

UJI KINERJA KARBON AKTIF TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) SEBAGAI REUSABLE ADSORBENT LOGAM BESI PADA AIR GAMBUT

Sumila, Asifa Asri, Ya' Muhammad Arsyad, dan Dwiria Wahyuni

*Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura,
Jalan Prof. Hadari Nawawi, Pontianak, 78124, Indonesia
E-mail: dwiriawahyuni@physics.untan.ac.id*

Abstrak

Karbon aktif merupakan material padatan berpori yang sering kali digunakan sebagai agen pemurnian air. Riset mengenai karbon aktif biasanya hanya sebatas melihat potensi bahan baku pembuatan karbon aktif, namun tidak meninjau efektivitas penggunaan berulang pada karbon aktif tersebut. Pada penelitian ini, ditinjau potensi penggunaan berulang karbon aktif tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai adsorben logam besi pada air gambut. Sintesis karbon aktif TKKS dimulai dengan proses karbonisasi pada suhu 357°C selama 2 jam, kemudian dilanjutkan dengan proses aktivasi menggunakan larutan natrium asetat (CH_3COONa) 1N di atas hot plate pada suhu 120°C selama 1 jam. Karbon aktif yang didapatkan diuji sebagai adsorben besi pada air gambut yang digunakan secara berulang sebanyak 4 kali untuk melihat potensinya sebagai reusable adsorbent. Waktu kontak yang didapatkan untuk reduksi besi berdasarkan parameter kualitatif adalah selama 4 jam dan dilakukan karakterisasi menggunakan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) guna mendapatkan informasi mengenai kadar besi setiap kali pengulangan. Hasil yang didapatkan berdasarkan karakterisasi AAS menunjukkan karbon aktif TKKS dapat mereduksi logam besi hingga 91%. Pada pengulangan ke-4, daya adsorpsi masih cukup tinggi yaitu 82%, sehingga karbon aktif TKKS dapat menjadi reusable adsorbent yang digunakan berulang kali sebanyak 4 kali..

Kata kunci: Karbon Aktif; TKKS; Reusable Adsorbent; Besi; Air Gambut

Abstract

Activated carbon is a porous solid material that is often used as a water purification agent. Research on activated carbon is usually limited to find a potential raw materials for making activated carbon, but it does not test the effectiveness of repeated use of this activated carbon. This study tested the potential for repeated use of activated carbon from oil palm empty fruit bunches (EFB) as an adsorbent for iron in peat water. Synthesis of activated carbon EFB begins with carbonization process at 357°C for 2 hours followed by an activation process using 1N sodium acetate (CH_3COONa) solution on a hot plate at 120°C for 1 hour. The activated carbon obtained was tested as an iron adsorbent in peat water which was then used repeatedly 4 times to see its potential as a reusable adsorbent. The contact time obtained for iron reduction based on qualitative parameters was 4 hours and then characterized using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) to obtain information about the iron content each time it was repeated. The results obtained based on the AAS characterization showed that the activated carbon of EFB can reduce iron metal up to 91%. At the 4th repetition, the adsorption capacity was still quite high, namely 82%. In conclusion, the EFB activated carbon could become a reusable adsorbent and be used repeatedly 4 times.

Keywords: Activated carbons; EFB; Reusable Adsorbent; ferrous; Peat water

PENDAHULUAN

Penggunaan air gambut untuk keperluan sehari-hari sangat dekat oleh sebagian masyarakat di daerah Rasau Jaya, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Keterbatasan air bersih yang mengalir pada daerah tersebut

membuat warga sekitar memanfaatkan air gambut sebagai alternatif lain untuk kebutuhan air rumah tangga. Secara fisik, air gambut memiliki karakteristik berwarna merah kecokelatan dan memiliki bau serta rasa yang tidak enak. Hal ini disebabkan karena

terdapatnya unsur besi (Fe) pada air gambut yang teroksidasi menjadi feroksida ($\text{Fe}(\text{OH})$) [1]. Terdapatnya kandungan besi yang cukup tinggi pada air gambut membuat air tersebut dipandang sebagai air yang kurang layak digunakan untuk keperluan rumah tangga dikarenakan kandungan besi yang terakumulasi dalam tubuh dapat membahayakan manusia. Walaupun pada dasarnya Fe diperlukan oleh tubuh, namun kelebihan dosis jika sering mengonsumsi air yang mengandung besi justru dapat merusak dinding usus. Penggunaan air dengan kadar Fe yang melebihi 1 mg/L juga dapat mengiritasi mata dan kulit, serta kelarutan besi pada air yang melebihi 10 mg/L dapat membuat air berbau telur busuk [2].

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengolah air gambut menjadi air layak pakai. Salah satu metode yang telah teruji dapat mengurangi kandungan besi pada air gambut yaitu menggunakan metode adsorpsi dengan cara menambahkan adsorben, seperti karbon aktif. Beberapa studi telah dilakukan untuk meningkatkan kualitas air gambut menggunakan karbon aktif. Karbon aktif kulit durian mampu menurunkan kadar besi pada air gambut hingga 81,61% [3] dan karbon aktif biji salak dapat menurunkan kadar besi pada air gambut sebesar 95,82% [4]. Karbon aktif dipilih dan banyak digunakan sebagai adsorben dikarenakan sifatnya yang menguntungkan seperti tidak beracun, mudah didapat, ekonomis, dan efektif [5]. Selain itu, kelebihan dari material karbon aktif juga dapat disintesis dari limbah berlignoselulosa yang sudah tak terpakai seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS). TKKS mengandung senyawa lignoselulosa yang terdiri atas selulosa, hemiselulosa dan lignin dengan persentase masing-masing sebesar 45,95%, 16,49% dan 22,84% [6]. Adanya kandungan lignoselulosa yang cukup tinggi tersebut membuat TKKS berpotensi dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif.

Penggunaan karbon aktif sebagai adsorben terkadang digunakan hanya untuk satu kali pemakaian saja. Sukar ditemukan adanya penggunaan kembali karbon aktif yang telah digunakan untuk diaplikasikan kembali sebagai adsorben. Karbon aktif yang sudah pernah digunakan sebenarnya masih dapat dipakai kembali dengan cara diaktivasi menggunakan metode pemanasan [7], sehingga

memiliki potensi sebagai *reusable adsorbent*. Adsorben kulit jagung yang mengadsorpsi logam besi dapat dijadikan sebagai *reusable adsorbent* dengan 2 kali pengulangan dan mampu mereduksi hingga 96,4% pada pengulangan kedua [8].

Berdasarkan pemaparan mengenai potensi TKKS sebagai karbon aktif, maka pada penelitian ini akan dilakukan sintesis karbon aktif dari TKKS dan akan dilakukan pengujian secara berulang pada air gambut untuk mendapatkan informasi potensinya sebagai *reusable adsorbent*. Adsorben akan digunakan secara berulang sebanyak 4 kali pengulangan dan dilihat performanya dalam menurunkan logam besi menggunakan AAS.

METODE

Lokasi Pengambilan Air Gambut

Sampel air gambut yang digunakan pada penelitian ini adalah air gambut yang berasal dari Jl. Sekunder C, Dusun Rasau Jaya, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat.

Prosedur Kerja Preparasi

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif diambil dari PT. Fajar Saudara Lestari Batu Ampar Kabupaten Kubu Raya. Proses preparasi diawali dengan penggungtingan TKKS ke ukuran yang lebih kecil dan dilanjutkan dengan pencucian menggunakan air bersih beberapa kali untuk menghilangkan tanah atau kotoran yang masih menempel pada TKKS. TKKS yang sudah bersih, kemudian dikeringkan dengan memanfaatkan sinar matahari selama 3 hari guna menghilangkan kadar air sebelum ke tahap karbonisasi.

Karbonisasi

Hasil preparasi TKKS yang telah kering dibungkus menggunakan *aluminium foil* dengan tujuan untuk mengurangi kontak antara TKKS dengan udara pada saat karbonisasi berlangsung. Setelah terbungkus dengan baik, TKKS dimasukkan ke dalam *furnance* dengan suhu yang diberikan pada proses karbonisasi adalah sebesar 357°C dan *holding time* selama 2 jam. Karbon yang dihasilkan dari pembakaran TKKS kemudian diayak menggunakan ayakan 20 mesh untuk mendapatkan partikel yang seragam.

Aktivasi

Aktivasi dilakukan untuk menghilangkan senyawa *volatile matter* dan pengotor lainnya yang masih terdapat di permukaan karbon hasil proses karbonisasi. Aktivasi pada penelitian ini menggunakan larutan natrium asetat 1 N (400 ml) yang diaduk diatas *hot plate* pada suhu 120°C selama 1 jam. Proses dilanjutkan ke tahap penyaringan dan penetralan terhadap karbon aktif menggunakan akuades. Netralisir karbon aktif berfungsi untuk menghilangkan senyawa kimia yang masih mengisi pori-pori permukaan karbon. Setelah karbon netral dilanjutkan proses pengeringan menggunakan oven pada temperatur 100°C selama 1 jam.

Proses Adsorpsi Besi (Fe)

Sebanyak 10 gram karbon aktif TKKS ditimbang, kemudian dikontakkan pada air gambut sebanyak 150 ml. Durasi kontak adsorben terhadap air gambut diberhentikan ketika sampel air cukup jernih secara visual untuk dianalisis. Selanjutnya, dilakukan pemisahan adsorben terhadap air gambut dengan penyaringan. Air gambut yang sudah dipisahkan dengan adsorben kemudian diuji menggunakan AAS untuk melihat kandungan besi setelah dilakukan kontak dengan adsorben bersamaan dengan air gambut yang tidak dilakukan kontak agar didapatkan parameter kontrol.

Adsorben yang telah dipisahkan dibilas menggunakan akuades dan dikeringkan kembali menggunakan oven pada suhu 100°C selama 1 jam. Proses ini bertujuan untuk mengeringkan kembali karbon aktif, sehingga siap untuk digunakan pada proses adsorpsi berikutnya dengan pengulangan sebanyak 4 kali. Selain dilakukan penggunaan berulang adsorben, juga dilakukan validasi sebanyak 3 kali agar didapatkan akurasi data yang tinggi di setiap pengulangannya. Pengukuran ini juga dilakukan untuk mencari performa dari rata-rata kinerja karbon aktif sebagai *reusable adsorbent* dalam mengadsorpsi kadar Fe air gambut. Daya adsorpsi karbon aktif dihitung guna mendapatkan informasi performa karbon aktif TKKS dalam mereduksi logam besi. secara matematik, daya adsorpsi dihitung menggunakan persamaan 1.

$$DA (\%) = \frac{C_a - C_b}{C_a} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan :

DA = Daya adsorpsi (%)

C_a = Kadar Fe sebelum adsorpsi (mg/L)

C_b = Kadar Fe setelah adsorpsi (mg/L)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Sintesis

Hasil setiap proses dalam sintesis karbon aktif TKKS dapat dilihat pada Gambar 1. Pemanfaatan TKKS sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif didasari pada kadar lignoselulosa yang cukup tinggi pada TKKS. Sebelum dilakukan proses karbonisasi, terlebih dahulu TKKS dicacah ke ukuran yang lebih kecil agar pembakaran berlangsung optimal, sehingga keseluruhan sisi TKKS dapat menjadi arang dengan sempurna seperti pada Gambar 1(C). Proses karbonisasi TKKS menghasilkan kandungan gas mampu bakar yang dipandang sebagai impuritas berupa gas H₂, CO dan CH₄. Gas-gas tersebut dapat meningkat seiring adanya peningkatan pada suhu karbonisasi. Besarnya gas yang dihasilkan juga dapat disebabkan karena tingginya kandungan zat terbang (*volatile matter*) pada TKKS yaitu sebesar 75,37% [9]. Bersesuaian dengan nilai tersebut, pada hasil penelitian ini terjadi susut massa sebesar 70% yang mengindikasikan adanya pelepasan zat terbang (*volatile matter*) pada TKKS.

Karbon TKKS sebelum diaktivasi terlebih dahulu dihaluskan dengan tujuan agar luas permukaan karbon lebih besar. Luas permukaan suatu zat padat didefinisikan sebagai perbandingan luas total permukaan terhadap massanya. Dengan demikian, luas permukaan karbon akan semakin besar jika ukuran partikel semakin kecil [10]. Aktivasi menggunakan natrium asetat (CH₃COONa) membuat pori-pori pada permukaan arang aktif akan menjadi lebih luas. Larutan natrium asetat memungkinkan garam tersebut untuk melakukan penetrasi ke dalam sampel dan secara efektif mampu menghilangkan produk dekomposisi yang dihasilkan selama karbonisasi, sehingga efektivitas dalam menyerap logam berat berlangsung dengan baik [11]. Fungsi pengadukan diatas *hot plate* membuat permukaan karbon terkontak dengan baik pada larutan aktivator, sehingga seluruh partikel teraktivasi secara menyeluruh.



Gambar 1 . Proses pengerjaan adsorben (A) TKKS, (B) Hasil Preparasi, (C) Hasil Karbonisasi, (D) Karbon aktif TKKS

Hasil Pengolahan Air Gambut

Karbon aktif TKKS sebagai *reusable adsorbent* digunakan berulang sebanyak 4 kali dengan durasi kontak yang didapatkan tiap kali pengulangan adalah 4 jam. Keberhasilan karbon aktif dalam mengolah air gambut untuk mengadsorpsi kadar besi (Fe) dilihat melalui parameter kualitatif, yaitu visual air gambut yang ada pada Gambar 2. Secara kualitatif, terjadi perubahan warna lebih jernih yang mengindikasikan terjadinya proses adsorpsi logam besi oleh karbon aktif TKKS. Penggunaan pertama kali karbon aktif terlihat lebih signifikan jernih dibandingkan sampel lainnya yang cenderung sama (Gambar 2(C)-(E)). Logam Fe yang mulai menempati pori-pori karbon aktif pada kali pertama pemakaian membuat proses adsorpsi selanjutnya menjadi kurang optimal, sehingga membuat warna air hanya sedikit memudar.



Gambar 2. Data Kualitatif air gambut (A) Kontrol awal, (B) pengulangan 1, (C) pengulangan 2, (D) pengulangan 3, (E) pengulangan 4.

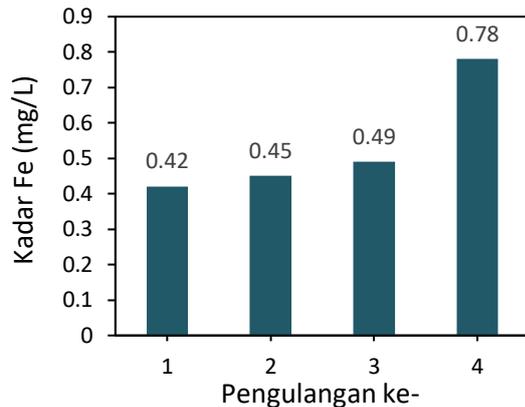
Hasil pengolahan air gambut juga dikonfirmasi secara kuantitatif berupa kadar Fe hasil

pembacaan AAS. Tabel 1 memperlihatkan kadar Fe dengan perlakuan sebanyak 3 kali validasi data dengan 4 kali pengulangan. Kadar Fe sebagai parameter kontrol pra perlakuan yang didapatkan pada sampel air gambut yaitu sebesar 4,47 mg/L. Nilai tersebut terbilang tinggi berdasarkan pada ambang batas yang telah ditentukan oleh PERMENKES RI No.416/Menkes/Per/IX/1990 yaitu 1,0 mg/L untuk air bersih dan 0,3 mg/L untuk air minum. Namun setelah dilakukan pengolahan pada air gambut dengan menambahkan karbon aktif TKKS, terjadi penurunan sebesar 0,42–0,78 mg/L (rata-rata). Nilai tersebut telah memenuhi persyaratan sebagai air bersih untuk keperluan sehari-hari, namun belum memenuhi standar untuk dijadikan sebagai air minum.

Tabel 1. Kadar besi (Fe) tiap kali pengulangan

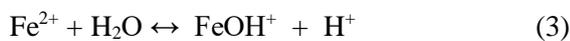
Pengulangan ke-	Kadar Fe (mg/L)			
	Validasi 1	Validasi 2	Validasi 3	Rata-rata
Kontrol awal	4,47	4,47	4,47	4,47
1	0,43	0,43	0,40	0,42
2	0,25	0,44	0,65	0,45
3	0,34	0,78	0,36	0,49
4	0,80	0,76	0,77	0,78

Grafik pada Gambar 3 menampilkan nilai rata-rata dari kadar Fe terhadap penggunaan berulang adsorben dalam proses adsorpsi air gambut. Kemampuan *reusable adsorbent* karbon aktif TKKS dalam menyerap logam besi pada air gambut dapat dilihat dari penurunan nilai kadar Fe tiap kali pengulangan. Namun pada pemakaian kedua hingga keempat, kadar Fe semakin meningkat dari proses pertama. Hal ini disebabkan adsorben mulai mengalami kejenuhan untuk mereduksi kadar Fe pada air gambut. Pori-pori adsorben yang mulai ditempati oleh logam Fe pada kali pertama pemakaian mengakibatkan proses adsorpsi menjadi kurang optimal untuk pengulangan selanjutnya. Meskipun begitu, masih terjadinya reduksi yang signifikan jauh dari tiap kali pengulangan membuat karbon aktif TKKS sangat berpotensi menjadi *reusable adsorbent*.



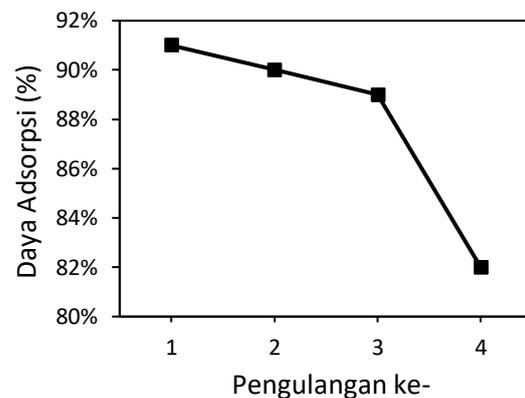
Gambar 3. Hubungan antara kandungan besi terhadap tiap pengulangan.

Mekanisme penurunan logam Fe saat dilakukan proses adsorpsi dapat dilihat pada reaksi 3 dan 4. Reaksi 3 merupakan proses hidrolisis yang dialami oleh air gambut dikarenakan senyawa H_2O yang mengubah ion-ion Fe menjadi $FeOH^+$. Simbol X menunjukkan keberadaan dari permukaan adsorben pada reaksi ke-4 dengan konsentrasi yang tidak seimbang. Untuk memenuhi ketidakseimbangan tersebut maka $FeOH^+$ tertarik ke permukaan adsorben dan membentuk ikatan kovalen ($XFeOH$) yang dijelaskan pada reaksi ke-4. Ikatan kovalen terbentuk saat $FeOH^+$ dan X^- bersamaan menggunakan elektron, sehingga menghasilkan ikatan kovalen yang bersifat kuat. Lapisan pada permukaan adsorben menandakan terjadi pembentukan senyawa $XFeOH$ saat terjadinya proses adsorpsi [12].



Daya adsorpsi karbon aktif TKKS terhadap potensi *reusable adsorbent* juga diperhitungkan pada paper ini. Gambar 4 memperlihatkan performa adsorpsi yang dihitung menggunakan persamaan (1). Terlihat pada grafik, performa terbaik adsorben karbon aktif TKKS adalah pada penggunaan pertama yaitu sebesar 91% dan terlihat tidak adanya penurunan yang terlalu jauh pada kali ke 2 dan ke 3 yaitu sebesar 90% dan 89%. Hanya berselisih 1 angka setiap kali pengulangan, membuat kinerja karbon aktif TKKS sebagai *reusable adsorbent* semakin nyata. Setelah dilakukan pengulangan ke 4, daya adsorpsi semakin menurun dengan kadar Fe yang semakin tinggi dibanding dengan

pengulangan-pengulangan sebelumnya. Hal ini sesuai dengan hipotesis awal, yaitu akan terjadinya pengurangan daya adsorpsi karena adanya kejenuhan pada adsorben. Namun daya adsorpsi pada pengulangan ke 4 yang tergolong masih tinggi sebesar 82% membuat kinerja karbon aktif TKKS sebagai *reusable adsorbent* masih baik. Dengan begitu, dapat ditarik hipotesis kembali bahwa penggunaan karbon aktif untuk mereduksi kadar Fe pada air gambut dapat dilakukan berulang lebih dari 4 kali.



Gambar 4. Grafik Daya adsorpsi terhadap proses pengulangan

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, karbon aktif berbahan baku Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dapat dijadikan sebagai adsorben untuk mereduksi kadar Fe pada air gambut. Adsorben ini dapat digunakan secara berulang sebanyak 4 kali pengulangan dengan hasil penurunan kadar Fe pada air gambut yang diuji memenuhi standar kualitas air bersih. Performa terbaik adsorben terjadi pada penggunaan pertama dengan daya adsorpsi sebesar 91%. Setelah pemakaian kedua hingga keempat terjadi sedikit penurunan daya adsorpsi, namun karbon aktif TKKS dapat dijadikan sebagai *reusable adsorbent*.

DAFTAR PUSTAKA

- 1 Irawan D. 2016. Kualitas Air Tanah Pada Lahan Gambut Di Desa Eka Mulya Kecamatan Mesuji Timur Kabupaten Mesuji Tahun 2015. **2015**: 1.
- 2 Febrina L, Ayuna A. 2014. Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah

- Menggunakan Saringan Keramik. *J. Teknol.* **7**(1): 36.
- 3 Arisna R, Zaharah TA, Rudiyanisya. 2016. Adsorpsi Besi dan Bahan Organik pada Air Gambut oleh Karbon Aktif Kulit Durian. **5**(3): 31.
- 4 Pujiasih DA, Nurhasanah N, Nurhanisa M. 2020. Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Biji Salak (*Salacca edulis*) pada Sistem Filtrasi Air Gambut. *Prism. Fis.* **7**(3): 275.
- 5 Bansal RC, Goyal M. *Activated Carbon Adsorption*. London: CRC Press.2015.
- 6 Taer E, Mustika WS, Sugianto. 2016. Pemanfaatan Potensi Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Karbon Aktif untuk Pembersih Air Limbah Aktivitas Penambangan Emas. *J. Komun. Fis. Indones. (C)*: 852.
- 7 Agustina S. 2008. Proses Aktivasi Ulang Arang Aktif Bekas Adsorpsi Gliserin dengan Metode Pemanasan. .
- 8 Indah S. 2014. Studi Regenerasi Adsorben Kulit Jagung (*Zea mays L.*) dalam Menyisihkan Logam Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dari Air Tanah. *J. Dampak.* **11**(1): 48.
- 9 Ginting AS, Tambunan AH, Radite D, Setiawan PA. 2015. Karakteristik Gas-Gas Hasil Pirolisis Tandan Kosong Kelapa Sawit *Characteristics of Gases of Palm Oil Empty Fruit Bunches Pyrolysis.* *J Tek Ind Pert.* **25**(2): 158.
- 10 Wahyuni D, Nurhanisa M, Bahtiar A, Rutdiyanti R. 2022. Optimasi Sintesis Karbon Aktif dari Bambu Buluh (*Schizostachyum brachycladum*) dengan Variasi Suhu Karbonisasi untuk Penyerapan Besi pada Air Sumur Gambut. *J. Fis. Unand.* **11**(3): 292.
- 11 Sopiha N-, Prasetyo D, Aviantara DB. 2017. Pengaruh Aktivasi Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit terhadap Adsorpsi Kadmium Terlarut. *J. Ris. Teknol. Pencegah. Pencemaran Ind.* **8**(2): 55.
- 12 Priatni A, Rusdiansyah, Sitorus S. 2017. Efektivitas Karbon Aktif dari Palm Kernel Cake Sebagai Adsorben Ion Logam Mn, Fe dan Pb pada Air Limbah AAS Terkonsentrat. (2014): 4.