

OPTIMASI KECEPATAN PENGADUKAN PADA PROSES ADSORPSI LIMBAH CAIR LAUNDRY UNTUK MENURUNKAN KADAR SURFAKTAN MENGGUNAKAN BATU BARA

Sirajuddin ^{1*}, Muhammad Syahrir ², Irmawati Syahrir ³

^{1,2,3} Teknik Kimia, Politeknik Negeri Samarinda

Jl. Dr. Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan Samarinda 75131

*Email : sirawtp@yahoo.co.id

ABSTRAK

Dererjen merupakan salah satu bahan pencemar lingkungan yang sulit untuk di *degradasi*. Surfaktan merupakan salah satu bahan aditif yang sangat berpengaruh terhadap daya kerja deterjen. Alkil Benzen Sulfanoat (ABS) adalah penyusun surfaktan yang sulit di *degradasi*. Senyawa tersebut banyak digunakan pada deterjen di Indonesia. Pemakaian deterjen yang berlebih menyebabkan meningkatnya konsentrasi surfaktan pada lingkungan. Berdasarkan PERDA PemProv KALTIM No.2 Tahun 2011, konsentrasi surfaktan pada lingkungan adalah 5 ppm. Batubara merupakan barang tambang yang memiliki kemampuan yang cukup baik dalam proses adsorpsi pada zat organik atau anorganik. Batubara juga digunakan sebagai bahan dasar karbon aktif. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar surfaktan pada limbah cair laundry dengan metode adsorpsi menggunakan batubara agar sesuai dengan standar baku mutu air limbah. Sebelum proses adsorpsi berlangsung terlebih dahulu di lakukan uji daya serap karbon aktif yang menghasilkan kemampuan serap sebesar 24,2424%. Variasi kecepatan yang digunakan ialah 100, 150, 200,250 dan 300 rpm dengan konsentrasi awal limbah sebesar 25,4902 ppm. Persentase penurunan tertinggi didapatkan pada kecepatan pengadukan 250 rpm sebesar 80,3922% dimana konsentrasi surfaktan menjadi 4,9981 ppm.

Kata kunci : adsorpsi, batubara, karbon aktif, surfaktan

ABSTRACT

Detergent is one of the toughest pollutants to degrade in the environment. Surfactant is one of the additives which has a big effect on the quality of the detergent. Composition of surfactant is Alkyl Benzene Sulfanoat (ABS) that is difficult to degrade and this kind of detergent is used in Indonesia. The excessive use of detergent causes the increase of the surfactant in the environment. Based on the Provincial Government PERDA KALTIM 2 in 2011, the concentration of surfactant in the environment is 5 ppm. Coal is a mineral that has a good ability in the process of adsorption on organic or inorganic substances. Coal is used as the base material of activated carbon. This research aims to know the effect of stirring speed variations to decrease levels of surfactant in the laundry wastewater by adsorption method using coal to meet the wastewater quality standard. Before the adsorption process, the activated carbon adsorption test was conducted which produced an ability to adsorb as much as 24,2424%. The stirring speed variations used were 100, 150, 200, 250 and 300 rpm with initial concentration of waste was 25,4902 ppm. The highest percentage of reduction was obtained at the stirring speed of 250 rpm at 80, 3922% wherein the surfactant concentration became 4,9981 ppm

Keyword : actived carbon, adsorption, coal, surfactant

PENDAHULUAN

Perkembangan usaha kecil jasa pencucian pakaian (*laundry*) di berbagai tempat semakin meningkat, termasuk di kota Samarinda. Berdasarkan survei bulan Agustus 2016 yang dilakukan pada 5 usaha *laundry* di wilayah Samarinda Seberang, jumlah limbah cair *laundry* yang dihasilkan rata – rata oleh 1 usaha

laundry mencapai 279.4 L/ hari. Jumlah UMKM *laundry* wilayah Kecamatan Samarinda Seberang sekitar 27 usaha, sehingga dapat diperkirakan potensi jumlah limbah cair *laundry* setiap harinya berkisar 7.543,8 L. Limbah dapat mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya, karena zat warna, kandungan bahan kimia organik atau

adsorben. (Faust & Aly, 1929). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan adsorpsi dan berapa banyak adsorbat yang dapat diserap oleh adsorben. Cheremisinoff dalam Yuniarto menjabarkan beberapa faktor – faktor tersebut antara lain Karakteristik Adsorban. Faktor yang cukup penting dalam proses adsorpsi ialah karakteristik media adsorban yang meliputi luas permukaan, ukuran partikel, komposisi kimia dan lain – lain. Namun pada proses adsorpsi faktor yang paling dominan ialah luas permukaan spesifik dan ukuran partikel. Pada umumnya jumlah adsorpsi yang terjadi per berat unit adsorban akan semakin besar bila media adsorban semakin luas spesifikasinya atau dapat dikatakan bahwa kapasitas adsorpsi berbanding lurus dengan permukaan spesifik media. Distribusi ukuran partikel menentukan distribusi ukuran molekul yang dapat masuk ke dalam media untuk diadsorpsi. Ukuran partikel umumnya dibedakan menjadi dua yaitu makropori dan mikropori. Dikarenakan penyerapan molekul adsorbat dari mikropori lebih banyak dibandingkan makropori, maka ukuran molekul adsorbat yang lebih kecil akan lebih banyak diadsorpsi daripada molekul adsorbat yang lebih besar.

Karakteristik adsorbat yang perlu diperhatikan dalam proses adsorpsi ialah ukuran molekul, kelarutan, komposisi kimia dan lain – lain. Ukuran molekul adsorbat mempengaruhi proses adsorpsi molekul adsorbat tersebut pada media adsorban, terutama pada media berpori. Ukuran molekul adsorbat yang lebih besar dari pada ukuran pori adsorban tentu saja mempunyai tingkat kecepatan adsorpsi yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran molekul yang lebih kecil.

Molekul - molekul adsorbat yang mempunyai sifat kelarutan yang tinggi tentu akan lebih sukar untuk dipisahkan dengan pelarutnya dan proses adsorpsi yang diharapkan tidak terjadi optimal

Waktu kontak untuk mencapai keseimbangan tidak selalu sama dalam setiap proses.

pH yang digunakan adalah pH 6-8. Penentuan pH dipastikan tidak merubah sifat adsorban

dan atau adsorbat yang terlibat dalam proses adsorpsi.

Proses adsorpsi pada umumnya merupakan proses eksoterm, sehingga tingkat adsorpsi umumnya akan meningkat seiring dengan menurunnya temperatur, namun perubahan kecil temperatur cenderung tidak mempengaruhi proses adsorpsi yang terjadi .

Pengadukan berguna agar adsorben dapat tersebar secara merata di setiap bagian dengan harapan dapat menjerap zat adsorbat dengan sempurna dan dapat menghasilkan daya adsorpsi yang maksimal. Pengadukan juga berfungsi untuk selalu memperbaharui gradien konsentrasi antar muka adsorben dengan *bulk* adsorbat agar peristiwa adsorpsi dapat tetap berlangsung. Pengadukan yang lebih cepat menyebabkan adsorben dapat memperbesar zona kontak dengan *bulk* adsorbat.

Waktu kontak yang diperlukan untuk mencapai equilibrium tidaklah selalu sama untuk setiap proses adsorpsi. Waktu kontak yang diperlukan oleh proses adsorpsi didapatkan dimana tidak lagi terjadi perubahan konsentrasi adsorbat pada solute

Karbon aktif merupakan arang dengan struktur amorphous atau mikrokristalin yang sebagian besar terdiri atas karbon bebas dan memiliki *internal surface*. Kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi ditentukan oleh struktur kimia yaitu atom C, H dan O yang terikat secara kimia membentuk gugus fungsi. Aktifitas penyerapan karbon aktif tergantung dari kandungan senyawa karbon dalam bahan, umumnya terdiri dari 85 – 95% karbon bebas (Ramdja dkk, 2008). . Batubara banyak digunakan sebagai media adsorban dalam menyerap bahan – bahan kimia dalam air seperti logam dan surfaktan. Komposisi dari batubara umumnya ialah karbon (70-90 %), sulfur (0.5 – 2.5 %), air (0-7 %), Nitrogen (1-2 %), dan bahan – bahan organik lainnya (5 – 20 %) (Yuniarto, 1999).

Penelitian tentang pengolahan air limbah telah dilakukan untuk menurunkan kadar surfaktan limbah cair laundry dengan metode adsorpsi menggunakan batubara. Penelitian yang dilakukan oleh Rosariwati (2008), yaitu adsorpsi menggunakan sisa pembakaran batubara atau *furnace bottom ash* (FBA). Pada

penelitian Rosariwati, bahan baku yang digunakan adalah limbah cair *laundry*. Variabel yang divariasikan ialah konsentrasi surfaktan, waktu kontak, berat adsorben, dan diameter adsorben, sedangkan variabel tetap yang digunakan ialah kecepatan pengadukan dan volume limbah cair *laundry*. Kondisi operasi yang paling efektif didapatkan pada penggunaan batubara sebanyak 40 gram dengan waktu kontak selama 75 menit dan diameter adsorben sebesar 16 mesh. Persentase penurunan kadar surfaktan pada limbah cair *laundry* dengan konsentrasi awal 49.83 ppm menjadi 7.45 ppm sebesar 85.05%. Peneliti kedua, dilakukan oleh Yuniarto (1999) menggunakan metode adsorpsi. Batubara kelas 2 digunakan sebagai adsorben dan limbah cair *laundry* sebagai adsorbatnya. Variabel berubah yang digunakan ialah konsentrasi surfaktan, berat adsorben dan diameter adsorben, sedangkan variabel tetapnya ialah waktu kontak, volume limbah cair *laundry* dan kecepatan pengadukan. Kondisi optimum yang didapatkan adalah sebanyak 160 gram dengan diameter adsorbent antara 1.63 – 2.00 mm dan konsentrasi surfaktan 0.5 ppm. Persentase penurunan kadar surfaktan yang dicapai sebesar 91.01 - 95.25%.

Pada penelitian Rosariwati (2008), kadar surfaktan yang didapatkan setelah proses adsorpsi menggunakan FBA sebesar 7.45 ppm dengan persentase penurunan sebesar 85.05%, kadar tersebut masih belum mencapai standar baku mutu air limbah dimana kadar surfaktan pada air limbah buangan ke badan sungai Mahakam hanya boleh sebesar 5 ppm. Pada penelitian Yuniarto (1999), hasil yang diperoleh merupakan hasil yang baik dengan persentase penurunan kadar surfaktan mencapai 91.01 - 95.25% pada kadar surfaktan 0.5 ppm dengan penggunaan massa adsorbat sebanyak 160 gram.

Berdasarkan dari standar baku mutu air limbah, maka dapat dilakukan variasi kecepatan pengadukan untuk meningkatkan penurunan kadar surfaktan limbah cair *laundry*. Hal ini dikarenakan adsorben dapat tersebar secara merata di setiap bagian dengan harapan dapat menyerap zat adsorbat dengan

sempurna dan dapat menghasilkan daya adsorpsi yang maksimal. Semakin tinggi kecepatan pengadukan maka gradien adsorbat pada zona kontak dengan adsorbatnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan terhadap penurunan kadar surfaktan pada limbah cair *laundry* dengan metode adsorpsi menggunakan batubara agar sesuai dengan standar yang ditetapkan berdasarkan Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Usaha pada Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 02 Tahun 2011 Tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Manfaat dari penelitian ini adalah, membantu pemerintah dan masyarakat secara luas untuk mengurangi kadar surfaktan pada limbah cair *laundry* yang sesuai dengan standar baku mutu air limbah, mengurangi pencemaran lingkungan pada ekosistem perairan yang diakibatkan oleh limbah cair *laundry*.

METODE

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi limbah cair *laundry*, batubara sub Bituminus, HCl.

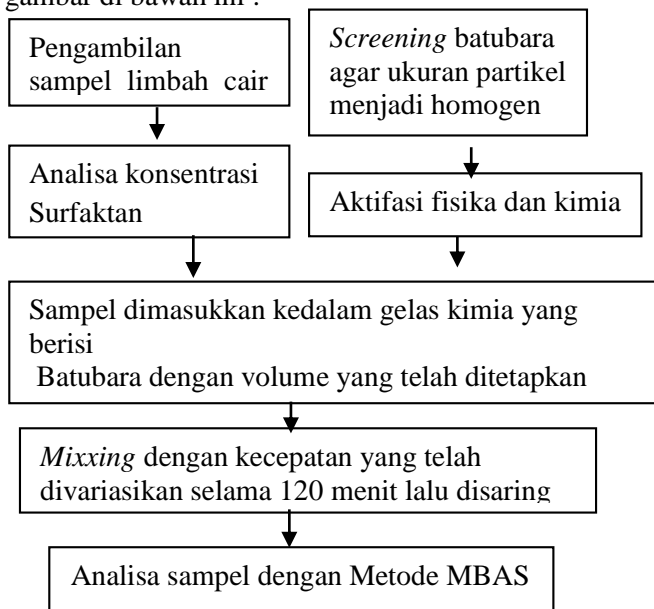
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Almunium Foil, Gelas kimia 500 ml, Neraca digital SARTOTIUS, Pengayak - 16+18, *Crusher*, Kertas saring, Corong pisah, *Erlenmeyer* 250 ml, Toples kaca, Motor pengaduk

Prosedur Penelitian

Penelitian dimulai dari tahap pengambilan limbah cair *laundry* dari beberapa tempat untuk dilakukan analisa kadar surfaktannya. Adsorben yang digunakan untuk menurunkan kadar surfaktan pada limbah cair *laundry* adalah batu bara jenis sub bituminus. Batubara tersebut discreening dan diaktifasi secara fisika dengan temperatur 500° C selama 1 jam dan selanjutnya diaktifasi secara kimia dengan menggunakan HCl 0,2 M selama 2 jam dengan bantuan pemanasan pada suhu 55°C dan pengadukkan. Proses adsorpsi dilakukan dengan cara mencampurkan sampel limbah cair *laundry* dengan batubara yang

telah diaktifasi ke dalam gelas kimia dengan perbandingan 600 ml sampel dan 150 gram batubara. Untuk mengoptimasi proses adsorpsi dilakukan pengadukan dengan kecepatan pengadukan 100 rpm, 150 rpm, 200 rpm, 250 rpm, dan 300 rpm selama 120 menit. Analisa konsentrasi surfaktan terhadap sampel yang telah diadsorpsi menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 652 nm berdasarkan SNI 06-6989.51-2005

Rancangan penelitian ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Variabel Penelitian

Variabel yang diamati dalam penelitian ini antara lain:

Variabel Tetap

- Massa adsorben 150 gram.
- Volume sampel 600 ml.
- Waktu kontak 120 menit.
- Diameter adsorben 16 mesh.

Variabel Tidak Tetap

Kecepatan pengadukan (100, 150, 200, 250, dan 300 rpm)

Variabel Respon

Analisa kadar surfaktan pada limbah cair laundry (MBAS) menggunakan metode uji SNI 06 – 6989.51- 2005

Analisis Data

Data yang diperoleh diolah berdasarkan parameter yang diteliti ditabulasi dan dibuat

grafik. Data hasil analisa penurunan kadar surfaktan berdasarkan variasi kecepatan pengadukan, hasilnya dibandingkan dengan Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Usaha pada Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 02 Tahun 2011 Tentang Pengolahan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 4. Data Analisa Daya Serap Iod Karbon Aktif Batubara

Aktivasi				Volume Iod (ml)	Persentase Daya Serap (%)
Kimia		Fisika			
Aktivator	Waktu	Temperatur	Waktu		
HCl 0,2 M	jam	500°C	jam	14.65	24.24

Tabel 5. Konsentrasi Surfaktan Pada Limbah Cair Laundry

Konsentrasi Limbah	Baku Mutu Air Limbah
25.4902 ppm	5 ppm

Tabel 6. Data Analisa Konsentrasi Surfaktan Pada Limbah Cair Laundry

Kecepatan (RPM)	Konsentrasi Surfaktan (ppm)	Persen Penurunan Surfaktan (%)
100.0	23.60	7.41
150.0	19.31	24.24
200.0	7.47	70.68
250.0	4.99	80.39
300.0	4.99	80.39

Pembahasa

Proses Aktifasi Karbon Aktif dari Batubara Sub Bituminous

Proses pengaktifasian dilakukan untuk meningkatkan daya serap karbon aktif batubara. Pada proses aktifasi fisika biasanya karbon dipanaskan pada furnace pada temperature 600-900°C (Ramdja dkk, 2008), namun pada proses aktifasi fisika batubara sub bituminous temperatur yang digunakan ialah 500°C. Hal ini dikarenakan pada suhu 500°C batubara masih dalam bentuk granula, sedangkan pada suhu diatas ataupun dibawah 500°C batubara menjadi lenget dan menyatu, sehingga ukuran dan bentuk yang di hasilkan tidak sesuai dengan yang di inginkan. Proses aktivasi kimia merujuk pada pelibatan bahan – bahan kimia, menurut Krik and Othmer (1940) dalam Ramdja dkk (2008) bahan kimia yang dapat digunakan sebagai aktivator ialah CaCl_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaCl , HCl , dan sebagainya, aktivator yang digunakan ialah HCl 0,2 M. Penggunaan HCl dalam proses aktivasi karbon juga berpengaruh dalam memperbesar ukuran pori-pori dari batubara sub bituminous (Mufrodi dkk , 2008 dalam Permatasari dkk, 2012).

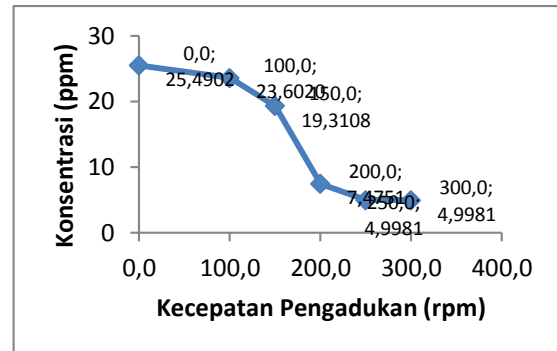
Daya serap yang di hasilkan oleh karbon aktif berbahan batubara sub bituminous ialah 24,2424%, dimana daya serap tersebut telah memenuhi standar SII No. 0258-79 yaitu minimal 20%.

Adsorpsi Surfaktan Limbah Cair Laundry Dengan Variasi Kecepatan Pengadukan

Proses adsorpsi menggunakan karbon aktif batubara dilakukan dengan memvariasikan kecepatan pengadukan. Variasi yang di gunakan adalah 100, 150, 200, 250 dan 300 rpm. Pengukuran konsentrasi surfaktan pada detergen terlebih dahulu dilakukan untuk mengetahui berapa konsentrasi awal limbah cair laundry sebelum dilakukan proses adsorpsi pada limbah. Konsentrasi yang didapatkan pada limbah cair laundry tersebut ialah 25,4902 ppm, berdasarkan PERDA Pemprov No 2 Tahun 2011 konsentrasi surfaktan yang aman dibuang kelingkungan adalah 5 ppm, sehingga dapat dikatakan

bahwa limbah cair laundry tidak aman jika langsung dibuang ke lingkungan dikarenakan konsentrasi surfaktan yang tinggi diatas standar baku mutu air limbah.

Penurunan kadar surfaktan oleh kecepatan pengadukan disajikan pada Tabel 6 dan Gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2. Hasil Penurunan Kadar Surfaktan Dengan Memvariasikan Kecepatan Pengadukan

Pada gambar di atas terlihat bahwa kecepatan pengadukan dapat menurunkan konsentrasi surfaktan hingga dibawah standar baku mutu air limbah menurut PERDA No 2 Tahun 2011.

Hal ini karena kemampuan adsorpsi, sifat fisik, dan sifat kimia yang di miliki oleh karbon aktif dalam mengikat partikel yang sejenis (Ramdja dkk, 2008). Secara umum kecepatan pengadukan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi, dimana semakin tinggi kecepatan pengadukan maka bidang kontak antara adsorben dan adsorbatnya akan semakin luas, sehingga proses adsorbs akan berlangsung secara optimal. Pada proses adsorpsi surfaktan pada limbah cair laundry menggunakan karbon aktif batubara mengalami penurunan dengan meningkatnya kecepatan pengadukan hingga mencapai titik konstan pada kecepatan tertentu. Disajikan pada Gambar 2 dan Tabel 6 dimana dengan kecepatan pengadukan 100 rpm dapat menurunkan konsentrasi surfaktan yang semula 25,49 ppm menjadi 23,60 ppm, kemudian pada 150 rpm konsentrasi surfaktan menjadi 19,31 ppm, 200 rpm konsentrasi surfaktan 7,47 ppm sedangkan pada kecepatan 250 dan 300 rpm konsentrasi surfaktan konstan menjadi 4,99 ppm. Pada kecepatan

250 rpm di duga karbon aktif yang digunakan telah jenuh yang mengakibatkan pada kecepatan 300 rpm konsentrasi surfaktan tidak mengalami penurunan lagi atau penggunaan kecepatan pengadukan diatas 250 rpm menyebabkan partikel surfaktan yang seharusnya terikat pada pori-pori karbon aktif terlepas. Terlalu cepatnya pengadukan menyebabkan karbon aktif tidak sempat untuk membuat ikatan yang kuat dengan partikel adsorbat (Syauqiah dkk, 2011). Pada kecepatan 150 rpm ke 200 rpm mengalami penurunan konsentrasi surfaktan yang tinggi. Hal ini disebabkan proses pengadukan pada 200 rpm karbon aktif batubara terdistribusi secara merata pada sampel, sehingga penyerapan terjadi secara optimal, akan tetapi pada kecepatan 100 rpm dan 150 rpm pendistribusian karbon aktif batubara tidak merata ke segala arah sehingga penyerapan tidak secara optimal. Kecepatan 250 rpm kemungkinan akan terjadi penurunan yang tinggi pula, namun dikarenakan karbon aktif yang diduga mengalami kejenuhan, sehingga penurunan konsentrasi surfaktan tidak terlalu tinggi. Untuk persentase penurunan konsentrasi surfaktan terendah terjadi pada kecepatan 100 rpm sebesar 7,41% dan persentase tertinggi adalah pada kecepatan 250 rpm sebesar 80,39%

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

1. Analisa pengaruh kecepatan pengadukan terhadap penurunan konsentrasi surfaktan diperoleh persentase terbesar pada kecepatan 250 rpm sebesar 80,39% dengan konsentrasi surfaktan sebesar 4,99 ppm dengan menggunakan karbon aktif batubara yang memiliki daya serap sebesar 24,24%
2. Karbon aktif mengalami kejenuhan pada kecepatan 300 rpm dimana konsentrasi surfaktan dan persentase penurunan telah konstan atau pengaruh kecepatan yang terlalu cepat sehingga menyebabkan partikel surfaktan tidak terikat dengan baik pada pori-pori karbon aktif, konsentrasi surfaktan yang di dapat sebesar 4,99 ppm dengan persentase penurunan sebesar 80,39%.

Saran

1. Deterjen tidak hanya mengandung surfaktan, terdapat beberapa bahan kimia lain yang terkandung didalam deterjen yang memiliki sifat yang mudah diadsorpsi dengan media karbon aktif sehingga dapat mengganggu proses adsorpsi surfaktan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian yang menunjukkan kemampuan adsorpsi surfaktan tanpa adanya bahan kimia pengganggu dalam proses.
2. Meningkatkan daya serap karbon aktif batubara, sehingga apabila diaplikasikan pada konsentrasi tinggi, konsentrasi surfaktan dapat turun dibawah standar baku mutu air limbah.
3. Mengurangi waktu adsorpsi, sehingga apabila diaplikasikan pada kecepatan tinggi konsentrasi surfaktan dapat turun dibawah standar, kemungkinan karena waktu adsorpsi yang lama maka saat 300rpm konsentrasi surfaktan menjadi konstan.

DAFTAR RUJUKAN

- Agardy, Franklin J. & Nelson L. Nemerow. (1998). *Strategies of Industrial and Hazardous Waste Management*. John Wiley & Sons, 1998. September 5, 2016
- Faust, Samuel D., & Aly, Osman M. (1929). “ Adsorption Process for Water Treatment”. London :Butterworth Publisher,
- Mufrodi (2008) dalam Permatasari, Gustin Medina dkk. (2012),” Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Massa Adsorben terhadap Efektivitas Penurunan Zat Warna Dan Logam Berat (Cu & Ni) Limbah Tekstil dengan Menggunakan Bottom Ash”. Teknik Lingkungan. Universitas Diponegoro Semarang.
- Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 2 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Limbah Air, hal 110-111
- Pratiwi, Y., Sunarish, S., & Windi, W.F. (2012). *Uji Toksisitas Limbah Cair Laundry sebelum dan sesudah Diolah dengan Tawas dan Karbon Aktif Terhadap Bioindikator (Cyprinus carpio*

- L). Tugas Akhir Teknik Lingkungan, Institut Sains & Teknologi Yogyakarta.
- Ramdja, A. Faudi dkk. (2008). “ Pembuatan Karbon Aktif Dari Coalite Batubara Dan Aplikasinya Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Kain Jumputan” . Jurnal Teknik Kimia. Des. Vol.
- Rosariawari, Firra. (2008). “ Penurunan Konsentrasi Limbah Deterjen Menggunakan Furnace Bottom Ash (FBA)”. Jurnal Teknik Lingkungan. Jun. Vol. 4.
- Santi, Sintha Soraya., (2009), “ Penurunan Konsentrasi Surfaktan pada Limbah Deterjen dengan Proses Photokatalitik Sinar UV”, Jurnal Teknik Kimia, Sept. Vol., 4, hal. 260-264.
- Schouten,N., Hamm V.D.L.G.J.,. Euvernik, G.J & Haan, A., (2007), “ Selection and Evaluation of Adsorben for Removal of Anionic Surfactans from *laundry* Rinsing Water”, Journal of Water Research, Feb. Vol., 41, hal. 4233-4241.
- Smulders,E (2002), *Laundry Deterjents*, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany, hal. 39-40.
- Syuqiah, Ina dkk (2011).”Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. Info Teknik . Jul. Vol 12, hal 7.