang lebih besar dan lebih baik untuk dijadikan sebagai media filtrasi pada rancang bangun alat filter air dibandingkan pada penggunaan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C.

b. Pengukuran pH pada sampel air

Hasil pengukuran pH pada air uji baik sebelum dan setelah filtrasi menggunakan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C dan 500°C tidak menunjukkan perubahan, dimana pH yang terukur sebesar 7,5. Uji pH dilakukan pada kondisi yang sama, yakni pada temperatur ruang (berkisar 25°C). Hal ini diduga menjadi salah satu faktor kondisi yang mempengaruhi pH, dimana tidak terjadi perbedaan suhu ruang yang cukup mempengaruhi kondisi dari air uji baik sebelum maupun setelah filtrasi. Adapun salah satu faktor yang mempengaruhi keseimbangan nilai pH pada air adalah suhu. Penurunan pH sekitar 0,45 terjadi ketika suhu dinaikkan 25°C (WHO, 1996). Hal inilah yang mungkin menyebabkan pengukuran pH sebelum dan setelah filtrasi tidak banyak berubah. Berdasarkan hasil yang diperoleh ini, nilai pH air sumur yang diuji masih berada pada batas yang diperbolehkan untuk digunakan yaitu (pH berada pada rentang

6,5 - 8,5 menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010.

c. Pengukuran kadas besi pada sampel air
Tabel 2 menunjukkan kadar besi (Fe) dari sampel air sebelum dan setelah dilakukan filtrasi menggunakan sistem rancang bangun filter air berbahan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C dan 500°C. Kadar Fe yang terdapat pada air uji yang diambil dari sumur monitoring Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Pakusari sebelum dilakukan filtrasi sebesar 16,95 mg/L. Berdasarkan hasil yang diperoleh, kadar Fe air uji setelah dilakukan filtrasi menggunakan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C dan 500°C sama-sama mengalami penurunan. Penurunan kadar Fe terbesar dihasilkan pada air uji yang telah dilakukan filtrasi menggunakan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 500°C (sampel B) yaitu sebesar 0,32 mg/L, sedangkan penggunaan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C (sampel A) sebesar 1,70 mg/L.

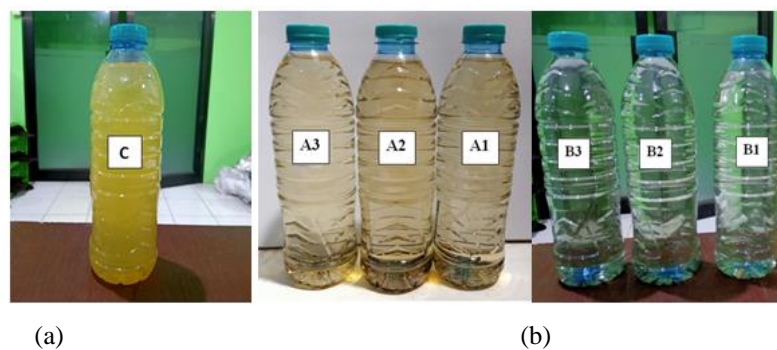
Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas penggunaan arang aktif eceng gondok pada suhu karbonisasi 500°C (sampel

B) sebagai media filtrasi lebih optimal dalam menurunkan kadar Fe pada air uji, dimana persentase penurunan kadar Fe mencapai 98,09%. Sedangkan penggunaan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 400°C (sampel A) diperoleh persentase penurunan kadar Fe sebesar 89,95%. Menurut Fauzia *et al.*, (2018), proses aktivasi merupakan perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori dengan cara memecah hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat baik fisika maupun kimia, yaitu permukaannya bertambah luas dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Ukuran pori arang aktif yang besar menyebabkan daya adsorpsi terhadap logam berat juga semakin besar. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan Maulina *et al.*, (2019) menunjukkan semakin meningkatnya suhu karbonisasi menyebabkan unsur pengotor pada bahan menghilang dan dapat membuka pori. Ukuran pori yang dihasilkan pada suhu karbonisasi 500°C (0,664 µm) lebih besar dibandingkan pada suhu karbonisasi 400°C (0,532 µm). Hal inilah yang menyebabkan kemampuan arang aktif eceng gondok dalam menyerap kadar Fe dalam air menjadi lebih optimal.

Tabel 2. Kadar besi (Fe) air sumur menggunakan uji AAS*)

Sampel	Absorbansi	Konsentrasi Fe (mg/l)		Rata-rata Konsentrasi Fe (mg/l)	Efektivitas (%)	Rata-rata Efektivitas (%)
		Sebelum Filtrasi	Setelah Filtrasi			
A1	0,0434		1,84		89,14	
A	A2	16,95	1,64	1,70	90,32	89,95
	A3		1,63		90,38	
	B1		0,86		94,93	
B	B2	16,95	0,11	0,32	99,35	98,09
	B3		0,00		100,00	

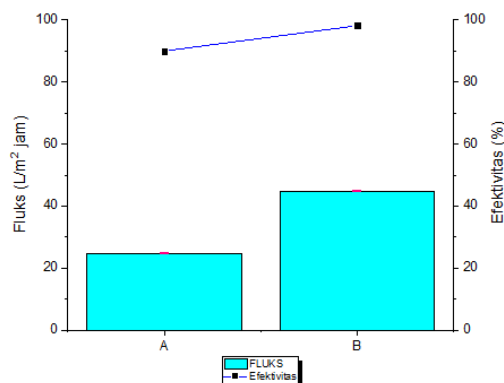
*)Keterangan: Hasil pengukuran ini telah divalidasi oleh Laboratorium *Center for Development of Advance Science and technology* (CDAST), Universitas Jember



Gambar 4. Sampel air (a) sebelum filtrasi, dan (b) setelah filtrasi menggunakan media arang aktif eceng gondok pada suhu karbonisasi 400°C (sampel A1, A2, A3) dan 500°C (sampel B1, B2, B3)

Apabila dilihat dari sampel air uji sebelum dan setelah filtrasi terlihat bahwa air uji hasil filtrasi nampak lebih jernih dibandingkan dengan sebelum dilakukan filtrasi (Gambar 4). Kejernihan air uji dapat pula dilihat dari nilai absorbansi yang terukur. Semakin besar nilai absorbansi menunjukkan bahwa daya serapnya terhadap sinar yang dipancarkan semakin besar yang menandakan konsentrasi zat yang terukur juga semakin besar, sehingga semakin kecil nilai absorbansinya, semakin jernih air yang dihasilkan setelah proses filtrasi.

Hubungan antara fluks dan efektivitas penurunan kadar Fe ditunjukkan pada Gambar 5. Semakin besar suhu karbonisasi maka semakin besar nilai fluks dan semakin besar efektivitasnya dalam menurunkan kadar besi (Fe). Arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 500°C (sampel B) memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan arang aktif eceng gondok pada suhu karbonisasi 400°C (sampel A).



Gambar 5. Pengaruh fluks dan efektivitas penurunan kadar Fe pada proses filtrasi menggunakan arang aktif eceng gondok pada suhu karbonisasi 400°C (sampel A) dan 500°C (sampel B).

KESIMPULAN

Eceng gondok memiliki potensi sebagai adsorben yang baik dalam proses filtrasi air. Penggunaan arang aktif dari eceng gondok pada suhu karbonisasi 500 °C efektif dalam menurunkan kadar besi dan meningkatkan nilai fluks sampel air.

DAFTAR PUSTAKA

Abuzar SS, Edwin T & Hasibuan ULS. 2015. Kemampuan Batu Apung sebagai Adsorben Penyisihan Logam Besi (Fe) Air Tanah.

Jurnal Teknik Lingkungan UNAND. **12**(1): 1-9.

Agrawal VR, Vairagade VS & Kedar AP. 2017. Activated Carbon as Adsorbent in Advance Treatment of Wastewater. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*. **14**(4): 36-40.

Asmaningrum HP & Pasaribu YP. 2016. Penentuan Kadar Besi (Fe) dan Kesadahan pada Air Minum Isi Ulang Di Distrik Merauke. *Magistra*. **3**(2): 95-104.

Fauzia IK, Maulina W & Misto. 2018. Kajian Membran Nilon sebagai Filter pada Proses Penjernihan Nira Tebu. *Spektra: Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*. **3**(1): 57-66.

Febriana L & Ayuna A. 2014. Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik. *Jurnal Teknologi*. **7**(1): 36-44.

Fitri N. 2017. Pembuatan Briket dari Campuran Kulit Kopi (*Coffea Arabica*) dan Serbuk Gergaji dengan Menggunakan Getah Pinus (*Pinus Merkusii*) sebagai Perkat. Makasar: UIN Alauddin Makasar.

Ghaffour N, Khir T & Jonsson J. 2002. Modeling the Steady State Flux of Oil/Water and Suspended Solids Separation By Cross-Flow Ultrafiltration. *The 6th Saudi Engineering Conference, KFUPM*. **2**: 267-278.

Khaira K. 2013. Penentuan Kadar Besi (Fe) Air Sumur dan Air PDAM dengan Metode Spektrofotometri. *Jurnal Sainstek*. **5**(1): 17-23.

Kusumaningtyas R. 2019. Karakterisasi FTIR dan SEM-EDX Arang Aktif Eceng Gondok Berdasarkan Variasi Suhu Karbonisasi. Jember: Universitas Jember.

Maharani NE & Wartini, W. 2017. Efektivitas Filter Serpihan Marmer Terhadap Penurunan Kadar Besi, Mangan dan Magnesium pada Air Sumur Gali. *Jurnal Kesehatan*. **10**(1): 1-8.

Martini S & Elfidiyah. 2019. Pengolahan Limbah Cair Minyak Kanola Menggunakan Kombinasi Adsorpsi dan Membran Ultrafiltrasi Polimer. *Jurnal Kinetika*. **10**(2): 36-41.

Maulina W, Kusumaningtyas R, Rachmawati Z, Supriyadi, Arkundato A, Rohman L & Purwandari E. 2019. Carbonization Process of Water Hyacinth as an Alternative Renewable Energy Material for Biomass Cook Stoves Applications. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.

- 239:** 1-7.
- Mifbakhuddin. 2010. Pengaruh Ketebalan Karbon Aktif sebagai Media Filter terhadap Penurunan Kepadatan Air Sumber Artetis. *Eksplanasi*. **5**(2): 1-11.
- Permenkes RI. 2010. Persyaratan Kualitas Air Minum Nomor 492/PERMENKES/PER/IV/2010. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*. **492**: 1-10.
- Putera RDH. 2012. *Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (Eichornia Crassipes) dengan Variasi Pelarut*. Depok: Universitas Indonesia.
- Rachmawati Z. 2019. *Analisis Struktur Kristal, Ukuran Kristal, Kristalinitas, dan Daya Serap Iodin pada Arang Aktif Eceng Gondok berdasarkan Variasi Suhu Karbonisasi*. Jember: Universitas Jember.
- Said KAM, George GG, Alipah NAM, Ismail NZ & Jama'In RL. 2017. Effect of Activated Carbon in PSF-PEI-Ag Symmetric Membrane. *MATEC Web of Conferences*. **87**: 1-7.
- Sangkota VDA, Supriadi & Said I. 2017. Chemical Activation Effect of Water Hyacinth Plant (*Eichornia crassipes*) Charcoal on Adsorption of Lead (Pb) Metal. *Jurnal Akademika Kimia*. **6**(1): 48-54.
- Setyawan, H. 2012. *Kajian Fluks dan Sifat Mekanik Membran Selulosa Asetat yang Didadah Titanium Dioksida*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- WHO. 1996. pH in Drinking-water. *WHO/SDE/WHO/03.04/12*. **2**: 1-7.

