

Penentuan Daya Jerap Karbon Aktif Dari Pelepah Sawit Terhadap Ion Fe (III)

Muhammad Amri¹⁾, Yusnimar²⁾ dan Sri Herlianty²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia ²⁾Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Teknologi Produk
Jurusan Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
*Email : amrie.171993@gmail.com

ABSTRACT

Waste pollution of heavy metals in the waters continue to rise every year. This can endanger the survival of living creatures that are in the vicinity. One contributor to the heavy metal waste in the waters is the result of discharges of industrial waste. One way to overcome the problem of heavy metal waste in the waters is the adsorption method using activated carbon as adsorbent. The purpose of this study was to determine the ability of activated carbon adsorption made from palm fronds to Fe (III). Manufacture of activated carbon from palm fronds, palm fronds initially in carbonation at a temperature of $\pm 280^{\circ}\text{C}$ to produce carbon / charcoal. Carbon generated at screening with a particle size of $-100 + 200$ mesh, then the activation by the chemical variation of the concentration of the activator Na_2CO_3 4%, 5% and 6% w/v, and carbon also in activation of physics with an activation temperature variation 300°C , 500°C and 700°C . Activated carbon produced in the characterization includes: moisture content, ash content and adsorption of I_2 , and the data that was obtained in comparison with Standard SNI 06-3730-95. Activated carbon adsorption capability of the ion Fe (III) is determined at various concentrations 20, 40, 60, 80 and 100 mg/L. Based on the results of the characteristics of activated carbon meet ISO standards 06-3730-95, while the activated carbon adsorption capacity of the ion Fe (III) the maximum is activated carbon in the activation of physics at the activation temperature 700°C , for the ion concentration of Fe (III) 80 mg/L, the activated carbon adsorption capacity is equal to 5,872 mg Fe (III)/gr activated carbon.

Keywords : Activation , Activated Carbon, Ion Fe (III)

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri pada dekade ini terus menanjak naik, ini tidak terlepas dari perkembangan ekonomi dan kebutuhan manusia yang terus meningkat. Namun, dampak negatif yang ditimbulkan dari perkembangan industri tersebut adalah limbah yang dihasilkan dari aktivitas industri tersebut, seperti limbah logam berat. Logam berat merupakan istilah yang digunakan untuk unsur-unsur transisi yang mempunyai massa jenis atom lebih besar dari 5 g/cm^3 . Keberadaannya cukup berbahaya bagi makhluk hidup jika melebihi

ambang batas yang telah ditentukan. Dampak yang ditimbulkan bagi manusia jika masuk ke dalam tubuh secara terus-menerus dalam jangka waktu yang lama yaitu mengakibatkan gangguan sistem syaraf, kelumpuhan, menurunkan tingkat kecerdasan dan dapat juga menyebabkan kematian (Darmono, 1995).

Umumnya keberadaan logam berat dalam perairan berbentuk ion-ion, baik sebagai pasangan ion ataupun dalam bentuk ion-ion tunggal (Lestari, dkk 2005). Logam berat seperti Fe merupakan golongan logam berat esensial yang keberadaannya dalam

jumlah tertentu dibutuhkan oleh makhluk hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun bagi makhluk hidup (Putra, 2006). Oleh karena itu perlu dilakukan langkah khusus untuk mengatasi masalah pencemaran logam berat pada perairan. Metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan metode adsorpsi, reverse osmosis, teknik elektrolisis, ultrafiltrasi resin dan penukaran ion (Astuti, 2013). Metode adsorpsi merupakan metode yang lebih unggul dibandingkan dengan metode lainnya. Keuntungan utama metode adsorpsi adalah investasinya yang rendah dan tidak ada efek samping zat beracun yang di hasilkan (Nugroho dkk, 2009).

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat. Pada fenomena adsorpsi, terjadi gaya tarik-menarik antara substansi terserap dan penyerap (Shofa, 2012). Adsorben yang sering digunakan berupa karbon aktif. Hal ini di sebabkan karena karbon aktif mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang baik di bandingkan adsorben lainnya (Atmoko, 2012).

Karbon aktif merupakan padatan yang berpori yang dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon yang mengalami perubahan sifat-sifat fisika dan kimianya karena dilakukan perlakuan aktivasi dengan aktivator bahan-bahan kimia ataupun dengan pemanasan pada temperatur tinggi, sehingga daya jerap dan luas permukaan partikel serta kemampuan arang tersebut akan menjadi lebih tinggi (PPLH, 2007).

Penyusun karbon aktif merupakan senyawa yang mengandung karbon dengan komposisi 85-95% , terikat secara kovalen dalam kisi heksagonal dimana molekulnya berbentuk amorf yang merupakan pelat-pelat datar. Konfigurasi molekul berbentuk pelat-pelat ini bertumpuk satu sama lain dengan gugus hidrokarbon pada

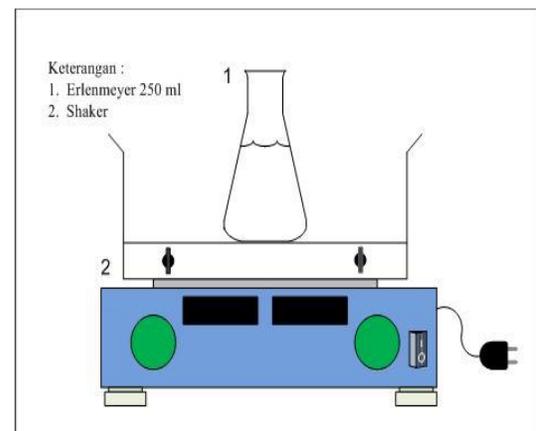
permukaannya. Dengan menghilangkan hidrogen dan bahan aktif (gugus hidrokarbon). Maka permukaan dan pusat aktif menjadi luas (Badan Litbang Pertanian, 2011).

Pada penelitian ini akan dilakukan proses adsorpsi ion Fe (III) dengan adsorben yang di buat dari pelepah sawit. Berdasarkan data Ditjen Pertanian (2014) luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 10,9 juta Ha, sedangkan khusus di provinsi Riau luas area perkebunan kelapa sawit mencapai 2,3 juta Ha. Hal ini menggambarkan potensi limbah pelepah sawit yang dihasilkan sangat besar. Dengan memanfaatkan pelepah sawit menjadi adsorben berupa karbon aktif maka akan mengurangi limbah pelepah sawit yang ada di Indonesia dan khususnya di Provinsi Riau.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan bahan yang digunakan

Peralatan yang digunakan pada penelitaian ini adalah draper, wadah karbonasi, screening 100 mesh, oven, furnace, timbangan analitik, shaker, pipet tetes, pipet volume, elenmeyer 500 ml, gelas reaksi 1 L, labu ukur 1 L, stop watch dan spektrofometer serapan atom (AAS).



Gambar 2.1 Peralatan untuk proses adsorpsi

2.2 Variabel Penelitian

Variabel tetap pada penelitian ini adalah Ukuran partikel karbon aktif -100+200 mesh, Kecepatan pengadukan 280 rpm, Konsentrasi ion Fe (III) 20 mg/L. Waktu kesetimbangan (30, 60, 90 120, 150 menit) Variabel berubah pada penelitian ini adalah Suhu aktivasi fisika (300, 500 dan 700 °C) Konsentrasi bahan aktivasi kimia Na₂CO₃ (4% ,5% dan 6 % w/v), Konsentrasi Fe (III) (20,40, 60, 80, 90, 100 mg/L)

2.3 Prosedur Penelitian

Preparasi biomassa dilakukan dengan cara pemotongan pelepah sawit dengan ukuran kecil. Selanjutnya dilakukan pencucian dengan aquades dan di keringkan dengan bantuan sinar matahari selama 7 hari. Pelepah sawit yang telah di keringkan, selanjutnya dilakukan proses karbonasi dengan menggunakan wadah karbonasi berupa drum yang telah didesain khusus. Pelepah sawit dimasukkan ke dalam drum dan ditambah bahan stater berupa minyak tanah, agar mempermudah penyalaan api. Api yang telah menyala, kemudian drum ditutup dengan rapat agar pasokan oksigen terbatas. Temperatur pada proses karbonasi yaitu sekitar ± 280°C. Karbonasi di hentikan setelah tidak ada asap putih yang terbentuk lagi. Setelah pelepah sawit di karbonasi dan telah berbentuk arang/karbon, tahap berikutnya dilakukan *Screening* dengan ukuran partikel -100 +200 mesh.

Pada penelitian ini, proses aktivasi dilakukan dengan dua metode yaitu aktivasi fisika dan aktivasi kimia. Karbon yang telah di *screening*, selajutnya diambil seberat 50 gr. kemudian ditambah dengan larutan aktivator Na₂CO₃ di dalam elenmeyer 1000 mL. Konsentrasi dari bahan aktivator divariasikan (4%, 5% dan 6% v/w). Perendalam karbon dengan bahan aktivator dilakukan selama 24 jam. setelah itu saring dengan menggunakan kertas penyaring, filtrat yang dihasilkan dibuang sedangkan residu yang tertahan pada kertas penyaring

di cuci dengan aquades. Selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 110 °C sampai berat konstan.

Arang yang telah dilakukan di *screening*, selajutnya di aktivasi secara fisika dengan variasi temperatur aktivasi (300 °C, 500 °C dan 700 °C)di dalam *furnace* selama 2,5 jam.

2.4 Penafsiran Data

Pengujian karbon aktif ditujukan untuk mengetahui kualitas karbon aktif yang berdasarkan kadar air (SNI 1995), kadar abu (SNI 1995), dan daya jerap terhadap Iod (I₂). Pengujian kualitas karbon aktif menggunakan prosedur dari Sagala dkk, (2013) dan Rahayu, dkk (2014).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan karbon dari pelepah sawit, kemudian karbon yang dihasilkan diaktivasi secara kimia dan fisika. Karbon aktif di karakterisasi dan ditentukan daya jerapnya dengan menggunakan ion Fe (III). Alat yang digunakan untuk analisa ion Fe (III) setelah proses adsorpsi selesai menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Sebelum proses adsorpsi dilakukan terlebih dahulu di tentukan waktu kesetimbangan adsorpsi ion Fe (III) pada karbon aktif yang dibuat.

3.1 Hasil Karakterisasi Karbon yang di Aktivasi Secara Kimia dan Fisika

Salah satu tujuan melakukan karakterisasi karbon aktif yang dibuat pada penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitasnya dan dibandingkan dengan karbon aktif menurut Standar SNI 06-3730-95. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Karakterisasi Karbon Aktif yang Dibuat Dari Penelitian Ini

Metode Aktivasi	Variable	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Bilangan Iod (mg/gr)
Aktivasi Kimia	4%	11,9	6,19	1251,5
	5%	10,26	5,59	1254,1
	6%	7,9	5,3	1252,7
Aktivasi Fisika	300°C	10,43	5,98	1233,8
	500°C	8,69	5,76	1251,5
	700°C	7,69	4,31	1261,7
Standar SNI 06-3730-95 Karbon Aktif Bentuk Serbuk		Maks 15%	Maks 10%	Min 750

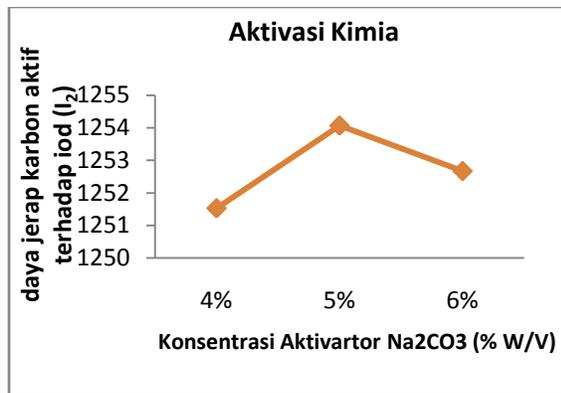
Pada Tabel 3.1 dapat diketahui hasil karakterisasi pada masing-masing karbon aktif baik yang diaktivasi secara kimia maupun secara fisika. Metode aktivasi berpengaruh pada kadar air, kadar abu dan daya jerap karbon aktif terhadap iod (I_2). Berdasarkan data yang di peroleh, air pada karbon yang di aktivasi secara kimia, dipengaruhi oleh konsentrasi aktivator Na_2CO_3 yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi aktivator Na_2CO_3 dihasilkan kadar air semakin rendah. Pada Tabel 4.1 kadar air yang terendah pada karbon yang diaktivasi secara kimia yaitu konsentrasi aktivator Na_2CO_3 6% dengan kadar air sebesar 7,97%.

Kadar air pada karbon yang diaktivasi secara fisika juga dipengaruhi oleh temperatur aktivasi, semakin tinggi temperatur aktivasi, maka air pada karbon aktif semakin rendah. Jika dibandingkan karbon yang diaktivasi secara kimia dan fisika, dihasilkan kadar air pada karbon yang diaktivasi secara fisika lebih rendah yaitu sebesar 7,69 %. Karbon tersebut dihasilkan pada aktivasi fisika (700°C). Keberadaan air dapat mempengaruhi luas permukaan pada karbon aktif. Hal ini di karenakan air dapat menutupi permukaan pori-pori karbon aktif secara tidak langsung menurunkan kemampuan adsorpsi (Pembayun dkk, 2013). Jadi, dengan kadar air rendah maka

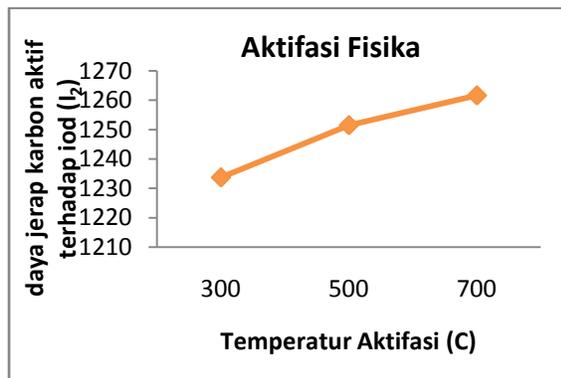
menghasilkan kualitas karbon aktif yang lebih baik.

Hasil karakterisasi kadar abu pada Tabel 3.1 menunjukkan komposisi yang berbeda-beda pada masing-masing aktivasi. Kadar abu pada karbon yang aktivasi secara kimia dihasilkan semakin rendah dengan semakin bertambahnya konsentrasi bahan aktivator Na_2CO_3 . Sedangkan karbon yang diaktivasi secara fisika dihasilkan kadar abu semakin rendah dengan semakin tingginya temperatur aktivasi. dihasilkan kadar abu yang terendah pada masing-masing aktivasi yaitu karbon yang diaktivasi secara fisika pada perlakuan temperatur 700 °C, di peroleh kadar abu sebesar 4,31 %. Abu juga dapat mempengaruhi kualitas karbon aktif yang di hasilkan. Abu adalah oksida-oksida logam dalam karbon yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap (non-volatile) pada proses karbonasi. Abu yang berlebihan kan menyebabkan terjadinya penyumbatan pori karbon aktif sehingga luas permukaan aktif menjadi berkurang (Meisrilestari dkk, 2013). Sehingga semakin rendah kadar abu yang dihasilkan maka kualitas dari karbon aktif yang di peroleh semakin baik.

Menurut Pari dkk (2008), mengatakan tinggi rendahnya daya jerap karbon aktif terhadap iod (I_2) menunjukkan banyaknya diameter pori yang aktif terbentuk. sehingga dapat di katakan semakin besar daya jerap karbon aktif terhadap iod (I_2) maka semakin baik kualitas dari karbon aktif yang di hasilkan. Berdasarkan Tabel 3.1 terlihat setiap masing-masing perlakuan aktivasi menghasilkan daya jerap karbon aktif terhadap iod (I_2) di peroleh berbeda-beda. Berikut adalah kurva daya jerap karbon aktif terhadap iod (I_2) pada aktivasi kimia dan fisika



(a)



(b)

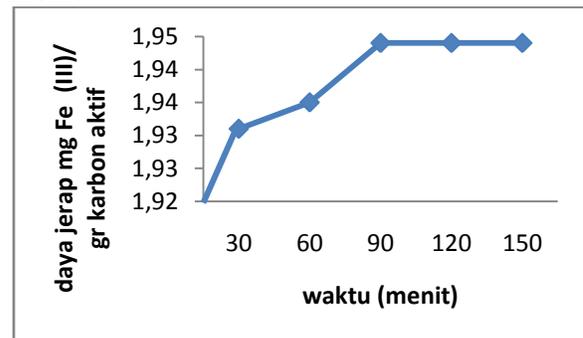
Gambar 3.1 Daya Jerap Karbon Aktif yang di Aktivasi Secara Kimia (a) Karbon aktif yang di Aktivasi Secara Fisika (b)

Pada Gambar 3.1 di ketahui perbandingan bilangan iod pada karbon yang di aktivasi secara kimia dan fisika. Terlihat bahwa bilangan iod pada aktivasi fisika (700 °C) memiliki bilangan iod yang paling tertinggi, yaitu sebesar 1261,68 mg/gr. Sedangkan bilangan iod yang terendah di peroleh pada aktivasi fisika (300 °C) dengan bilangan iod sebesar 1233,76 mg/gr. Hal ini menggambarkan kualitas karbon aktif yang di aktivasi fisika (700 °C) jauh lebih baik dari pada karbon aktif dengan perlakuan lainnya.

3.2 Penentuan Waktu Keseimbangan Adsorpsi Ion Fe (III)

Sebelum penentuan daya jerap karbon aktif terhadap ion Fe (III) terlebih dahulu dilakukan penentuan waktu keseimbangan

adsorpsi ion Fe (III). Berdasarkan pada Tabel 3.1 Karakterisasi Karbon aktif yang di aktivasi secara kimia dan fisika di peroleh karbon aktif yang terbaik pada aktivasi fisika dengan perlakuan temperatur aktivasi 700 °C. sehingga pada penentuan waktu keseimbangan adsorpsi ion Fe (III) di gunakan karbon aktif yang di aktivasi fisika pada perlakuan temperatur aktivasi 700 °C. Waktu keseimbangan adsorpsi ion Fe (III) yang di uji yaitu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit.



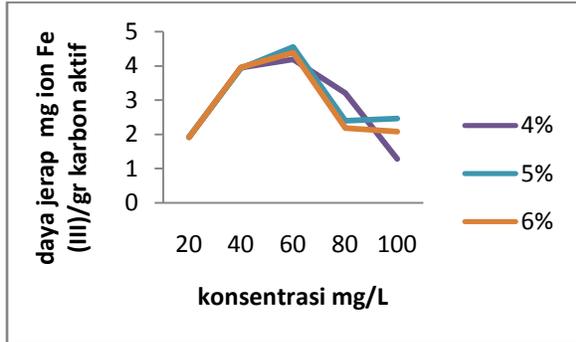
Gambar 3.2 Penentuan Waktu Keseimbangan Adsorpsi Ion Fe (III)

Berdasarkan Gambar 3.2 di peroleh waktu keseimbangan adsorpsi ion Fe (III) pada waktu 90 menit. Terlihat bahwa pada menit ke 30, 60, dan 90 menit kemampuan adsorpsi ion Fe (III) terus terjadi peningkatan. Pada menit 120 dan 150 menit kemampuan daya jerap karbon aktif terhadap ion Fe (III) stabil. Hal ini menunjukkan bahwa di mulai dari menit 90 sampai dengan 150 menit jumlah ion Fe (III) yang teradsorpsi sama dengan jumlahnya terdesorpsi.

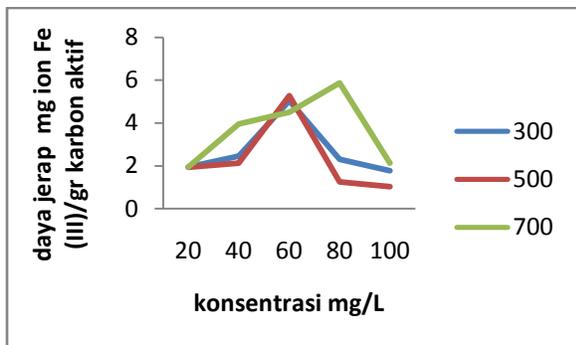
3.4 Hasil Penentuan Daya Jerap Karbon Aktif Terhadap Ion Fe (III)

Tujuan penentuan daya jerap karbon aktif terhadap ion Fe (III) adalah untuk mengetahui kemampuan daya adsorpsi dari karbon aktif yang dibuat. Pada penelitian ini daya jerap karbon aktif diuji dengan menggunakan ion Fe (III) 20, 40, 60, 80, dan 100 mg/L. Hasil penentuan daya jerap

karbon aktif tersebut dapat di lihat pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Hasil Penentuan Daya Jerap Karbon yang di Aktivasi Secara Kimia



Gambar 3.4 Hasil Penentuan Daya Jerap Karbon yang di Aktivasi Secara Fisika

Berdasarkan data pada Gambar 3.3 dapat di ketahui bahwa daya jerap karbon aktif terhadap ion Fe(III) yang paling maksimal adalah 4,553 mg Fe (III) per 1 gr karbon aktif. Adsorben ini merupakan karbon yang di aktivasi secara kimia dengan menggunakan 5 % Na_2CO_3 . Sedangkan daya jerap karbon aktif paling minimal 1,279 mg ion Fe (III) per 1 gr karbon aktif adalah karbon yang diaktivasi dengan menggunakan 4 % Na_2CO_3 . Pembayun dkk (2013) telah melakukan penelitian pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa dengan aktifator ZnCl_2 dan Na_2CO_3 . Karbon aktif tersebut digunakan sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah. Daya jerap karbon aktif yang paling maksimal terhadap senyawa

fenol adalah sebesar 220,751 mg/gr dengan aktifator Na_2CO_3 pada konsentrasi 5%.

Daya jerap karbon yang di aktivasi secara fisika pada 700°C yang tertinggi adalah 5,872 mg ion Fe (III) per 1 gr karbon aktif. Karbon aktif ini juga mempunyai bilangan iod paling maksimal dibandingkan karbon di aktivasi pada temperatur 300°C dan 500°C . Semakin tinggi bilangan iodin maka kemungkinan semakin banyak jumlah pori-pori yang terdapat pada karbon aktif (Sani, 2011). Namun, penurunan daya jerap karbon aktif terhadap ion Fe (III) terjadi pada metode aktivasi secara kimia maupun fisika. Penurunan daya jerap ion Fe (III) terjadi pada konsentrasi 60, 80 dan 100 mg/L. Hal ini terjadi karena jumlah ion Fe (III) tidak sebanding dengan jumlah adsorben yang tersedia (Nurhasni dkk, 2014). Berdasarkan data pada Gambar 3.3 dan 3.4 dapat di simpulkan bahwa karbon yang di aktivasi secara fisika memiliki kualitas lebih baik dari pada karbon yang di aktivasi secara kimia. Data lengkap dapat di lihat pada lampiran D Tabel D.1, dan ringkasnya dapat di lihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Hasil Daya Jerap Terbaik Pada Karbon Aktif

Karbon aktif	Konsentrasi ion Fe (III) sebelum adsorpsi (mg/L)	Konsentrasi ion Fe (III) sisa, setelah adsorpsi (mg/L)	Daya adsorpsi karbon aktif (%)
Aktivasi Kimia, 5% Na_2CO_3	60	14,47	75,88
Aktivasi fisika 700°C	80	14,98	81,28

Menurut Latifan dkk, (2012) kualitas karbon yang di aktivasi fisika hasilnya lebih baik di dibandingkan dengan aktivasi kimia dikarena pada proses aktivasi fisika menggunakan metode hidrothermal sehingga terjadi pemutusan rantai karbon

yang masih tersisa dan sekaligus zat pengotor yang masih ada juga ikut teruapkan. Jadi, dapat dikatakan semakin tinggi temperatur aktivasi maka karbon aktif yang di hasilkan semakin bersih dari zat pengotor. Jika karbon aktif bersih dari zat pengotor maka luas permukaannya semakin meningkat.

Pada karbon yang aktivasi secara kimia yang hanya terjadi proses menghilangkan zat volatil dan tar. Pada proses aktivasi kimia digunakan aktivator yang dilarutkan dengan air, sehingga menyebabkan karbon yang di aktivasi masih memiliki kadar air yang cukup tinggi (Latifan dkk, 2012) . Hal ini di buktikan pada penentuan kadar air yang di peroleh tertinggi pada aktivasi kimia. Air yang terdapat pada karbon aktif mempengaruhi luas permukaan karbon aktif yang di hasilkan. Semakin tinggi kadar air maka semakin besar kemungkinan molekul air yang menutupi pori-pori karbon aktif maka semakin menurun kemampuan daya jerap karbon aktif yang di hasilkan.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

4.4 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Karbon yang di aktivasi secara fisika pada 700 °C merupakan karbon aktif yang paling maksimal daya jerapnya terhadap ion Fe (III) yaitu 5,872 mg ion Fe (III)/gr karbon aktif.
2. Karbon aktif yang diaktivasi secara kimia dengan menggunakan Na₂CO₃ 5% merupakan karbon aktif yang paling maksimal daya jerapnya terhadap ion Fe (III) yaitu 4, 553 mg ion Fe (III)/gr karbon aktif.
3. Karbon aktif yang di sintesis memiliki kadar air, kadar abu dan daya jerap karbon aktif terhadap iod (I₂) yang memenuhi standar karbon aktif menurut SNI 06-3730-95.

1.2 Saran

Saran penulis pada penelitian ini adalah pada proses karbonasi perlu pemilihan desain wadah karbonasi dengan kapasitas biomasa yang sesuai, agar tidak telalu banyak ruang kosong pada wadah karbonasi. Sedangkan pada proses aktivasi kimia, perlunya pencucian yang bersih pada karbon yang setelah di aktivasi. Sehingga pada karbon aktif yang di hasilkan benar-benar terlepas dari zat pengotor. Sedangkan untuk kelanjutan penelitian ini perlu di uji dengan ion logam yang lain untuk mengetahui kemampuan daya jerap karbon aktif yang di buat dari pelepah sawit.

2. DAFTAR PUSTAKA

- Atmoko, R.D. 2012. *Pemanfaatan karbon aktif batu bara termodifikasi TiO₂ pada proses reduksi gas karbon monoksida (CO) dan penjernihan asap kebakaran*. Skripsi. Program Sarjana Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Jakarta.
- Astuti A.D. 2013. *Cemaran Logam Berat*. Universitas Hasanudin. Makasar.
- Badan Litbang Pertanian. 2011. *Arang Aktif Meningkatkan Lingkungan*. Edisi ke-6, Jawa Tengah. Basset, J. 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: EGC.
- Darmono, 1995, *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*, Universitas Indonesia. Jakarta.
- Kementrian Pertanian Republik Indonesia. 2014. *Pertumbuhan Area Kelapa Sawit*. Direktorat Jendral Perkebunan. <http://ditjenbun.pertanian.go.id> . 17 Februari 2015 (14:35)
- Latifan, R dan susanti, D.2011. *Aplikasi Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (Pangium Edula) Dengan Variasi Temperatur Karbonasi Dan Aktivasi Fisika Sebagai Elektrik Double Layer Capacitor (ELDC)*. Volume 1 no.1.

- Program Sarjana Teknik Material Dan Metalurgi Fakultas Teknik Industri Insitut Teknologi Sepuluh September. Surabaya
- Lestari, dan Edward.2005. *Dampak Pencemaran Logam Berat Terhadap Kualitas Air Laut Dan Sumberdaya Perikanan*. Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Nurhasni, Fridoyono F, dan Sya'ban Q. 2012. *Penyerapan Ion Almunium dan Ion Besi Dalam Larutan Sodium Selikat Menggunakan Karbon Aktif*. vol 4 No. 2. Program Sarjana Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayah. Jakarta
- Nugroho, D.W., Kristiani., Hafidz M.S., dan Ningrum, T,F. 2009. *Pembuatan Alat Pengering Bioetanol Metode Adsropsi Dalam Kolom Unggun Tetap*. Laporan Tugas Akhir. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Rahayu, A.N dan Adhitiyawarman.2014. *Pemanfaatan Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Besi Pada Air Tanah*. ISSN 23031077. Program Studi Kimia Fakultas FMIPA Universitas Tanjungpura.
- Pambayun, G.S.,Yulianto, R.Y.E., Rachimoellah, M., Putri, E.M.M., 2013, *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ sebagai Adsorben untuk Mengurangi Kadar Fenol dalam Air Limbah*. *Jurnal Teknik Pomits*. 2 (1) : 116-120.
- Putra, J. A. 2006. *Bioremoval, Metode Alternatif Untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat*, DiaksesPusat pendidikan lingkungan hidup (PPLH). 2007. *Kegunaan arang*. Move indonesia. Mojokerto
- Pari, G., D. Hendra dan R.A Pasaribu, 2008, *Peningkatan Mutu Arang Aktif Kulit Kayumangium*, Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Keteknikan Kehutanan dan Pengolahan Hasil Hutan.
- Sani, 2011, *Activated Carbon Production From Turf Soil Pembuatan Karbon Aktif Dari Tanah Gambut*, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi industri Universitas Pembangunan Nasional, Jawa Timur.
- Sagala, G. Samudro G dan, Handayani, D.S. 2013. *Studi Perbandingan Adsorpsi Timbal Pb (II) Pada Media Adsorben Sekam Padi, Jerami, dan Serabut Kayu Meranti*. Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Dipenogoro. Semarang