**PENGARUH KECEPATAN PENGADUKAN DAN MASSA ADSORBEN TERHADAP EFEKTIVITAS PENURUNAN ZAT WARNA DAN LOGAM BERAT (Cu & Ni) LIMBAH TEKSTIL DENGAN MENGGUNAKAN *BOTTOM ASH* (ABU ENDAPAN)**

**Gustin Medina Permatasari\*); Badrus Zaman, ST, MT\*\*); Sri Sumiyati, ST, Msi\*\*)**

**ABSTRAK**

*Bottom ash (abu endapan) merupakan sisa hasil dari pembakaran batubara pada industri tekstil dan dapat dimanfaatkan sebagai adsorben pada penyerapan zat warna dan logam berat yang terkandung dalam limbah cair industri tekstil. Berdasarkan hal tersebut maka peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian menggunakan bottom ash sebagai adsorben zat warna reaktif dan logam berat (Cu & Ni) dari limbah tekstil dengan reaktor sistem kontinyu pada skala laboratorium. Hasil pengujian terhadap bottom ash mendapatkan data kandungan karbon sebesar 67,50%; kandungan silika dan alumina masing-masing 35,30%; dan 13,67%. Sementara itu kandungan logam yang terdapat dalam karbon aktif berupa Cu (2,08 ppm) dan Ni (1,04 ppm) dan konsentrasi iodine sebesar 1020,15 mg/gr. Adapun penurunan zat warna mencapai efisiensi tertinggi pada kecepatan pengadukan 100 rpm dan 15% massa adsorben (141,7 gram) yaitu 92,55% (470 Pt-Co menjadi 35 Pt-Co). Sedangkan penurunan konsentrasi logam Cu mencapai efisiensi tertinggi pada kecepatan pengadukan 100 rpm dan 10% massa adsorben (94,5 gram) yaitu (0,02 mg/l menjadi 0,00 mg/l) dan penurunan konsentrasi logam Ni mencapai efisiensi 100% pada kecepatan pengadukan 150 rpm dan 15% massa adsorben (141,7 gram) yaitu 100% (0,04 mg/l menjadi 0,00 mg/l).*

*Kata kunci : Kecepatan Pengadukan, Massa Adsorben, Zat Warna, Logam Berat, Bottom Ash*

1. **PENDAHULUAN**

Perkembangan industri tekstil di Indonesia mengalami kemajuan yang cukup pesat. Namun, seiring dengan berkembangnya industri tersebut maka semakin banyak pula limbah yang dihasilkan, khususnya limbah cair. Pada umumnya polutan yang terkandung dalam limbah industri tekstil dapat berupa logam berat, padatan tersuspensi, atau zat organik (Purwaningsih, 2008). Selain itu, limbah industri tekstil memiliki kandungan warna yang cukup pekat. Menurut Sastrawirdana (2008), karakteristik limbah tekstil mempunyai intensitas warna sebesar 50–2500 skala Pt–Co.

Menurut Metcalf & Eddy (2003), salah satu cara yang dikembangkan untuk menurunkan kadar warna dalam air adalah metode adsorpsi. Dalam metode adsorpsi penggunaan karbon aktif dapat mengurangi kandungan warna yang berlebih. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan *bottom ash* yang berasal dari residu pembakaran batubara.

Batubara merupakan batuan sedimentasi berwarna hitam atau hitam kecoklat–coklatan yang mudah terbakar dan terbentuk dari endapan batuan organik yang terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, dan unsur–unsur lain (Saragih, 2008). Adapun pemanfaatan batubara sebagai sumber energi pada pembangkit listrik maupun industri lainnya menghasilkan residu berupa *fly ash* (abu terbang) dan *bottom ash* (abu endapan). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2006), limbah abu endapan yang dihasilkan mencapai 5,8 ton/hari dan memiliki *fixed carbon* dengan nilai kalori sebesar 3000 kkal/kg sehingga dapat dimanfaatkan kembali sebagai karbon aktif.

Adsorpsi adalah peristiwa penyerapan suatu komponen dari larutan pada permukaan bahan penyerap. Adsorpsi juga merupakan proses transfer massa, dimana komponen dalam larutan akan berpindah ke fase padat (Metcalf & Eddy, 2003). Sedangkan proses adsorpsi kontinyu merupakan proses adsorpsi yang paling sering digunakan dalam proses pengolahan air limbah karena kapasitas yang tinggi dalam kesetimbangan dengan konsentrasi influen daripada konsentrasi effluen.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian menggunakan *bottom ash* sebagai adsorben zat warna reaktif dan logam berat dari limbah testil dengan reaktor sistem kontinyu pada skala laboratorium sehingga diharapkan air limbah yang telah diolah dapat berkurang konsentrasi zat warna dan logam berat yang terkandung di dalamnya.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kandungan parameter zat warna reaktif dan logam berat (Cu & Ni) yang terdapat dalam limbah tekstil PT. Apac Inti Corpora dan menganalisis pengaruh kecepatan pengadukan dan massa adsorben terhadap efektivitas penurunan zat warna dan logam berat (Cu & Ni) dari limbah tekstil PT. Apac Inti Corpora.

1. **METODOLOGI**

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan meliputi persiapan penelitian dan pelaksanaan metode kontinyu*.* Langkah - langkah yang ditempuh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tahap persiapan meliputi: Permohonan ijin penelitian (Jurusan, PT APAC Inti Corpora)
2. Tahap pelaksanaan meliputi: Uji Karakteristik *bottom ash*, uji tekstur, aktivasi karbon, pelaksanaan penelitian adsorpsi metode kontinyu,pengecekan konsentrasi hasil proses adsorpsi metode kontinyu*.*
3. Tahap analisis dan pembahasan meliputi: menghitung efisiensi yang dicapai untuk adsorpsi menggunakan metode kontinyu, analisis statistik untuk tiap parameter yang dianalisis.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah reaktor uji, timbangan digital, botol plastik untuk menampung hasil pengolahan, oven, *beaker glass*, corong kaca, alat penggerus, ayakan elektrik, kertas saring, tabung mariotte, selang infus, SAA (*Surface Area Analysis*) untuk uji porositas, AAS (*Automatic Absorbsion Spectrofotometer*) untuk mengukur kandungan logam berat, *Jar Test*, dan *Furnace*. Sedangkan bahan-bahan yang diperlukan adalah *Bottom ash*, effluent air limbah tekstil, aquadest, larutan NaOH 0,3 N, dan larutan HCl 0,5 N.

**Langkah-Langkah Penelitian**

1. Pengambilan bahan baku *bottom ash* dan limbah cair tekstil dari PT. Apac Inti Corpora yang berlokasi di Bawen, Kabupaten Semarang.
2. Pengujian *bottom ash*. Adapun uji yang dilakukan meliputi uji kandungan karbon (mengetahui jumlah karbon dalam *bottom ash*), uji mineral (mengetahui kandungan mineral yang terdapat dalam *bottom ash*) dan uji kandungan logam (mengetahui kandungan logam dalam *bottom ash*).
3. Persiapan media adsorben yang meliputi pemisahan karbon dari *bottom ash* dengan teknik *floating* dan proses aktivasi media adsorben. Setelah itu dilakukan pengujian terhadap adsorben yang telah diaktivasi yaitu uji iodium, uji saringan agegrat halus, dan uji porositas.
4. Persiapan limbah tekstil
5. Persiapan penelitian dengan metode kontinyu dengan prinsip CMFR (*Continue Mixed Flow Reaktor*). Pengujian dilakukan selama 3 jam (180 menit) dan sampel diambil setiap 30 menit sekali untuk mengetahui pola penurunan konsentrasinya. Pengujian dilakukan dengan variasi kecepatan pengadukan yaitu 50 rpm, 100 rpm, dan 150 rpm serta variasi massa adsorben yaitu 5%, 10%, dan 15%.
6. Analisis model isoterm adsorpsi pada percobaan kontinyu dengan menggunakan persamaan adsorpsi Thomas Bohart-Adams dimana data hasil perhitungan dimasukkan dalam persamaan Thomas Bohart-Adams kemudian dibuat grafik dengan hasil perhitungan ln((Co/Ce)-1) sebagai sumbu y dan volume sebagai sumbu x.

Setelah dilaksanakan langkah-langkah penelitian tersebut maka selanjutnya dilakukan analisis data statistik dengan melakukan perhitungan uji normalitas, uji korelasi, dan uji regresi.

Kemudian hasil dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan ringkasan hasil dari penelitian ini yang berkaitan dengan tujuan Tugas Akhir dan hal-hal baru yang diperoleh selama Tugas Akhir dilaksanakan. Saran diberikan agar dapat memunculkan ide akan hal-hal baru yang sebaiknya diperhitungkan dalam pengembangan obyek Tugas Akhir di kemudian hari.

1. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

**C1. Karakteristik Zat Warna dan Logam Berat dalam Limbah Cair**

Berdasarkan pengujian yang dilakukan terhadap sampel limbah cair industri tekstil maka diperoleh data seperti berikut ini :

**Tabel 1**

**Karakteristik Zat Warna dan Logam Berat dalam Limbah Cair**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Karakteristik** | **Satuan** | **Kadar** |
| 1. | Zat Warna | Pt-Co | 13750 |
| 2. | Logam Pb | Mg/l | -6,33 |
| 3. | Logam Cu | Mg/l | 2,04 |
| 4. | Logam Cd | Mg/l | -1,22 |
| 5. | Logam Ni | Mg/l | 1,22 |
| 6. | Logam Cr | Mg/l | -0,24 |

*Sumber : Data Primer, 2011*

Dari data hasil pengukuran limbah cair awal yang disajikan pada tabel 1 diatas terlihat bahwa di dalam sampel limbah cair industri tekstil memiliki kandungan zat warna yang sangat tinggi. Menurut Cahyaputri, dkk (2010) limbah tekstil diketahui memiliki padatan tersuspensi dalam jumlah yang banyak serta kandungan warna yang kuat. Polutan utama dalam limbah tekstil berasal dari proses pewarnaan dan *finishing* yang melibatkan pewarna baik sintetis maupun alami agar menghasilkan warna yang permanen.

Sementara itu, dari hasil pengukuran sampel logam berat dalam limbah cair industri tekstil diketahui bahwa pada sampel limbah cair mengandung logam berat Cu dan Ni yang selanjutnya dapat dilakukan proses adsorpsi dengan menggunakan *bottom ash*.

**C2. Kandungan Karbon dan Mineral**

Berdasarkan pengujian karbon dan mineral yang telah dilakukan terhadap limbah *bottom ash* maka didapatkan data sebagai berikut :

**Tabel 2 Kadar Mineral *Bottom Ash***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Mineral** | **Satuan** | **Kadar** |
| 1. | C | % | 67,50 |
| 2. | SiO2 | % | 35,30 |
| 3. | Al2O3 | % | 13,67 |
| 4. | Fe2O3 | % | 13,40 |
| 5. | CaO | % | 8,29 |
| 6. | K2O | % | 1,30 |
| 7. | MgO | % | 5,90 |
| 8. | Na2O | % | 1,13 |

*Sumber* : *Data Primer, 2011*

Berdasarkan tabel 2 tentang hasil pengujian kandungan karbon dan mineral diatas terlihat bahwa *bottom ash* yang akan digunakan sebagai adsorben memiliki kadar silika dan karbon yang cukup besar. Menurut Jumaeri (1995) dalam Astuti dan Mahatmanti (2010) kandungan silika dan alumina yang cukup besar memungkinkan *bottom ash* digunakan sebagai adsorben yang potensial. Sedangkan menurut Rismayani (2007) dalam Perdana (2011) dengan kadar karbon diatas 5% memungkinkan *bottom ash* dijadikan adsorben dengan memanfaatkan kandungan karbonnya atau yang disebut juga dengan *unburned carbon* daripada digunakan sebagai bahan baku semen karena karbon ini dapat menurunkan kualitas semen yang dihasilkan. Sementara itu hasil pengujian kandungan karbon dan mineral terhadap karbon aktif yang telah diaktivasi dapat dilihat pada tabel 3 berikut :

**Tabel 3 Kadar Karbon dan Mineral Karbon Aktif**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Mineral** | **Satuan** | **Kadar** |
| 1. | C | % | 67,50 |
| 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 |

*Sumber* : *Data Primer, 2011*

**C3. Kandungan Logam dan Iodine dari *Bottom Ash***

Berdasarkan hasil uji kandungan logam dan iodine yang terdapat di dalam *bottom ash*, juga didapatkan hasil sebagai berikut :

**Tabel 4 Kadar Logam dan Iodine *Bottom Ash***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Logam** | **Satuan** | **Konsentrasi** |
| 1. | Cu | ppm | 2,08 |
| 2. | Ni | ppm | 1,04 |
| 3. | I2 | mg/gr | 2,359 |
| 4. | I2 | mg/gr | 10,20 |

*Sumber : Data Primer, 2011*

Sedangkan untuk ukuran butiran dari karbon aktif yang digunakan yaitu sebesar 8 Mesh (1 mm) karena menurut Hendrasarie (2003) semakin kecil ukuran adsorben maka luas permukaan adsorben yang menyerap molekul adsorbat semakin banyak.

**C4. Porositas dari Karbon Aktif**

Setelah dilakukan pengujian terhadap porositas dari karbon aktif yang akan digunakan sebagai adsorben, maka hasilnya dapat dilihat pada tabel 5 berikut :

**Tabel 5 Luas Penampang dan Nilai Porositas Karbon Aktif**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Parameter** | **Hasil Uji** | **Satuan** |
| Luas Muka Spesifik | 34,158 | m2/g |
| Volume Pori Total | 27,395 x 10-3 | cc/g |
| Jari – Jari Pori Rerata | 16,04 | Angstrom |

*Sumber : Data Primer, 2011*

Semakin besar ukuran pori-pori adsorben maka semakin banyak adsorbat yang terserap ke dalam adsorben *bottom ash*. Penggunaan HCl dalam proses aktivasi karbon juga berpengaruh dalam memperbesar ukuran pori-pori dari *bottom ash* (Mufrodi dkk, 2008).

**C5. Kadar Zat Warna Reaktif**

Data hasil penelitian kadar zat warna reaktif dapat dilihat pada tabel 6 berikut ini :

**Tabel 6 Data Konsentrasi Penurunan Zat Warna Reaktif Dengan *Bottom Ash***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Waktu Tinggal**  **(menit)** | **Kec. Pengadukan 100 rpm** | | | | | |
| **Massa Adsorben** | | | | | |
| **47,3 gr** | | **94,5 gr** | | **141,7 gr** | |
| **Konsentrasi**  **(Pt-Co)** | **Efisiensi**  **(%)** | **Konsentrasi**  **(Pt-Co)** | **Efisiensi**  **(%)** | **Konsentrasi**  **(Pt-Co)** | **Efisiensi**  **(%)** |
| **0** | 480 | 0 | 475 | 0 | 470 | 0 |
| **30** | 400 | 16,67 | 390 | 17,89 | 350 | 25,53 |
| **60** | 325 | 32,29 | 310 | 34,74 | 245 | 47,87 |
| **90** | 260 | 45,83 | 245 | 48,42 | 185 | 60,64 |
| **120** | 180 | 62,50 | 160 | 66,32 | 100 | 78,72 |
| **150** | 120 | 75 | 90 | 81,05 | 65 | 86,17 |
| **180** | 60 | 87,50 | 45 | 90,53 | 35 | 92,55 |

*Sumber : Data Primer, 2011*

Tabel 6 diatas merupakan data hasil sampel penurunan kadar zat warna reaktif yang memiliki efisiensi terbaik dibandingkan dengan variasi kecepatan pengadukan dan massa adsorben yang lain. Sampel dengan variasi kecepatan pengadukan sebesar 100 rpm merupakan kecepatan pengadukan yang paling optimal karena menghasilkan efisiensi penurunan tertinggi dibandingkan dengan variasi kecepatan pengadukan yang lain. Menurut Mufrodi, dkk (2008) kecepatan pengadukan berguna untuk menentukan kecepatan waktu kontak antara adsorben dengan adsorbat. Bila kecepatan pengadukan terlalu lambat, maka proses adsorpsi berjalan lambat pula. Namun, bila kecepatan pengadukan terlalu cepat, kemungkinan terjadi struktur adsorben cepat rusak sehingga proses adsorpsi berlangsung kurang optimal.

Sementara itu, untuk variasi massa adsorben terbesar yaitu 15% atau setara dengan 141,7 gram menghasilkan efisiensi tertinggi dibandingkan dengan variasi massa adsorben yang lain karena semakin besar massa adsorben yang digunakan maka semakin banyak adsorbat yang terserap. Semakin banyak massa adsorben yang digunakan menunjukkan semakin banyak luas permukaan adsorben yang dapat menyerap adsorbat dan semakin banyak pula pori-pori adsorben yang menyerap adsorbat limbah tekstil. Jumlah dan luas permukaan dari adsorben yang menyerap molekul zat warna reaktif yang lebih banyak memungkinkan untuk molekul-molekul zat warna reaktif terpisah dan mengikat pada permukaan media adsorben (Hendrasarie, 2003).

**Gambar 1**

**Grafik Penurunan Kadar Zat Warna Reaktif Oleh *Bottom Ash***

(Sumber : Data Primer, 2011)

Untuk parameter zat warna reaktif dengan kecepatan pengadukan 100 rpm dan variasi massa adsorben sebesar 47,3 gram; 94,5 gram; dan 141,7 gram efisiensi yang dicapai adalah berturut-turut 87,50% (dari 480 Pt-Co menjadi 60 Pt-Co); 90,53% (dari 475 Pt-Co menjadi 45 Pt-Co); dan 92,55% (dari 470 Pt-Co menjadi 35 Pt-Co) merupakan hasil penurunan kadar zat warna reaktif tertinggi yang dapat dicapai pada penelitian ini. Hal ini sesuai dengan apa yang dikemukaan oleh Mufti (2009), dalam penelitiannya mengenai penurunan zat warna reaktif dengan menggunakan zeolit yang berasal dari lumpur Sidoarjo dan metode kontinyu menghasilkan efisiensi tertinggi sebesar 95,54%.

**C6. Kandungan Logam Berat (Cu & Ni)**

Data hasil penelitian kandungan logam berat (Cu & Ni) yang teradsorpsi oleh adsorben dapat dilihat pada tabel 7 dan 8 berikut ini :

**Tabel 7 Data Konsentrasi Penurunan Logam Cu Dengan *Bottom Ash***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Waktu Tinggal**  **(menit)** | **Kec. Pengadukan 100 rpm** | | | | | |
| **Massa Adsorben** | | | | | |
| **47,3 gr** | | **94,5 gr** | | **141,7 gr** | |
| **Konsentrasi**  **(mg/l)** | **Efisiensi**  **(%)** | **Konsentrasi**  **(mg/l)** | **Efisiensi**  **(%)** | **Konsentrasi**  **(mg/l)** | **Efisiensi**  **(%)** |
| **0** | 0,00 | 0 | 0,02 | 0 | 0,04 | 0 |
| **30** | 0,02 | -100 | 0,00 | 100 | 0,02 | 50 |
| **60** | 0,02 | -100 | 0,04 | -100 | 0,06 | -50 |
| **90** | 0,00 | 0 | 0,04 | -100 | 0,06 | -50 |
| **120** | 0,02 | -100 | 0,00 | 100 | 0,04 | 0 |
| **150** | 0,04 | -100 | 0,00 | 100 | 0,06 | -50 |
| **180** | 0,02 | -100 | 0,00 | 100 | 0,04 | 0 |

*Sumber : Data Primer, 2011*

**Tabel 8 Data Konsentrasi Penurunan Logam Ni Dengan *Bottom Ash***

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Waktu Tinggal**  **(menit)** | **Kec. Pengadukan 150 rpm** | | | | | |
| **Massa Adsorben** | | | | | |
| **47,3 gr** | | **94,5 gr** | | **141,7 gr** | |
| **Konsentrasi**  **(mg/l)** | **Efisiensi**  **(%)** | **Konsentrasi**  **(mg/l)** | **Efisiensi**  **(%)** | **Konsentrasi**  **(mg/l)** | **Efisiensi**  **(%)** |
| **0** | 0,00 | 0 | 0,04 | 0 | 0,04 | 0 |
| **30** | 0,02 | -100 | 0,02 | 50 | 0,04 | 0 |
| **60** | 0,02 | -100 | 0,02 | 50 | 0,02 | 50 |
| **90** | 0,02 | -100 | 0,02 | 50 | 0,02 | 50 |
| **120** | 0,00 | 0 | 0,04 | 0 | 0,02 | 50 |
| **150** | 0,00 | 0 | 0,04 | 0 | 0,00 | 100 |
| **180** | 0,00 | 0 | 0,04 | 0 | 0,00 | 100 |

*Sumber : Data Primer, 2011*

Berdasarkan tabel 7 dan tabel 8 untuk proses adsorpsi logam berat (Cu & Ni) menghasilkan data yang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor misalnya karena konsentrasi logam berat yang terkandung di dalam sampel limbah terlalu kecil sehingga ketika dilakukan pembacaan dengan menggunakan alat AAS maka alat tersebut sulit mengidentifikasi hasilnya. Selain itu, konsentrasi awal sampel logam berat telah memenuhi standar baku mutu sehingga apabila hasil sampel mengalami kenaikan maka kemungkinan terjadi percampuran kandungan logam *bottom ash* dengan kandungan logam berat sampel.

Untuk parameter kandungan logam berat Cu dengan kecepatan pengadukan 100 rpm dan variasi massa adsorben sebesar 47,3 gram; 94,5 gram; dan 141,7 gram efisiensi yang dicapai adalah -200% (dari 0,00 mg/l menjadi 0,02 mg/l); 100% (dari 0,02 mg/l menjadi 0,00 mg/l); dan 0% (dari 0,04 mg/l menjadi 0,04 mg/l) merupakan hasil penurunan konsentrasi terbaik yang dapat dicapai pada penelitian ini.

Sementara itu hasil perhitungan untuk parameter kandungan logam berat Ni dengan kecepatan pengadukan 150 rpm dan variasi massa adsorben sebesar 47,3 gram; 94,5 gram; dan 141,7 gram efisiensi yang dicapai adalah 0% (dari 0,00 mg/l menjadi 0,00 mg/l); 0% (dari 0,04 mg/l menjadi 0,04 mg/l); dan 100% (dari 0,04 mg/l menjadi 0,00 mg/l).

**C7. Mekanisme Adsorpsi**

Proses penyerapan logam berat dan zat warna pada adsorben melalui tiga tahapan yaitu :

1. Molekul-molekul adsorbat berpindah dari fase cairan ke permukaan luar adsorben (eksterior) dan untuk itu harus melalui lapisan film yang mengelilingi lapisan adsorben. Proses ini disebut sebagai difusi film.
2. Molekul adsorbat terserap ke dalam permukaan dalam (interior) atau permukaan pori dari adsorbat.
3. Molekul adsorbat menempel pada permukaan adsorben (Rosiawari, 2008).

**C8. Model Adsorpsi Kontinyu**

Data hasil perhitungan dengan isoterm Thomas dapat dilihat pada tabel 9 berikut ini :

**Tabel 9 Hasil Analisis Konsentrasi Zat Warna Reaktif**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Waktu**  **(menit)** | **Ce** | **Ce/C0** | **Efisiensi**  **(%)** | **C0/Ce** | **Ln((C0/Ce)-1)** |
| **0** | 470 | 1,000 | 0 | 1,000 |  |
| **30** | 350 | 0,745 | 25,53 | 1,343 | -1,070 |
| **60** | 245 | 0,521 | 47,87 | 1,918 | -0,085 |
| **90** | 185 | 0,394 | 60,64 | 2,541 | 0,432 |
| **120** | 100 | 0,213 | 78,72 | 4,700 | 1,308 |
| **150** | 65 | 0,138 | 86,17 | 7,321 | 1,829 |
| **180** | 35 | 0,074 | 92,55 | 13,429 | 2,520 |

*Sumber : Data Primer, 2011*

Tabel 9 diatas merupakan hasil perhitungan isoterm Thomas pada efisiensi tertinggi yang dapat dicapai yaitu 92,55% pada variasi massa adsorben sebesar 141,7 gram dan kecepatan pengadukan 100 rpm. Adapun hasil perhitungan isoterm Thomas yang lain dapat dilihat pada lampiran.

Sebelum membuat grafik persamaan Thomas perlu dilakukan perhitungan volume untuk sumbu x dengan perhitungannya adalah sebagai berikut :

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

Pada saat t = 30 menit dengan debit = 10 ml/menit atau 0,01 l/menit, maka perhitungan volume adalah

V = 0,01 liter/menit x 30 menit

= 0,3 liter.

Sehingga grafik persamaan Thomas untuk parameter analisis zat warna reaktif adalah sebagai berikut :

**Gambar 2 Grafik Persamaan Thomas Zat Warna Reaktif**

(Sumber : Data Primer, 2011)

Pada gambar 2 terjadi korelasi atau hubungan antara hasil perhitungan ln ((C0/Ce)-1) dengan volume limbah tekstil. Hal ini dapat dilihat pada persamaan yang dihasilkan yaitu y = 2,340x - 1,634 dan menghasilkan nilai R² = 0,992. Dari persamaan y tersebut dapat dicari model adsorpsinya. Adapun model adsorpsi dari grafik tersebut adalah .

Untuk perhitungan isoterm Thomas pada parameter logam berat tidak didapatkan perhitungan seperti pada zat warna reaktif. Selain itu, parameter kandungan logam berat (Cu & Ni) tidak dapat dibuat grafik isoterm Thomas karena hasil perhitungan yang tidak memenuhi kriteria yaitu hasil C0/Ce ≤ 1.

**C9. Analisis Statistik**

Setelah dilakukan perhitungan dengan model adsorpsi kontinyu maka langkah selanjutnya adalah perhitungan dengan analisis statistik. Analisis statistik yang dilakukan meliputi uji normalitas, uji korelasi, dan uji regresi. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil yang terdistribusi normal. Selanjutnya data yang terdistribusi normal maka dapat dilakukan analisis statistik parametrik (Suliyanto, 2005).

1. **KESIMPULAN & SARAN**

**D1. Kesimpulan**

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

1. Kandungan zat warna reaktif dan logam berat (Cu & Ni) dalam limbah cair industri tekstil mencapai 830 Pt-Co untuk zat warna reaktif dan 0,08 mg/l untuk logam berat (Cu & Ni).
2. Kecepatan pengadukan dan massa adsorben berpengaruh terhadap efektivitas penurunan zat warna dan logam berat (Cu & Ni) limbah tekstil yaitu sebesar :
3. 92,55% untuk kandungan zat warna reaktif limbah tekstil
4. 100% untuk kandungan logam berat (Cu & Ni).

**D2. Saran**

Adapun saran-sarannya adalah dilakukan penelitian lanjutan dengan metode kontinyu dan parameter yang lain. Selain itu lebih baik digunakan limbah artifisial agar hasil yang didapat sesuai dengan apa yang diinginkan.

**DAFTAR PUSTAKA**

Alaerts, G. dan Santika, S. S. 1987. *Metode Penelitian Air.* Surabaya. Penerbit Usaha Nasional.

Andrews, J.F. 1971. *Biological Waste Water Treatment. R.P.Canale Editor.* New York. John Wiley and Sons Inc.

Astuti, Widi. dan Mahatmanti, F. Widhi. 2010*. Aktivasi Abu Layang Batubara dan Aplikasinya Sebagai Adsorben Timbal Dalam Pengolahan Limbah Elektroplating.* Laporan Tugas Akhir Universitas Negeri Semarang.

Christian, Handy. 2007. *Penggunaan Jamur Lapuk Putih dalam Penghilangan Warna Limbah Tekstil.* http://majarimagazine.com/ akses 29 Oktober 2009.

Dwioktavia. 2011. *Pengolahan Limbah Industri Tekstil*. Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Haluoleo Kendari.

Eckenfelder, Jr and Wesley, W. 2000.*Industrial Water Pollution Control.* Singapore. Mc Graw Hill Third Edition.

Hendrasarie, Novirina. 2003. *Abu Batubara Sebagai Alternatif Adsorben Penurunan Warna Pada Limbah Tekstil.* Jurnal Aksial Majalah Ilmiah Teknik Sipil Vol. 5 No. 3 Desember 2003.

Joko, Tri. 2010. *Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum*. Yogyakarta. Graha Ilmu.

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

Metcalf & Eddy. 2003. *Waste Water Engineering*. New York. Mc Graw Hill International.

Mufrodi, dkk. 2008. *Adsorpsi Zat Warna Tekstil dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Variasi Massa Adsorben dan Suhu Operasi.* Laporan Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan.

Mufti, Ariya. 2009. *Pemanfaatan Lumpur Sidoarjo sebagai Adsorben Zat Warna Tekstil Jenis Reaktif dan Ion-Ion Logam (Cr6+ & Cd2+)*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Oktiawan, Wiharyanto dan Junaedi. 2006. *Bahan Ajar: Perencaaan Bangunan Pengolahan Air Buangan*. Semarang. Universitas Diponegoro.

Palar, Heryando. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta. Rineka Cipta.

Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengolahan Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Perdana, M. Putra. 2010. *Pemanfaatan Karbon Aktif dari Bottom Ash Sebagai Adsorben Zat Warna Reaktif dan COD dari Limbah Tekstil Dengan Metode Batch.* Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Potter, Clifton, dkk. 1994. *Limbah Cair Berbagai Industri di Indonesia, Sumber Pengendalian dan Baku Mutu.* Jakarta. BAPPEDAL.

PT. Sucofindo (Persero). 1999. *Penyusunan Database Dampak Lingkungan dari Kegiatan Industri*. Bandung. Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat Institut Teknologi Bandung

Purwaningsih, Indah. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta Dengan Metode Elektrokoagulasi Ditinjau Dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Warna.* Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Qasim, Syed R. 1985. *Waste Water Treatment Plants Planing, Design, and Operation.* New York. CBS College Publishing.

Reynolds, Tom D. 1982. *Unit Operations and Processes in Environmental Engineering*. Belmont, California. Wadsworth, Inc.

Rosiawari, Firra. 2008. *Penurunan Konsentrasi Limbah Detergen Menggunakan Furnace Bottom Ash (FBA)*. Jurnal Rekayasa Perencanaan Vol. 4 No. 3 Juni 2008.

Samadhi, Dkk. 2008. *Pembakaran Ulang Abu Bawah Batubara*. Jurnal Teknik Kimia Indonesia Volume 7 No. 3 Halaman 810-816.

Saragih, Sehat Abdi. 2008. *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau Sebagai Adsorben*. Laporan Tesis Program Studi Teknik Mesin Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Indonesia Jakarta.

Sasmojo. 1994. *Proses-proses Penangkalan, Pencegahan dan Pengendalian Pencemaran Berdasarkan Adsorbsi*. Seminar Pengolahan Industri di KLH.

Setiaka, Juniawan. 2010. *Adsorpsi Logam Cu (II) dalam Larutan Pada Abu Dasar Batubara Menggunakan Metode Kolom*. Skripsi Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

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

Tchobanoglous, George and Franklin L. Burton. 1991. *Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse*. Singapore. 3th ed. McGraw-Hill Book Co.

[www.chem-ist-try.org](http://www.chem-ist-try.org)