

ANALISA PENURUNAN KADAR COD DAN BOD LIMBAH CAIR LABORATORIUM BIOKIMIA UIN MAKASSAR MENGUNAKAN *FLY ASH* (ABU TERBANG) BATUBARA

Rahmawati, St. Chadijah, Asriani Ilyas
Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar
Email: rahma_dvizxt@yahoo.co.id

Abstract: Fly ash coal has been used as adsorbents in reduction of pollutant parameters in the wastewater. Fly ash coal is a coal combustion residue in the form of fine particles and an inorganic material that is being developed potential for mineral adsorbent, so as to reduce environmental pollution. Activation of fly ash coal carried by soaking in solution H_2SO_4 1 M, then heated at a temperature of $450^\circ C$. The method used is a separate component that is specific adsorption of the fluid to the surface of solids. This study aims to determine how the effectiveness of fly ash coal as adsorbent in the lower levels of COD and BOD effluent Biochemistry laboratory at the State Islamic University of Alauddin Makassar. The results showed that the fly ash coal can be used to reduce the content of COD and BOD. COD and BOD levels before it is contacted with fly ash coal in a row 92 414 mg/L and 24 255 mg/L. After contacted with fly ash coal in optimum condition weighs 1.5 g and 90 rpm COD decreased to 33 005 mg/L and 32 062 mg/L, whereas at 2 g and 90 rpm BOD decreased to 17 325 mg/L and 10,395 mg/L.

Keywords: fly ash, wastewater biochemical laboratory, adsorption, COD and BOD.

1. PENDAHULUAN

Karakteristik limbah cair laboratorium biokimia dapat dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Sebagian besar unsur-unsur yang berbahaya yang terdapat dalam limbah cair laboratorium biokimia adalah logam berat seperti Besi (Fe), Mangan (Mn), Krom (Cr). Selain itu terdapat juga zat padat terlarut (TDS), Amoniak (NH_3) dan Nitril (NO_2) serta asam basa organik seperti minyak dan lemak, hidrokarbon, phenol, dll (Said, 2009).

Limbah laboratorium Biokimia khususnya limbah cair dihasilkan dalam jumlah besar, sehingga perlu mendapat penanganan yang serius. Nilai parameter-parameter pencemar yang dapat meningkatkan kandungan organik di badan air, salah satunya melalui parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD). COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan limbah yang terkandung dalam air, sedangkan BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi senyawa – senyawa kimia. Nilai COD yang tinggi mengakibatkan miskinnya kandungan oksigen dalam badan air sehingga mengganggu ekosistem perairan. Untuk mengatasinya diperlukan suatu

pengolahan limbah cair, agar nantinya dapat mengurangi konsentrasi limbah yang masuk ke dalam badan air penerima.

Fly ash merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan yang pada intinya mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO), alkalin (Na_2O), K_2O , dan karbon (Rery, dkk, 2010).

Penelitian yang terkait dalam pemanfaatan *fly ash* sebagai adsorben telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Afrianita dkk, (2010) dalam penelitiannya menggunakan *fly ash* dari industri *thermal power plant* sebagai adsorben dalam menyisihkan COD mencapai 87,89 % untuk sumber limbah domestik. Hidayat dkk (2010), dalam adsorpsi zat warna tekstil dengan menggunakan *fly ash* untuk variasi massa adsorben dan suhu operasi dapat menurunkan kadar logam dalam larutan tersebut dengan persentasi sebesar 32,5629%. Zulkifli, telah melakukan penelitian dalam pengolahan sampah kota dengan menggunakan *fly ash* batubara sebagai adsorben menghasilkan penyisihan kandungan COD sebesar 43%.

Berdasarkan pemanfaatan limbah dan kemampuan adsorpsi dari *fly ash* untuk menyisihkan parameter pencemar dalam limbah cair, maka dilakukanlah penelitian ini dengan judul analisa penurunan kadar COD dan BOD limbah cair laboratorium biokimia Universitas Islam Negeri Makassar menggunakan *fly ash* (abu terbang) batubara. Tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui efektivitas *fly ash* batubara sebagai adsorben dalam menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) limbah cair laboratorium biokimia di Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.

Abu Terbang (*Fly Ash*)

Pembakaran batubara akan menghasilkan residu berupa abu. Abu batubara adalah bagian dari sisa pembakaran batubara yang berbentuk partikel halus, amorf dan merupakan bahan anorganik yaitu mineral (*mineral matter*) (Zulfikurrahman dan Syaikhan, 2012). Menurut ACI (*American Concrete Institute*) Committee 226, disebutkan bahwa abu terbang (*fly ash*) mempunyai karakteristik seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Karakteristik *Fly Ash*

Deskripsi	Rincian
%Residu	10-85%
Ukuran	0,5-100 mikron
Kepadatan	0,6-3
Titik Leleh	>1000 °C
Warna	Cokelat Muda, Abu-Abu, Hitam
pH	3-12

Partikel *fly ash* memiliki kekuatan mekanik tinggi dan memiliki titik leleh yang titik di atas 1000 °C serta konduktivitas termal yang rendah. Mengacu pada gambar berikut :



Gambar 1. *Scanning Elektron Mikroskop* (SEM) dari Partikel Abu Terbang (Perbesaran 1000 kali)

Tabel 2. Komposisi kimia *fly ash* dari beberapa jenis

Komponen	Lignit (%)	Sub-bituminus (%)	Bituminus (%)
SiO ₂	15-45	40-60	20-60
Al ₂ O ₃	20-25	20-30	5-35
MgO	3-10	3-10	0-5
CaO	15-40	15-40	1-12
Fe ₂ O ₃	4-15	4-15	10-40
Na ₂ O	0-6	0-6	0-4
K ₂ O	0-4	0-4	0-3
SO ₃	0-10	0-2	0-4
LOI	0-5	0-3	0-15

Tabel 3. Komposisi kimia *fly ash* batubara dari PT. Semen Tonasa

Komposisi	Kadar (%)
SiO ₂	56,63
Al ₂ O ₃	10,54
Fe ₂ O ₃	8,51
CaO	6,18
MgO	1,28
SO ₃	0,10
LOI	16,07
BTL	73,70

Abu terbang batubara dapat menjadi alternatif pengganti karbon aktif dan zeolit. Tetapi kapasitas adsorpsi abu terbang sangat bergantung pada asal dan perlakuan pasca pembakaran batubara. Modifikasi sifat fisik dan kimia dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi abu terbang. Peningkatan kapasitas adsorpsi dapat membuat adsorben dari abu terbang batubara

kompetitif bila dibandingkan dengan karbon aktif dan zeolit (Mufrodi, dkk, 2010).

Aktivasi adalah proses penambahan zat kimia (*activator*) yang bertujuan untuk membangun porositas dan memperbesar luas permukaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi aktivasi, diantaranya:

a. Konsentrasi aktivator

Konsentrasi aktivator memberikan pengaruh pada proses aktivasi, yaitu semakin tinggi konsentrasi *activator*, semakin besar pula pengaruhnya untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati rongga atau pori-pori dari batubara, sehingga, volume pori semakin luas. Dengan demikian daya serapnya, semakin besar pula. Disamping itu, aktivator dapat mendegradasi/mendehidrase molekul organik selama proses karbonisasi/kalsinasi.

b. Suhu aktivasi

Suhu aktivasi tergantung bahan baku yang digunakan.

c. Waktu aktivasi

Waktu aktivasi juga memegang peranan penting dalam proses aktivasi. Jika waktu yang dibutuhkan terlalu sebentar, dikhawatirkan bahan aktivator tidak akan terlepas sempurna (Billah, 2010)

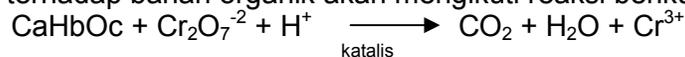
Aktivitas *fly ash* batubara dalam penelitian yang dilakukan oleh Lin et al adalah dengan menggunakan larutan H_2SO_4 1 mol/L. *Fly ash* batubara yang diaktivasi dengan H_2SO_4 dalam penelitiannya digunakan sebagai adsorben yang murah untuk menghilangkan zat pewarna *metylen blue* dari sebuah larutan.

Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Chemical Oxygen Demand (COD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh organisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air. Jadi nilai BOD tidak menunjukkan jumlah bahan organik yang sebenarnya, tetapi hanya mengukur secara relatif jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan buangan tersebut. Jika konsumsi oksigen tinggi yang ditunjukkan dengan semakin kecilnya sisa oksigen terlarut, maka berarti kandungan bahan buangan yang membutuhkan oksigen tinggi.

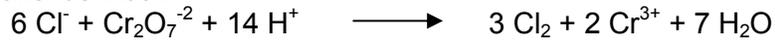
Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimia (KOK) adalah jumlah oksigen ($mg O_2$) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter air, dimana pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent).

Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikroorganisme dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut di dalam air. Oksidasi terhadap bahan organik akan mengikuti reaksi berikut ini:



Reaksi tersebut perlu pemanasan dan juga penambahan katalisator perak sulfat ($AgSO_4$) untuk mempercepat reaksi. Apabila dalam bahan buangan

organik diperkirakan ada unsur klorida yang dapat mengganggu reaksi maka perlu ditambahkan merkuri sulfat untuk menghilangkan gangguan tersebut. Klorida dapat mengganggu karena akan ikut teroksidasi oleh kalium bikromat sesuai reaksi berikut ini:



Apabila dalam larutan air terdapat klorida, maka oksigen yang diperlukan pada reaksi tersebut tidak menggambarkan keadaan sebenarnya. Seberapa jauh tingkat pencemaran oleh bahan buangan organik tidak dapat diketahui secara benar. Penambahan merkuri sulfat adalah untuk mengikat ion klor menjadi merkuri klorida mengikuti reaksi berikut ini :



Uji COD biasanya menghasilkan nilai kebutuhan oksigen yang lebih tinggi daripada uji BOD karena bahan-bahan yang stabil terhadap reaksi biologi dan mikroorganisme dapat ikut teroksidasi dalam uji COD (Sari, 2011).

2. Metode Penelitian

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Maret 2013 sampai dengan Agustus 2013 di Laboratorium Kimia Analitik Universitas Islam Negeri (UIN) Makassar dan di balai besar laboratorium Kesehatan (BBLK) Makassar.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah reaktor COD, shaker water bath, Heraeus labofuge 200 Centrifuge, Easypure II, grand size, timbangan analitik, oven, desikator, pH meter, seperangkat alat titrasi, dan seperangkat alat gelas.

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah *fly ash* batubara, limbah laboratorium Biokimia, H_2SO_4 1 M, Ag_2SO_4 , HgSO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N, Ammonium Ferro sulfat (FAS), indikator ferroin, MnSO_4 , buffer fosfat, CaCl_2 , MgSO_4 , FeCl_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,0125 N, kristal HgSO_4 , NaOH 0,01 M, alkali iodida azida, amilum, kertas saring, kertas universal, aquabides, aquades.

Prosedur Kerja

Preparasi Sampel Fly Ash Batubara

Fly Ash Batubara yang diperoleh dari PT. Semen Tonasa terlebih dahulu diaktifasi menggunakan larutan H_2SO_4 1 M selama 24 jam. Sampel kemudian dibilas beberapa kali dengan aquadest hingga pH netral untuk selanjutnya di oven pada suhu 105°C sampai kering. Hasil pengeringan kemudian dipanaskan dalam tanur pada suhu 450°C selama 2 jam. Langkah terakhir yaitu disaring menggunakan ayakan dan disimpan dalam desikator untuk digunakan pada uji-uji berikutnya.

Penentuan Berat Optimum Fly Ash Batubara terhadap Kadar COD dan BOD dalam Limbah Laboratorium Biokimia

Masing-masing sebanyak 0,5; 1; 1,5; 2 dan 3 gram *fly ash* batubara aktif ditambahkan 100 mL limbah laboratorium Biokimia. Campuran disheker selama 90 menit pada suhu 28°C dengan kecepatan 150 rpm, kemudian disentrifuge selama 10 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Dipisahkan antara filtrat dan residu, kemudian filtratnya diukur COD dan BODnya.

Penentuan Kecepatan Pengadukan Optimum Fly Ash Batubara Terhadap Kadar COD dan BOD dalam limbah cair laboratorium Biokimia

Berat optimum adsorben *fly ash* batubara aktif yang telah diperoleh ditambahkan 100 mL limbah laboratorium Biokimia. Campuran disheker selama 90 menit pada suhu 28°C dengan kecepatan 150 rpm, kemudian disentrifuge selama 10 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Dipisahkan antara filtrat dan residu, kemudian filtratnya diukur COD dan BODnya.

Analisis COD dengan Metode Refluks Tertutup

Pengujian angka COD, berdasarkan SNI 06-6989.15-2004 tentang metode pengujian kadar kebutuhan oksigen kimiawi dalam air limbah. Memipet 1 mL $K_2Cr_2O_7$ 0,25 N. Menambahkan 1 mL Ag_2SO_4/H_2SO_4 1% ditambahkan 0,04 gram $HgSO_4$. Ke dalam tabung hach masukkan masing-masing 2 mL blanko dan 2 mL sampel. Kemudian menutup rapat tabung hach dan homogenkan. Meletakkan tabung hach yang berisis larutan pada reaktor COD kemudian direfluks pada suhu 150°C selama 2 jam. Setelah 2 jam tabung didinginkan, kemudian larutan dimasukkan dalam erlenmeyer, ditambahkan 2 tetes indikator ferroin, dan dititrasi dengan larutan Ferro ammonium Sulfat (FAS) 0,0943 N. Sampai terjadi perubahan warna yang jelas dari hijau-biru menjadi cokelat kemerah-merahan. Selanjutnya dilakukan perhitungan COD limbah cair laboratorium Biokimia sebelum dan sesudah perlakuan.

Analisis BOD dengan Metode Titrasi Winkler

1. Persiapan sampel Limbah cair Laboratorium Biokimia

Persiapan sampel dilakukan dengan cara menyediakan sampel uji yang telah diambil sesuai dengan metode pengambilan sampel uji kualitas limbah SNI 6989.72:2009, sebanyak 100 mL limbah cair laboratorium biokimia dimasukkan ke dalam gelas kimia 250 mL. Menetralkan sampel uji sampai pH antara 6,5-7,5. Ditambahkan 1 liter aquabides ditambah 1 mL buffer fosfat pH 7, 1 mL $MnSO_4$, 1 mL $CaCl_2$, 1 mL $FeCl_3$ dimasukkan dalam botol yang digunakan sebagai air pengencer. Melakukan pencampuran larutan dengan menggunakan magnetik stirer selama 1 jam, selanjutnya dimasukkan ke dalam botol winkler sampai meluap. Kemudian botol ditutup, siap diuji.

2. Uji kadar BOD

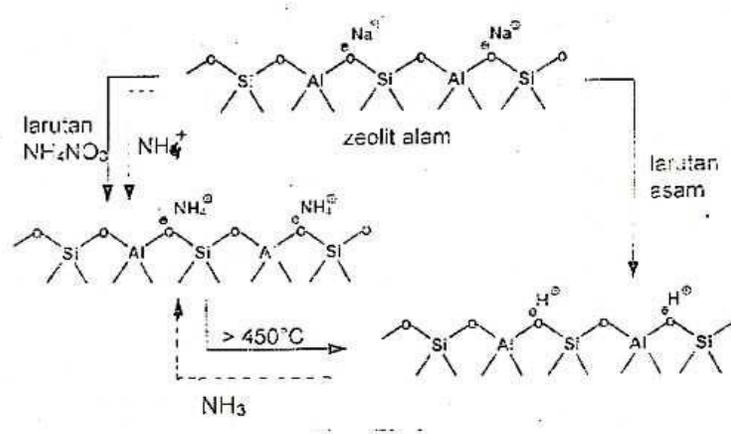
Dilakukan dengan cara pemeriksaan oksigen terlarut nol hari dari salah satu botol winkler yang berisi sampel uji dan air pengencer sesuai dengan metode pengujian oksigen terlarut dalam air limbah SNI 06-6989.14-2004. Botol winkler lain yang berisi sampel uji dan air pengencer diinkubasi selama 5 hari pada suhu 20°C. Selanjutnya melakukan pemeriksaan kadar oksigen terlarut pada hari kelima tersebut sesuai dengan metode pengujian oksigen terlarut dalam air limbah. Setelah itu ditambahkan 2 tetes amilum dan dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivasi Fly Ash Batubara

Fly ash batubara dari PT. Semen Tonasa diperoleh dalam bentuk kasar, yang berarti masih terdapat zat-zat pengotor lain di dalamnya dengan warna keabu-abuan. Dari tabel 3 dapat dilihat bahwa *fly ash* batubara dari PT. Semen Tonasa ini merupakan *fly ash* batubara dari jenis *bituminus* (*fly ash* tipe F)

Berikut mekanisme adsorpsi *fly ash* batubara dalam Limbah Cair laboratorium Biokimia.



Gambar 1. Mekanisme Adsorpsi *Fly Ash* Batubara dalam Limbah Cair

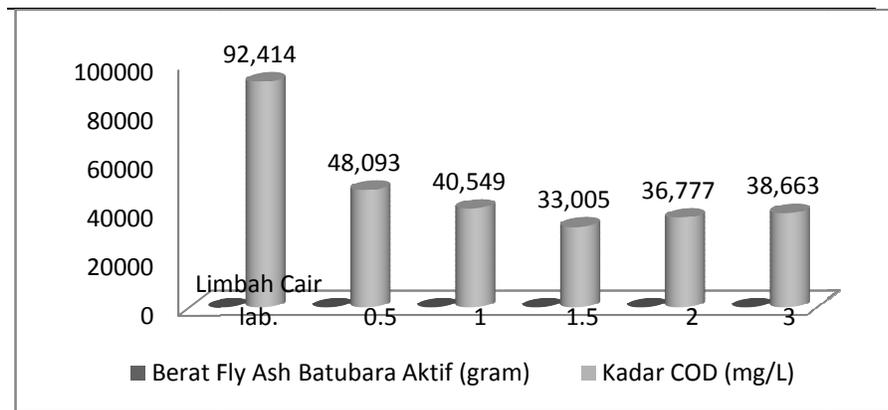
Berat Optimum *Fly Ash* Batubara Terhadap Kadar COD Limbah Laboratorium Biokimia

Data kadar COD terhadap variasi berat *fly ash* dapat dilihat pada tabel

4.

Tabel 4. Data kadar COD terhadap variasi berat *fly ash* batubara aktif

Berat <i>Fly Ash</i> Batubara Aktif (gram)	Kadar COD (mg/L)	Efisiensi (%)
0	92.414	0
0,5	48.093	47,95
1	40.549	56,12
1,5	33.005	64,28
2	36.777	60,20
3	38.663	58,16



Gambar 2. Perbandingan Konsentrasi Optimum COD untuk Variasi Berat adsorben

Pada gambar 2 terlihat efektivitas *fly ash* batubara untuk masing-masing variasi berat adsorben dalam menurunkan kadar limbah. Untuk berat adsorben terkecil yaitu 0,5 gram, persentasi penurunan bernilai 47,95%. persentasi penurunan langsung meningkat pada berat adsorben 1 gram yaitu sebesar 56,12%. Peningkatan persentasi dilanjutkan oleh berat adsorben berikutnya 1,5 gram adalah 64,28%. Tingginya persentasi ini menunjukkan kerja adsorben yang lebih baik pada berat tersebut. Untuk berat 2 gram dan 3 gram persentasi mulai menurun yaitu 60,20% dan 58,16%. Dengan jumlah adsorben yang kecil yaitu 0,5 gram, dan 1 gram persentasi menjadi kecil karena jumlah partikel adsorben yang minim sementara ia berada pada lingkungan adsorbat yang besar mengakibatkan banyaknya rongga yang mestinya masih dapat terisi oleh adsorben. Adanya ruang kosong ini memperkecil jumlah permukaan yang teradsorpsi sehingga persentasi penurunan menjadi tidak optimal. Dengan berat adsorben 1,5 gram, kapasitas penyerapan yang terjadi menjadi sangat efektif dengan hasil penyisihan yang tinggi. Ini merupakan kondisi optimum bagi adsorben untuk dapat menyerap adsorbat. Untuk jumlah adsorben yang lebih besar yaitu 2 gram dan 3 gram,

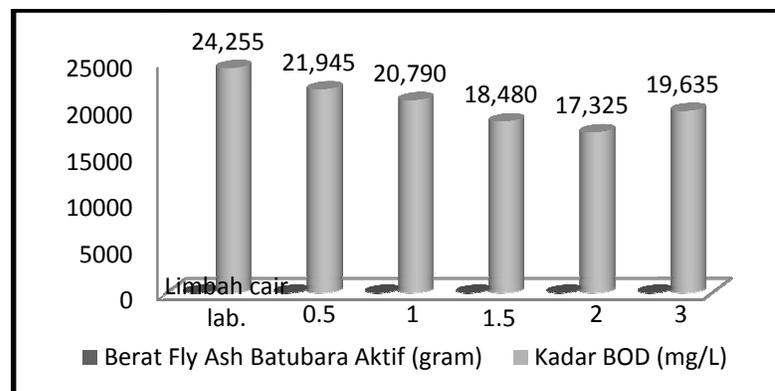
ternyata menyebabkan terjadinya penggumpalan adsorben sehingga permukaan adsorben tertutup. Hal ini menyebabkan berkurangnya luas permukaan aktif dari adsorben sehingga proses penyerapan tidak efektif yang mengakibatkan berkurangnya kapasitas penyerapan.

Berat Optimum *Fly Ash* Batubara Terhadap Kadar BOD Limbah Cair Laboratorium Biokimia

5. Data kadar BOD terhadap variasi berat *fly ash* dapat dilihat pada tabel

Tabel 5. Data kadar BOD terhadap variasi berat *fly ash* batubara aktif

Berat <i>Fly Ash</i> Batubara Aktif (gram)	Kadar BOD (mg/L)	Efisiensi (%)
0	24.255	0
0,5	21.945	9,52
1	20.790	14,28
1,5	18.480	23,80
2	17.325	28,57
3	19.635	19,04



Gambar 3. Perbandingan Konsentrasi Optimum BOD untuk Variasi Berat adsorben

Pada gambar 3 terlihat efektivitas *fly ash* batubara untuk masing-masing variasi berat adsorben. Berat optimum *fly ash* batubara aktif diperoleh 2 gram dengan persentasi penurunan sebesar 28,57%. Pada saat ditambahkan *fly ash* batubara aktif sebanyak 3 gram, BOD kembali mengalami kenaikan dengan persentasi penurunan 19,04%. Hal ini dimungkinkan dengan bertambahnya berat *fly ash* batubara aktif dalam limbah cair laboratorium Biokimia akan menyebabkan interaksi dalam pengocokan menjadi tidak sempurna karena jumlah *fly ash* batubara aktif menyebabkan situs aktif dalam

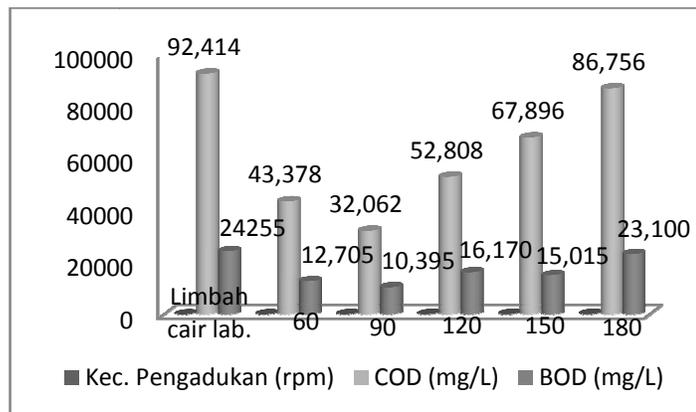
fly ash batubara aktif tidak efektif lagi untuk mengadsorpsi zat organik maupun anorganik dalam limbah cair laboratorium Biokimia.

Kecepatan Pengadukan Optimum Fly Ash Batubara Terhadap Kadar COD dan BOD dalam limbah cair laboratorium Biokimia

Data kadar COD dan BOD terhadap variasi kecepatan pengadukan *fly ash* batubara aktif dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Data Kadar COD dan BOD terhadap Variasi Kecepatan Pengadukan

Kec. Pengadukan (rpm)	COD (mg/L)	Efisiensi (%)	BOD (mg/L)	Efisiensi (%)
0	92.414	100	24.255	100
60	43.378	53,06	12.705	47,61
90	32.062	65,30	10.395	57,14
120	52.808	42,85	16.170	33,33
150	67.896	26,53	15.015	38,09
180	86.756	6,12	23.100	4,76



Gambar 4. Perbandingan Konsentrasi Optimum COD dan BOD untuk Variasi Kecepatan Pengadukan Adsorben *Fly Ash* Batubara aktif

Pada gambar 5 terlihat efektivitas *fly ash* batubara untuk masing-masing variasi kecepatan pengadukan adsorben dengan adsorbat. Kecepatan optimum diperoleh pada 90 rpm. Pengadukan tersebut berfungsi untuk memberi kesempatan pada partikel *fly ash* batubara aktif untuk

bersinggungan dengan limbah yang akan diserap. Kecepatan pengadukan menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Pada kecepatan lambat, maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula. Kecepatan pengadukan yang rendah menyebabkan kurang efektifnya tumbukan yang terjadi antar adsorben dengan adsorbat sehingga daya serap yang ada bernilai kecil. Kecepatan 90 rpm telah efektif mewakili kecepatan optimum karena dengan kecepatan tersebut pergerakan partikel yang ada menjadi efektif sehingga adsorben dapat menyerap adsorbat yang lebih banyak. Untuk kondisi sebaliknya dengan kecepatan yang terlalu cepat, maka kemungkinan yang terjadi struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal. Adsorbat yang telah menempel nantinya akan kembali pecah karena besarnya kecepatan yang ada.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa efisiensi penurunan COD yang optimum terjadi pada variasi berat 1,5 gram sebesar 33.005 mg/L dan optimum pada kecepatan 90 rpm sebesar 32.062 mg/L. Sedangkan BOD optimum terjadi pada variasi berat 2 gram sebesar 17.325 mg/L dengan kecepatan 90 rpm sebesar 10.395 mg/L.

Saran

Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya antara lain

:

1. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menentukan kadar TSS dalam limbah.
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan melakukan aktivasi pada *fly ash* batubara menggunakan H_2SO_4 dengan konsentrasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Africanita, R., Fitria, D., dan Sari P. R., 2010, Pemanfaatan Fly Ash Batubara Sebagai Adsorben Dalam Penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) Dari Limbah Cair Domestik, *Jurnal Teknik* Vol.1 No.33 Universitas Andalas.
- Billah, M., 2010, Kemampuan Batubara dalam Menurunkan Kadar Logam Cr^{2+} dan Fe^{2+} dalam Limbah Industri Baja, *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik*, Vol. 10, No.1.
- Hidayat, A., Mufrodi, Z., dan Sutrisno, B., 2010, *Modifikasi Limbah Abu Layang sebagai Material Baru Adsorben*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Mufrodi, Z., Widiastuti, N., dan Kardika R. C., 2010, *Adsorpsi zat Warna Tekstil dengan Menggunakan Abu Terbang (Fly Ash) untuk Variasi Massa Adsorben dan Suhu Operasi*, Yogyakarta: FTI Universitas Islam Indonesia.
- Said, M., 2009, *Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC)*".

Zulkifli, H., _____, *Pemanfaatan Limbah Padat (fly ash) Untuk Mencegah cemaran Mikrobiologis dan Kimiawi Sampah Kota pada Ekosistem Rawa.*

Zulfikurrahman dan Syaikh R., 2012, *Modifikasi Fly Ash Batubara sebagai Adsorben*". Banjarbaru: FMIPA Unlam.