

**PEMBERIAN ARANG AKTIF DARI CANGKANG KELAPA SAWIT
TERHADAP PENYERAPAN LOGAM BERAT KADMIUM (Cd) DAN
TEMBAGA (Cu) PADA AIR ASAM TAMBANG**

**Application Of Activated Charcoal From Palm Oil Shell For Cadmium (Cd) and Cooper
(Cu) Heavy Metal Adsorption In Acid Mine Drainage**

Irwansyah Noor¹⁾, Bambang Priatmadi, Fatmawati, Kissinger

Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Lambung Mangkurat
e-mail: ¹⁾ irwansyah.noor91@gmail.com

Abstract

One of the solutions for solving the acid mine drainage problem of heavy metal like cadmium (Cd) and cooper (Cu) is by using activated charcoal from palm oil shell and activating H_3PO_4 to enlarge pores of charcoal surface, then it can adsorp maximum amount of heavy metal. The purposes of this research are for analyzing the characteristic of activated charcoal from palm oil shell by activating H_3PO_4 , analyzing the effect of applicated charcoal with or without activating H_3PO_4 for heavy metal like Cd, Cu and pH in acid mine drainage, and analyzing the variations of the most effective dose of heavy metal adsorption like Cd, Cu and pH enhancement. This research using the experiment method for testing the ability of activated charcoal from palm oil shell for cadmium (Cd) and cooper (Cu) heavy metal adsorption in acid mine drainage using Completely Randomized Design Non Factorial using one factor of treatment and difference of activated charcoal doses are 5 g, 10 g, 20 g dan 30 g with three times of repetitions. The result of this research showing that the characteristic of charcoal from palm oil shell can be used as an ingredient for making the activated charcoal that fulfill the quality of activated charcoal accordance with the standart of SNI 06-3730-95, the application of activated charcoal from palm oil shell by activating H_3PO_4 which is effected for Cd and Cu heavy metal and pH of acid mine drainage, the application of activated charcoal from palm oil shell with or without activating H_3PO_4 is effected for pH of acid mine drainage with a little difference that activated charcoal has better result than the unactivated charcoal, and the most effective dose of variations of activated charcoal by using H_3PO_4 is 5 g for adsorpting Cd and Cu and the most effective dose for enhancing pH is 30 g.

Keywords : Activated Charcoal; Palm Oil Shell; Cd; Cu; pH

PENDAHULUAN

Air Asam Tambang (AAT) atau *Acid Mine Drainage (AMD)* merupakan salah satu hal yang menjadi sebuah permasalahan lingkungan pada industri pertambangan batubara (Sayoga, 2007). Salah satu permasalahannya seperti terjadinya peningkatan kandungan logam berat pada air

asam tambang yang bisa berubah menjadi racun atau toksik untuk organisme yang terdapat di dalam ekosistem lingkungan di wilayah pertambangan (I Ismarti, 2017). Seperti contoh pada logam berat kadmium (Cd) dan tembaga (Cu), dimana kadmium (Cd) ialah logam yang bersifat kronis dan pada manusia biasanya terakumulasi dalam ginjal. Keracunan kadmium akan

menimbulkan muntah, mual, diare dan kejang perut. Keracunan kronis terjadi bila inhalasi kadmium dosis kecil dalam waktu lama dan gejala juga berjalan kronis. Kadmium menyebabkan nefrotoksitas (toksik ginjal), yaitu gejala proteinuria, glikosuria, dan aminoasiduria disertai dengan penurunan laju filtrasi glomerulus ginjal. Kasus keracunan kadmium kronis bisa menyebabkan juga masalah gangguan kardiovaskuler dan hipertensi. Hal ini terjadi karena tingginya afinitas jaringan ginjal terhadap kadmium. Selanjutnya kadmium juga dapat mengakibatkan terjadinya osteomalase karena terjadi interferensi daya keseimbangan kandungan fosfat dan kalsium dalam ginjal (Darmono, 2001). Begitu pula dengan tembaga (Cu), Tembaga (Cu) bisa memicu gejala yang timbul pada manusia seperti muntah, mual, sakit perut, hemolisis, netrofisis, kejang, dan akhirnya mati. (Darmono, 2005). Namun, karena dampak dan bahaya logam berat ini, ada cara menurunkan konsentrasi logam berat dalam kandungan air asam tambang ini, salah satu caranya ialah dengan menggunakan arang aktif (Sembiring, 2003).

Pada penelitian ini penulis mencoba meneliti permasalahan air asam tambang yaitu logam berat kadmium (Cd) dan tembaga (Cu) menggunakan arang aktif dari cangkang kelapa sawit, dengan penambahan aktivasi menggunakan H_3PO_4 untuk memperbesar pori-pori dari permukaan arang aktif tersebut sehingga dapat menyerap logam berat dengan maksimal, dengan tujuan untuk menganalisis karakteristik arang aktif cangkang kelapa sawit menganalisis pengaruh sebelum dan sesudah pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit terhadap logam berat Cd dan Cu dan pH air asam tambang, dan menganalisis variasi dosis paling efektif dalam penyerapan logam berat Cd, Cu dan kenaikan pH.

Dengan adanya pemanfaatan arang aktif cangkang kelapa sawit bisa mereduksi terhadap logam berat yang ada di dalam air

asam tambang sehingga dapat meminimalisir atau mencegah pencemaran dan dampak negatif yang dihasilkan dari logam berat air asam tambang

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan untuk menganalisa pengaruh sebelum dan sesudah pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit terhadap logam berat Cd dan Cu dan pH air asam tambang, serta menganalisis variasi dosis paling efektif dalam penyerapan logam berat Cd, Cu dan kenaikan pH adalah dengan metode eksperimen yang menguji potensi arang aktif dari cangkang kelapa sawit dalam menyerap logam berat berupa Cd, Cu dan kenaikan pH pada air asam tambang. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) *non factorial* karena memakai satu faktor perlakuan dan dosis arang aktifnya berbeda yaitu 5 g, 10 g, 20 g dan 30 g sebanyak 3 (tiga) kali pengulangan dengan alat dan bahan sebagai berikut:

➤ Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air asam tambang, larutan, larutan standar larutan standar kadmium (Cd), larutan standar tembaga (Cu), arang aktif cangkang kelapa sawit, NaOH, larutan H_3PO_4 , aquades, .

➤ Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain pipet tetes, labu ukur 250 mL, 1000 mL, 100 mL, corong, neraca analitik, botol semprot, beaker glass 250 mL, botol kaca, kertas saring, oven, desikator, cawan nikel, , shaker bath, erlenmeyer 250 mL, aluminium foil, furnace, dan alat uji AAS.

Sebelum menganalisa pengaruh pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit terhadap logam berat Cd, Cu dan pH air asam tambang, penulis juga menguji karakteristik arang aktif cangkang kelapa sawit ini sebagai gambaran kualitas bahan

arang aktif dari cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 ini sesuai SNI 06-3730-95.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini adalah cangkang kelapa sawit dengan karakteristiknya. Karakteristik kualitas arang aktif yang dibahas berikut meliputi bagian hilang pada pemanasan $950^\circ C$, kadar air, kadar abu, daya serap terhadap iodine, juga pengaruhnya terhadap sebelum dan sesudah pemberian arang aktif dengan Aktivasi H_3PO_4 cangkang kelapa sawit untuk penyerapan Logam Berat Cd Cu, serta kenaikan pH air asam tambang dan variasi dosisnya yang paling efektif dari arang aktif

berbahan limbah cangkang kelapa sawit yang teraktivasi H_3PO_4 dalam penyerapan logam berat Cd, Cu dan Kenaikan pH.

Uji Karakteristik Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit

Dalam penggunaan arang aktif terlebih dahulu dipastikan bahwa kualitas arang aktif yang di buat dari cangkang kelapa sawit ini telah memenuhi kualitas arang aktif sesuai persyaratan SNI 06-3730-1995, dengan karakteristik arang aktif yang di uji yaitu kadar air, kadar abu, bagian hilang pada pemanasan $950^\circ C$, dan daya serap terhadap iodine. Berikut hasil uji karakteristik arang aktif cangkang kelapa sawit, pada Tabel berikut:

Tabel 1. Uji Karakteristik Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit

No	Karakteristik	Persyaratan	Hasil
1	Bagian hilang pada pemanasan $950^\circ C$	Maks 15 %	14,31 %
2	Kadar Air (%)	Maks 15 %	10,51 %
3	Kadar Abu (%)	Maks 10 %	4,76 %
4	Daya Serap Terhadap Iodine	Minimum 750 mg/g	830,66 mg/g

Sumber : Data Primer yang di uji di Laboratorium Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2019

Pengujian karakteristik arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 yaitu pada parameter Bagian hilang pada pemanasan 950° yang bertujuan untuk mengetahui jumlah zat atau senyawa yang belum menguap pada proses karbonisasi dan aktivasi tetapi menguap pada suhu $950^\circ C$, dengan hasil kadar Bagian hilang pada pemanasan 950° yang terukur pada penelitian arang aktif cangkang kelapa sawit dari hasil pengujian, bagian hilang pada pemanasan 950° arang aktif diperoleh nilai 14,31%. Nilai bagian hilang pada pemanasan 950° dalam penelitian ini memenuhi standar SNI 06-3730-1995, yaitu kurang dari 15%.

Dari pengujian ini juga didapatkan nilai rata-rata kadar air arang aktif yang dihasilkan adalah berkisar antara 10,51%.

Kadar air maksimal arang aktif berdasarkan SNI 06-3730-95 adalah 15%, dengan demikian kadar air arang aktif yang dihasilkan memenuhi syarat karena berada dibawah nilai maksimal. Rendahnya nilai kadar air arang aktif menunjukkan kandungan air dalam bahan baku sebagian besar telah menguap pada saat aktifasi. Selain itu, semakin rendah nilai kadar air arang aktif yang dihasilkan maka semakin baik karena akan mempengaruhi daya serap yang dihasilkan oleh arang aktif tersebut (Pari, 1996).

Nilai kadar abu untuk semua arang aktif cangkang lebih rendah dari ambang batas kualitas arang aktif yaitu sebesar 10% atau telah memenuhi standar yang telah ditetapkan SNI 06-3730-95. Kadar abu arang aktif berdasarkan SNI 06-3730-95

maksimal adalah 10% sehingga arang aktif yang dihasilkan yaitu 4,76% telah memenuhi syarat karena kadar abu kurang dari 10 %. Semakin kecil kadar abu yang dihasilkan maka arang aktif akan semakin baik. (Pari, 1996).

Hasil pengujian daya serap iodium arang aktif menunjukkan nilai daya serap terhadap iodine dapat disimpulkan bahwa nilai daya serap iodium arang aktif dalam penelitian ini memenuhi standar SNI 06-3730-1995, yaitu lebih dari > 750 mg/g. Nilai daya serap iodium yang tinggi menggambarkan banyaknya struktur mikropori yang terbentuk.

Uji Adsorpsi Sampel Air Asam Tambang Dengan Pemberian Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi H_3PO_4 Terhadap Logam Berat Kadmium (Cd)

Pengujian sampel air asam tambang dengan pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 dengan perbedaan dosis arang aktif yang digunakan yaitu 5g, 10g, 20g, dan 30g, terhadap parameter logam berat kadmium (Cd), untuk menganalisis pengaruh sebelum dan sesudah pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 terhadap air asam tambang dengan parameter logam berat kadmium (Cd), dan menganalisis variasi dosis paling efektif pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 terhadap air asam tambang dengan parameter logam berat kadmium (Cd). Berikut hasil uji arang aktif cangkang kelapa sawit terhadap logam berat kadmium (Cd), pada Tabel 2.

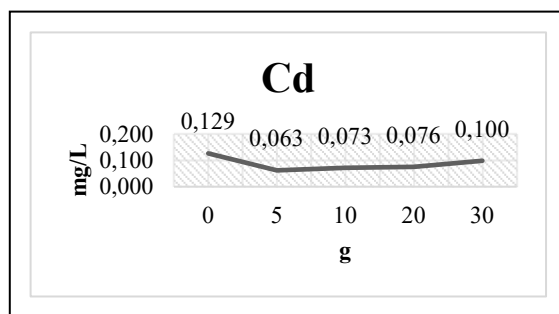
Tabel hasil diatas menunjukkan pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 menurunkan nilai Cd rata-rata sebanyak 0,66 mg/L dibandingkan sebelum pemberian aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 yang mengandung logam berat kadmium (Cd) dengan nilai 0,129 mg/L.

Tabel 2. Uji Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi H_3PO_4 Terhadap Logam Berat Cd Air Asam Tambang Dengan 3 Kali Pengulangan

No	Dosis	Cd (mg/L)			Rata-rata
		1	2	3	
1	0	0,129	0,129	0,129	0,129
2	5	0,023	0,069	0,097	0,063
3	10	0,034	0,073	0,112	0,073
4	20	0,036	0,077	0,116	0,076
5	30	0,050	0,123	0,127	0,100

Sumber : Data Primer yang diuji di Laboratorium Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2019

Hasil diatas terjadi karena banyak faktor yang berpengaruh pada air asam tambang yang di uji, seperti berat dan luas atom Cd yang berbeda dengan senyawa lain yang terkandung di dalam air asam tambang, tingkat keasaman dan kejenuhan arang aktif terhadap kandungan senyawa lain yang juga terdapat di dalamnya.



Gambar 1. Hasil Rata-Rata Uji Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi H_3PO_4 Terhadap Logam Berat Cd Air Asam Tambang

Ket : Gambar diatas menunjukkan adanya pengaruh sesudah pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 dan adanya perbedaan hasil pada masing-masing dosis dengan dosis 5g yang paling efektif

Sumber : Penulis tahun 2019

Uji Adsorpsi Sampel Air Asam Tambang Dengan Pemberian Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi H_3PO_4 Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu)

Pengujian sampel air asam tambang dengan pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 dengan perbedaan dosis arang aktif yang digunakan yaitu 5g, 10g, 20g, dan 30g, terhadap parameter logam berat tembaga (Cu), untuk menganalisis pengaruh sebelum dan sesudah pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 terhadap air asam tambang dengan parameter logam berat tembaga (Cu), dan menganalisis variasi dosis paling efektif pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 terhadap air asam tambang dengan parameter logam berat tembaga (Cu). Berikut hasil uji arang aktif cangkang kelapa sawit terhadap logam berat tembaga (Cu), pada tabel berikut:

Tabel 3. Uji Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi H_3PO_4 Terhadap Logam Berat Cu Air Asam Tambang Dengan 3 Kali Pengulangan

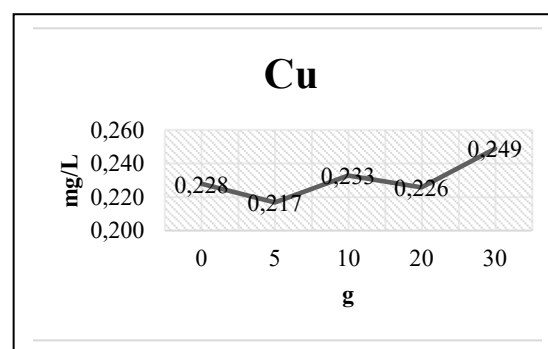
No	Dosis	Cu (mg/L)			Rata-rata
		1	2	3	
1	0	0,228	0,228	0,228	0,228
2	5	0,228	0,212	0,211	0,217
3	10	0,231	0,250	0,218	0,233
4	20	0,237	0,251	0,226	0,226
5	30	0,231	0,259	0,258	0,249

Sumber : Data Primer yang diuji di Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas PUPR Kalimantan Selatan tahun 2019

Dari Tabel hasil diatas menunjukkan pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 menurunkan nilai Cu rata-rata sebanyak 0,011 mg/L dibandingkan sebelum pemberian aktif

cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 yang mengandung logam berat kadmium (Cd) dengan nilai 0,228 mg/L.

Hasil ini juga terjadi karena banyak terpengaruh faktor lain yang terkandung di dalam air asam tambang seperti tingkat keasaman dan senyawa lain, karena kondisi air asam tambang yang mengandung banyak senyawa lain yang kepadatan dan konsentrasi yang lebih tinggi mendesak unsur Cu yang seharusnya diserap terlebih dahulu, dan juga pengaruh pH yang naik, membuat logam Cu menjadi tidak reaktif.



Gambar 2. Hasil Rata-Rata Uji Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi H_3PO_4 Terhadap Logam Berat Cu Air Asam Tambang

Ket.: Gambar diatas menunjukkan adanya pengaruh sesudah pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 dan adanya perbedaan hasil pada masing-masing dosis dengan dosis 5g yang paling efektif

Sumber : Penulis tahun 2019

Uji Sampel Air Asam Tambang Dengan Pemberian Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi Dan Tanpa Aktivasi H_3PO_4 Terhadap pH

Pengujian daya serap arang aktif terhadap pH pada air asam tambang, dan mendapatkan hasil naiknya pH dengan variasi pemberian dosis arang aktif pada air asam tambang.

Dalam menguji kemampuan arang aktif cangkang kelapa sawit dalam

menaikkan pH air Asam Tambang, peneliti membedakan arang aktif yaitu arang aktif tanpa aktivasi H_3PO_4 dan dengan Aktivasi H_3PO_4 ,

Berdasarkan hasil uji pengaruh perendaman arang aktif dengan dan tanpa aktivasi H_3PO_4 cangkang kelapa sawit terhadap pH didapatkan hasil sebagai berikut pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Hasil Uji pH Perendaman Arang Aktif Tanpa Aktivasi H_3PO_4 Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Air Asam Tambang Dengan 3 Kali Pengulangan

No	Dosis	pH			Rata-rata
		1	2	3	
1	0	3,88	3,89	3,88	3,88
2	5	4,9	4,86	4,93	4,89
3	10	4,92	4,91	4,92	4,91
4	20	4,94	4,9	4,93	4,92
5	30	5,01	5,04	5,1	5,05

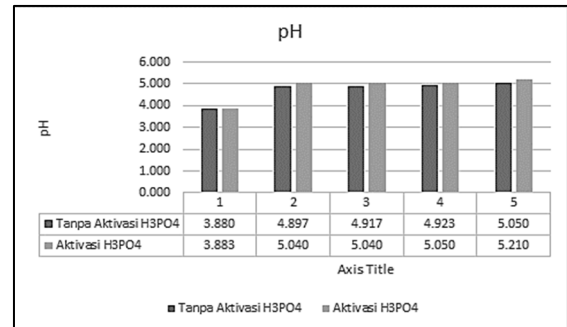
Sumber : Data Primer yang diuji di Laboratorium Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2019

Tabel 5. Hasil Uji pH Perendaman Arang Aktif Teraktivasi H_3PO_4 Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Air Asam Tambang Dengan 3 Kali Pengulangan

No	Dosis	pH			Rata-rata
		1	2	3	
1	0	3,88	3,89	3,88	3,88
2	5	5,08	5,01	5,03	5,04
3	10	5,08	5,00	5,11	5,06
4	20	5,08	5,00	5,07	5,05
5	30	5,24	5,11	5,28	5,21

Sumber : Data Primer yang diuji di Laboratorium Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Kalimantan Selatan tahun 2019

Dari hasil uji diatas didapatkan bahwa perendaman arang aktif dengan aktivasi dan tanpa aktivasi H_3PO_4 mempengaruhi pH air asam tambang terbuti dengan adanya perubahan nilai pH sebelum dan sesudah pemeberian dengan arang cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 , dengan nilai pH sebelum pemberian sejumlah 3,88 dan mengalami kenaikan sampai 5,28.



Gambar 3. Hasil Rata-Rata Uji Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi H_3PO_4 Terhadap Logam Berat Cu Air Asam Tambang

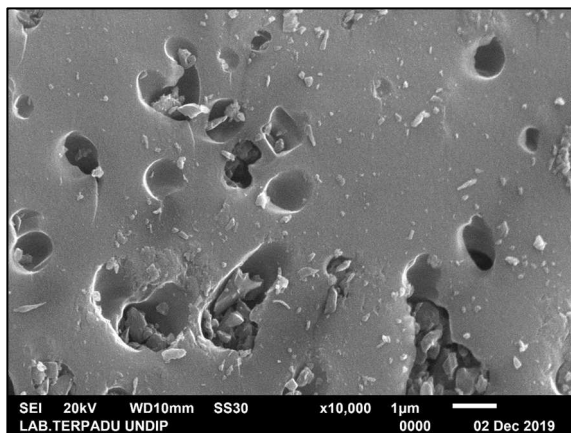
Ket : Gambar diatas menunjukkan adanya pengaruh sesudah pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi dan tidak teraktivasi H_3PO_4 , dan ada perbedaan hasil masing-masing dosis juga perbedaan hasil pada perlakuan arang aktif yang teraktivasi dan tidak teraktivasi H_3PO_4

Sumber : Penulis tahun 2019

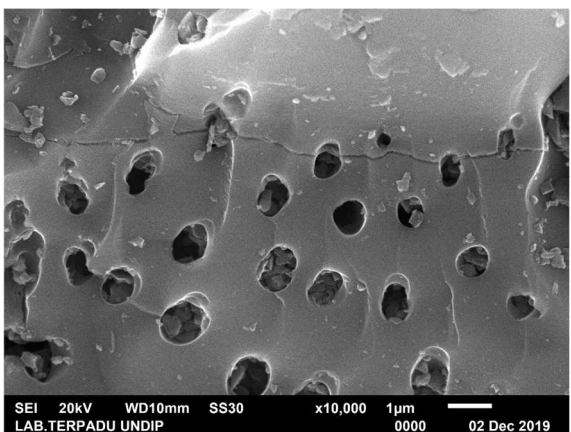
Morfologi Permukaan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi dan Tanpa Aktivasi H_3PO_4

Analisis SEM (Scanning Electron Microscopy) dilakukan untuk mengetahui struktur permukaan dan ukuran partikel dari arang aktif cangkang kelapa sawit dengan aktivasi dan tanpa aktivasi, sehingga bisa di bandingkan bagaimana kondisi pori-pori dan permukaan arang aktif dari cangkang kelapa sawit ini. Berikut ialah bentuk morfologi arang aktif cangkang kelapa sawit di aktivasi dengan H_3PO_4 5% dan Suhu $650^\circ C$

dengan perbesaran 10000 X ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 4. Hasil Uji Foto SEM Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Tanpa Aktivasi H_3PO_4



Gambar 5. Hasil Uji Foto SEM Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Teraktivasi H_3PO_4

Ket : Gambar diatas memperlihatkan hasil SEM dari arang aktif cangkang kelapa sawit dengan perbesaran 10000x yang menunjukkan bahwa arang cangkang kelapa sawit tanpa aktivasi Gambar 4, terlihat di dalam pori-pori permukaan masih kotor, dibandingkan dengan arang aktif cangkang kelapa sawit dengan aktivasi H_3PO_4 5% Gambar 5 terlihat bagian bawah, pori-pori permukaan arang aktif terlihat banyak pori-pori yang kosong dan bersih tidak seperti tanpa aktivasi yang masih kotor pori-pori permukaannya

Sumber : Data Primer yang diuji di Laboratorium Terpadu Universitas Diponegoro tahun 2019

Maka dari dari hasil uji foto SEM atau morfologi permukaan arang aktif terlihat bahwa arang aktif dengan di aktivasi terlebih dahulu dapat meningkatkan performa arang aktif untuk menyerap atau mengadsorpsi ion-ion dengan lebih maksimal karena setelah di aktivasi H_3PO_4 5%, arang aktif memiliki pori atau permukaan yang lebih bersih dan dapat menyerap ion-ion lebih banyak daripada arang aktif tanpa aktivasi.

KESIMPULAN

1. Arang aktif cangkang kelapa sawit teraktivasi H_3PO_4 memenuhi kualitas karakteristik arang aktif sesuai dengan SNI 06-3730-95.
2. Pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit dengan aktivasi H_3PO_4 berpengaruh terhadap logam berat Cd dan Cu, dan pemberian arang aktif cangkang kelapa sawit yang teraktivasi dan tidak teraktivasi H_3PO_4 berpengaruh terhadap pH air asam tambang dengan sedikit perbedaan bahwa arang aktif teraktivasi H_3PO_4 lebih baik hasilnya daripada yang tidak teraktivasi.
3. Dari hasil pengujian kualitas arang aktif dan penyerapan logam berat Cu dan Cd pada air asam tambang, variasi dosis arang aktif teraktivasi H_3PO_4 yang paling efektif adalah dengan dosis 5 g dan dosis yang paling efektif terhadap pH air asam tambang ialah pada dosis 30 g untuk arang aktif teraktivasi H_3PO_4 .

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin. 2008. Potensi arang aktif sebagai media adsorpsi logam berat timbal (Pb) dan kadmium (Cd) [skripsi].

- Tangerang: Fakultas Teknik Kimia, Universitas Islam Syekh Yusuf.
- Connel dan Miller, 1995, Kimia dan Etoksikologi Pencemaran, diterjemahkan oleh Koestoer, S., hal. 419, Indonesia University Press, Jakarta.
- Daud, W.R.W, Rosdanelli. 2004. Through drying of oil palm empty fruit bunches (EFB) fiber using superheated steam. Silva, M.A., Rocha, S.C.S., Mujumdar A.M., eds.; University of Campinas: Campinas, Brazil.
- Darmono. 2001. *Lingkungan Hidup dan Pencemaran Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam*. Jakarta : Universitas Indonesia Press.
- Darmono. 2005. Toksikologi Logam Berat, Surabaya. Dalam: Kurniawan, 2008. Hubungan Kadar Pb dalam Darah dengan Profil Darah pada Mekanik Kendaraan Bermotor di Kota Pontianak. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang:11
- Djarmiko, B., S. Ketaren dan S. Setyahartini. 1985. Pengolahan arang dan kegunaannya. Agroindustri Press, Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fateta IPB, Bogor.
- Gomez, K.A ; Gomez, A.A. : Statistical Procedures for Agricultural Research. John Wiley & Sons, New York, 1984.
- Ginting.F.D.,2008, Adsorpsi,Penerbit : FT UI, Jakarta.
- Ismarti., 2016, Pencemaran Logam Berat di Perairan dan Efeknya Pada Kesehatan Manusia, Opini Cendikia, 1 (4), hal. 1-11.
- Ismarti Sohieb, 2017 Pencemaran Logam Berat Di Perairan Dan Efeknya Pada Kesehatan Manusia.
- Ismarti, I., R. Ramses, F.. Amelia, S. Suherhanto. 2017 Kandungan Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada laman Enhalus Accoroides dari Perairan Batam, Kepulauan Riau, Indonesia Depik, 6 (1) : 23-30.
- Jamilatun, S., Setyawan ,M. 2014. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. Spektrum Industri.
- Kadir. (2015). Statistika Terapan; Konsep, Contoh dan Analisis Data dengan Program SPSS/Lisrel dalam Penelitian edisi kedua. Jakarta: PT Rajagrafindo Persada. pp 17-18
- Kirk, R.E., dan Othmer, D.F., 1964, Encyclopedia of Chemical Technology. Vol 4. London: J Wiley.
- Kurniati. E. 2008. Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Arang Aktif. Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri – UPN Veteran Jawa Timur.
- Lu, C.F. 1995. Toksikologi Dasar. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Marina Olivia Esterlita, Netti Herlina. 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 (Maret 2015) Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
- Pari 1996, Pembuatan Arang Aktif Dari Batubara (*The Manufacture of Activated Charcoal from coal*), Buletin Penelitian Hasil Hutan Vol. 17 No. 4 (2000) pp. 220-230
- R. Sudrajat dan Salim S. 1994. “Petunjuk Teknis Pembuatan Arang Aktif”. Puslitbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan. Bogor.
- Sembiring, M. T dan Sinaga. T. S. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatan). Sumatra Utara: Jurusan Teknik Industri. Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara.
- SNI 06-3730-1995: Arang Aktif Teknis”. Dewan Standarisasi Nasional. Jakarta.
- Sunarya, Y. 2007. Kimia Umum. Grafindo. Bandung.

- Widowati, W. 2008. Efek Toksik Logam. Penerbit Andi. Yogyakarta. Hal. 63, 109, 119.
- Yessy Meisrilestari, Rahmat Khomaini, Hesti Wijayanti. 2013 Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Kelapa Sawit Dengan Aktivasi Secara Fisika, Kimia Dan Fisika-Kimia. Volume 2 No. 1, Progam Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.