

**EFEKTIVITAS KARBON AKTIF DARI *PALM KERNEL CAKE*
SEBAGAI ADSORBEN ION LOGAM Mn, Fe dan Pb
PADA AIR LIMBAH AAS TERKONSENTRAT**

***EFFEKTIVENESS OF ACTIVATED CARBON FROM PALM KERNEL OIL AS
ADSORBENT ION METALS Mn, Fe and Pb ON AAS CONCENTRATED WASTE WATER***

Ageng Priatni^{1*}, Rusdiansyah² dan Saibun Sitorus³

¹ Baristand Industri Samarinda

² Fakultas Pertanian Unmul

³ Fakultas MIPA Unmul

*Jl. MT. Haryono/Banggeris No. 1

email : agengpriatni@yahoo.co.id

ABSTRAK

Air Limbah laboratorium khususnya limbah AAS merupakan salah satu sumber pencemar dimana limbah ini mengandung logam-logam berat yang bila tidak dikelola dengan benar dapat mencemari lingkungan. Salah satu metode yang paling sederhana untuk mengurangi cemaran logam berat, adalah melalui pengolahan secara fisika yaitu adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif sebagai adsorben. Penelitian Karbon Aktif dari *Palm Kernel Cake* (PKC) Sebagai Adsorben Ion Logam Mn, Fe dan Pb Pada Air Limbah AAS Terkonsentrat dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan karbon aktif, pengaruh suhu dan interaksi antar keduanya terhadap efektivitas penyerapan karbon aktif dari ion logam Mangan (Mn), Besi (Fe) dan Timbal (Pb) pada air limbah AAS terkonsentrat serta mengetahui berat karbon aktif dan suhu terbaik terhadap efektivitas penyerapan. Penelitian ini dilakukan dengan menambahkan karbon aktif dengan variasi berat 0 g, 2,5 g, 5 g, 7,5 g dan 10 g serta variasi suhu 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C dan 50 °C pada 250 ml air limbah AAS terkonsentrat dan diaduk selama 30 menit dengan kecepatan 400 rpm. Hasilnya kemudian diuji menggunakan AAS. Dari penelitian ini diperoleh hasil bahwa penambahan karbon aktif, suhu dan interaksi antar keduanya berpengaruh nyata terhadap efektivitas penyerapan karbon aktif dari ion logam Mn, Fe dan Pb pada air limbah AAS terkonsentrat. Efektivitas penyerapan yang optimal untuk ion logam Mn dan Pb diperoleh pada berat karbon aktif 7,5 g (P₃) dan suhu 50 °C (S₄) secara berturut-turut yaitu 79,06 % dan 80,94 % dan berat karbon aktif 10,0 g (P₄) dan suhu 50 °C (S₄) untuk ion logam Fe yaitu sebesar 99,54 %.

Katakunci : Adsorben, Air Limbah AAS Terkonsentrat, Efektivitas, Karbon Aktif, *Palm Kernel Cake* (PKC)

ABSTRACT

Laboratory waste, especially AAS wastewater is one of the sources of pollution where this waste contains heavy metals which if not managed properly can pollute the environment. One of the simplest methods for reducing heavy metal contamination is the physical processing. It's adsorption using activated carbon as adsorbent. Research activated carbon from Palm Kernel Cake (PKC) as adsorbent ion metal of Mn, Fe and Pb In AAS concentrated wastewater conducted to determine the effect of activated carbon, the effect of temperature and interaction between both on the effectiveness of carbon sequestration active metal ions Mangan (Mn), iron (Fe) and Lead (Pb) in AAS concentrated wastewater as well as knowing

the best conditions. This research was carried out by adding activated carbon variations in weight of 0 g, 2,5 g, 5 g, 7,5 g, 10 g and variations in temperature of 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C and 50 °C in 250 ml of AAS concentrated wastewater and stirred for 30 minutes at a speed of 400 rpm. The results were then tested using AAS. From this study showed that the addition of activated carbon, temperature and interaction between both real impact on the effectiveness of activated carbon absorption of the metal ion of Mn, Fe and Pb in AAS concentrated wastewater. The effectiveness of the optimal absorption of the metal ions of Mn and Pb obtained on the weight of activated carbon 7,5 g (P3) and a temperature of 50 °C (S4) respectively are 79,06% and 80,94% and weight of activated carbon and 10,0 g (P4) and a temperature of 50 °C (S4) to the metal ion that is equal to 99.54% Fe.

Keywords : *Adsorbent, AAS concentrated Wastewater, Effectiveness, Activated Carbon, Palm Kernel Cake (PKC)*

PENDAHULUAN

Lingkungan adalah segala sesuatu yang ada disekitar kita, baik itu komponen biotik maupun abiotik. Masuknya bahan pencemar atau polutan kedalam lingkungan tertentu akan mengganggu kestabilan lingkungan dan menyebabkan lingkungan tercemar. Limbah cair laboratorium merupakan salah satu sumber polutan dari logam berat dimana limbah cair tersebut sering dibuang langsung ke saluran drainase tanpa pengolahan yang memadai. Dengan anggapan bahwa praktek pembuangan limbah cair laboratorium tersebut terjadi di institusi pendidikan, penelitian dan pengembangan baik instansi pemerintah maupun swasta maka kegiatan akademik dan penelitian semacam ini sangat berpotensi mencemari lingkungan mengingat kegiatan laboratorium umum berlangsung secara rutin dalam kurun waktu yang sangat lama.

Baku mutu untuk limbah cair laboratorium diatur dalam Perda Provinsi Kaltim No. 2 tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air serta dalam Permen LH no. 5 tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah.

Salah satu metode yang paling sederhana, murah dan efektif untuk mengatasi atau mengurangi cemaran logam berat, senyawa organik dan anorganik pada limbah cair adalah melalui pengolahan secara fisika dengan menggunakan adsorben karbon aktif, dimana karbon aktif mampu mengikat adsorbat membentuk suatu lapisan tipis atau film pada permukaannya.

Karbon aktif merupakan karbon amorf yang mempunyai luas permukaan dan volume internal besar berkisar antara 500-1500 m²/g sehingga sangat efektif sebagai bahan penyerap (adsorben) pada sumber polutan (Suprpto, 2008).

Salah satu sumber daya alam yang berpotensi untuk dapat dikembangkan menjadi karbon aktif karena unsur karbonnya yang tinggi adalah limbah padat dari pengolahan minyak inti sawit (PKO) yaitu Palm Kernal Cake (PKC). Palm kernel cake atau bungkil inti sawit terdiri dari unsur Karbon (C) sebesar 96,21%, Nitrogen (N) 2,88%, Fospat (PO₄) 0,60% dan Kalium (K) sebesar 0,19% (Kolade, *at.al.*, 2005).

Dari setiap ton Tandan Buah Segar (TBS) yang diolah dihasilkan limbah pengolahan kelapa sawit yang terdiri dari 13% serat, 7% cangkang, dan 23% tandan kosong kelapa sawit serta inti sawit sebesar 5%. Inti sawit selanjutnya diolah untuk menghasilkan PKO dan dari proses ini dihasilkan limbah berupa bungkil inti sawit atau PKC sebanyak 45-46% (Elizabeth & Ginting, 2003).

Upaya pemanfaatan limbah bungkil inti sawit atau PKC telah banyak dilakukan, diantaranya pemanfaatan PKC sebagai pakan ternak. Menurut HS (2002), pemakaian PKC sebanyak 25 % dapat digunakan untuk ransum ayam dengan tidak mempunyai efek negatif, sementara penggunaan PKC yang diberi hemicell dapat memberi efek positif terhadap performans (konsumsi ransum, penambahan bobot badan dan konversi ransum) itik raja sebagai bahan penyusun ransum (Pasaribu, 2011). Sementara pemanfaatan Palm Kernel Cake sebagai karbon aktif (adsorben) dengan rendemen sebesar 59,14 % telah dilaporkan oleh Haspiadi (2015), dimana karbon aktif diaktivasi menggunakan KOH dan memiliki karakteristik kadar air 2,48 %, kadar abu 7,17 %, bagian yang hilang 18,16 %, daya serap terhadap Iod 778 mg/g, kerapatan jenis curah 0,32 g/mL dan bagian yang tidak terarang tidak nyata. Karbon aktif dari PKC tersebut juga telah dimanfaatkan sebagai media untuk menurunkan kadar amoniak pada air limbah rumah sakit dengan efektivitas sebesar 94,06 % (Susilowati, 2015).

Mengingat pentingnya pengolahan limbah cair laboratorium guna mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan serta belum dimanfaatkannya karbon aktif dari PKC sebagai adsorben logam berat pada limbah cair laboratorium maka dilakukanlah penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan karbon aktif, pengaruh suhu dan interaksi antar keduanya terhadap efektivitas penyerapan karbon aktif dari ion logam Mangan (Mn), Besi (Fe) dan Timbal (Pb) pada air limbah AAS terkonsentrat serta mengetahui berat karbon aktif dan suhu terbaik terhadap efektivitas penyerapan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 (empat) bulan yaitu dimulai bulan September sampai dengan Desember 2015 di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri Samarinda yang meliputi: pembuatan karbon aktif (adsorben), persiapan sampel, adsorpsi, pengujian dan analisis data.

Penelitian ini menggunakan bahan berupa karbon aktif dari PKC, air limbah AAS terkonsentrat, KOH, aquadest dan bahan kimia untuk pengujian (HNO_3 , larutan baku logam Mn, Fe, Pb dan gas asetilen).

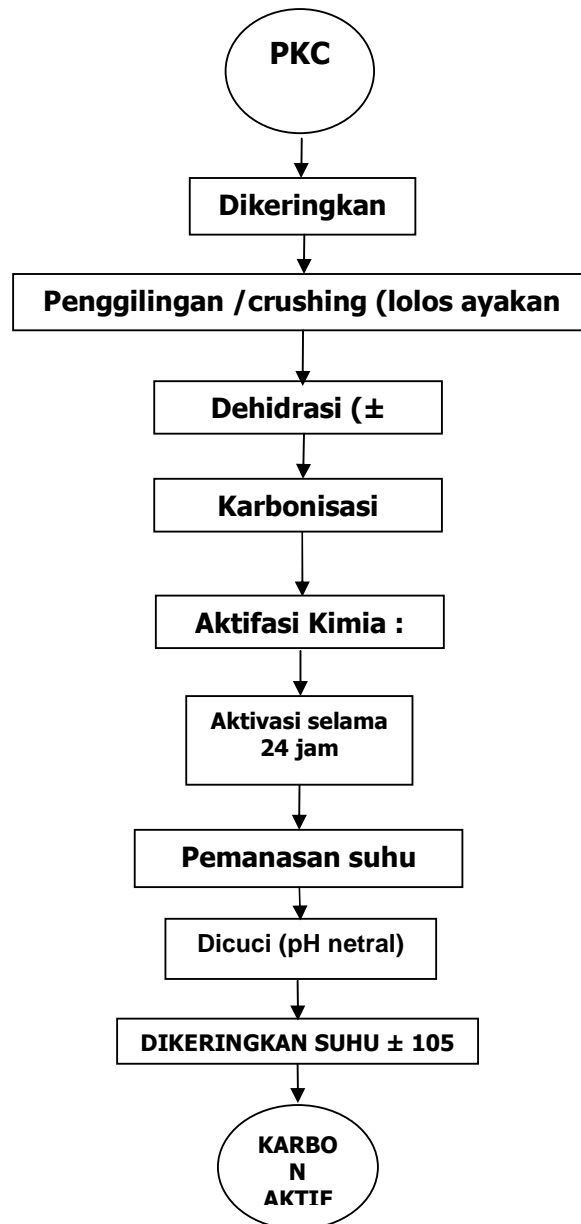
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah heater magnetic stirrer, pH meter, termometer, neraca analitik, glass ware, Furnace, Oven dan *Atomic Absorbtion Spectrofotometric* (AAS-SHIMADZU AA-7000).

Teknik pengumpulan data primer dilakukan dengan mengambil secara langsung data pengamatan terhadap hasil eksperimen di laboratorium. Sementara data sekunder diperoleh dari data yang sudah ada yaitu dari literatur dan hasil perhitungan.

Penelitian ini merupakan penelitian faktorial 2 (dua) faktor yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap dengan tiga ulangan.

Faktor pertama, berat karbon aktif (P) dengan taraf uji : p_0 : 0 g, p_1 : 2,5 g, p_2 : 5,0 g, p_3 : 7,5 g dan p_4 : 10 g.

Faktor kedua, suhu (S) dengan taraf uji : s_0 : 30 °C, s_1 : 35 °C, s_2 : 40 °C, s_3 : 45 °C dan s_4 : 50 °C. Pembuatan karbon aktif dari PKC sebagaimana gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir proses pembuatan karbon aktif dari PKC

Pembuatan bahan baku air limbah terkonsentrat dilakukan dengan membuat larutan baku logam Mn, Fe dan Pb dengan konsentrasi masing-masing 10 mg/L sebanyak 300 ml. Larutan baku yang telah dibuat kemudian ditambahkan dengan 900 ml air limbah sisa pengujian logam dari AAS dan dikocok hingga homogen.

– **Adsorpsi tanpa pemanasan**

Bahan baku air limbah terkonsentrat sebanyak 250 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan kemudian ditambahkan karbon aktif sebanyak 2,5 g. Selanjutnya tambahkan larutan NaOH 1 N hingga pH air limbah mencapai 4 dan aduk dengan menggunakan heater magnetic strirrer pada kecepatan 400 rpm selama 30 menit pada suhu kamar. Kemudian

diamkan selama kurang lebih 3 jam dan saring. Filtrat yang diperoleh kemudian diuji konsentrasi Mn (SNI 06-6989.5:2009), Pb (SNI 06-6989.8:2009) dan Fe (SNI 6989.4:2009).

Lakukan pula proses adsorpsi sebagaimana prosedur di atas dengan karbon aktif yang ditambahkan sebanyak 0 g, 5 g, 7,5 g dan 10 g. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 (tiga) kali.

– **Adsorpsi dengan pemanasan**

Bahan baku air limbah terkonsentrat sebanyak 250 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan kemudian ditambahkan karbon aktif sebanyak 2,5 g. Selanjutnya tambahkan larutan NaOH 1 N hingga pH air limbah mencapai 4 dan aduk dengan menggunakan heater magnetic strirrer pada kecepatan 400 rpm selama 30 menit pada suhu yang di variasi yaitu 35⁰ C, 40⁰ C, 45⁰ C dan 50⁰ C. Kemudian diamkan selama kurang lebih 3 jam dan saring. Filtrat yang diperoleh kemudian diuji konsentrasi Mn (SNI 06-6989.5:2009), Pb (SNI 06-6989.8:2009) dan Fe (SNI 6989.4:2009).

Lakukan pula proses adsorpsi sebagaimana prosedur di atas dengan karbon aktif yang ditambahkan sebanyak 0 g, 5 g, 7,5 g dan 10 g. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 (tiga) kali.

Efektivitas penyerapan karbon aktif kemudian dihitung dengan memasukkan data konsentrasi ion logam Mn, Fe dan Pb yang diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$E = \frac{Co-C}{Co} \times 100\%$$

dimana :

- E = Efektivitas
- Co = konsentrasi logam berat sebelum diadsorpsi
- C = konsentrasi logam berat setelah diadsorpsi

Data efektivitas penyerapan karbon aktif yang diperoleh selanjutnya di analisis dengan analisis ragam (*ANOVA*) dan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT). Perhitungan *ANOVA* dan uji BNT dilakukan dengan program SAS (Sistem Analisis Statistika).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisa interaksi antara berat karbon aktif dan suhu terhadap efektivitas penyerapan karbon aktif terhadap kandungan ion logam Mn, Fe dan Pb sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Interaksi Antar Berat Karbon Aktif dan Suhu Pada Efektivitas Penyerapan Karbon Aktif Terhadap Kandungan Ion Logam Mn, Fe dan Pb (data ditransformasikan)

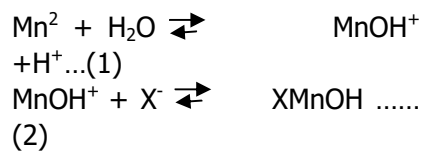
| Ion Logam | Berat Karbon Aktif | Suhu | | | | | BNT |
|-----------|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|
| | | S ₀ | S ₁ | S ₂ | S ₃ | S ₄ | 5 % |
| Mn | p ₀ | 0,71d | 4,79c | 4,92b | 4,98b | 5,16a | 0,09 |
| | p ₁ | 5,37d | 5,58c | 6,09b | 6,16b | 6,36a | 0,09 |

| | | | | | | | |
|-----------|----------------------|-------|--------|-------|-------|--------|------|
| | p₂ | 5,82e | 6,00d | 6,16c | 6,31b | 8,29a | 0,09 |
| | p₃ | 7,07e | 7,99d | 8,5c | 8,92b | 9,19a | 0,09 |
| | p₄ | 5,76e | 7,48d | 7,64c | 8,05b | 8,50a | 0,09 |
| Fe | p₀ | 0,71e | 4,19d | 4,97c | 6,13b | 6,62a | 0,07 |
| | p₁ | 7,53d | 7,58cd | 7,61c | 7,89b | 8,4a | 0,07 |
| | p₂ | 7,56e | 7,99d | 8,38c | 9,08b | 9,19a | 0,07 |
| | p₃ | 9,25d | 9,49c | 9,52c | 9,65b | 9,82a | 0,07 |
| | p₄ | 9,68b | 9,94a | 9,95a | 9,96a | 10,00a | 0,07 |
| Pb | p₀ | 0,71d | 3,89c | 4,08b | 4,14b | 4,34a | 0,56 |
| | p₁ | 6,30e | 6,40d | 6,60c | 6,98b | 7,52a | 0,56 |
| | p₂ | 7,90d | 8,08c | 8,09c | 8,35b | 8,80a | 0,56 |
| | p₃ | 9,04c | 9,13b | 9,19b | 9,27a | 9,34a | 0,56 |
| | p₄ | 8,73c | 8,88b | 9,00a | 9,03a | 9,06a | 0,56 |

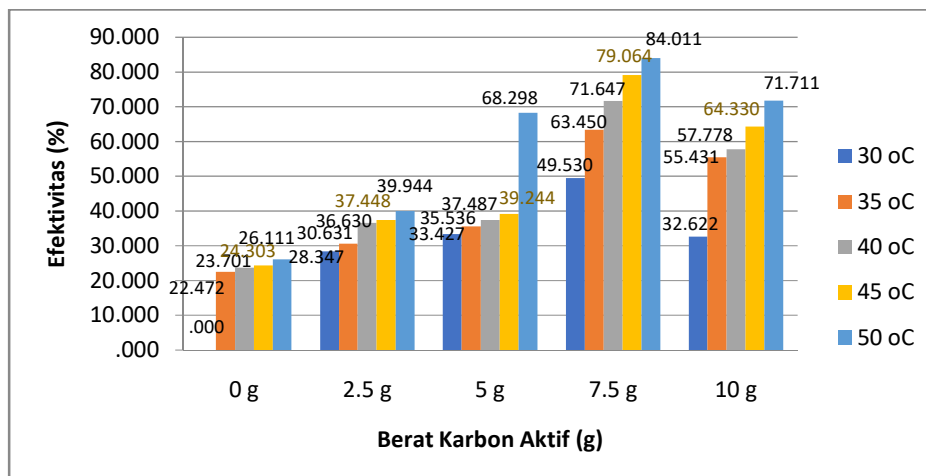
Ket : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama berarti berbeda tidak nyata

- Ion Logam Mn

Tabel 1 menunjukkan bahwa efektivitas penyerapan terendah untuk ion logam Mn dihasilkan pada perlakuan 0 gram arang aktif (p_0) dan Suhu 30 °C (s_0) yaitu 0,71 atau 0 % (Gambar 1) dan efektivitas penyerapan tertinggi dihasilkan pada perlakuan 7,5 gram arang aktif (p_3) dan Suhu 50 °C (s_4) yaitu 9,19 atau 84,01 % (Gambar 1). Hasil analisis data di atas menunjukkan bahwa kenaikan berat karbon aktif yang diikuti dengan suhu akan meningkatkan efektivitas penyerapan terhadap ion logam Mn secara signifikan. Kenaikan efektivitas penyerapan dikarenakan adanya penurunan kandungan ion logam Mn yang disebabkan adanya proses adsorpsi oleh karbon aktif mengikuti mekanisme reaksi (1) dan (2) :



dimana X^- mewakili permukaan karbon aktif sebagaimana dijelaskan oleh Basta dan Tabatabai dalam Mahdian & Saadi (2008).



Gambar 1. Hubungan antara berat karbon aktif (g) dan suhu (°C) Terhadap Efektivitas Penyerapan Karbon Aktif Pada Ion Logam Mn

MnOH⁺ berusaha untuk memenuhi ketidakseimbangan tersebut sehingga tertarik ke permukaan karbon aktif (X⁻). Kemudian ion-ion logam Mn akan berdifusi menuju pori-pori karbon aktif yang disebabkan adanya perbedaan konsentrasi antara ion-ion logam Mn dengan pori-pori karbon yang selanjutnya membentuk ikatan kimia yaitu ikatan kovalen antara MnOH⁺ dengan karbon aktif X⁻ menghasilkan XMnOH sebagaimana reaksi kedua. Ikatan kovalen terjadi karena adanya pemakaian elektron secara bersama-sama antara MnOH⁺ dan X⁻ dimana ikatan kovalen ini bersifat lebih kuat. Terbentuknya senyawa XMnOH ditandai dengan terbentuknya suatu lapisan atau layer.

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa pada 0 gram karbon aktif (p₀), interaksi dengan suhu 50 °C (p₀s₄) berbeda nyata dengan p₀s₃, p₀s₂, p₀s₁ dan p₀s₀. Selanjutnya pada 2,5 gram karbon aktif (p₁), interaksi dengan suhu 50 °C (p₁s₄) berbeda nyata dengan p₁s₃, p₁s₂, p₁s₁ dan p₁s₀. Pada 5 gram karbon aktif (p₂), interaksi dengan suhu 50 °C (p₂s₄) berbeda nyata dengan p₂s₃, p₂s₂, p₂s₁ dan p₂s₀. Kemudian pada 7,5 gram karbon aktif (p₃), interaksi dengan suhu 50 °C (p₃s₄) berbeda nyata dengan p₃s₃, p₃s₂, p₃s₁ dan p₃s₀ dan pada 10 gram karbon aktif (p₄) interaksi dengan suhu 50 °C (p₄s₄) berbeda nyata dengan p₄s₃, p₄s₂, p₄s₁ dan p₄s₀.

Hasil analisis data di atas menunjukkan bahwa meningkatnya suhu dan berat karbon aktif berpengaruh nyata terhadap peningkatan efektivitas penyerapan. Semakin tinggi suhu maka pori-pori dari karbon aktif akan menjadi lebih terbuka sehingga semakin banyak ion-ion logam Mn yang terserap dan membentuk ikatan kovalen. Peningkatan suhu juga menyebabkan karbon aktif menjadi lebih reaktif sehingga tumbukan yang terjadi antara molekul MnOH⁺ dan X⁻ (karbon aktif) menjadi lebih cepat dan menghasilkan senyawa XMnOH lebih banyak. Ini berarti ion-ion logam Mn yang berada dalam pelarutnya menjadi lebih sedikit dan menyebabkan efektivitas penyerapan meningkat. Begitu pula dengan penambahan karbon aktif, semakin banyak karbon aktif yang ditambahkan maka semakin banyak pula karbon aktif (X⁻) yang bertumbukan dengan MnOH⁺, selain itu luas permukaan kontak atau tumbukan juga semakin besar sehingga semakin banyak ion-ion logam Mn yang terikat dan menghasilkan senyawa XMnOH yang berarti ion-ion logam Mn yang berada dalam pelarutnya menjadi lebih sedikit dan menyebabkan efektivitas penyerapan meningkat.

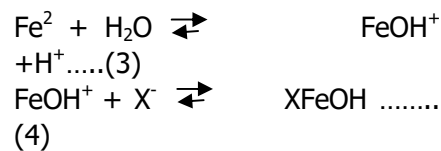
Semakin besar kecepatan pengadukan, lama waktu kontak dan pemanasan yang digunakan maka proses penyerapan adsorbat oleh adsorben menjadi lebih baik (Syauqiah dkk, 2011). Sementara penambahan jumlah karbon aktif akan memperluas bidang kontak antara karbon aktif dan ion logam sehingga semakin banyak ion terlarut yang terhimpun oleh karbon aktif dan meningkatkan daya serap (Webber, 1972). Menurut Reynold (1982), semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben. Adsorpsi ion logam Mn telah dilaporkan oleh Mahmuda & Suharyadi (2014) dimana Nanopartikel Fe₃O₄ (magnetit) secara efektif dapat digunakan sebagai adsorben untuk menurunkan kadar ion logam Mn sebesar 44,53% pada kondisi basa (pH 12).

Pada tabel 1 juga terlihat bahwa pada suhu 30 °C (s₀), interaksi dengan 7,5 gram karbon aktif (s₀p₃) menghasilkan efektivitas penyerapan yang lebih besar dibandingkan interaksi dengan 10 gram karbon aktif (s₀p₄). Begitu juga pada suhu 35 °C (s₁), 40 °C (s₂), 45 °C (s₃) dan 50 °C (s₄). Hal ini diduga telah terjadi kesetimbangan reaksi pada penambahan 10 gram karbon yang bersifat *excess* (berlebih) yang menyebabkan reaksi bergeser kearah kiri sehingga ikatan kovalen pada senyawa XMnOH sebagian ada yang terlepas dan terurai kembali menjadi MnOH⁺ dan X⁻. Keberadaan MnOH⁺ dalam pelarutnya inilah yang menyebabkan kandungan ion-ion logam Mn menjadi meningkat kembali sehingga efektivitas penyerapan menurun.

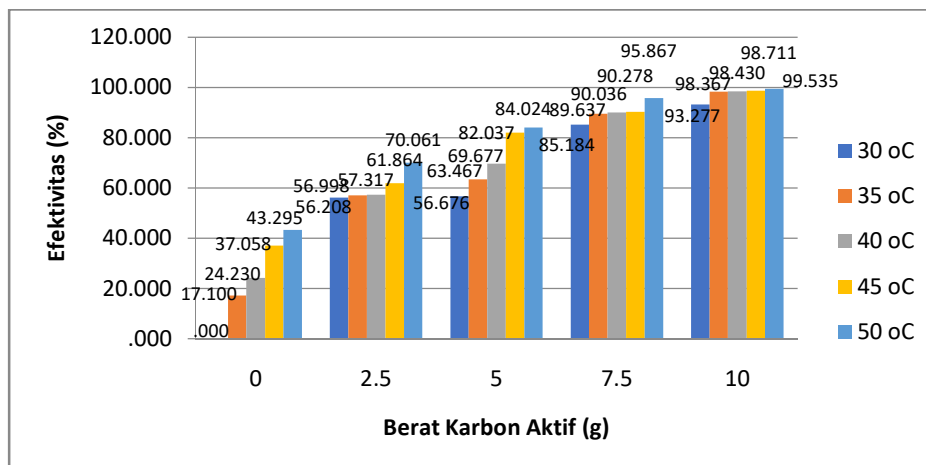
– **Ion Logam Fe**

Tabel 1 menunjukkan bahwa efektivitas penyerapan terendah dihasilkan pada perlakuan 0 gram arang aktif (p₀) dan Suhu 30 °C (s₀) yaitu 0,71 atau 0 % (Gambar 2) dan efektivitas penyerapan tertinggi dihasilkan pada perlakuan 10 gram arang aktif (p₄) dan Suhu 50 °C (s₄) yaitu 10 atau 99,54 % (Gambar 2).

Hasil analisis data di atas menunjukkan bahwa kenaikan berat karbon aktif yang diikuti dengan suhu akan meningkatkan efektivitas penyerapan terhadap ion logam Fe secara signifikan. Kenaikan efektivitas penyerapan dikarenakan adanya penurunan kandungan ion logam Fe yang disebabkan adanya proses adsorpsi oleh karbon aktif mengikuti mekanisme reaksi (3) dan (4) :



dimana X⁻ mewakili permukaan karbon aktif sebagaimana dijelaskan oleh Basta dan Tabatabai dalam Mahdian & Saadi (2008).



Gambar 2. Hubungan antara berat karbon aktif (g) dan suhu (°C) Terhadap Efektivitas Penyerapan Karbon Aktif Pada Ion Logam Fe

Pada reaksi ketiga, ion-ion logam Fe mengalami hidrolisis oleh H₂O dan menghasilkan proton yaitu FeOH⁺. Karena gaya yang tidak seimbang yang dimiliki oleh karbon aktif maka FeOH⁺ berusaha untuk memenuhi ketidakseimbangan tersebut sehingga tertarik ke permukaan karbon aktif (X). Kemudian ion-ion logam Fe akan berdifusi menuju pori-pori karbon aktif yang disebabkan adanya perbedaan konsentrasi antara ion-ion logam Fe dengan pori-pori karbon yang selanjutnya membentuk ikatan kimia yaitu ikatan kovalen antara FeOH⁺ dengan karbon aktif X menghasilkan XFeOH sebagaimana reaksi keempat. Ikatan kovalen terjadi karena adanya pemakaian elektron secara bersama-sama antara FeOH⁺ dan X dimana ikatan kovalen ini bersifat lebih kuat. Terbentuknya senyawa XFeOH ditandai dengan terbentuknya suatu lapisan atau layer.

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa pada 0 gram karbon aktif (p₀), interaksi dengan suhu 50 °C (p₀S₄) berbeda nyata dengan p₀S₃, p₀S₂, p₀S₁ dan p₀S₀. Selanjutnya pada 2,5 gram karbon aktif (p₁), interaksi dengan suhu 50 °C (p₁S₄) berbeda nyata dengan p₁S₃, p₁S₂, p₁S₁ dan p₁S₀. Pada 5 gram karbon aktif (p₂), interaksi dengan suhu 50 °C (p₂S₄) berbeda nyata dengan p₂S₃, p₂S₂, p₂S₁ dan p₂S₀. Kemudian pada 7,5 gram karbon aktif (p₃), interaksi dengan suhu 50 °C (p₃S₄) berbeda nyata dengan p₃S₃, p₃S₂, p₃S₁ dan p₃S₀ dan pada 10 gram karbon aktif (p₄), interaksi dengan suhu 50 °C (p₄S₄) berbeda nyata dengan p₄S₀ tetapi tidak berbeda nyata dengan p₄S₁, p₄S₂ dan p₄S₃.

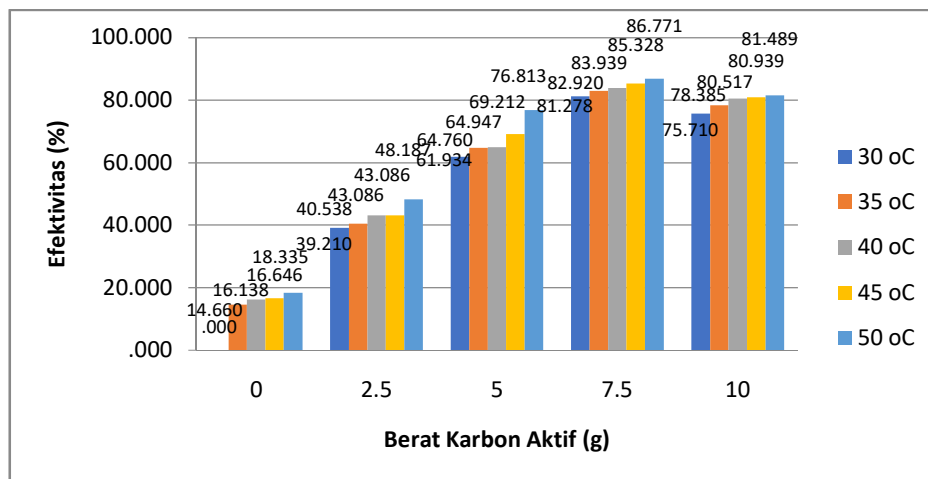
Hasil analisis data di atas menunjukkan bahwa meningkatnya suhu dan berat karbon aktif berpengaruh nyata terhadap peningkatan efektivitas penyerapan. Semakin tinggi suhu maka pori-pori dari karbon aktif akan menjadi lebih terbuka sehingga semakin banyak ion-ion logam Fe yang terserap dan membentuk ikatan kovalen. Peningkatan suhu juga menyebabkan karbon aktif menjadi lebih reaktif sehingga tumbukan yang terjadi antara molekul FeOH⁺ dan X (karbon aktif) menjadi lebih cepat dan menghasilkan senyawa XFeOH lebih banyak. Ini berarti ion-ion logam Fe yang berada dalam pelarutnya menjadi lebih sedikit dan menyebabkan efektivitas penyerapan meningkat. Begitu pula dengan penambahan karbon aktif, semakin banyak karbon aktif yang ditambahkan maka semakin banyak pula karbon aktif (X) yang bertumbukan dengan FeOH⁺, selain itu luas permukaan kontak atau tumbukan juga semakin besar sehingga semakin banyak ion-ion logam Fe yang terikat dan menghasilkan senyawa XMnOH yang berarti ion-ion logam Fe yang berada dalam pelarutnya menjadi lebih sedikit dan menyebabkan efektivitas penyerapan meningkat.

Semakin besar kecepatan pengadukan, lama waktu kontak dan pemanasan yang digunakan maka proses penyerapan adsorbat oleh adsorben menjadi lebih baik (Syauqiah dkk, 2011). Sementara penambahan jumlah karbon aktif akan memperluas bidang kontak antara karbon aktif dan ion logam sehingga semakin banyak ion terlarut yang terhimpun oleh karbon aktif dan meningkatkan daya serap (Webber, 1972). Menurut Reynold (1982), semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben. Penyerapan ion logam Fe sebesar 66,89 % oleh karbon aktif dari briket batubara telah dilaporkan oleh Syauqiah dkk (2011), dimana terjadi penurunan konsentrasi Fe dalam limbah fixer dari 1,48 mg/L menjadi 0,49 mg/L setelah diadsorpsi oleh karbon aktif komersial (GAC) pada suhu 80 °C selama 30 menit dengan kecepatan pengadukan 120 rpm.

Pada tabel juga terlihat bahwa pada suhu 30 °C (s_0), interaksi dengan 10 gram karbon aktif (s_0p_4) menghasilkan efektivitas penyerapan yang paling besar dibandingkan dengan s_0p_3 , s_0p_2 , s_0p_1 dan s_0p_0 . Begitu juga pada suhu 35 °C (s_1), 40 °C (s_2), 45 °C (s_3) dan 50 °C (s_4). Hal ini diduga telah terjadi proses oksidasi terhadap ion logam Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} baik selama proses adsorpsi maupun pada saat pengujian dengan AAS sehingga untuk menurunkan kandungan ion logam Besi diperlukan karbon aktif lebih dari 10 g dan suhu diatas 50 °C. Menurut Sunarya & Agus (2007), kation logam besi Fe^{2+} menjadi Fe^{3+} disebabkan oleh adanya elektron tidak berpasangan dan tingkat energi orbital tidak berbeda jauh. Akibatnya, elektron mudah tereksitasi ke tingkat energi lebih tinggi menimbulkan warna tertentu. Jika senyawa transisi baik padat maupun larutannya tersinari cahaya maka senyawa transisi akan menyerap cahaya pada frekuensi tertentu, sedangkan frekuensi lainnya diteruskan. Cahaya yang diserap akan mengeksitasi elektron ke tingkat energi lebih tinggi dan cahaya yang diteruskan menunjukkan warna senyawa transisi pada keadaan tereksitasi.

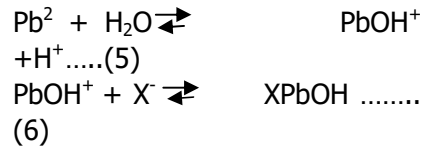
– Ion Logam Pb

Tabel 1 menunjukkan bahwa efektivitas penyerapan terendah dihasilkan pada perlakuan 0 gram arang aktif (p_0) dan Suhu 30 °C (s_0) yaitu 0,71 atau 0 % (Gambar 3) dan efektivitas penyerapan tertinggi dihasilkan pada perlakuan 7,5 gram arang aktif (p_3) dan Suhu 50 °C (s_4) yaitu 9,06 atau 86,77 % (Gambar 3).



Gambar 3. Hubungan antara berat karbon aktif (g) dan suhu (°C) Terhadap Efektivitas Penyerapan Karbon Aktif Pada Ion Logam Pb

Hasil analisis data di atas menunjukkan bahwa kenaikan berat karbon aktif yang diikuti dengan suhu akan meningkatkan efektivitas penyerapan terhadap ion logam Pb secara signifikan. Kenaikan efektivitas penyerapan dikarenakan adanya penurunan kandungan ion logam Pb yang disebabkan adanya proses adsorpsi oleh karbon aktif mengikuti mekanisme reaksi (5) dan (6) :



dimana X⁻ mewakili permukaan karbon aktif sebagaimana dijelaskan oleh Basta dan Tabatabai dalam Mahdian & Saadi (2008).

Pada reaksi kelima, ion-ion logam Pb mengalami hidrolisis oleh H₂O dan menghasilkan proton yaitu PbOH⁺. Karena gaya yang tidak seimbang yang dimiliki oleh karbon aktif maka PbOH⁺ berusaha untuk memenuhi ketidakseimbangan tersebut sehingga tertarik ke permukaan karbon aktif (X⁻). Kemudian ion-ion logam Pb akan berdifusi menuju pori-pori karbon aktif yang disebabkan adanya perbedaan konsentrasi antara ion-ion logam Pb dengan pori-pori karbon yang selanjutnya membentuk ikatan kimia yaitu ikatan kovalen antara PbOH⁺ dengan karbon aktif X⁻ menghasilkan XPbOH sebagaimana reaksi keenam. Ikatan kovalen terjadi karena adanya pemakaian elektron secara bersama-sama antara PbOH⁺ dan X⁻ dimana ikatan kovalen ini bersifat lebih kuat. Terbentuknya senyawa XPbOH ditandai dengan terbentuknya suatu lapisan atau layer.

Tabel 1 juga menunjukkan bahwa pada 0 gram karbon aktif (p₀), interaksi dengan suhu 50 °C (p₀S₄) berbeda nyata dengan p₀S₃, p₀S₂, p₀S₁ dan p₀S₀. Selanjutnya pada 2,5 gram karbon aktif (p₁), interaksi dengan suhu 50 °C (p₁S₄) berbeda nyata dengan p₁S₃, p₁S₂, p₁S₁ dan p₁S₀. Pada 5 gram karbon aktif (p₂), interaksi dengan suhu 50 °C (p₂S₄) berbeda nyata dengan p₂S₃, p₂S₂, p₂S₁ dan p₂S₀. Kemudian pada 7,5 gram karbon aktif (p₃), interaksi dengan suhu 50 °C (p₃S₄) berbeda nyata dengan p₃S₂, p₃S₁ dan p₃S₀ tetapi tidak berbeda nyata dengan p₃S₃ dan pada 10 gram karbon aktif (p₄), interaksi dengan suhu 50 °C (p₄S₄) berbeda nyata dengan p₄S₁ dan p₄S₀ tetapi tidak berbeda nyata dengan p₄S₃ dan p₄S₂.

Hasil analisis data di atas menunjukkan bahwa meningkatnya suhu dan berat karbon aktif berpengaruh nyata terhadap peningkatan efektivitas penyerapan. Semakin tinggi suhu maka pori-pori dari karbon aktif akan menjadi lebih terbuka sehingga semakin banyak ion-ion logam Pb yang terserap dan membentuk ikatan kovalen. Peningkatan suhu juga menyebabkan karbon aktif menjadi lebih reaktif sehingga tumbukan yang terjadi antara molekul PbOH⁺ dan X⁻ (karbon aktif) menjadi lebih cepat dan menghasilkan senyawa XPbOH lebih banyak. Ini berarti ion-ion logam Pb yang berada dalam pelarutnya menjadi lebih sedikit dan menyebabkan efektivitas penyerapan meningkat. Begitu pula dengan penambahan karbon aktif, semakin banyak karbon aktif yang ditambahkan maka semakin banyak pula karbon aktif (X⁻) yang bertumbukan dengan PbOH⁺, selain itu luas permukaan kontak atau tumbukan juga semakin besar sehingga semakin banyak ion-ion logam Pb yang terikat dan menghasilkan senyawa XPbOH yang berarti ion-ion logam Pb yang berada dalam pelarutnya menjadi lebih sedikit dan menyebabkan efektivitas penyerapan meningkat.

Semakin besar kecepatan pengadukan, lama waktu kontak dan pemanasan yang digunakan maka proses penyerapan adsorbat oleh adsorben menjadi lebih baik (Syauqiah

dkk, 2011). Sementara penambahan jumlah karbon aktif akan memperluas bidang kontak antara karbon aktif dan ion logam sehingga semakin banyak ion terlarut yang terhimpun oleh karbon aktif dan meningkatkan daya serap (Webber, 1972). Menurut Reynold (1982), semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben. Tangio (2012) melaporkan bahwa Biomassa (Enceng Gondok) mampu mengadsorpsi ion logam Pb dari 169,79 ppb menjadi 44,58 ppb (73,74 %) pada pH 4.

Pada table 1 juga terlihat bahwa pada suhu 30 °C (s_0), interaksi dengan 7,5 gram karbon aktif (s_0p_3) menghasilkan efektivitas penyerapan yang lebih besar dibandingkan interaksi dengan 10 gram karbon aktif (s_0p_4). Begitu juga pada suhu 35 °C (s_1), 40 °C (s_2), 45 °C (s_3) dan 50 °C (s_4). Hal ini diduga telah terjadi kesetimbangan reaksi pada penambahan 10 gram karbon yang bersifat *excess* (berlebih) yang menyebabkan reaksi bergeser ke arah kiri sehingga ikatan kovalen pada senyawa XPbOH sebagian ada yang terlepas dan terurai kembali menjadi PbOH⁺ dan X. Keberadaan PbOH⁺ dalam pelarutnya inilah yang menyebabkan kandungan ion-ion logam Pb menjadi meningkat kembali sehingga efektivitas penyerapan menurun.

KESIMPULAN

Penambahan karbon aktif berpengaruh nyata terhadap efektivitas penyerapan karbon aktif dari ion logam Mn, Fe dan Pb pada air limbah AAS terkonsentrat. Suhu berpengaruh nyata terhadap efektivitas penyerapan karbon aktif dari ion logam Mn, Fe dan Pb pada air limbah AAS terkonsentrat. Interaksi antar penambahan karbon aktif dan suhu berpengaruh nyata terhadap efektivitas penyerapan karbon aktif dari ion logam Mn, Fe dan Pb pada air limbah AAS terkonsentrat. Efektivitas penyerapan yang optimal terhadap ion logam Mn dan Pb pada air limbah AAS terkonsentrat diperoleh pada berat karbon aktif 7,5 g (P_3) dan suhu 50 °C (S_4) secara berturut-turut yaitu 79,06 % dan 80,94 %, sedangkan terhadap ion logam Fe diperoleh pada berat karbon aktif 10,0 g (P_4) dan suhu 50 °C (S_4) yaitu sebesar 99,54 % untuk 250 ml air limbah AAS terkonsentrat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aqbar, M, Maming, Hala Y dan Zakir M. 2014. Kondisi Optimum Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Menggunakan Karbon Aktif dari Sekam padi dengan Iradiasi Gelombang Ultrasonik. Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin.
- Arifin. 2008. *Potensi Karbon Aktif Sebagai Media Adsorpsi Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd)*. SMK N 3 Kimia. Madiun.
- Atkins, PW. 1999. Kimia Fisika "ed ke-2 Kartahadiprojo Irma I. Penerjemah Indarto Purnomo Wahyu. editor Jakarta Erlangga. Terjemahan dari: Physical Chemistry.
- BSN. 2009. Air dan Air Limbah-Bag. 4: Cara Uji Besi (Fe) secara AAS-nyala (SNI 6989.4:2009). BSN. Jakarta.

- BSN. 2009. Air dan Air Limbah-Bag. 5: Cara Uji Mangan (Mn) secara AAS-nyala (SNI 6989.5:2009). BSN. Jakarta.
- BSN. 2009. Air dan Air Limbah-Bag. 8: Cara Uji Timbal (Pb) secara AAS-nyala (SNI 6989.8:2009). BSN. Jakarta.
- Castellan, GW. 1982. *Physical Chemistry Third Edition*. New York: General Graphic Services.
- Earnestly, F. 2007. "The Use Of The Peel Of Mangosteen (*Garcinia Mangostana L*) As Biosorbent Of Pb(II), Ni(II), Cd(II), And Cr(VI) Ion". Department of Chemistry, Andalas University. Indonesia.
- Elisabeth, J dan Ginting, SP. 2003. Pemanfaatan Hasil Samping Industri Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pakan Ternak Sapi Potong. Skripsi Fakultas Peternakan-Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wahyuni, E.T. 2014. Dampak Limbah B3 dan Upaya Pengolahan. Jurusan Kimia Fakultas MIPA UGM. Yogyakarta.
- Esterlita, M.O. dan Netti, H. 2015. Pengaruh Penambahan Aktivator ZnCl₂, KOH, Dan H₃PO₄ Dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (*Arenga Pinnata*). Jurnal Teknik Kimia USU. Vol. 4. No.1, hal. 47-52.
- Fauzi dan Yan. 2008. "Kelapa Sawit". Jakarta: Penebar Swadaya.
- Gultom, EM dan Lubis MT. 2014. Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H₃PO₄ untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb. Jurnal Teknik Kimia USU, Vol. 3, No. 1. Universitas Sumatera Utara.
- Haspiadi. 2015. Analisis Kelayakan Pemanfaatan Limbah Padat *Palm Kernel Cake* (PKC) Sebagai Sumber Karbon Aktif. Tesis Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Mulawarman. Samarinda.
- HS, Iman Rahayu. 2002. Upaya Pemanfaatan Bungkil Inti Sawit (*Palm Kernel Cake*) Pada Pakan Ayam. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. IPB-Bogor.
- Hutagalung, HP. 2000. Pencemaran Laut Oleh Logam Berat. Puslitbang Oseanologi. LIPI. Jakarta.
- Koesnarpadi, S. 2007. Biotransformasi kromium (VI) oleh bakteri *Pseudomonas putida*. Jurnal Kimia Mulawarman Vol. 5 Nomor 1. Samarinda.
- Kolade, OO, Coker, AO, Sridhar, MKC & Adeoye, GO. 2005. *Palm Kernel Waste Management Through Composting and Crop Production*. Volume:5 Issue:2.
- Mahmudah, D dan Suharyadi, E. Studi Adsorpsi Logam Cu(II), Mn(II), dan Ni(II) dalam Artificial Limbah Cair dengan Menggunakan Adsorben Nanopartikel Magnetit (Fe₃O₄), jurnal HFI XXVIII, 2014, ISSN : 0853-0823.
- Mahdian dan Saadi, P. 2008. Pengaruh Konsentrasi dan pH Larutan Terhadap Adsorpsi Timbal (II) dan Kadmium (II) Pada Adsorben Biomassa Apu-apu Dengan Metode Statis. Jurnal Kalimantan Scientiec No. 71 th. XXVI Vol. April 2008.

- Manocha, Satish M. 2003. *Porous Carbon*. Sadhana Vol. 28, Part 1 & 2 p.335-348. India.
- Marsh, H., Francisco, R. and Reinoso. 2006. "*Activated Carbor*". Elsevier Science & Technology Books.
- Moran L & Masciangioli T. 2010. Keselamatan dan Keamanan Laboratorium Kimia. The National Academis Press. Washington DC.
- Mulyati, S. 2006. Potensi Batubara Lokal dengan Perlakuan sebagai Adsorben untuk Penanganan Limbah Cair Benzena dan Toluena. Departemen Teknik Gas dan Petrokimia, FTUI.
- Notoatmodjo, S. 2003. Prinsip-Prinsip Dasar Ilmu Kesehatan Masyarakat. Cet. ke-2 Mei. Rineka Cipta. Jakarta.
- Nurmayanti, V & Hastuti, E. 2014. Karakterisasi Sifat Fisis Membran Polimer Matrik Komposit (PMC) Dari Karbon Aktif Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Berat Pada Minyak Goreng Bekas. Jurnal Neutrino Vol. 6 No. 2 April 2014. UIN Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Oxtoby, D. W. 2001. *Kimia Modern*. Erlangga. Jakarta
- Pasaribu, MD. 2011. Pemberian Bungkil Sawit Yang Diberi Hemicell Dicampur Dalam Ransum Terhadap Performans Itik Raja (Mojosari Alabio) Umur 7 Minggu. Skripsi Fakultas Peternakan-USU. Medan.
- Pasaribu, N. 2004. Minyak Buah dan Kelapa Sawit. FMIPA USU Press, Medan.
- Prov. Kaltim. 2011. Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 2 th. 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air & Pengendalian Lingkungan. Provinsi Kaltim. Samarinda.
- Ramdja, A.F., Halim M. dan Handi, J. 2008. Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Kelapa (*Cocus nucifera*). Jurnal Teknik Kimia. Vol. 15. No.2, hal. 1-8.
- Rios JP, Bess-Oberto L, Tiemann KJ and Gardea-Torresdey. 1999. *Investigation of Metal Ion Binding by Agricultural by Product*. Proceedings of the 1999 Conference on Hazardous Waste Research.
- Reynold, TD. 1982. *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*. Woods Worths Inc : Texas.
- Sembiring, MT & Sinaga, TS. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya). USU Digital Library. Sumatera Utara.
- Siregar, Z. dan Mirwandhono, E. 2004. Evaluasi Pemanfaatan BIS yang Difermentasi dengan *Aspergillus Niger* hidrolisat tepung bulu ayam dan suplementasi mineral Zn dalam ransum ayam pedaging.

- Sianipar, J., Batubara, L.P. dan Tarigan, A. 2003. Analisis Potensi Ekonomi Limbah dan Hasil Ikutan Perkebunan Kelapa Sawit sebagai Pakan Kambing Potong. Laporan Hasil Penelitian. Loka Penelitian Kambing Sungai Putih, Sumatera Utara.
- Soedjarwo. 2003. Pengolahan Air limbah Domestik, Rumah Sakit dan Hotel. Pelatihan Dasar Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air limbah. Pusteklim, Yogyakarta.
- Sunarya, Y dan Agus, S. 2007. Kimia.: PT. Setia Inves. Bandung.
- Suprpto S. 2008. Karbon Aktif "Ensiklopedia Batubara".
- Suprihatin & Indrasti, NS. 2010. Penyisihan Logam Berat Dari Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi dan Adsorpsi. MAKARA SAINS Vol. 14 No. 1 April 2010 hal. 44-50. IPB-Bogor.
- Suryawan, B. 2004. Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air. Disertasi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Susilowati. 2015. Efektivitas Pemanfaatan Karbon Aktif Limbah Inti Sawit Sebagai Media Penurunan Kadar Amoniak Dalam Air Limbah RS Dirgahayu Kec. Samarinda Ulu Kota Samarinda. Skripsi Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Widya Gama Mahakam. Samarinda.
- Suzuki, M. 1990. *Adsorption Engineering*. Kodansha Ltd. Tokyo. Syauqiah, I, Amalia, M & Kartini, HA. 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. INFO TEKNIK, Vol. 12 No. 1 Juli 2011. Universitas Lambung Mangkurat-Banjarmasin.
- Tangio, JS. 2012. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomasa Enceng Gondok (*Eichhorniacrassipes*), Skripsi. FMIPA Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- Webber, 1972. *Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics*. Queensland: Imperial College Press.
- Widowati, W, Sastiono, A & Jusuf, R. 2008. Efek Toksik Logam-Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran. Andi Publisher. Yogyakarta.