

Metode filtrasi dan adsorpsi dengan variasi lama kontak dalam pengolahan limbah cair batik

Eti Kurniawati^{1*}, Mukhlis Sanuddin¹

¹Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Harapan Ibu Jambi, Jambi, Indonesia

*Email korespondensi : kurniawati620@gmail.com

Accepted: 27 November 2020; revision: 7 Desember 2020; published: 31 Desember 2020

Abstrak

Latar Belakang : Kegiatan membatik akan menghasilkan limbah cair dengan skala volume yang besar maupun kecil, dari hasil penelitian diketahui bahwa kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS) *Power of Hydrogen* (pH), yang tinggi. Berdasarkan hasil uji awal laboratorium kadar COD 9456 mg/L, TSS 3740 mg/L, dan pH 4,83 hasil tersebut masih diatas standar baku mutu sehingga perlu dilakukan pengolahan agar tidak menimbulkan dampak terhadap kesehatan dan lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran dari penurunan kadar COD, TSS dan pH pada limbah cair industri batik sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan menggunakan metode filtrasi dan adsorpsi dengan beberapa beda waktu kontak antara 10,20,30,40,50,60 dan 120 menit.

Metode : Metode dalam Penelitian yang digunakan ini merupakan *Pre-Eksperimental* dengan menggunakan pendekatan *One Group Pretest-posttest*. Analisis data yang digunakan adalah analisis univariat dan bivariat.

Hasil : Air limbah sebelum pengolahan mengandung kadar COD sebesar 19294,39 mg/L, kadar TSS sebesar 1440 mg/L, kadar pH sebesar 4,71. Sesudah pengolahan dengan metode filtrasi dan adsorpsi menggunakan media pasir, kerikil, arang aktif, dan zeolit di setiap waktu kontak mampu menurunkan kadar COD air limbah berkisar 72,8% - 98,41%, TSS air limbah berkisar 17,36% - 86,94%, penetralan pH berkisar 4,0% - 63,0%.

Kesimpulan : Ada pengaruh yang signifikan antara waktu kontak terhadap penurunan kadar COD, TSS, pH air limbah. Waktu kontak yang lama dengan media maka akan menjadi semakin baik proses dari penurunan kadar COD, TSS, dan pH tersebut, dimana waktu kontak yang efektif dalam menurunkan kadar COD, TSS, dan pH yaitu pada waktu kontak 120 menit.

Kata kunci: limbah cair batik, variasi kontak

Abstract

Background : The batik industry produces liquid waste with large volume, acidity (pH), high COD, TSS. Based on laboratory test result, COD levels of 9456 mg/L, TSS 3740 mg/L, and pH 4,83 contained in water waste are above the standard quality standard so treatment needs to be carried out so as not to have an impact on health and the environment. The purpose of this study was to determine the reduction levels of COD, TSS, pH in batik industrial wastewater before and after processing using filtration and adsorption methods with duration in contact time of 10 minutes, 20 minutes, 30 minutes, 40 minutes, 50 minutes, 60 minutes, and 120 minutes.

Method : This research is a Pre-Experimental study with One Group Pretest-posttest design. Analysis of the data used is univariate and bivariate analysis.

Results : The results of this study were wastewater before treatment containing COD levels of 19294,39 mg/L, TSS levels of 1440 mg/L, pH levels of 4,71. After processing by filtration and adsorption methods using sand, gravel, activated charcoal, and zeolite media at each contact time can reduce wastewater COD levels ranging from 72,8%-98,41%, TSS wastewater ranges from 17,36%-86,94%, pH neutralization ranges from 4,0%-63,0%.

Conclusion : There is an influence of contact time on decreasing levels of COD, TSS, pH of wastewater. The longer the contact time of wastewater with the media, the better the process of reducing the levels of COD, TSS, neutralizing the PH, where the effective contact time in reducing levels of COD, TSS, pH neutralization is at 120 minutes contact time.

Keywords : contact variations, liquid waste

PENDAHULUAN

Limbah batik adalah merupakan air yang sudah digunakan pada proses membatik dengan wujud cair. Air limbah dari kegiatan membatik akan dibuang langsung oleh pengrajin tanpa pengolahan yang baik terlebih dahulu karena dianggap tidak berharga lagi. Membatik merupakan bagian dari industri yang tentu berpotensi menimbulkan dampak langsung dan tidak langsung terhadap lingkungan dan kesehatan salah satunya adalah industri tekstil (1). Limbah industri ini mengandung bahan kimia yang potensial berpengaruh terhadap perairan dan kesehatan masyarakat/ lingkungan (2).

Kegiatan membatik termasuk dalam industri tekstil yang kegiatannya merupakan industri kecil, sedang atau industri rumah tangga. Proses kegiatan ini melalui beberapa tahap yang terdiri dari lima tahap yaitu proses persiapan, pelaksanaan membatik, proses pewarnaan, pelepasan lilin dari kain, dan finishing (3).

Tahapan-tahapan dalam kegiatan membatik membutuhkan volume air yang cukup besar dan akan berpengaruh langsung berupa air limbah cair dengan kuantitas air limbah yang cukup banyak dan berbau menyengat, warna limbah yang sangat pekat, serta memiliki suhu, (pH), (BOD), (COD), Total Suspended Solid (TSS) yang tinggi (4). Hal ini dikarenakan pada saat proses membatik menggunakan bahan kimia serta pewarna tekstil yang cukup banyak (5).

Limbah dari sisa kegiatan membatik ini tentu akan menyebabkan dampak gangguan, berupa kerusakan lingkungan dan dampak bagi semua biota air (6). Upaya-upaya pengolahan limbah cair dari kegiatan membatik ini perlu dilakukan untuk mengurangi kandungan logam berat yang terkandung didalamnya (7).

Dalam pengelolaan limbah cair dapat dikajidengan metode fisika, kimia, dan biologis. Pengolahan fisika salah satunya adalah secara filtrasi sedangkan adsorpsi dapat di katagorikan sebagai pengolahan fisika dan kimia (8). Filtrasi adalah upaya yang dilakukan untuk penyaringan air untuk menembus media

berpori yang telah dimodifikasi (misalnya ijuk, pasir, arang, kerikil, dan lainnya). Dalam kegiatan filtrasi dibuat untuk membuangnya dari padatan tersuspensi yang tidak dapat terendapkan pada saat proses sedimentasi (9). Sedangkan adsorpsi adalah merupakan upaya pemisahan kelompok zat tertentu didalam fase fluida berpindah ke dasar zat padat yang mempunyai daya serap (10).

Berdasarkan data dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan di kota Jambi terdapat jumlah industri batik sebanyak 96 industri. Dimana industri batik yang terbanyak berada di Kecamatan Danau Teluk yaitu sebanyak 56 industri. Dari observasi yang telah dilakukan diketahui sebanyak 17 industri batik rumahan yang masih belum mengolah limbahnya dimana sebagian besar limbah yang di hasilkan di buang langsung ke lingkungan. Salah satu pemilik industri batik rumahan menyatakan bahwa limbah yang di buang bisa mencapai satu drum dengan ukuran 150 liter setiap harinya.

Berdasarkan hasil observasi tersebut peneliti melakukan uji kualitas air limbah. Adapun parameter yang di uji yaitu pH, COD, TSS, maka di dapati hasil pH (4,83), COD (9456 mg/L), TSS (3740 mg/L). Hasil ini menunjukkan angka yang diatas standar baku mutu menurut Peraturan menteri lingkungan hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

Industri batik rumahan yang berada di Kota Jambi masih banyak yang belum mengolah limbahnya dengan alasan sulit untuk mengolahnya dan akan membutuhkan biaya yang cukup besar. Namun andaikan persoalan ini tidak dikaji dari sekarang tentu akan memberikan dampak terhadap lingkungan serta kesehatan masyarakat sekitar. Dilihat dari keefektivitasan metode filtrasi dan adsorpsi diharapkan dapat di manfaatkan oleh pemilik industri batik sebagai alat dan media untuk mengolah limbahnya.

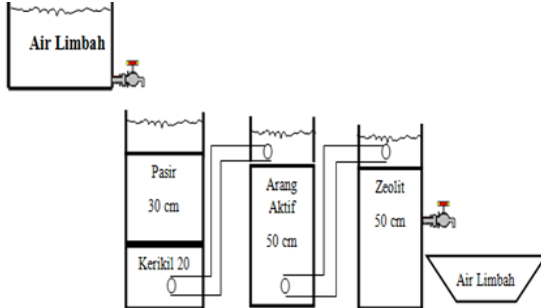
Berdasarkan uraian tersebut, peneliti bertujuan untuk melakukan penelitian metode filtrasi dan adsorpsi dengan variasi lama kontak dalam pengolahan limbah cair batik dengan beberapa beda waktu kontak antara 10,20,30,40,50,60 dan 120 menit guna

mengetahui penurunan kadar COD, TSS, dan penetralan pH yang terkandung dalam limbah cair serta dapat diterapkan oleh pemilik industri batik.

METODE

Dalam kegiatan penelitian yang telah dilakukan ini merupakan penelitian pre-eksperimental dengan pendekatan yang digunakan adalah one groups pretest- posttest design, pretest dilakukan satu kali dan posttest dilakukan dengan tiga kali pengulangan dengan maksud agar dapat diketahui kestabilan dan kejelasan dari pengaruh metode filtrasi dan adsorpsi menggunakan media pasir, kerikil, arang aktif, dan zeolit dalam menurunkan kadar COD, TSS dan penetralan pH. Data dianalisis menggunakan analisis univariat dan bivariat dengan menggunakan uji statistik anova.

Berikut gambaran media filtrasi dan absorpsi yang digunakan pada saat penelitian.



Gambar 1. Gambar Filtrasi dan Adsorpsi

HASIL

Dari penelitian yang telah peneliti lakukan di industri batik dan di Laboratorium dengan mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel1.Hasil PemeriksaanpH

Waktu Kontak (menit)	Pre (mg/L)	Post (mg/L)	p-value
10		4,52	
20		4,89	
30		5,97	
40	4,71	6,16	0,000
50		7,07	
60		7,11	
120		7,28	

Pada tabel 1 menunjukkan bahwa kadar pH air limbah sebelum dan sesudah diberi perlakuan terjadi peningkatan. Berdasarkan hasil uji statistik diketahui dengan nilai p-Value 0,000 (alpha:0,05) dengan artian terdapat pengaruh yang signifikan antara waktu kontak terhadap peningkatan kadar pH.

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan COD

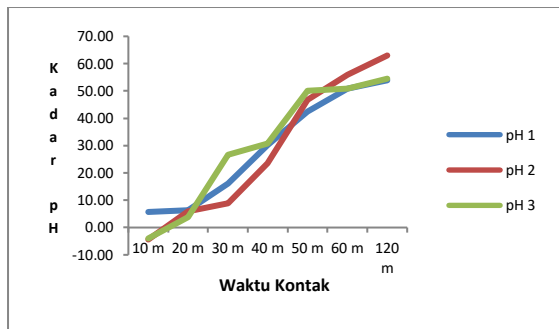
Waktu Kontak (menit)	Pre (mg/L)	Post (mg/L)	p-value
10		5236,2	
20		4019,5	
30		3755,5	
40	19294,3	2481,4	0,000
50		1759,3	
60		1708,8	
120		305,7	

Pada tabel 2 menunjukkan bahwa kadar COD air limbah sebelum dan sesudah diberi perlakuan terjadi penurunan. Berdasarkan hasil output statistik diketahui bahwa angka p-value 0,000 (alpha:0,05) yang dapat diartikan terdapat hubungan yang signifikan antara waktu kontak terhadap peningkatan kadar pH.

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan TSS

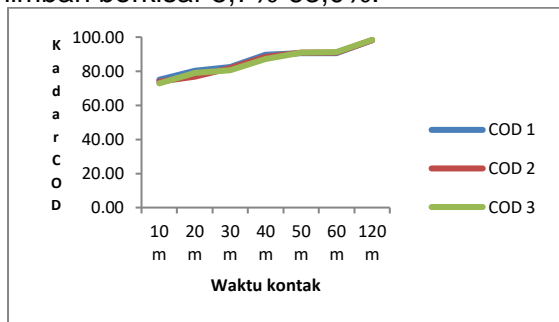
Waktu Kontak (menit)	Pre (mg/L)	Post (mg/L)	p-value
10		1190	
20		800	
30		580	
40		460	0,000
50		280	
60		270	
120		188	

Pada tabel 3 menunjukkan bahwa uji statistik memiliki angka p-value 0,000 (alpha:0,05) yang dapat diartikan adanya perubahan yang tinggi antara air limbah sebelum dan sesudah diberi perlakuan terhadap penurunan kadar TSS.



Gambar 2. Parameter pH berdasarkan waktu kontak

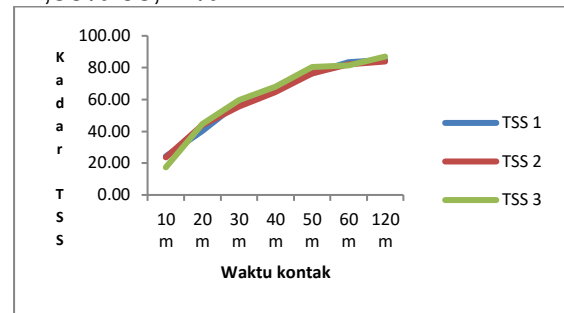
Gambar 2 diketahui tingkat efisiensi terhadap waktu proses adsorpsi. Dapat dilihat dari ketiga pengulangan hasil peningkatan pH pada masing-masing waktu kontak tidak jauh berbeda, maka dapat disimpulkan proses adsorpsi dari ke tiga kali pengulangan hasilnya stabil yaitu pada menit ke 120 didapat hasil pada pengulangan ke 3 dengan angka 7,28. Waktu kontak yang paling efektif dalam meningkatkan pH yaitu pada waktu kontak 120 menit. Persentase peningkatan pH air limbah berkisar 5,7%-63,0%.



Gambar 3. Persentase COD berdasarkan waktu kontak

Gambar 3 diketahui tingkat efisiensi terhadap waktu proses filtrasi dan adsorpsi. Dapat dilihat dari ke tiga pengulangan hasil penurunan kadar COD pada masing-masing waktu kontak tidak jauh berbeda, maka dapat disimpulkan proses adsorpsi dari ke tiga pengulangan hasilnya stabil. Waktu kontak yang paling efektif dalam menurunkan kadar COD yaitu pada waktu kontak 120 menit didapat hasil sebesar 305,75, sedangkan menurut Peraturan menteri lingkungan hidup nomor 5 tahun 2014 kadar paling tinggi untuk TSS pada baku mutu air limbah dalam kegiatan industri tekstil adalah sebesar 150. Besarnya persentase

penurunan kadar COD air limbah berkisar 72,86%-98,41%.



Gambar 4. Parameter TSS berdasarkan waktu kontak

Gambar 4 diketahui tingkat efisiensi terhadap waktu proses filtrasi dan adsorpsi. Dapat dilihat dari ke tiga pengulangan hasil penurunan kadar TSS pada masing-masing waktu kontak tidak jauh berbeda, maka dapat disimpulkan proses adsorpsi dari ke tiga pengulangan hasilnya stabil. Waktu kontak yang paling efektif dalam menurunkan kadar TSS yaitu pada waktu kontak 120 menit dengan hasil 188 mg/L, sedangkan menurut Peraturan menteri lingkungan hidup nomor 5 tahun 2014 kadar paling tinggi untuk TSS pada baku mutu air limbah dalam kegiatan industri tekstil adalah sebesar 50. Persentase penurunan kadar TSS air limbah berkisar 17,36%-86,94%.

PEMBAHASAN

1. Metode Filtrasi dan Adsorpsi

Media yang digunakan pada penelitian ini meliputi pasir, ijuk, kerikil, arang aktif, dan zeolit. Pada media pasir, pasir yang digunakan adalah pasir halus, pada bagian atas diletakan pasir halus (30 cm) (11). Pasir sebagai media yang sifatnya dapat menyaring kotoran serta partikel berukuran kecil yang terdapat di dalam air karena ruang antar pasir yang cukup kecil mampu menahan partikel yang mempunyai ukuran yang lebih besar. Media kerikil berfungsi untuk memberikan proses agar dapat menjadi lapisan pasir serta mencegah masuknya pasir kedalam air olahan (10).

Arang aktif memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi berbagai senyawa organik maupun anorganik bahkan senyawa organik yang bersifat racun.

Pembuatan arang batok kelapa menjadi arang aktif yaitu dengan mengaktivasi arang batok kelapa (12). Setelah proses karbonisasi arang batok di pecahkan dengan ukuran kurang lebih 0,5 – 1 cm. Proses aktivasi bertujuan untuk memperluas diameter pori yang sudah terbentuk pada proses karbonisasi dan membentuk pori baru. Proses aktivasi pada penelitian ini menggunakan aktivasi fisika yang dilakukan dengan memanaskan arang pada suhu 900°C selama 60 menit. Aktivasi fisika atau dapat disebut juga sebagai aktivasi termal, dilakukan dengan memanaskan pada suhu tinggi 800-1.100°C (13).

Beberapa penelitian yang terkait dengan pembuatan karbon aktif salah satunya penelitian Masthura 2018 yang hasil penelitiannya menyatakan bahwa karbon aktif dari tempurung kelapa yang digunakan dengan terlebih dahulu dioven suhu 900°C dapat diketahui dengan adanya peningkatan rongga yang akan lebih banyak jika dibandingkan dengan suhu 500°C sampai dengan 700°C (14). Artinya Semakin tinggi suhu oven yang dilakukan maka akan memberikan rongga-rongga yang terbentuk juga akan semakin banyak.

Zeolit yang dijadikan media dalam penelitian ini menggunakan zeolit dari alam yang komersil. Zeolit dipecahkan hingga berukuran ± 1 cm – 2 cm di cuci kemudian di keringkan, selanjutnya zeolit di panaskan dengan suhu 250°C selama 3 jam guna mengurangi kadar air dalam zeolit (15). Penelitian dari Rini, Dian dan Linggas, 2010 menyimpulkan bahwa zeolit yang di aktivasi dengan suhu 200°C mampu mengadsorpsi 4,55 % gas ataupun cairan (16). Sularso, 2000 menyatakan bahwa semakin kecil bahan yang dipakai untuk bahan penyaringan maka akan semakin bagus kualitas air limbah yang didapatkan (17). Hal ini dikarenakan jika ukuran bahan yang dipakai ukuran kecil, maka luas permukaan akan lebih luas sehingga terjadi penyerapan bahan polutan oleh media yang telah disiapkan akan semakin banyak pula (18). Jika diameter ukuran media yang semakin besar akan menjadi ruang berongga semakin banyak, jadi

polutan yang akan diserap oleh media yang dibuat akan semakin sedikit pula karena air akan cukup mudah mengalir melewati media tersebut.

2. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Kadar COD, TSS, dan pH

Lama kontak adalah waktu kontak antara air limbah dengan media. Semakin lama waktu untuk kontak maka akan semakin banyak polutan yang di ikat oleh arang aktif dan zeolit (13). Proses adsorpsi tetap akan terus terjadi dengan cara aktif ataupun pasif, sampai selama belum adanyatercapai titik keseimbangan dari proses tersebut. Air limbah sebelum pengolahan mengandung kadar pH sebesar 4,71, COD sebesar 19294,39 mg/L, TSS sebesar 1440 mg/L. Selanjutnya dilakukan filtrasi dan adsorpsi dengan beberapa beda lama kontak antara 10,20,30,40,50,60 dan 120 menit masing-masing sebanyak tiga kali pengulangan. Setelah air sampel difiltrasi dan adsorpsi melalui media pasir dengan ketebalan 30 cm, kerikil 20 cm, arang aktif 50 cm dan zeolit 50 cm. Terjadi penurunan kadar COD, TSS dan pH seiring dengan peningkatan waktu proses adsorpsi.

Penurunan COD, TSS dan pH dapat terjadi karena tingkat keasaman atau pH berpengaruh besar terhadap waktu adsorpsi, karena terjadi tingkat keasaman dalam larutan dapat terjadi tingkat perubahan muatan permukaan adsorben(19). Pada umumnya adsorpsi bahan organik dari air limbah meningkat dengan pH rendah. Air limbah yang bersifat asam menandakan ion hidrogen (H⁺) lebih banyak dibandingkan dengan OH⁻.

Pada proses adsorpsi H⁺ dan OH⁻ berkompempetisi untuk menempel pada rongga-rongga adsorben.(11)Media zeolit mempunyai rumus umum yaitu $Mx/n[(A1O_2) x (SiO_2)]_y \cdot mH_2O$ dimana M adalah kation bervalensi n (A1O₂)_x(SiO₂)_y rancangan dari kerangka zeolit dengan muatan yang negatif. Muatan negatif (OH⁻) yang ada pada zeolit akan berikatan dengan muatan positif ion hidrogen (H⁺) pada air limbah sehingga air limbah dapat bersifat netral. Bentuk struktur tersebut membuat zeolit memiliki sifat adsorpsi

yang mana nantinya akan mengikat polutan-polutan yang melewatinya.

Menurunnya kadar TSS dan COD dengan metode pengolahan air limbah menggunakan bahan arang yang aktif dan zeolit dimana terjadi proses penyerapan partikel pencemar pada permukaan adsorben. Dengan adanya metode Van Der Waals jika pori-pori pada karbon aktif dan zeolit maka partikel-partikel zat pencemar yang ada pada limbah cair tertarik dan terperangkap pada pori-pori arang aktif dan zeolit sehingga kadar COD dan TSS menjadi berkurang. Berdasarkan penelitian dari (Kamal, n.d.) menunjukkan efektivitas arang aktif untuk menurunkan kadar COD rata-rata sebesar 60,00 % sedangkan efektivitas zeolit sebesar 40,00% (20).

Adsorpsi merupakan proses yang berfungsi untuk mengikat dan menyisihkan komponen tertentu yang terdapat di dalam suatu larutan dengan menggunakan adsorben (13). Dalam pelaksanaan proses adsorpsi akan terus berlangsung jika belum tercapainya titik keseimbangan. Titik stagnasi pada proses adanya adsorpsi akan dimulainya aliran sifat kejenuhan suatu proses adsorpsi. Tingkat kejenuhan akan diterapkan berdasarkan waktu kontak, dengan waktu untuk mendapatkankeseimbangan dan tingkat kejenuhan ini akan ada tingkatperbedaan untuk tiap-tiap adsorpsi (21).

Pada penelitian ini proses adsorpsi belum sampai pada titik kejenuhan, bisa dikatakan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kesetimbangan cukup lama, terlihat pada waktu kontak 10 menit hingga ke 120 menit terus terjadi penurunan kadar COD, TSS dan pH air limbah dan lama kontak yang paling efektif pada waktu kontak 120 menit. Hal ini terjadi karena pada saat waktu awal adsorbat belum terserap oleh media yang dibuat, dan adsorbat yang akan mengalir akibat tekanan untuk mendapatkan ruang yang dapat dipenuhi. Untuk bisa terjadi tingkat maksimal volume pori, dengan semakin lama waktu kontak terhadap media maka akan terjadi adsorbat yang terus terdorong sampaiakhir pori dan mendapatkan ruang dimuka untuk dapat diisi oleh zat adsorbat

yang baru untuk media yang telah dibuat (22).

Waktu kontak 120 menit belum dapat menurunkan kadar COD dan TSS sampai di bawah standar baku mutu yang ditetapkan menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Tahun 2014 dimana beban maksimum yang di perbolehkan untuk parameter COD 150 mg/L, parameter TSS 50 mg/L, parameter pH 6,0-9,0 (23).

Namun hasil menunjukkan efektivitas dari media arang aktif dan zeolit mampu menurunkan kadar COD sebesar 72,86 % - 98,41% kadar TSS sebesar 17,3 % - 86,94 % peningkatan pH sebesar 4,0 % - 63,0 %. Adapun beda dariwaktu kontak memberikan risiko pada proses penurunan kadar COD, TSS dan penetralan pH. Sesuai dengan penelitian terdahulu Dewi & Buchori, 2016 menyatakan bahwa proses difusi serta penempelan oleh molekul adsorbat akan berlangsung dengan baik jika waktu kontak pada saat filtrasinya lama (24). Penelitian Rochma & Titah, 2017 menunjukkan kadar COD yang terkandung dalam limbah cair industri batik sebesar 16.444,08 mg/L dengan dilakukan proses adsorpsi menggunakan karbon aktif secara batch dapat menyisihkan kadar COD dengan persentasesebesar 98,74 % pada saat lama waktu kontak 2,5 jam (25).

Hasil penelitian Agustina, 2016 yang menyimpulkan bahwa proses filtrasi dan adsorpsi yang dilakukan dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair industri batik. Pada proses filtrasi mendapatkan hasil terbaik pada penggunaan media pasir dengan ketebalan yang digunakan adalah 20 cm, percobaan tersebut didapatkan angka penurunan nilai TSS sebesar 91,6% dan COD sebesar 84,2%. Untuk proses adsorpsi didapat hasil pada penggunaan media zeolit yang digunakan dengan ketebalan 30 cm dengan waktu kontak 60 menit terjadi penurunan nilai TSS sebesar 66,7% dan penurunan nilai COD sebesar 88,4%(26). Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan Agustina hanya fokus pada ketebalan media yang digunakan, sedangkan pada penelitian ini

peneliti melihat efektivitas pada waktu kontak air limbah terhadap media yang digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang Metode filtrasi dan adsorpsi dengan variasi lama kontak dalam pengolahan limbah cair batik maka dapat disimpulkan sebagai berikut : Terjadi penurunan kadar COD, TSS dan penetralan pH disetiap waktu kontak. Penurunan kadar COD berkisar 72,86%-98,41%, penurunankadar TSS berkisar 17,36%-86,94%. Kadar pH terjadi peningkatan berkisar 4,0%-63,0 %. Dan Berdasarkan hasil uji statistik diketahui bahwa nilai p-value yaitu 0,000 yang artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara beberapa beda waktukontak antara 10,20,30,40,50,60 dan 120 menit terhadap penurunan kadar COD, TSS, penetralan pH. Waktu kontak yang paling Efektif dalam menurunkan kadar COD, TSS, dan penetralan pH yaitu pada waktu kontak 120 menit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada RISTEK/BRIN dan STIKES Harapan Ibu Jambi yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Candra B. Pengantar Kesehatan Lingkungan. Jakarta: EGC; 2007.
2. Mukono J. Prinsip Dasar Kesehatan Lingkungan (2nd ed.). Surabaya: Airlangga; 2006.
3. Daryanto. Pengetahuan Teknik Elektronika. Jakarta: ANDI; 2008.
4. Apriyani N. Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. Media Ilmu Teknologi Lingkungan. 2018;3(1):21–9.
5. Kurniawan MW. Strategi Pengelolaan Air Limbah Sentra Umkm Batik Yang Berkelanjutan Di Kabupaten Sukoharjo. Jurnal Ilmu Lingkungan. 2014;11(2):62.
6. Suharto. Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara dan Air. Yogyakarta: ANDI; 2011.
7. Natalina N, Firdaus H. Penurunan Kadar Kromium Heksavalen (Cr6+) Dalam Limbah Batik Menggunakan Limbah Udang (Kitosan). Jurnal Teknik. 2018;38(2):99.
8. Alam JS, Lingkungan D, Sulianto AA, Kurniati E, Hapsari AA. Perancangan Unit Filtrasi untuk Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Sistem Downflow. Jurnal sumber daya alam dan lingkungan. 2018; 6 (2) :31–9.
9. Husaini A, Yenni M, Wuni C. Efektivitas Metode Filtrasi dan Adsorpsi dalam Menurunkan Kesadahan Air Sumur di Kecamatan Kota Baru Kota Jambi. Jurnal Forum ilmiah 2020;5(2):91–102.
10. Said I. Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi. Erlangga; 2017.
11. Zaeni MN, Risnawati R, Lugina H, Susandi D. Rancang Bangun Sistem Pengolahan Limbah Cair Menggunakan Metode Adsorpsi Dan Filtrasi Secara Otomatis Dengan Arduino Uno R3. Prossiding SNST Fakultas Teknik. 2019;1(1):12–7.
12. Widhiyanuriyawan D, Hamidi N. Variasi Temperatur Pemanasan Zeolite alam-NaOH Untuk Pemurnian Biogas. Jurnal Energi Dan Manufaktur. 2013;6(1):53–63.
13. Saptati, Dwi dan Himma N. Perlakuan Fisiko-Kimia Limbah Cair Industri. Malang: UB Press; 2018.
14. Masthura M, Putra Z. Karakterisasi Mikrostruktur Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Kayu Bakau. Jurnal Elkawnie. 2018;4(1):45–54.
15. Sulistyanti D, Antoniker A, Nasrokhah N. Penerapan Metode Filtrasi dan Adsorpsi pada Pengolahan Limbah Laboratorium. EduChemia. Jurnal Kimia dan Pendidikan. 2018;3(2):147.
16. Rini, Dian dan Linggas F. Optimasi Aktivasi Zeolit Alam Untuk Dehumidifikasi. Jurnal Psychiatry. 2010;8(2)
17. Sularso. Pengaruh Berbagai Ketebalan Lapisan Pasir Sebagai Media Penyaringan Terhadap Penurunan Angka Kuman Pada Saringan Pasir Sederhana. Jurnal

- Teknologi ITS,2000;5(1)
18. Hulyadi. karakterisasi zeolit alam selong belanak lombok sebagai adsorben dalam pemurnian alkohol fermentasi. *Jurnal Hydrogen* 2010;5(1):1–7.
 19. Pratiwi NE, Husaini H, Suhartono E. Filtrasi Campuran Pasir Dan Ampas Tahu Kering Sebagai Adsorben Logam Besi Dan Mangan Pada Air Gambut. *Jurnal Berkala Kesehatan*. 2017;1(2):139.
 20. Kamal N. Pemakaian adsorben karbon aktif dalam pengolahan limbah industri batik. *Prossiding* :77–80.
 21. Wicaksono I. Penyisihan logam krom dari limbah cair penyamakan kulit menggunakan Electric Arc Furnace Slag (EAFS). *Jurnal Teknik Lingkungan*; 2012;7(2)
 22. Alimano M, Syafila M. Reduksi Ukuran Adsorben Untuk Memperbesar Diameter Pori Dalam Upaya Meningkatkan Efisiensi Adsorpsi Minyak Jelantah. *Jurnal Tehknologi Lingkungan*. 2014;20(2):173–82.
 23. Peraturan menteri Lingkungan hidup No 5 tentang baku mutu air limbah Tahun 2014;1–83.
 24. Dewi, Y. S., & Buchori Y. Penurunan Cod, Tss Pada Penyaringan Air Limbah Tahu Menggunakan Media Kombinasi Pasir Kuarsa, Karbon Aktif, Sekam Padi Dan Zeolit. *Jurnal Ilmu Satya Negara Indonesia*. 9(1):74–80.
 25. Rochma N, Titah HS. Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi secara Batch. *Jurnal Teknologi ITS*. 2017;6(2):2–7.
 26. Agustina T. Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cp Khas Palembang Dengan Proses Filtrasi dan Adsorpsi. *Jurnal Teknik Kimia*; 2016.;9(1).