

Komposit Karbon Aktif dari Bahan Serbuk Gergaji Kayu Karet dan Nanomagnetik Fe_3O_4 + PVDF Sebagai Bahan Penyerap Limbah Cair Berbasis Logam Berat

Antonius Surbakti¹, Sukendi², Erman Taer³

^{1,3}Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau Kampus Bina Widya Panam KM 12.5 Pekanbaru

²Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Riau Jalan Pattimura No.09 Gedung.I Gobah Pekanbaru, Telp. 0761-23742

Abstract: *Research "of Activated Carbon Composite Materials from Rubber wood Sawdust and addition of Fe_3O_4 +PVDF Nano-Magnetic for Liquid Waste Absorbent Materials based Heavy Metal". The study aims to measure the ability of activated carbon from rubber wood sawdust as an adsorbent of heavy metals such as Cu, Cd and Pb. This research was performed with collection and analyzing data in the laboratory. The mixing process for carbon powder, nano-magnetic Fe_3O_4 and PVDF were use a ball-milling instrument for 2 hours. Samples were activated with KOH activating agent and followed by carbonization process at a temperature of 850 ° C. Results of the untreated samples for the liquid waste contain of Cu, Cd, and Pb with concentration of 15.2918 ppm, 5.5444 ppm and 84.9456 ppm, respectively. Once treated with rubber wood based activated carbon the maximum adsorption occurs in time immersion for 2 hours. The maximum adsorption concentration were as high as 7.8964 ppm (48.36%), 5.0067 ppm (9.69%) and 23.6320 ppm (72.17%) for Cu, Cd and Pb, respectively. The next absorption process were followed by combination of activated carbon and nano-magnetic Fe_3O_4 , the result were 0.2592 ppm (98.30%), 4.5189 ppm (18.49%) and 1.1635 ppm (98.63%) for Cu, Cd and Pb. The maximum adsorption concentration after treated with a mixture of carbon powder and nano-magnetic Fe_3O_4 plus PVDF, for Cu was 0.2843 ppm (98.14%), Cd was 4.6650 ppm (15.86%) and Pb at 0.7574 ppm (99.10%). As a conclusion can be found the increasing for the heavy metal absorption for every step experiments, and composite activated carbon, nano magnetic Fe_3O_4 and PVDF was the best adsorption material for heavy metal ion in the liquid waste.*

Key words: *Heavy metals, powder activated carbon, adsorbent, rubber wood sawdust*

Pencemaran yang diakibatkan oleh logam berat harus mendapat perhatian yang serius karena bila terserap dan terakumulasi di dalam tubuh akan mengganggu kesehatan bahkan kematian. Logam berat dapat menyebabkan kanker paru-paru, kerusakan hati (liver) dan ginjal. Jika kontak dengan kulit menyebabkan iritasi dan jika tertelan dapat menyebabkan sakit perut dan muntah (Connel *et al*, 1995).

Logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis berdasarkan sudut pandang toksikologi. Jenis pertama adalah logam berat esensial, di mana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn dan lain sebagainya. Sedangkan jenis kedua adalah logam berat tidak esensial atau beracun, dimana

keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain. Keberadaan logam berat dilingkungan, khususnya diperairan dapat disebabkan oleh peningkatan perkembangan industri yang membuang limbahnya ke perairan tanpa melakukan proses adsorpsi yang memadai, sehingga dapat terakumulasi pada tumbuhan dan hewan yang berada dilingkungan yang telah tercemar tersebut, sehingga dapat menjadi rantai penghubung logam berat dengan kehidupan manusia.

Pengurangan bahan-bahan logam berat yang terkandung di dalam air limbah sangat perlu dilakukan untuk meningkatkan taraf kesehatan umat manusia. Cara yang umum digunakan untuk meminimalisir logam berat pada lingkungan seperti: penyerapan, osmosis

terbalik, pertukaran ion, penyaringan dan proses penggunaan membran. Penyerapan adalah proses yang lebih efektif dengan biaya yang lebih ekonomis. Karbon aktif dengan sifat-sifat luas permukaan yang tinggi, struktur mikro, stabil secara kimia dan harga yang relatif murah adalah sangat potensial sebagai bahan penyerap logam berat di perairan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan efektifitas penggunaan karbon aktif sebagai penjerap logam berat. (Kalavathy *et al* 2005). Pemilihan bahan dasar karbon dan kondisi aktivasi sangat menentukan kinerja elektrokimia pada permukaan karbon, ukuran distribusi pori dan konduktivitas listrik yang dihasilkan. Kinerja elektrokimia yang baik dapat diperoleh dari karbon aktif yang permukaannya memiliki struktur mesopori, dan tipe ini dapat diperoleh dari jenis kayu (Xu *et al*, 2008). Kayu karet merupakan jenis kayu yang baik untuk bahan karbon karena mengandung unsur karbon organik yang cukup tinggi dan berdasarkan penelitian FAO (Food and Agricultural Organization) sekitar 79%, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon aktif dan juga ketersediaan kayu karet di Riau cukup berlimpah. Luas lahan kebun karet hingga Mei 2015 tercatat sebesar 503.264 Ha. (Badan Pelayanan Terpadu dan Penanaman Modal Kota Pekanbaru, 2015). Penelitian pendahuluan telah dilakukan menggunakan serbuk gergaji kayu karet yang telah dikarbonisasi dan diaktivasi dan memberikan hasil penjerapan 34,1% untuk logam Fe dan ditambah dengan bahan nanomagnetik Fe_3O_4 mampu menjerap 39.63% dengan waktu perendaman 2 jam. Untuk meningkatkan daya serap karbon aktif terhadap Fe maka dilakukan penambahan perekat PVDF kedalam serbuk karbon yang telah diberi nanomagnetik Fe_3O_4 agar Fe tidak mudah terurai dan diperoleh hasil 78,5%. (Taer *et al*, 2013). Berdasarkan hal diatas maka pada penelitian ini dicoba menggunakan serbuk gergaji kayu karet sebagai karbon aktif yang telah diaktivasi dan dengan penambahan nanomagnetik Fe_3O_4 + PVDF untuk menjerap logam berat Cu, Cd dan Pb dari limbah, dan diharapkan logam berat Cu, Cd dan Pb dapat direduksi dari perairan sehingga pencemaran lingkungan dapat dikurangi dan pada akhirnya dapat meningkatkan taraf kesehatan masyarakat secara keseluruhan..

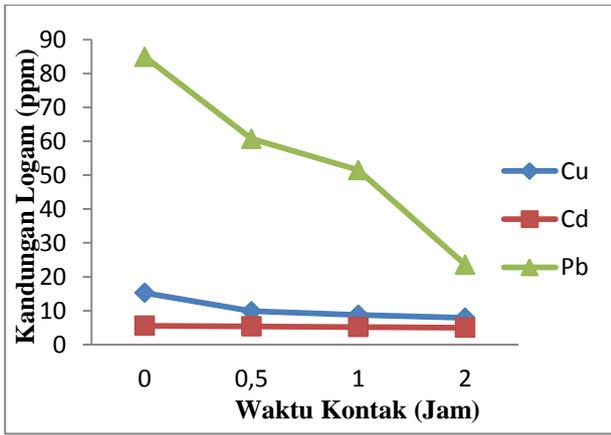
BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan bahan serbuk gergaji kayu karet yang telah di pra-karbonisasi pada suhu $280^{\circ}C$ sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif. Serbuk karbon aktif tersebut dihaluskan dengan menggunakan *Ball Milling* selama 20 jam yang bertujuan untuk menghasilkan serbuk yang ukurannya lebih kecil atau menjadi lebih halus. Serbuk karbon yang sudah halus, kemudian diayak dengan menggunakan ayakan berukuran $38 \mu m$ untuk mendapatkan ukuran butiran $\leq 38 \mu m$ sehingga serbuk yang dihasilkan menjadi serbuk yang homogen. Proses aktivasi dilakukan dengan menggunakan aktivator KOH dengan perbandingan berat KOH dan serbuk karbon adalah 4:1, kemudian dinetralkan menggunakan aquades berulang-ulang hingga pH air cucian menjadi netral. Tujuan dari aktivasi adalah memperbesar pori yang akan meningkatkan daya adsorpsi. Selanjutnya serbuk karbon yang telah diaktivasi dicampur dengan serbuk $FeCl_3$ dengan perbandingan 5:3. Pencampuran dilakukan dengan menggunakan mortar dan dilanjutkan dengan proses *Ball Milling* selama 2 jam. Sampel yang telah dicampur kemudian di karbonisasi pada suhu $850^{\circ}C$ dalam gas N_2 dan dilanjutkan dengan pencucian dan pengeringan untuk menghasilkan campuran nano dan serbuk karbon ditambah dengan bahan perekat yaitu Polyvinylide Fluoride (PVDF).

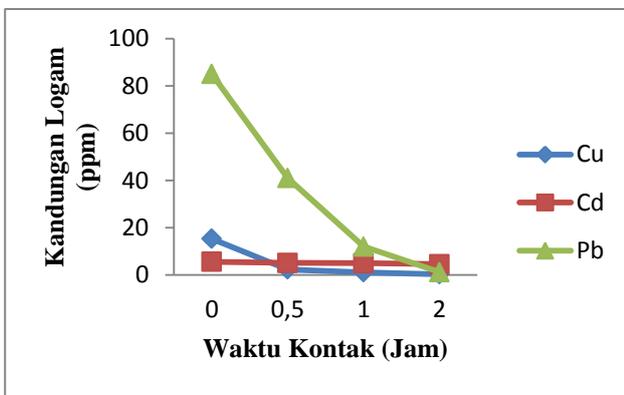
HASIL

Hasil Uji Spektroskopi Serapan Atom. Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui kemampuan sampel dalam mengadsorpsi logam berat Cu, Cd dan Pb dalam larutan yang mengandung limbah logam berat dengan uji Spektroskopi Serapan Atom.

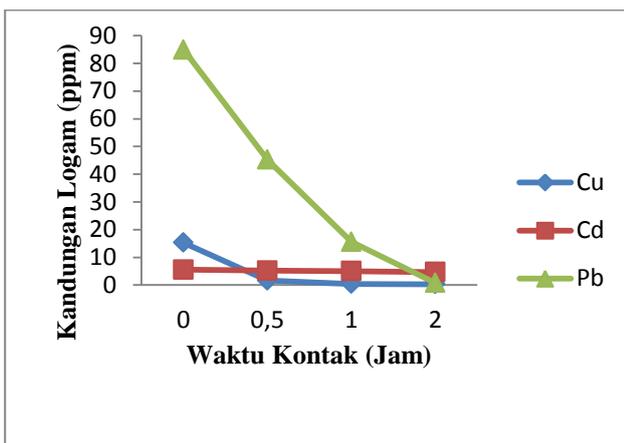
Hasil Adsorpsi Logam Berat Cu, Cd dan Pb. Hasil adsorben dari sampel serbuk karbon aktif gergaji kayu karet, serbuk karbon yang dicampurkan dengan nano Fe_3O_4 dan serbuk yang telah dicampurkan nano ditambah dengan PVDF terhadap logam berat Cu, Cd dan Pb dengan menggunakan uji Spektrometer Serapan Atom, dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan 3.



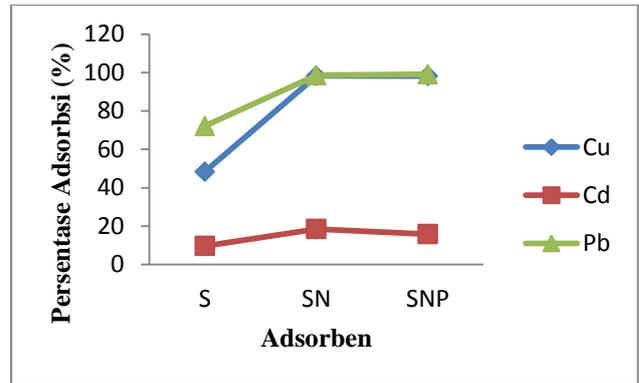
Gambar 1. Hubungan Waktu Kontak terhadap Kandungan Logam untuk sampel serbuk karbon



Gambar 2. Hubungan Waktu Kontak terhadap Kandungan Logam untuk Sampel serbuk karbon ditambah nano



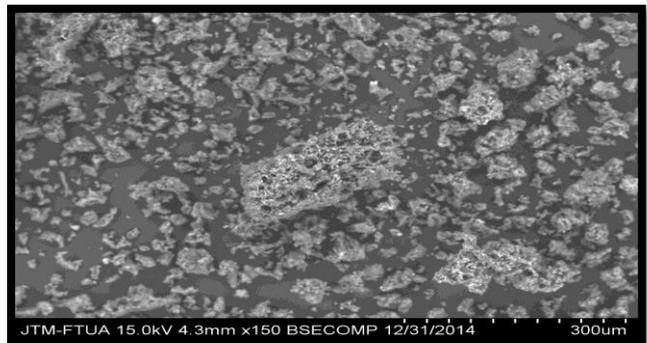
Gambar 3. Hubungan Waktu Kontak terhadap Kandungan Logam untuk sampel campuran serbuk karbon dan nano ditambah PVDF



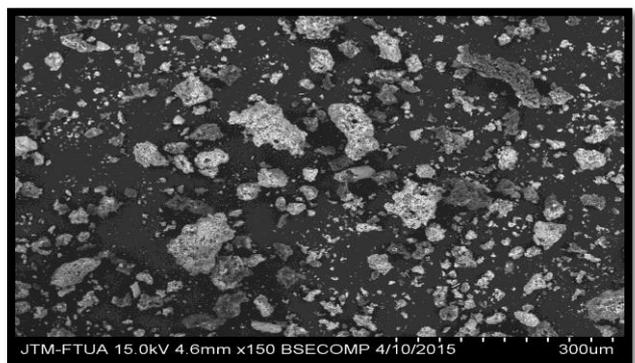
Gambar 4. Persentase Adsorpsi Logam Berat Cu, Cd dan Pb untuk sampel S (Serbuk Karbon), SN (Serbuk Karbon ditambah nano) dan SNP (Campuran serbuk karbon dan nano ditambah PVDF).

Hasil Pengujian *Scanning Electron Microscopy*

Hasil analisis *Scanning Electron Microscopy (SEM)* untuk sampel serbuk karbon, serbuk karbon ditambah nano, campuran serbuk karbon dan nano ditambah PVDF sesudah proses penyerapan logam berat ditunjukkan pada Gambar 5, 6 dan 7.

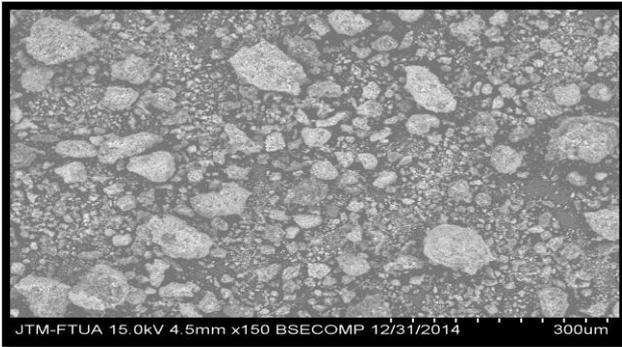


Gambar 5. Hasil SEM untuk Sampel Serbuk Karbon dengan Pembesaran 150X

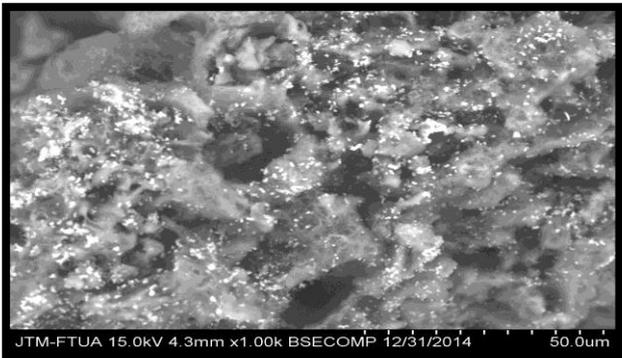


Gambar 6. Hasil SEM untuk sampel serbuk karbon ditambah dengan Pembesaran 150X

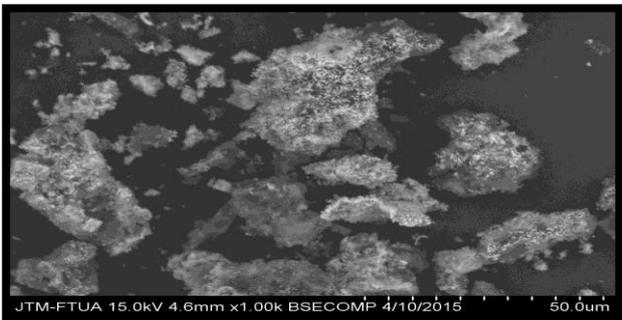
PEMBAHASAN



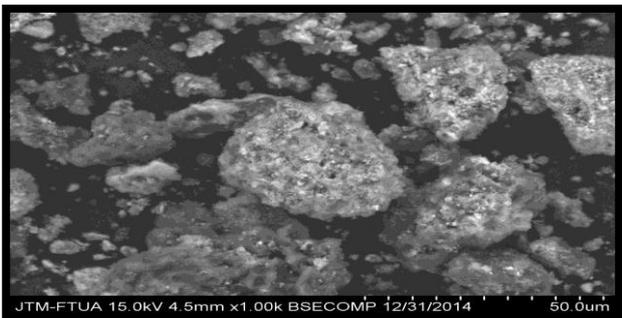
Gambar 7. Hasil SEM untuk sampel campuran serbuk karbon dan nanoditambah PVDF dengan Pembesaran 150X



Gambar 8. Hasil SEM untuk Sampel Serbuk Karbon dengan Pembesaran 1000X



Gambar 9. Hasil SEM untuk sampel serbuk karbon ditambah nano dengan Pembesaran 1000X



Gambar 10. Hasil SEM untuk sampel campuran serbuk karbon dan nano ditambah PVDF dengan Pembesaran 1000X

Gambar 1, 2 dan 3 merupakan grafik dari data adsorben logam berat terhadap waktu kontak. Logam berat Cu di tandai dengan Gambar yang berwarna biru, warna merah untuk logam berat Cd dan warna hijau untuk logam berat Pb yang dilakukan dengan memberi perlakuan yang berbeda yaitu dengan perendaman serbuk karbon, serbuk karbon ditambah nano, campuran serbuk karbon dan nano ditambah PVDF. Grafik tersebut menunjukkan bahwa untuk ke tiga perlakuan mengalami peningkatan adsorpsi dari waktu ke waktu. Adsorpsi maksimum terjadi pada waktu perendaman selama 2 jam. Masing-masing nilai konsentrasi adsorpsi maksimum setelah diberi perlakuan serbuk karbon yaitu 7,8964 ppm logam Cu, 5,0067 ppm logam Cd dan 23,6320 ppm logam Pb. Nilai konsentrasi adsorpsi maksimum setelah diberi perlakuan serbuk karbon ditambah nano yaitu 0,2592 ppm logam Cu, 4,5189 ppm logam Cd dan 1,1635 ppm logam Pb. Sedangkan nilai konsentrasi adsorpsi maksimum setelah diberi perlakuan campuran serbuk karbon dan nano ditambah PVDF yaitu 0,2843 pp logam Cu, 4,6650 ppm logam Cd dan 0,7574 ppm logam Pb.

Grafik persentase adsorpsi maksimum logam berat Cu, Cd dan Pb untuk perlakuan yang berbeda-beda yaitu dengan sampel serbuk karbon, serbuk karbon ditambah nano dan campuran serbuk karbon dan nano ditambah PVDF dengan perendaman selama 2 jam seperti terlihat pada gambar 4.

Persentase adsorpsi logam berat Cu yaitu 48,36%, logam berat Cd 9,69% dan 72,17% logam berat Pb untuk sampel serbuk karbon. Sementara untuk sampel serbuk karbon ditambah nano persentase adsorpsi logam berat Cu yaitu 98,30%, logam berat Cd yaitu 18,49% dan logam berat Pb yaitu 98,63%. Sedangkan untuk sampel campuran serbuk karbon dan nano ditambah PVDF persentase adsorpsi logam berat Cu yaitu 98,14%, logam berat Cd 15,86% dan logam berat Pb yaitu 99,10%.

Adsorpsi untuk logam Timbal (Pb), Tembaga (Cu) dan Cadmium (Cd) oleh adsorben cukup signifikan, hal ini disebabkan karena serbuk yang digunakan sebagai adsorben mempunyai luas permukaan yang luas dan banyaknya pori-pori baru yang terbuka karena

proses aktivasi. Sehingga meningkatkan kemampuan adsorben untuk mengikat ion logam Pb, Cu dan Cd. Disamping itu serbuk mempunyai densitas yang kecil sehingga porositasnya besar. Dari ke tiga logam berat yang diadsorbsi penyerapan logam Pb yang paling maksimum yaitu sebesar 84,2028 ppm, dari keadaan awal sebesar 84,9656 ppm, hal ini terjadi karena logam Pb mampu menurunkan tegangan permukaan antar muka yang paling kecil, sehingga logam Pb yang lebih kuat terjerap. Disamping itu logam Pb mempunyai gaya Van der Waals paling lemah dibandingkan dengan logam Cu dan logam Cd, sehingga gaya tarik menarik antara sampel karbon dengan logam Pb terjadi paling kuat dibandingkan dengan logam Cu dan Cd, sedangkan ion-ion yang mempunyai ukuran jari-jari yang lebih kecil akan banyak yang terjerap dan yang mempunyai ukuran jari-jari lebih besar tidak bisa melekat pada dinding adsorben, sedangkan yang ukuran jari-jarinya sama akan tertahan. Ukuran jari-jari atom dari logam Pb sebesar 175 pm, logam Cu sebesar 128 pm dan logam Cd sebesar 109 pm. Ukuran jari-jari atom logam berat tersebut masih dibawah ukuran jari-jari atom adsorben, yaitu sebesar 1,2 μm sampai 5,6 μm , sehingga adsorben dapat menjerap logam berat. Penjerapan logam berat rata-rata oleh adsorben untuk logam Pb sebesar 99,10%, Cu sebesar 98,10% dan Cd sebesar 15,86 % . Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 thn 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan pengendalian Pencemaran Air, batas yang ditoleransi untuk limbah Cu sebesar 0,02 - 0,2 ppm, limbah logam Cd 0,01 ppm dan limbah logam Pb 0,03 - 1 ppm, sedangkan dari penelitian yang dilakukan dengan menggunakan karbon aktif dari serbuk gergajian kayu karet dengan penambahan nanomagnetik Fe_3O_4 dan PVDF memberikan hasil 0,2592 ppm untuk Cu dan 0,7574 ppm untuk Pb dan 4,6650 ppm untuk logam Cd. Dari hasil ini limbah logam Pb dengan perendaman selama 2 jam dapat memenuhi ambang batas yang ditentukan sedangkan logam Cu sudah mendekati, tetapi untuk logam Cd masih jauh dari batas toleransi yang diperbolehkan. Selain karbon aktif dari serbuk gergaji pohon karet, karbon aktif yang terbuat dari bahan dasar buah pohon cemara telah juga dilakukan, karbon aktif ini berfungsi untuk menyerap logam berat yang terdapat pada

limbah. Logam berat yang dapat dijerap oleh karbon aktif ini adalah Cu dengan penyerapan maksimum $\pm 50\%$ (Milan, *et al*, 2011). Penyerapan ion logam Cd dan Cr dalam air limbah menggunakan sekam padi juga sudah pernah dilakukan, (Nurhasni *et al*, 2010), Efisiensi penyerapan pada air limbah multikomponen untuk Cd adalah 70,42 %, sedangkan untuk Cr adalah 71,55 %.

Dengan melihat besarnya kemampuan serbuk gergaji pohon karet untuk mengadsorbsi logam berat, maka serbuk yang terbuat dari serbuk gergaji pohon karet dapat digunakan untuk mentreatman air limbah dari pabrik-pabrik yang mengandung Cu dan Pb sebelum dibuang ke lingkungan, sehingga dapat meminimalisir pencemaran pada lingkungan.

Gambar 5, 6 dan 7 merupakan Gambar hasil SEM dengan pembesaran 150X untuk ketiga adsorben yaitu serbuk karbon, serbuk karbon ditambah nano dan campuran serbuk karbon dan nano ditambah PVDF setelah mengadsorbsi logam berat selama perendaman 2 jam. Gambar tersebut menunjukkan bahwa ukuran partikel dari ketiga sampel secara umum berbentuk seperti bongkahan-bongkahan yang tersusun tidak teratur.

Hasil analisis SEM dengan perbesaran 1000X untuk ketiga adsorben yaitu serbuk karbon, serbuk karbon ditambah nano dan campuran serbuk karbon dan nano ditambah PVDF setelah mengadsorbsi logam berat selama perendaman 2 jam, dapat dilihat pada gambar 8, 9 dan 10.

Gambar tersebut menunjukkan adanya serbuk yang berwarna keputihan yang menyebar pada permukaan adsorben. Scanning electron microscopy (SEM) digunakan untuk melihat ukuran rongga dari sampel karbon aktif serbuk gergaji pohon karet. SEM micrograph menunjukkan bahwa beberapa makropori dihasilkan pada permukaan luar karbon selama proses aktivasi. Fenomena ini terjadi dikarenakan proses pelepasan bahan selain karbon. Pada perbesaran 150X terlihat jelas jarak antara partikel yang satu dengan yang lainnya pada serbuk karbon gergaji kayu karet. Ukuran dari partikel serbuk karbon aktif semakin terlihat jelas pada perbesaran 1000X, dengan demikian logam berat yang mempunyai jari-jari atom lebih kecil dari jari-jari atom adsorben akan diserap.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil suatu kesimpulan sebagai berikut yaitu

1. Kemampuan karbon aktif serbuk gergaji kayu karet untuk menyerap limbah logam berat Cu sebesar 7,8964 ppm (48,36%), logam Cd sebesar 5,0067 ppm (9,69%) dan logam Pb sebesar 23,6320 ppm (72,17%).
2. Kemampuan karbon aktif serbuk gergaji kayu karet ditambah nanomagnetik Fe₃O₄ untuk menyerap limbah logam berat Cu sebesar 0,2592 ppm (98,30%), logam Cd sebesar 4,5189 ppm (18,49%) dan logam Pb sebesar 1,1635 ppm (98,63%).
3. Kemampuan karbon aktif serbuk gergaji kayu karet ditambah nanomagnetik Fe₃O₄ dan PVDF untuk menyerap logam Cu sebesar 0,2843 ppm (98,14%), logam Cd sebesar 4,6650 ppm (15,86%) dan logam Pb sebesar 0,7574 ppm (99,10%).
4. Efektifitas penyerapan karbon aktif serbuk gergaji kayu karet terhadap limbah logam berat Cu, dan Pb adalah selama 2 jam, sedangkan untuk logam Cd karbon aktif tidak memberikan hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pelayanan Terpadu dan Penanaman Modal Kota Pekanbaru. 2015. *Peluang Investasi Kota Pekanbaru*. Kepala BTPM Kota Pekanbaru
- Connel, D.W., and Miller, G.J., 1995, *Kimia dan Ekotoksikologi Pencemaran, Terjemahan Yanti Koestoer*, UI Press, Jakarta.
- M. H. Kalavathy, T. Karthikeyan, S. Rajgopal, and Miranda. 2005. *Kinetic and Isotherm Studies of Cu (II) Adsorption Onto-Activated Rubber Wood Sawdust*. Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 292, 2005 p. 354-362.
- Milan, M., Milovan, P., Aleksandar, B., Zurabica., Marjan, R., 2011, *Removal of lead(II) ions from aqueous solutions by adsorption onto pine cone activated carbon*, Departemant of Chemistry, University of Nis, Serbia, 53-59m.
- Nurhasni, H., Nubzah, S., 2010,

Penyerapan Logam Kadmium dan Kromium pada Air Limbah Laboratorium Kimia, Program Studi Kimia FST UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.

- Taer, E. Sugianto, Rahmi, A, Z. Iwantono. 2013. *Penyediaan dan Karakterisasi Karbon Aktif Monolit Tanpa Perekat dari Ampas Tebu untuk Penyerapan Logam Berat Besi (Fe)*. Seminar Nasional Fisika Universitas Andalas, Padang.
- Xu, B. Wu, F. Chen, R. Cao, G. Yang, Y. 2008. *Highly Mesoporous and High Surface Area Carbon: High Capacitance Material for EDLCs with Various Electrolytes*. Electrochemistry Communication, 10: 795-797

