**PEMANFAATAN RESIDU BAHAN BAKAR BATU BARA (BOTTOM *ASH*) SEBAGAI ADSORBEN ZAT WARNA REAKTIF DAN LOGAM BERAT (Cu dan Ni) DARI LIMBAH CAIR TEKSTIL DENGAN REAKTOR SISTEM KONTINYU**

**(Studi Kasus: Limbah Cair PT. APAC Inti Corpora )**

Desti Ariska, Ir. Mochtar Hadiwidodo, Msi, Irawan Wisnu Wardhana ST, MT.

**ABSTRAK**

Concentration of reactive dyes and heavy metals in textile waste may be dangerous for aquatic ecosystems. One way elimination for reactive dyes and heavy metals that use coal combustion residues (*bottom ash*) which had been activated as an adsorbent. The purpose of this study to find out the ability of bottom ash as an adsorbent reactive dyes and heavy metals (Cu and Ni). Adsorption process uses two reactors are fed adsorbate with the continuous method, using 25 g of adsorbent mass in the reactor 1 and 2. When sampling is done every 30 minutes for 3 hours, then tested the color parameters and heavy metals (Cu and Ni). The results showed a decrease of dye 13 750 Pt to 240 Pt-Co, whereas for the decrease in concentration of the metal adsorption is not stable so it is said to be ineffective. The resulting efficiency for the dye concentration reaches 97%, while the saturation time for the adsorption of the dye is shown in the minute-240 with a ratio of 1 g of adsorbent can reduce the color up to 94.5 Pt-Co.

***Key words****: adsorption, adsorbents, reactive dyes, heavy metals.*

*.*

**PENDAHULUAN**

Limbah cair dari Industri tekstil merupakan salah satu limbah industri yang mengandung bahan organik yang tinggi. Limbah tekstil yang yang ada di PT. APAC Inti Corpora berasal dari proses pengkanjian, proses penghilangan kanji, penggelantangan, pemasakan, merserisasi, pewarnaan, pencetakan dan proses penyempurnaan kapas. Rangkaian proses pembuatan tekstil tersebut menghasilkan zat pewarna reaktif serta logam berat seperti Cuprum dan Nikel sehingga membuat warna air menjadi lebih keruh.

Sistem pengolahan limbah tekstil masih relatif mahal sehingga masih diperlukan alternatif–alternatif lain yang dapat digunakan dengan biaya yang lebih murah. Menurut Metcalf' & Eddy (2003), salah satu cara yang dikembangkan untuk menurunkan kadar warna dan juga efektif untuk menurunkan kandungan logam dalam air adalah metode adsorpsi. Karbon aktif

merupakan media yang umum digunakan dan salah satunya adalah media batubara.

Menurut kementrian lingkungan hidup, *bottom ash* (abu dasar) dari residu pembakaran batu bara dapat digunakan kembali karena memiliki fixed carbon dengan nilai kalori hingga 3000 kkal/kg.

Berdasarkan hal tersebut penulis bermaksud melakukan penelitian pemanfaatan residu bahan bakar batu bara sebagai adsorben zat warna reaktif dan logam berat dari limbah cair tekstil dengan reaktor sistem kontinyu, sehingga diharapakan pada saat air limbah yang dimasukan kedalam reaktor yang telah diisi dengan adsorben dapat menyaring kandungan zat warna reaktif dan logam berat yang terdapat dalam air limbah.

**METODOLOGI**

Pada tahap pelaksanaan dilakukan dengan pengambilan data primer dan sekunder.

 Gambar 1. Diagram Alir Penelitan

Pengambilan data primer meliputi data-data yang ditemukan pada saat penelitian berlangsung, meliputi hasil uji logam dan warna, hasil karakterisasi *bottom ash* dan pengujian lainnya.

 Gambar 2 Reaktor Kontinyu yang digunakan.



Cara kerja: secara gravitasi dengan pengaliran secara kontinyu, pengambilan sampel tiap 30 menit selama 3 jam.

**PEMBAHASAN**

* **Kandungan Karbon dan Mineral dari Bottom Ash**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Mineral | Satuan | Kadar |
| 1 | C | % | 37,5 |
| 2 | SiO2 | % | 45,10 |
| 3 | Al2O3 | % | 18,90 |
| 4 | Fe2O3 | % | 9,09 |
| 5 | CaO | % | 7,23 |
| 6 | K2O | % | 1,10 |
| 7 | MgO | % | 4,33 |
| 8 | Na2O | % | 0,90 |

\*Kadar dalam 100 gr adsorben.

*(Sumber: Data Primer, 2011)*

Penelitian Sook shim, *et al* (2003) menyebutkan bahwa abu dasar dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan logam dalam larutan karena dalam abu dasar terkandung beberapa komponen dalam bentuk oksida yang relatif besar. Kandungan karbon dalam abu dasar berasal dari sisa pembakaran batubara, adanya kabon dalam abu dasar ini juga menyebabkan abu dasar tersebut mampu melakukan adsorpsi untuk ion logam dalam larutan (Chand dkk, 2005 didalam Setiaka,2011.)

* **Kandungan Iodine dan logam dari Bottom Ash**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Kandungan** | **Satuan** | **Konsentrasi** |
| 1 | I2 | mg/gr | 10,2015 |
| 2 | Pb | ppm | - |
| 3 | Cu | Ppm | 2,08 |
| 4 | Cd | Ppm | - |
| 5 | Ni | Ppm | 1,04 |
| 6 | Cr | ppm | - |

Uji iodine dilakukan untuk mengetahui kemampuan karbon dalam menyerap warna. Semakin besar daya serap iodin maka luas permukaan spesifik juga semakin luas dengan demikian kemampuan karbon aktif dalam menyerap warna juga semakin meningkat (Zamrudy, jurnal, diunduh juli 2011). Kandungan logam yang terdapat dalam karbon aktif juga berpengaruh pada proses penyerapan logam berat yang terdapat dalam limbah tekstil dimana kandungan logam yang tinggi dapat menghambat proses penyerapan logam.

* **Porositas dari Karbon Aktif**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parameter**  | **Hasil Uji** | **Satuan** | **Metode Uji** |
| Luas Muka Spesifik | 34,158 | m2/g | BET-Adsorption |
| Volume Total Pori  | 27,395 | e-03 cc/g | BJH- Adsorption |
| Jari-jari Pori Rerata | 16,04 | Angstrom | BJH- Adsorption |

**(***Sumber : Data Primer, 2011)*

Jumlah dan luas permukaan dari media adsorben sangat mempengaruhi penyerapan molekul zat warna tekstil.

* **Uji Karakteristik Awal Kandungan Warna dan Logam dalam Limbah Cair**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Logam | Satuan | Konsentrasi |
| 1 | Pb | ppm | - |
| 2 | Cu |  ppm | 2,04 |
| 3 | Cd | ppm | - |
| 4 | Ni | ppm | 1,22 |
| 5 | Cr | ppm | - |

Ket : (-) berada dibawah range alat

(*Sumber: Data Primer, 2011*)

Nilai konsentrasi tersebut masih berada diatas baku mutu dalam Peraturan Pemerintah no. 82 tahun 2001 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, dimana pada peraturan tersebut kandungan logam Cu dipersyaratkan adalah 0,2 ppm dan Ni tidak dipersyaratkan.

* **Warna dalam Limbah Cair Tekstil**

Grafik1. Konsentrasi Penurunan Warna Pada Reaktor I dengan Variasi pengadukan 80 rpm.

Grafik 2 Efisiensi Penurunan Warna pada Reaktor 1 dengan Variasi Pengadukan 80rpm

Grafik 3. Konsentrasi Penurunan Warna pada Reaktor 2 dengan Variasi Pengadukan 80 rpm

Grafik 4. Konsentrasi Penurunan Warna Pada Reaktor 2 dengan Variasi pengadukan 80 rpm.

 Berdasarkan tabel penurunan warna 4.5 serta grafik 4.1 dan 4.2 dapat dilihat bahwa penurunan konsentrasi warna terbaik ada pada variasi 10 ml/menit dan pengadukan 80 rpm yaitu sebesar 97% dimana pada rekator 1 12760 Pt-Co menjadi 1020 Pt-Co dan pada Reaktor 2 8035 Pt-Co menjadi 1005 Pt-Co . Dapat dilihat bahwa semakin kecil debit aliran maka efisensi penurunan warna akan semakin besar hal ini disebabkan oleh waktu yang dimiliki adsorben untuk menyerap warna semakin banyak dan semakin rendah kecepatan pengadukan membantu proses penyerapan warna agar semakin cepat. Hal ini berbanding terbalik dengan debit yang besar, dimana semakin besar debitnya maka efisiensinya semakin kecil, hal ini dikarenakan waktu kontak antara adsorben dan adsorbat tidak cukup lama sehingga proses penyerapan zat warnapun semakin berkurang.

Dari kedua rekator tersebut, Reaktor 1 dan reaktor 2 memiliki nilai efisiensi yang sama-sama besar. Keduanya mampu menurunkan warna hingga 97 %. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kondisi operasional terhadap penurunan konsentrasi warna adalah waktu kontak, pengadukan dan konsentrasi adsorben. Hal ini sesuai dengan pustaka yang dikutip dari sembiring, 2003 bahwa bila arang aktif ditambahkan dalam suatu cairan, dibutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan.

* **Logam Berat Cu dan Ni dalam Limbah Cair**
* **Cuprum (Tembaga)**

Grafik 5. Konsentrasi Penurunan Logam Cuprum pada Reaktor 1 dengan Variasi Pengadukan 80 rpm.

Grafik 6. Efisiensi Penurunan Logam Cuprum pada Reaktor 1 dengan Variasi Pengadukan 80 rpm.

Grafik 7. Konsentrasi Penurunan Logam Cuprum pada Reaktor 2 dengan Variasi Pengadukan 80 rpm.

Grafik 8. Efisiensi Penurunan Logam Cuprum pada Reaktor 2 dengan Variasi Pengadukan 80 rpm.

* **Nikel (Ni)**

Grafik 9. Konsentrasi Penurunan Logam Nikel pada Reaktor 1 dengan Variasi Pengadukan 80 rpm.

Grafik 10. Efisiensi Penurunan Logam Nikel pada Reaktor 1 dengan Variasi Pengadukan 80 rpm

Grafik 11. Konsentrasi Penurunan Logam Nikel pada Reaktor 2 dengan Variasi Pengadukan 80 rpm.

Grafik 12. Efisiensi Penurunan Logam Nikel pada Reaktor 2 dengan Variasi Pengadukan 80 rpm.

Menurut Kementrian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990), diantara semua unsur logam berat, Cu digolongkan kedalam jenis logam dengan resiko toksik tinggi, sedangkan Ni digolongkan kedalam logam toksik sedang.

Untuk logam Cu, hasil terbaik ditunjukan oleh pengadukan 80 rpm yang pada reaktor I efisiensinya mencapai 99% dengan debit 30 ml/menit, dan 98% dengan debit 10 ml/menit dan 20 ml/menit, sedangkan pada reaktor II efisiensi terbesar mencapai 50% dengan debit 20 ml/menit dan 33% pada debit 10 dan 30 ml/menit.

Untuk logam Ni sendiri hasil terbaik juga ditunjukan dengan pengadukan 80 rpm yang pada reaktor I efisiensi terbaiknya yaitu pada debit 30 ml/menit sebesar 100% dan pada 10 ml/menit dan 20ml/menit efisiensinya hanya mencapai 98%, sedangkan pada reaktor ke Iiefisiensi terbaik juga pada debit 30 ml/menit yaitu sebesar 100% sdangkan pada 10ml/menit 0% dan 20ml/menit 60%.

Berdasarkan hasil pengukuran sampel pada reaktor I dan II menunjukan proses adsorpsi logam tidak berjalan dengan baik, walaupun keseluruhan menunjukan penurunan tetapi nilai penurunan tidak menunjukan angka yang stabil, hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti yang dikemukakan oleh Cheremisinoff dan A. C. Moressi (1978) dalam jurnal yang diunduh 15 November 2011 yaitu sifat arang aktif yang paling penting adalah daya serap. Dalam hal ini, ada beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi, yaitu:

1. Sifat Adsorben

Arang aktif merupakan adsorben adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen (bersifat non polar). Selain komposisi dan polaritas, struktur pori juga merupakan faktor yang penting diperhatikan selain itu jumlah atau dosis arang aktif yang digunakan, juga diperhatikan.

2. Sifat Serapan

Banyak senyawa yang dapat diadsorpsi oleh arang aktif, tetapi kemampuannya untuk mengadsorpsi berbeda untuk masing-masing senyawa. Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari sturktur yang sama. Adsorsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan.

3. Temperatur

Tidak ada peraturan umum yang bisa diberikan mengenai temperatur yang digunakan dalam adsorpsi. Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsoprsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan.

4. pH (Derajat Keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam minreal. Ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

Selain itu faktor lain yang dapat menyebabkan hasil adsorpsi kurang maksimal yaitu adanya kandungan logam berat didalam adsorben itu sendiri sehingga proses penyerapan logam pada adsorbat terhambat dan adsorben telah mengalami kejenuhan.

* **Model Adsorpsi Kontinyu**

Tabel Pengadukan 80 rpm debit 10 ml/menit Reaktor I

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  Waktu (menit) | Ce | Ce/Co | Efisiensi (%) |
|  0 | 8025 | 0,629 | 0,371 |
| 30 | 6200 | 0,486 | 0,514 |
| 60 | 4890 | 0,383 | 0,617 |
| 90 | 3350 | 0,263 | 0,737 |
| 120 | 2250 | 0,176 | 0,824 |
| 150 | 1020 | 0,080 | 0,920 |
| 180 | 265 | 0,021 | 0,967 |

Tabel Pengadukan 80 rpm debit 10 ml/menit Reaktor II

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Waktu (menit) | Ce | Ce / Co | Efisiensi (%) |
| 0 | 7095 | 0,883 | 0,117 |
| 30 | 6155 | 0,766 | 0,234 |
| 60 | 4785 | 0,596 | 0,404 |
| 90 | 3215 | 0,400 | 0,600 |
| 120 | 2280 | 0,284 | 0,716 |
| 150 | 1005 | 0,125 | 0,875 |
| 180 | 240 | 0,030 | 0,966 |

Grafik 13 Terobosan Penyisihan Warna 80 rpm debit 10 ml/menit

 Konsentrasi warna setelah melewati reaktor kontinyu mengalami penurunan yang cukup besar di 30 menit awal dan semakin berkurang di menit – menit selanjutnya dikarenakan adsorben mulai jenuh yang mana kondisi tersebut bisa dilihat dari peningkatan efisiensi yang rentangnya tidak berbeda drastis. Efisiensi penurunan konsentrasi warna setelah mengalami proses adsorpsi oleh *bottom ash* (adsorben) didapatkan efisiensi tertinggi yaitu mencapai 96,67 %.

* **Isoterm Thomas**

Untuk mendapatkan persamaan Thomas perlu dilakukan perhitungan volume untuk sumbu x dengan perhitungan sebagai berikut:

Volume (l) = debit (l/menit) x waktu (menit)

Pada saat t = 30 menit dengan debit umpan 0,01 L /menit,

maka untuk menghitung volume (l) adalah V = 0,01 L/menit x 30 menit

 = 0,3 liter.

Grafik 14. Persamaan Thomas Parameter Warna

Berdasarkan grafik di atas, dapat dihitung persamaan Thomas untuk tiap parameter. Berikut adalah model adsorpsi tiap parameter analisis:

* Model isoterm warna Reaktor I



* Model isoterm warna Reaktor II



* **Mekanisme Adsorpsi dan Ion Exchange**

Karbon aktif dari *bottom ash* memiliki kemampuan mengikat atau menyerap senyawa atau unsur dalam larutan dikarenakan kandungan mineralnya yang memiliki kemampuan swelling. Proses terserapnya pada adsorben karbon aktif melalui tahapan sebagai berikut:

1. Perpindahan zat warna ke permukaan batas larutan dan adsorben (permukaan luar adsorben).
2. Perpindahan zat warna dari permukaan luar memasuki pori-pori adsorben.
3. Perpindahan zat warna ke permukaan dinding pori-pori adsorben (permukaan dalam adsorben).

Adsorben karbon aktif terbuat dari bahan dasar tanah. Tanah tersusun atas misel yang bermuatan negatif dan kation yang terserap. Adsorpsi dapat terjadi melalui ikatan elektrostatik antara zat warna, kation ion logam Cu dan Ni dengan adsorben karbon aktif. Muatan negatif pada tanah dapat berinteraksi dengan kation zat warna dan kation ion logam, sehingga zat warna dapat berikatan dan terserap pada permukaan adsorben.

Gambar Jerapan misel tanah yang bermuatan negatif dengan kation zat warna.

* **Uji Statistik**
	+ **Uji Normalitas**

Nilai signifikasi seluruh parameter yang diujikan berada diatas 0,05 (>0,05). Oleh karena itu Ho diterima dan data konsentrasi warna dan logam baik Cu maupun Ni hasil adsorpsi dinyatakan terdistribusi normal. Karena data terdistribusi normal, maka untuk analisis statistik selanjutnya menggunakan analisis parametrik.

* **Uji Korelasi**
	+ - Waktu kontak dan Warna

Pada tabel pearson corelation (r) menunjukan tanda negatif, hal ini berarti ada pengaruh antara waktu tinggal dengan hasil uji adsorpsi, dimana semakin lama waktu kontak maka konsentrasi warna akan berkurang. Terdapat tanda (\*\*) antara waktu tinggal dengan hasil uji adsorpsi warna yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara keduanya.

* + - Waktu kontak dan logam Cu dan Ni

Pada tabel pearson corelation (r) menunjukan tanda negatif, hal ini berarti ada pengaruh antara waktu tinggal dengan hasil uji adsorpsi, dimana semakin lama waktu kontak maka konsentrasi warna akan berkurang. Terdapat tanda (\*) dibeberapa tabel antara waktu tinggal dengan hasil uji adsorpsi warna yang berarti terdapat hubungan yang signifikan antara keduanya.

**KESIMPULAN**

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Limbah tekstil PT. APAC Inti Corpora memiliki kandungan logam berat Cu dan Ni serta kandungan pewarna reaktif yang tinggi. Konsentrasi zat warna pada limbah cair yaitu sebesar 13750 Pt-Co, konsentrasi Cu yaitu 2,04 ppm dan Ni sebesar 1,22 ppm.
2. Arang aktif dari *bottom ash* memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi zat warna reaktif, ion logam Cu dan ion logam Ni dalam air limbah. Nilai efisiensi warna terbaik ditunjukan dengan semakin kecil variasi pengadukan dan aliran debit maka hasilnya akan semakin baik. Dimana pada penelitian ini variasi pengadukan terkecil yang digunakan adalah 80 rpm dan debit sebesar 10 ml/menit dengan nilai efisiensi mencapai 97% dan mencapai waktu jenuh pada menit ke 240 . Sedangkan untuk menurunkan kandungan logam dinilai kurang efektif karena penurunan efisiensi logam tidak stabil.
3. Berdasarkan perbandingan massa adsorben dengan konsentrasi penurunan warna melalui perhitungan berikut:

Konsentrasi Warna Awal – Kosentrasi Warna Setelah adsorpsi

 Massa Adsorben

 Didapatkan perbandingan dengan 1 gram massa adsorben maka dapat menurunkan warna sebesar 94,5 Pt-Co.

## SARAN

 Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan dengan suatu jenis model rangkaian alat yang berbeda untuk proses adsorpsi dan analisis parameter yang berbeda sehingga dapat ditemukan efisiensi optimum dengan metode yang optimal dengan menggunakan arang aktif dari *bottom ash*.

**DAFTAR PUSTAKA**

\_\_\_\_\_\_\_.2006. Karakkterisasi dan Pembuatan Arang Aktif <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/8599/bab%202_2006aru.pdf?sequence=12>. IPB Press: Bogor. Diakses Juli 2011

Arifin. 2008. *Metode Pengolahan Warna Air; Tinjauan Literatur.* PT. Tirta Kencana Cahaya Mandiri: Tangerang

Cahyono, Eko. 2011. *Jurnal: Analisis Logam Tembaga (Cu) Di Daerah Pesisir Tangga Dua Ribu dengan Metode Serapan Spektroskopi Atom (SAA)*. Blog.net

Cristian, Handy. 2007. *Penggunaan Jamur Lapuk Putih dalam Penghilangan Warna Limbah Tekstil.* [*http://majarimagazine.com/*](http://majarimagazine.com/)*.* Diakses 2 Maret 2012

Day R. A. And Underwood. 1990. *Analisa kimia kuantitatif edisi ke-4*. Erlangga: Jakarta.

Ginting, P. 1995. *Mencegah dan Mengandalikan Pencemaran Industri.* Pustaka Sinar Harapan: Jakarta.

<http://smk3ae.wordpress.com/2010/08/28/adsorpsi-karbon-aktif/> diakses 3 Maret 2012.

Hartono. 2009. *SPSS 16.0 Analisis Data Statistika dan Penelitian Edisi ke-2*. Pustaka Pelajar: Yogyakarta.

Henze, *et al.* 1995, *Activated Sludge Model No. 2*. IAWQ: London

Isminingsih. dkk. 1978/1979. *Pengantar Kimia Zat Warna.* Institut Teknologi Tekstil: Bandung

Kementrian Lingkungan Hidup. 2003. Pemanfaatan Limbah. <http://www.menlh.go.id/usaha-kecil/index-view.php?sub=7>. Diakses pada 03 Maret 2012.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri. Kementrian Lingkungan hidup: Jakarta.

Mufti, Arya. 2009. *Skripsi: Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo Sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Jenis Reaktif dan Ion-ion Logam (Cr6+ dan Cd2+)*. Universitas Diponegoro: Semarang.

Perdana, Muahammad Putra. 2001. *Skripsi: Pemanfaatan Karbon Aktif dari Bottom Ash sebagai Adsorben Zat Warna Reaktif dan COD dari Limbah Tekstil dengan Metode Batch*. Universitas Diponegoro: Semarang.

Suminar, Petrucci. 1993. *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern*. Jakarta : Erlanga.

Suhendrayatna. 2001. *Bioremeval logam berat dengan menggunakan mikroorganisme*: Jakarta; sinergi-forum-net.

Sugiharto, 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah.* Universitas Indonesia. UI Press. Jakarta.

Setiaka, Juniawan, dkk. . 2010*. Adsorpsi Ion Logam Cu(II) Dalam Larutan Pada Abu Dasar Batubara Menggunakan Metode Kolom.* ITS: Surabaya