

# PENERAPAN METODE FILTRASI DAN ADSORPSI DALAM PENGOLAHAN LIMBAH LABORATORIUM

Dyah Sulistyanti<sup>1\*</sup>, Antoniker<sup>2\*\*</sup>, Nasrokhah<sup>3\*\*\*</sup>

<sup>1,2,3</sup> *Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Dr. Soeparno Karangwangkal, Purwokerto*

E-mail: \*dyahs42@yahoo.co.id; \*\*antonikerniker@gmail.com; \*\*\*nasrokhahadi@gmail.com

Diterima: 03 Desember 2017. Disetujui: 13 Juni 2018. Dipublikasikan: 30 Juli 2018

DOI: 10.30870/educhemia.v3i2.2430

**Abstract:** Chemical laboratory waste contained toxic and hazardous contaminants. The source of waste was from laboratory practice, research and student creativity program (PKM) activities. During this time, liquid waste was thrown away to container without pre-treatment so it can pollute the surrounding environment due to the high value of BOD, COD and TSS. Therefore, liquid waste processing equipment is needed to minimize environmental pollution. Alternative treatment to solve this problem was using alternative liquid waste processing instrument with filtration and adsorption method. The purpose of this research was to manufacture / design of alternative liquid waste treatment instrument using filtration and adsorption method and obtained the efficiency of the alternative instrument in reducing the contamination level of laboratory liquid waste. The research method included analysis of BOD, COD, and TSS of liquid waste before and after processing. The results showed that the efficiency of alternative liquid waste processing instrument in reducing the concentration of BOD, COD, and TSS of chemical laboratory liquid waste are 64.12%, 80.78%, 85.35%.

**Keywords:** Filtration; Adsorption; efficiency; waste treatment

**Abstrak:** Limbah laboratorium kimia mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya. Limbah tersebut berasal dari kegiatan praktikum, penelitian dan PKM. Selama ini limbah cair tersebut dibuang begitu saja dibak penampung limbah tanpa diolah terlebih dahulu, sehingga dapat mencemari lingkungan sekitarnya karena tingginya nilai BOD, COD dan TSS. Dengan demikian dibutuhkan alat pengolahan limbah cair untuk memperkecil bahaya pencemaran lingkungan. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair laboratorium adalah menggunakan alat pengolahan limbah cair dengan metode filtrasi dan adsorpsi. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pembuatan/rancang bangun alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi dan mengetahui efisiensi alat tersebut dalam menurunkan kadar pencemar limbah cair laboratorium. Metode penelitian yang digunakan adalah analisis BOD, COD, dan TSS limbah cair sebelum dan sesudah pengolahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi alat pengolahan limbah cair dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair laboratorium kimia berturut-turut adalah 64,12 %, 80,78 %, 85,35 %.

**Kata kunci:** Filtrasi; Adsorpsi; efisiensi; pengolahan limbah

## PENDAHULUAN

Limbah laboratorium khususnya laboratorium kimia mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya. Limbah laboratorium kimia anorganik berasal dari kegiatan praktikum, penelitian dan PKM. Limbah yang dihasilkan kebanyakan berbentuk limbah cair dari sisa sampel dan pereaksi praktikum maupun dari sisa sampel penelitian mahasiswa antara lain limbah cair industri batik, limbah cair industri tahu, limbah cair industri tapioka, limbah cair industri cat, dan limbah cair industri mie. Kandungan senyawa organik pada limbah cair akan menimbulkan pencemaran lingkungan karena tingginya nilai BOD, COD dan TSS perairan (Wardhana, 2004). Selama ini limbah cair tersebut dibuang begitu saja dibak penampung limbah tanpa diolah terlebih dahulu. Sehingga dapat mencemari lingkungan sekitarnya terutama air sumur. Oleh karena itu pembuatan instalasi pengolahan air limbah sangat dibutuhkan, namun pembuatan instalasi berskala besar membutuhkan biaya yang cukup banyak. Salah satu alternatif pengolahan limbah cair adalah dengan metode filtrasi dan adsorpsi.

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi dan

adsorpsi antara lain ijuk, pasir, batu kerikil, arang aktif dan zeolit. Arang aktif dapat digunakan sebagai adsorben karena arang aktif bersifat sangat aktif terhadap partikel yang kontak dengan arang aktif tersebut (Sembiring, 2003). Arang aktif memiliki ruang pori yang sangat banyak dengan ukuran tertentu yang dapat menangkap partikel yang sangat halus dan menjebakanya disana. Salah satu contoh arang aktif yang murah dan efisien sebagai adsorben adalah arang aktif dari batok kelapa.

Zeolit telah diketahui mampu bertindak sebagai adsorben (penyerap). Mekanismenya melalui proses pengikatan senyawa dan molekul tertentu yang hanya terjadi dipermukaan. Zeolit merupakan senyawa alumino silikat terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbuka. Zeolit tersusun oleh tetrahedral-tetrahedral ( $\text{SiO}_4$ )<sup>4-</sup> dan ( $\text{AlO}_4$ )<sup>5-</sup> yang saling berikatan melalui atom O dengan ikatan Al-O-Si atau Si-O-Si sehingga membentuk rongga yang teratur secara skematik struktur kerangka zeolit yang menunjukkan adanya muatan negatif dirumuskan oleh Oudejans, dalam Sulistyowati (1996). Hal ini memungkinkan terjadinya pertukaran ion tanpa merusak struktur zeolit.

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pembuatan/rancang bangun alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi dan mengetahui efisiensi alat pengolahan limbah cair dengan metode filtrasi dan adsorpsi dalam menurunkan kadar pencemar limbah cair laboratorium. Dari penelitian ini diharapkan dapat diperoleh manfaat antara lain memberi informasi tentang metode filtrasi dan adsorpsi pada alat pengolahan limbah cair untuk meningkatkan kualitas air limbah laboratorium sehingga dapat diminimalisasi pencemaran lingkungan dan mengetahui besarnya penurunan kadar pencemar pada limbah cair laboratorium dengan alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi.

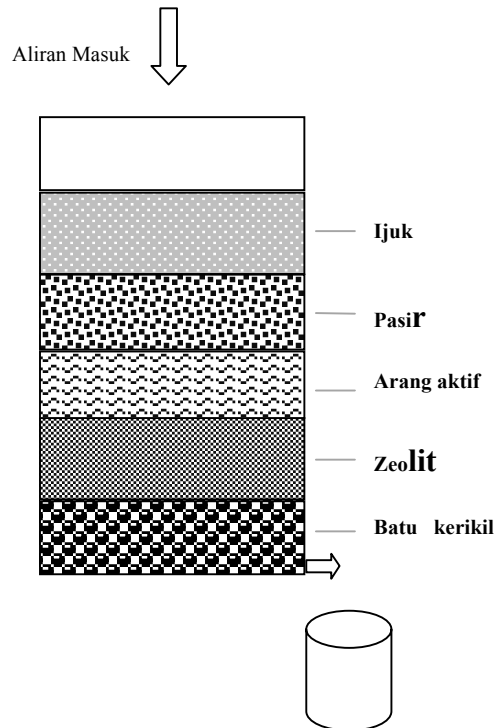
**METODE**

**Bahan dan Alat**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: zeolit, arang batok kelapa, pasir, ijuk, batu kerikil, kasa penyekat, limbah cair laboratorium,  $MnSO_4$ ,  $FeCl_3$ ,  $MgSO_4$ ,  $H_2SO_4$  pekat,  $CaCl_2$ , Alkali azida, Larutan  $Na_2S_2O_3$ ,  $HgSO_4$ , Buffer fosfat, Indikator amilum, aquades. Alat-alat yang digunakan antara lain: erlenmeyer 100 ml, gelas ukur 50

ml, pipet ukur, filler, labu ukur 25 ml, labu ukur 100 ml, buret 50 ml, aerator, pipet tetes, beaker glass, botol winkler.

**Pembuatan alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi**



**Gambar 1.** Alat pengolahan limbah

Pembuatan atau rancang bangun alat pengolahan limbah cair ini berskala laboratorium. Alat ini menggunakan ember plastik dengan panjang 20 cm, lebar 20 cm dan tinggi 30 cm. Pada bagian ember box plastik tersebut diberi kran. Bahan penyusun alat ini menggunakan bahan-bahan alam yaitu batu kerikil, pasir, ijuk, arang aktif, dan zeolit. Diantara bahan-bahan tersebut

masing-masing diberi kasa penyekat dan disusun dengan ketebalan tertentu. Seperti tampak pada Gambar 1. Limbah cair laboratorium dialirkan kedalam alat pengolahan limbah cair dengan metode filtrasi dan adsorpsi setiap 5 hari sekali selama satu bulan diukur BOD, COD dan TSS.

***Penentuan Efisiensi Alat Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Metode Filtrasi dan Adsorpsi dalam Penurunan Kadar TSS, BOD, dan COD Limbah Laboratorium***

Limbah cair laboratorium dialirkan pada kecepatan pengisian  $90 \text{ L m}^{-2}\text{h}^{-1}$ . Analisis BOD, COD dan TSS dilakukan pada limbah cair laboratorium sebelum diolah (treatment) dan sesudah diolah. Masing-masing parameter dianalisis sesuai dengan metode analisis. Analisis dilakukan secara duplo. Pengukuran dilakukan lima (5) hari sekali selama satu bulan. Perhitungan persentase penurunan kadar TSS, BOD, dan COD dalam limbah cair laboratorium sebagai berikut:

$$\text{Kadar}(\%) = \frac{\text{konsentrasi awal} - \text{konsentrasi akhir}}{\text{konsentrasi awal}} \times 100 \%$$

***Analisis Kadar Pencemar Dalam Limbah Cair Laboratorium***

***Analisis BOD (Biochemical Oxygen Demand) (APHA, 1995)***

Penentuan BOD dilakukan dengan menggunakan metode titrasi

Winkler, dimana nilai BOD dapat dihitung dengan rumus:

$$BOD = DO_{(0)} - DO_{(5)}$$

Penentuan  $DO_{(0)}$  dilakukan dengan cara larutan sampel dipipet 10 ml dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml ditambahkan masing-masing 1 ml buffer fosfat,  $MgSO_4$ ,  $FeCl_3$ ,  $CaCl_2$  dan diencerkan dengan air suling sampai tanda batas. Larutan tersebut dipindahkan ke dalam beker 1000 ml lalu diaerasi selama 15 menit. Kemudian larutan dimasukkan ke dalam botol winkler, tambahkan masing-masing 1 ml Alkali azida dan  $MnSO_4$  10 %, ditutup lalu kocok dengan membolak-balikkan botol winkler. Larutan dibiarkan selama 10 menit lalu dipindahkan ke erlenmeyer. Ditambahkan 1 ml  $H_2SO_4$  pekat, dikocok dan dititrasi dengan Natrium tiosulfat hingga kuning pucat. Kemudian tambahkan beberapa tetes indikator amilum, dan lanjutkan titrasi sampai warna biru tepat hilang.

Penentuan  $DO_{(5)}$  dilakukan dengan cara sampel yang telah diaerasikan pada pengerjaan  $DO_{(0)}$  dimasukkan ke dalam botol winkler dan ditutup rapat (dijaga jangan sampai timbul rongga udara) dan disimpan selama 5 hari. Kemudian dititrasi dengan cara yang sama pada

penentuan  $DO_{(o)}$ . Kadar oksigen terlarut dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar } O_2 = \frac{\text{mL} \times N \text{ pentiter} \times 8000}{\text{mL sampel} - 2}$$

$$DO = \text{kadar } O_2 (\text{ppm}) \times \text{faktor pengenceran}$$

### **Analisis COD (Chemical Oxygen Demand) (APHA, 1995)**

Penentuan COD dilakukan dengan menggunakan titrasi iodometri. Air suling dipipet 10 ml sebagai blanko dan 10 ml sampel masing-masing dimasukkan kedalam erlenmeyer 250 ml ditambahkan 0,1 gr  $HgSO_4$  dan 5 ml  $KMnO_4$  0,1 M. Ditutup dengan plastik lalu dipanaskan selama 1 jam dalam penangas air, kemudian didinginkan dan ditambahkan 5 ml KI 10 % dan 10 ml  $H_2SO_4$  4N. Kemudian dititrasi dengan larutan standar  $Na_2S_2O_3$  0,025 N sampai berwarna kuning pucat, kemudian tambahkan beberapa tetes indikator amilum, dan titrasi dilanjutkan sampai warna biru tepat hilang.

$$\text{Kadar COD} = \frac{(A - B) \times N \times 8000}{\text{ml sampel}} \text{ mgL}^{-1}$$

Dimana:

A = ml pentiter untuk blanko

B = ml pentiter untuk sampel

N = normalitas  $Na_2S_2O_3$

### **Analisis TSS (Total Suspended Solid) (PUSPARPEDAL, 1996)**

TSS (*Total Suspended Solid*) ditentukan dengan metode gravimetri.

100 ml akuades disaring dengan kertas saring Whatman nomor 40, kemudian kertas saring tersebut dipanaskan di dalam oven dengan suhu 100 °C selama kurang lebih 1 jam dan didinginkan dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang sehingga diperoleh berat awal (misalnya: a gram). Kemudian diambil 100 ml sampel air limbah, disaring dengan menggunakan kertas saring yang telah diketahui beratnya, kemudian dikeringkan di dalam oven dengan suhu 105 °C selama 1 jam. Selanjutnya didinginkan dalam desikator selama kurang lebih 15 menit, lalu ditimbang sebagai berat akhir (misalnya: b gram). Kandungan total padatan tersuspensi dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{TSS (Total Suspended Solid)} = (b - a) \times \frac{1000}{100} \text{ mgL}^{-1}$$

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Rancang Bangun Alat Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Metode Filtrasi Dan Adsorpsi**

Alat pengolahan limbah cair laboratorium menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi dibuat dengan bahan-bahan alam yang disusun secara berurutan. Alat ini menggunakan 2 penampung untuk limbah sebelum diolah dan limbah setelah diolah. Pada alat pengolahan limbah cair dan penampungnya masing-masing diberi

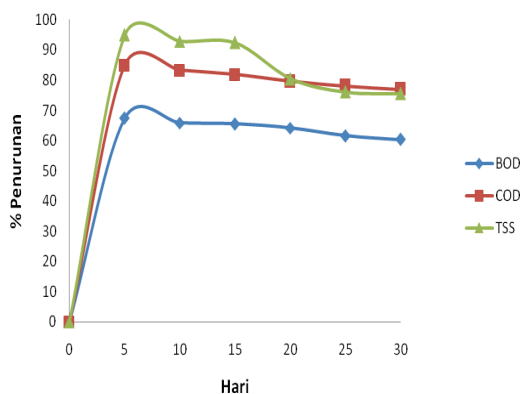
kran. Bahan-bahan alam yang digunakan sebagai penyusun alat pengolahan limbah cair yaitu batu kerikil, pasir, ijuk, arang aktif, dan zeolit. Bahan-bahan tersebut disusun berurutan dengan ketebalan masing-masing 5 cm, sedangkan zeolit dengan ketebalan 10 cm. Hal ini bertujuan agar proses adsorpsi lebih optimal. Diantara bahan-bahan tersebut masing-masing diberi kasa penyekat untuk menjaga percampuran komponen-komponen penyusun alat pengolahan limbah cair. Penambahan arang aktif pada alat ini adalah untuk mengadsorpsi/menyerap logam-logam dan zat warna yang terlarut dalam limbah cair. Zeolit diaktivasi dengan menggunakan HCl 1M dan diikuti pemanasan pada suhu 130°C untuk membersihkan dari senyawa pengotor serta membuka ruang pori zeolit sehingga dapat berfungsi lebih maksimal sebagai adsorben (Fitriyah, 2016). Penggunaan zeolit tidak hanya berfungsi untuk mendekomposisi senyawa organik dalam air limbah dan adsorpsi nitrogen amonia ( $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ ), tetapi juga agar perembesan (filtrasi) limbah bisa merata ke dalam sistem alat pengolahan limbah cair tersebut. Pengisian air limbah ke dalam sistem pengolahan limbah ini dibuat melalui pipa berlubang yang dibuat dengan jarak

yang sama dan menghadap keatas dengan tujuan agar distribusi limbah ke dalam sistem pengolahan air limbah bisa merata.

### ***Penentuan Efisiensi Alat dalam Penurunan Kadar TSS, BOD, dan COD Limbah Laboratorium***

Pada penelitian yang dilakukan oleh Irmanto, dkk. (2013), proses pengkondisian sistem dilakukan selama 21 hari atau 3 minggu. Pada penelitian ini, sebelum digunakan untuk uji efisiensi, alat pengolahan limbah cair dikondisikan dahulu selama 3 hari. Limbah cair laboratorium dialirkan secara terus-menerus ke dalam alat pengolahan limbah dengan kecepatan sebesar  $90 \text{ L m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$  dengan pengenceran yaitu 1 liter limbah cair dicampur 9 liter air. Hal ini bertujuan untuk membentuk kondisi yang optimal pada alat pengolahan limbah cair dan untuk menjaga tersedianya limbah cair laboratorium karena volume limbah cair laboratorium yang tersedia terbatas jumlahnya tergantung dengan aktifitas yang dilakukan di laboratorium. Selain itu proses perombakan secara bakterial diawali dengan memecah limbah organik mencapai ukuran yang lebih kecil sampai memungkinkan bagi organisme untuk melakukan metabolisme dan proses ini

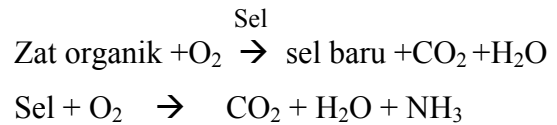
diperlukan adaptasi (Pike, 1975 dalam Suwarso, 2004). Penentuan efisiensi pada alat pengolahan limbah cair menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi dilakukan pada kecepatan pengisian sebesar  $90 \text{ L m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$  dengan pengenceran yang sama (1 liter limbah cair ditambah 9 liter air). Analisis kadar BOD, COD, dan TSS dilakukan secara duplo setiap 5 hari sekali selama 30 hari, sehingga didapat 6 hasil pengukuran untuk setiap parameter sebelum diolah dan sesudah diolah. Hasil analisis kualitas limbah cair laboratorium dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Persentase penurunan kadar BOD, COD dan TSS

Pada periode penyamplingan hari ke 5, terjadi persentase penurunan terbesar kadar BOD, COD dan TSS secara berturut-turut yaitu 67,41 %, 85 %, dan 94,99 %. Hal ini disebabkan karena pada alat pengolahan limbah cair terjadi proses filtrasi dan adsorpsi senyawa organik dan

anorganik secara optimal. Proses penguraian zat organik menurut Choliq et al. (1992), dapat digambarkan sebagai berikut:



Pada pengolahan bahan organik limbah cair laboratorium terdapat dua kejadian yang penting yaitu pemakaian oksigen oleh mikroorganisme untuk respirasi, dan pembentukan sel mikroorganisme dengan memanfaatkan zat organik sebagai sumber makanan dan energi (Irmanto dkk. 2013).

Persentase penurunan BOD cenderung stabil setelah mencapai hari ke 20, sedangkan untuk COD dan TSS persentase penurunannya stabil pada hari ke 10. Hal ini disebabkan karena bahan-bahan penyusun alat pengolahan limbah cair seperti pasir, arang aktif dan zeolit mempunyai titik jenuh dalam proses filtrasi dan adsorpsi senyawa-senyawa organik dan anorganik dalam limbah cair laboratorium.

Zeolit aktif dengan konsentrasi zat pengaktif 5 M mendekati titik jenuh pada waktu 120 menit. Menurut sistem batch, semakin tinggi konsentrasi zat aktifator maka daya adsorpsi zeolit aktif semakin baik (Said dkk. 2008).

Efisiensi alat pengolahan limbah cair dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair laboratorium merupakan rata-rata dari persentase penurunan setiap parameter selama 30 hari. Hasil efisiensi alat pengolahan limbah dalam menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair laboratorium ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Efisiensi Alat Pengolahan Limbah dalam Menurunkan Kadar BOD, COD dan TSS Limbah Cair Laboratorium

Parameter	Efisiensi Alat Pengolahan Limbah (%)
BOD	64,12
COD	80,78
TSS	85,35

Efisiensi penurunan nilai TSS menggunakan alat pengolahan limbah cair mengalami penurunan paling besar yaitu 85,35 %. Hal ini dikarenakan adanya adsorpsi dari arang aktif dan zeolit yang mempunyai sifat penukar kation sehingga mampu menyerap TSS dalam limbah cair.

Penurunan nilai TSS sebelum dan sesudah diolah dapat dilihat secara visual, dibuktikan dengan lebih jernihnya limbah yang telah diolah daripada sebelum pengolahan. Hal ini dikarenakan pasir dan kerikil bersifat sebagai sedimentasi, sehingga filtrat yang keluar lebih jernih. Filtrasi dapat mengubah warna air yang keruh menjadi lebih bening dan dapat

menghilangkan bau yang tidak sedap pada air yang keruh (Intan dan Sunita, 2013). Selain itu arang aktif dan zeolit mampu mengadsorpsi zat warna yang terdapat pada limbah cair laboratorium yang kebanyakan berasal dari sisa sampel limbah batik. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Muhajirin (2010) menunjukkan bahwa arang aktif mampu mengadsorpsi zat warna congo red, methylen blue, dan rhodamin B yang terdapat pada limbah cair batik.

Efisiensi penurunan nilai BOD setelah pengolahan adalah sebesar 64,12 %. Hal ini menunjukkan bahwa alat pengolahan limbah cair ini cukup efektif digunakan untuk mengurangi tingginya nilai BOD pada limbah cair laboratorium. Alat ini berfungsi dengan baik dalam menyerap dan mendegradasi limbah cair laboratorium sehingga nilai BOD mengalami penurunan yang cukup besar. Hal ini disebabkan aktivitas dari mikroorganisme yang berada pada alat pengolahan limbah cair yang bekerja secara optimal dalam mendegradasi bahan-bahan organik. Aktivitas mikroorganisme yang berfungsi sebagai perombak (dekomposer) tersebut hanya dapat bekerja apabila terdapat jumlah oksigen yang cukup (PUSPARPEDAL, 1996).



Efisiensi penurunan nilai COD limbah cair laboratorium menggunakan alat pengolahan limbah cair cukup besar yaitu 80,78 %. Penurunan yang cukup besar ini disebabkan optimalnya arang aktif sebagai adsorben. Kapasitas adsorpsi arang aktif yang teraktivasi lebih besar dari pada arang aktif yang tak teraktivasi. Hal ini diakibatkan oleh berkurangnya zat-zat yang dapat menghalangi kontak antara gugus aktif pada selulosa serta hemiselulosa. Nilai adsorpsi arang aktif terhadap ion logam semakin tinggi dengan bertambahnya jumlah arang aktif yang digunakan dan sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan arang aktif (Alfiany et al, 2013).

Zeolit mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi karena dapat memisahkan molekul gas atau zat lain dari suatu campuran tertentu. Zeolit mempunyai ruang hampa yang cukup besar dengan garis tengah yang

bermacam macam berkisar antara 2Å hingga 8Å, tergantung dari jenis zeolit (Rosyida, A. 2011).

Senyawa-senyawa organik pada limbah laboratorium akan teradsorpsi pada pori-pori adsorben, sehingga banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik menjadi lebih sedikit dan kadar COD limbah cair setelah pengolahan rendah.

## KESIMPULAN

Metode filtrasi dan adsorpsi dapat diterapkan pada pengolahan limbah cair laboratorium kimia, ditandai dengan persentase penurunan kadar BOD, COD, dan TSS yaitu kadar BOD 67,41 % , COD 85 % , dan TSS 94,99 %. Efisiensi alat pengolahan limbah cair dengan metode filtrasi dan adsorpsi pada kecepatan alir  $90 \text{ L m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$  dapat menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair laboratorium kimia berturut-turut adalah 64,12 %, 80,78 %, 85,35 %.

## DAFTAR RUJUKAN

Alfiany, H, Bahri, S, Nurakhirawati, 2013, 'Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam', *Jurnal Natural Science*, vol. 2, no. 3, hh. 75-86.

APHA, 1995, '*Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*', 18th Ed., American Public Health Association, Washington D.C.

Cholid, AU, 1992, 'Pengolahan Limbah Organik Dengan Sistem

- RBC’, *Proceeding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Tantangan Masa Depan*, Jurusan Teknik Lingkungan ITB, Bandung.
- Fitriyah, 2016, ‘Interkalasi Xilenol Orange Pada Zeolit Alam Lampung sebagai Elektroda Zeolit Termodifikasi’, *Jurnal EduChemia*, Vol.1, No.2, hh. 166.
- Intan & Sunita, 2013, ‘Filtrasi Air limbah’, Diakses pada 27 April 2017, <http://sunitaintan.blogspot.com/2013/01/filtrasi-air-limbah.html>.
- Irmanto, Suyata, Zufahair, 2013, ‘Optimasi Penurunan COD, BOD, Dan TSS Limbah Cair Industri Etanol (vinasse) PSA Palimanan Dengan Metode Multi Soil Layering (MSL)’, 137, <https://ojs.jmolekul.com/downloads/8.2.1.3.1.pdf>.
- Muhajirin, A, 2010, ‘Optimasi Penurunan Kadar Congo Red, Methylen Blue, dan Rodhamin B Pada Limbah Cair Batik Sokaraja Menggunakan Arang Aktif Tongkol Jagung’, Skripsi, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- PUSPARPEDAL, 1996, ‘Materi Ajar Pelatihan Analisis Kualitas Air dan Limbah Cair Tahap II’, Badan Pengendalian Dampak Lingkungan, Jakarta.
- Rosyida, A, 2011, ‘Bottom ash Limbah Batubara sebagai Media Filter yang Efektif pada Pengolahan Limbah Cair Tekstil,’ *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 5, No. 2, hh 57.
- Said, M, Prawati, AW, Murenda, E, 2008, ‘Aktifasi Zeolit Alam Sebagai Adsorbent Pada Adsorpsi Larutan Iodium’, *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 15, no. 4.
- Sulistiyowati, T, 1996, ‘Selektivitas Zeolit Sebagai Penukar Kation Terhadap Logam Pb, Cd, Zn’, Skripsi tidak dipublikasikan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Suwarso, 2004, ‘Efektivitas Proses Biodegradasi Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Rekayasa Mikrobiologi’, *Majalah Ilmiah UNSOED*, vol. 11, no. 1, hh. 61-72.
- Sembiring, MT, Dan TS, Sinaga. 2003, ‘Arang aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)’, USU Press, Sumatera Utara.
- Wardhana, WA, 2004, ‘Dampak Pencemaran Lingkungan’, Penerbit Andi, Yogyakarta.