



Metode Kombinasi Menurunkan Kadar BOD₅ dan COD Limbah Cair Tepung Aren

Rahina Esti Nirwana[✉], Rudatin Windraswara¹

¹Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 3 Juli 2020
Disetujui 1 Oktober 2020
Dipublikasikan 31
Oktober 2020

Keywords:

Liquid Waste, Sugar Palm
Flour

DOI:

<https://doi.org/10.15294/higeia/v4i4/34881>

Abstrak

Limbah cair tepung aren merupakan limbah yang dihasilkan pada proses pemerasan serat aren untuk mendapatkan endapan tepung pati. Limbah yang dihasilkan mengandung kadar BOD₅ 2985 mg/L dan COD 8740 mg/L yang melebihi baku mutu menurut Perda Jateng No 5 tahun 2012. Tujuan penelitian untuk mengetahui penurunan kadar BOD₅ dan COD dengan metode kombinasi aerasi filtrasi dan adsorpsi. Penelitian dilakukan mulai bulan Juli 2019 di Industri Tepung Aren yang terletak di Desa Daleman, Tulung, Klaten. Jenis penelitian eksperimen dengan pendekatan *Pretest-Posttest Control Group Design*. Jumlah replikasi yang digunakan sebanyak 4 dan analisis data yang digunakan univariat. Rata-rata penurunan kadar BOD₅ pada *treatment* 1 sebesar 10%, *treatment* 2 sebesar 15%, *treatment* 3 sebesar 27% dan kontrol sebesar 1%. Rata-rata penurunan kadar COD *treatment* 1 sebesar 23%, *treatment* 2 sebesar 35%, *treatment* 3 sebesar 39% dan kontrol sebesar 6%. Penurunan tertinggi kadar BOD₅ dan COD terjadi pada *treatment* 3 masing-masing sebesar 27% dan 39%.

Abstract

Palm sugar liquid waste was waste that was produced in the process of extracting the palm fiber to get starch flour deposits. The produced waste contained BOD₅ 2985 mg/L and COD 8740 mg/L which exceeds the standard quality the Central Java Regional Regulation No 5 of 2012. This study aimed to find out the reduction of BOD₅ and COD levels by aeration filtration and adsorption combination methods. The research was carried out starting in July 2019 in the Aren Flour Industry at Daleman Village, Tulung, Klaten. This type of research was an experiment with the Pretest-Posttest Control Group Design approach. Total replications that used were 4 and the data were analyzed using univariate. The average reduction in BOD₅ levels in treatment 1 10%, treatment 2 15%, treatment 3 27% and control 1%. The average reduction in COD level of treatment 1 23%, treatment 2 35%, treatment 3 39% and control 6%. The highest decrease in BOD₅ and COD levels occurred in treatment 3, respectively 27% and 39%.

© 2020 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Gedung F5 Lantai 2 FIK Unnes
Kampus Sekaran, Gunungpati, Semarang, 50229
E-mail: rahinaestin@gmail.com

p ISSN 1475-362846
e ISSN 1475-222656

PENDAHULUAN

Perkembangan industri di Indonesia saat ini sangatlah pesat. Hal ini di buktikan dengan tingginya perkembangan di sektor industri. Berdasarkan hasil survei tahunan yang dilakukan oleh Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, terdapat 25.249 industri skala besar dan sedang, dan 33.8585 industri kecil dan mikro. Menurut data Badan Pusat Statistik Jawa Tengah pada tahun 2015 jumlah industri besar dan sedang sebanyak 4.378 dan 338.585 industri kecil. Industri mempunyai pengaruh besar kepada lingkungan, karena mengubah alam menjadi produk baru dan menghasilkan limbah produksi yang mencemari lingkungan. Industri-industri menghasilkan limbah, baik limbah cair, padat, maupun gas yang akan masuk ke dalam lingkungan sekitar industri tersebut. Limbah-limbah tersebut dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat. Salah satu contoh industri yang menyumbangkan limbah adalah industri tepung aren.

Tepung aren merupakan bahan baku pembuatan soun, cendol, bakmi, bakso, hunkwe, dan lain-lain. Di Kabupaten Klaten tidak terdapat perkebunan aren, namun ada industri pembuatan tepung aren yang tergolong besar. Menurut data dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Klaten pada tahun 2016 terdapat 2 industri tepung aren skala besar dan jumlah industri kecil sebanyak 72 unit usaha. Data pada tahun 2018 di Desa Daleman industri tepung aren besar atau sedang terdapat 2 usaha, sedangkan industri kecil sebanyak 152 usaha. Menurut penelitian Sudarsono (2013), sekitar 20-30 % bahan baku dapat diolah menjadi tepung aren. Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kabupaten Klaten pada tahun 2015, sekitar 10 m³ air digunakan untuk mengolah 10 ton bahan baku pembuatan tepung aren. Jika jumlah bahan baku diperkirakan dapat mencapai 100 ton yang diolah dalam 3 hari, maka timbulan air limbah diperkirakan sekitar 100 m³ dalam 3 hari atau 33 m³ per hari. Banyaknya air limbah dari industri tepung aren di Desa Daleman yang dilepas

secara langsung ke lingkungan melalui saluran drainase berdampak buruk bagi lingkungan sekitar.

Berdasarkan data dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kabupaten Klaten pada tahun 2015 di tiga titik pengambilan sampel limbah cair aren diperoleh kadar BOD₅ masing-masing sebesar 5.000,2 mg/L, 4.800,2 mg/L, dan 3.800,2 mg/L. Sementara itu, kadar COD sampel air limbah di tiga titik, masing-masing sebesar 12.687,5 mg/L, 12.400,2 mg/L, dan 9.350 mg/L. Menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah, batas syarat kadar BOD₅ untuk baku mutu air limbah golongan II sebesar 100 mg/L sedangkan untuk COD sebesar 250 mg/L sehingga hasil pengukuran tersebut menunjukkan kadar BOD₅ dan COD limbah cair aren melebihi baku mutu. Apabila limbah cair dibuang langsung ke lingkungan sebelum dilakukan pengolahan maka akan menimbulkan pencemaran air dan menimbulkan bau busuk.

Hasil survei pendahuluan yang mengambil sampel di salah satu industri rumah tepung aren didapatkan kadar BOD₅ sebesar 2.985 mg/L dan COD sebesar 8.740 mg/L. Limbah cair dari hasil produksi tepung aren langsung dibuang dikarenakan tidak tersedianya IPAL. Pembuangan air limbah dilakukan melalui selokan atau saluran air dan berakhir di Kali Bendo yang letaknya tidak jauh dari area produksi. Pengukuran kualitas air Sungai Bendo yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Kabupaten Klaten pada tahun 2015 menunjukkan bahwa kadar BOD₅ dan COD sebesar 4,9 mg/L dan 14,80 mg/L. Hasil tersebut menunjukkan bahwa air Sungai Bendo tidak dapat diklasifikasikan sebagai sungai kelas I menurut PP Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Hasil penelitian Souisa (2018) sumur yang tidak memenuhi syarat kesehatan minimal sumur gali meliputi jarak pencemar dengan sumur gali dan syarat fisik atau konstruksi sumur gali seperti lantai sumur, bibir sumur, dinding atau cincin sumur, saluran limbah

sumur gali, dan tutup sumur. Pembuangan air limbah yang tidak diolah terlebih dahulu akan mengakibatkan pencemaran air dangkal atau air sumur warga sekitar. Sebagian besar dari warga desa Daleman masih menggunakan air sumur sebagai sumber air bersih. Banyak sumur yang sudah tercemar oleh aktifitas produksi tepung pati aren. Sumur yang tercemar memiliki ciri-ciri yaitu warna air sumur kekuning-kuningan dan berbau anyir. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Widyaningsih (2012) menunjukkan bahwa kualitas air tanah dangkal di area industri aren Desa Daleman 67% dari sampel air sumur termasuk dalam kualitas air kelas D (buruk) dengan tingkat tercemar berat.

Menurut penelitian dari Halder (2015), kadar BOD₅ di Sungai Turag Kota Dhaka, Bangladesh bervariasi dari 0,7 mg / L hingga 4,65 mg / L. Sebanyak 70% responden menyatakan bahwa mereka menderita penyakit kulit, diare, radang lambung atau masalah lambung lainnya pada saat penelitian berlangsung. Hampir semua responden mengalami masalah kulit dibagian kaki dan tangan karena sering kontak dengan air. Data dari Puskesmas Tulung Kabupaten Klaten pada tahun 2015 menunjukkan bahwa 1.324 jiwa menderita infeksi kulit dan pada tahun 2016 sebanyak 1.998 jiwa. Masalah pencemaran karena limbah yang tidak dikelola dengan baik tidak hanya disebabkan oleh industri besar, tetapi juga oleh industri kecil yang seringkali belum mempunyai fasilitas pengolahan limbah. Mengingat jumlah industri kecil yang sangat banyak dan lokasi yang menyebar, maka hal ini perlu mendapat perhatian. Salah satu pengolahan limbah adalah dengan menggabungkan beberapa metode yaitu metode aerasi, filtrasi, dan adsorpsi.

Salah satu pengolahan limbah adalah dengan menggabungkan beberapa metode yaitu metode aerasi, filtrasi, dan adsorpsi. Aerasi atau penambahan oksigen merupakan usaha pengambilan zat pencemar yang tergantung di dalam air, sehingga konsentrasi pencemar akan hilang. Pemakaian zeolit sebagai media filter memiliki kemampuan menurunkan polutan organik yang lebih tinggi yaitu ± 90%

dibandingkan tanpa media sebesar 70%. Perbedaan tersebut disebabkan karena zeolit menjadi media melekatnya mikroorganisme, hingga membentuk lapisan biologis (biofilm) yang berfungsi menguraikan bahan organik. Pada penelitian yang dilakukan oleh Budijono (2010) diperoleh hasil pengujian pemakaian zeolit sebagai media biofilter dengan kombinasi proses anaerob-aerob selama 30 hari dalam menurunkan polutan organik air limbah tahu cenderung stabil. Selama waktu tersebut, polutan organik dari uji COD mampu diturunkan dari 2.539 mg/l menjadi 176 mg/l.

Adsorpsi juga merupakan teknik pengolahan air limbah, salah satunya menggunakan zeolit sebagai adsorben karena merupakan polimer anorganik. Berdasarkan penelitian Rochma (2017) adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif memiliki efisiensi penyisihan COD terbesar adalah 16.444,08 mg/L dengan persentase penyisihan sebesar 98,74 % pada waktu kontak 2,5 jam. Sedangkan efisiensi penyisihan BOD terbesar adalah 1.640,70 mg/L dengan persentase penyisihan sebesar 92,30 % pada waktu kontak 2,5 jam. Pada penelitian yang dilakukan oleh Edahwati (2009) kombinasi metode aerasi, filtrasi dan adsorpsi dapat menurunkan nilai COD limbah industri perikanan dari COD awal 323,55 mg/L menjadi COD akhir 58,95 mg/L. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Meng (2018) menunjukkan bahwa proses adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif granul dapat secara efektif mengurangi COD air limbah dari 183 mg/L menjadi 51,9 mg/L.

Hasil survei pendahuluan pada tanggal 21 Januari - 13 Februari 2019 yang mengambil sampel di salah satu industri rumah tepung pati aren Dusun Bendo Desa Daleman didapatkan kadar BOD₅ sebesar 2985 mg/l dan COD sebesar 8740 mg/l. Menurut Kepala Desa Daleman Bapak Mursito mengungkapkan bahwa limbah cair dari hasil produksi tepung aren langsung dibuang tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Kegiatan ini terus berlangsung dikarenakan tidak tersedianya IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah). Pembuangan air limbah dilakukan melalui

selokan atau saluran air dan berakhir di Kali Bendo yang letaknya tidak jauh dari area produksi. Hal ini mengakibatkan penampakan fisik dari Kali Bendo berwarna hitam, kotor dan tercium bau tidak sedap.

Berdasarkan hasil wawancara dengan responden yang merupakan pekerja di industri tepung aren Dusun Bendo diperoleh sebanyak 65% responden memiliki keluhan gatal-gatal dibagian tangan dan kaki saat memeras pati aren. Sedangkan yang memiliki keluhan kulit terkena kutu air (*Tinea pedis*) pada telapak kaki sebanyak 45%. Penyakit ini terjadi karena responden bekerja sebagai buruh pemeras pati aren dimana setiap hari bekerja di tempat yang basah dan bersinggungan langsung dengan air limbah tepung aren. Selain keluhan kulit, responden juga mengungkapkan bahwa air limbah pati aren menimbulkan bau tidak sedap.

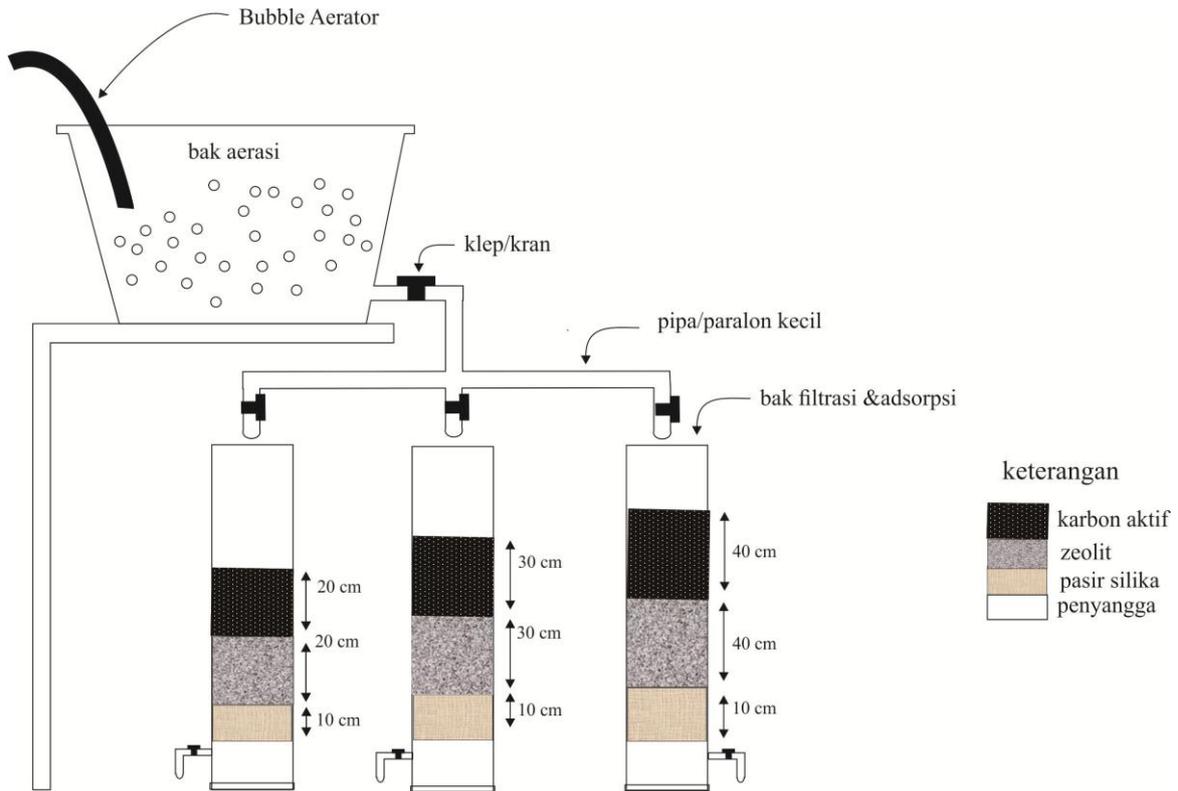
Berdasarkan hal di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang pengolahan limbah tepung aren dengan mengambil judul "Metode Kombinasi Dalam Menurunkan Kadar BOD₅ dan COD pada Limbah Cair Tepung Aren". Tujuan penelitian untuk mengetahui penurunan kadar BOD₅ dan COD dengan metode kombinasi aerasi, filtrasi dan adsorpsi. Beberapa hal yang membedakan penelitian ini dengan penelitian-penelitian sebelumnya yaitu parameter BOD₅ dan COD digunakan sebagai variabel terikat dalam penelitian ini, kombinasi metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode aerasi, filtrasi dan adsorpsi dengan perbedaan ketinggian media. Objek pada penelitian ini yaitu limbah cair aren yang diperoleh dari Industri Rumahan Pati Aren di Dusun Bendo Desa Daleman Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan *Pretest-Posttest Control Group Design*. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kombinasi antara metode aerasi, filtrasi, dan adsorpsi. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar BOD₅ dan

COD. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran awal (*pretest*) terhadap kadar BOD₅ dan COD dari limbah cair tepung aren sebelum diberi perlakuan kombinasi 3 metode pengolahan air limbah yaitu : aerasi, filtrasi dan adsorpsi selang berapa waktu dilakukan *posttest* pada kelompok *treatment* dan kontrol. Objek penelitian yang digunakan merupakan limbah cair tepung aren rumah produksi milik Bapak Nurdin di Dusun Bendo RT 09 RW 08 Desa Daleman Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten. Sifat dari objek penelitian ini berpasangan yaitu *Pretest* dan *Posttest*. Jumlah replikasi yang digunakan sebanyak 4. Instrumen penelitian yang digunakan untuk pengumpulan data dalam penelitian ini adalah alat dengan desain seperti pada gambar 1.

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 30 Juli 2019 sampai selesai. Sampel yang diambil langsung dibawa ke lokasi penelitian untuk diberi perlakuan. Perlakuan yang diberikan dimulai dengan mempersiapkan alat yang digunakan. Sampel yang diambil dimasukkan dalam bak aerasi dan dilakukan aerasi selama 15 jam menggunakan bubble aerator. Setelah itu, dialirkan menuju ke 3 bak filtrasi dan adsorpsi, masing-masing berisi media karbon aktif, zeolit dan pasir silika dengan ketinggian yang berbeda-beda yaitu pasir silika (10 cm), zeolit (20, 30, 40 cm) dan karbon aktif (20, 30, 40 cm). Kemudian air ditampung pada wadah penampung dan hasilnya dimasukkan dalam botol sampel *post-test*. Sampel kontrol merupakan sampel air limbah yang tidak diberikan perlakuan selama proses aerasi, filtrasi dan adsorpsi dilakukan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui penurunan angka BOD₅ dan COD disebabkan oleh perlakuan atau tidak. Semua sampel dibawa ke Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta. Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis univariat. Analisis univariat dilakukan terhadap tiap variabel untuk mengetahui rata-rata (*mean*) hasil penelitian pada masing-masing perlakuan dan persentase perbedaan kadar BOD₅ dan COD sebelum dan sesudah perlakuan.



Gambar 1. Desain Alat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pengambilan sampel pertama kali dilakukan pada tanggal 30 Juli 2019. Dalam sekali pengambilan sampel digunakan untuk 2 kali replikasi. Replikasi dilakukan sebanyak 4 kali, setiap replikasi diambil sampel pre-test, 3 treatment dan kontrol. Alat yang digunakan dalam perlakuan berupa bak aerasi, filtrasi dan adsorpsi.

Pengujian awal pada air limbah tepung aren dilakukan pada tanggal 21 Januari 2019 di Laboratorium Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta didapatkan kadar BOD₅ sebesar 2.985 mg/L dan COD 8.740 mg/L. Menurut Peraturan Pemerintah Daerah (PERDA) Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk usaha dan atau kegiatan yang belum ditentukan baku mutunya batas syarat kadar BOD₅ air limbah golongan II sebesar 100 mg/L sedangkan untuk COD sebesar 250 mg/L sehingga hasil

pengukuran tersebut menunjukkan kadar BOD₅ dan COD limbah cair tepung aren melebihi baku mutu.

Terdapat perbedaan kadar air limbah tepung aren pada setiap pengukuran disebabkan karena beberapa hal diantaranya adanya perbedaan pada setiap proses yang dilakukan pada masing-masing industri. Proses tersebut dipengaruhi oleh penggunaan zat tambahan dengan takaran yang berbeda juga dapat mempengaruhi kadar kandungan air limbah yang dihasilkan. Industri tepung aren di Desa Daleman menggunakan bahan tambahan kaporit yang berfungsi sebagai pemutih dari tepung yang dihasilkan. Takaran kaporit yang digunakan hanya dikira-kira tanpa ada takaran yang pasti.

Hasil pengukuran kadar BOD₅ pada air limbah tepung aren sebelum dan sesudah diberikan perlakuan aerasi, filtrasi dan adsorpsi dengan kombinasi dan variasi ketinggian media yaitu masing-masing pasir silika (10 cm), zeolit (20, 30, 40 cm) dan karbon aktif (20, 30, 40 cm) diperoleh hasil seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar BOD₅

No	Inlet	Treatment 1 (mg/l)	Treatment 2 (mg/l)	Treatment 3 (mg/l)	Kontrol (mg/l)
1	3.455	2.975	2.985	1.715	3.090
2	5.970	5.060	4.370	3.070	6.140
3	6.600	5.980	5.710	6.760	6.760
4	6.340	6.240	5.950	5.560	6.400
Jumlah	22.365	20.255	19.015	17.105	22.390
Rata-rata	5.591,5	5.063,75	4.753,75	4.276,25	5.597,5

Hasil penelitian terhadap limbah cair tepung aren setelah dilakukan perlakuan menggunakan kombinasi metode aerasi, filtrasi dan adsorpsi dengan media karbon aktif, zeolit, pasir silika, diperoleh hasil rata-rata kadar BOD₅ treatment 1 = 5.063,75 mg/L, treatment 2 = 4.753,75 mg/L, treatment 3 = 4.276,25 mg/L dan kontrol = 5.595,5 mg/L. Di mana kadar BOD₅ berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk usaha dan atau kegiatan yang belum ditentukan baku mutunya yaitu 100 mg/l untuk BOD₅.

Kadar BOD₅ yang melebihi ambang batas, menunjukkan air limbah memiliki kandungan bahan organik besar. Hal ini sejalan dengan penelitian Hadisantoso (2018) semakin tinggi kadar BOD₅ maka semakin besar oksigen yang diperlukan mikroorganisme untuk mengurai bahan organik. Kadar BOD₅ merupakan salah satu parameter yang dapat dijadikan tolak ukur beban pencemaran suatu perairan. Kadar BOD₅ tinggi menurunkan kualitas air yang mengakibatkan pencemaran bagi lingkungan. Pemeriksaan BOD₅ sangat penting untuk menelusuri aliran pencemaran karena dapat menentukan beban pencemaran akibat air buangan dan mendesain sistem pembuangan secara biologis bagi air tercemar.

Sesuai dengan definisi BOD₅, maka kualitas limbah semakin buruk apabila BOD₅ semakin tinggi.

Hasil pengukuran kadar COD pada air limbah tepung aren sebelum dan sesudah diberikan perlakuan aerasi, filtrasi dan adsorpsi dengan kombinasi dan variasi ketinggian media yaitu masing-masing pasir silika (10 cm), zeolit (20, 30, 40 cm) dan karbon aktif (20, 30, 40 cm) diperoleh hasil seperti pada tabel 2.

Hasil penelitian terhadap limbah cair tepung aren setelah dilakukan perlakuan menggunakan kombinasi metode aerasi, filtrasi dan adsorpsi dengan media karbon aktif, zeolit, pasir silika, diperoleh hasil rata-rata kadar COD treatment 1 = 15.512,4 mg/l, treatment 2 = 13.309,33 mg/l, treatment 3 = 12.559,33 mg/l dan kontrol = 18.262,45 mg/l. Di mana kadar COD berada di atas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk usaha dan atau kegiatan yang belum ditentukan baku mutunya yaitu 250 mg/l untuk COD.

Hasil analisis COD merupakan parameter yang menunjukkan banyaknya oksigen yang digunakan untuk oksidasi secara kimiawi (Nurhayati, 2009). Menurut Atima (2015), COD atau *Chemical Oxygen Demand* merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kadar COD Limbah Cair Tepung Aren

No	Inlet	Treatment 1 (mg/l)	Treatment 2 (mg/l)	Treatment 3 (mg/l)	Kontrol (mg/l)
1	13.168,7	7.981	6.043,7	3.668,7	14.231,2
2	28.087,5	22.793,7	20.793,7	16.793,7	24.731,2
3	20.087,5	16.356,2	13.418,7	14.418,7	16.668,7
4	17.981,2	14.918,7	12.981,2	15.356,2	17.418,7
Jumlah	7.9324,9	62.049,6	53.237,3	50.237,3	73.049,8
Rata-rata	19.831,23	15.512,4	13.309,33	12.559,33	18.262,45

Tabel 3. Penurunan Kadar BOD₅

No	<i>Treatment 1</i>		<i>Treatment 2</i>		<i>Treatment 3</i>		Kontrol	
	Selisih	%	Selisih	%	Selisih	%	Selisih	%
1	480	14%	470	14%	1.740	50%	365	11%
2	910	15%	1.600	27%	2.900	49%	-170	-3%
3	620	9%	890	13%	-160	-2%	-160	-2%
4	100	2%	390	6%	780	12%	-60	-1%
Jumlah	2.110	40%	3.350	60%	5.260	109%	-25	4%
Rata-rata	527,5	10%	837,5	15%	1.315	27%	-6,25	1%

mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air. Hal ini karena bahan organik yang ada sengaja diurai secara kimia dengan menggunakan oksidator kuat kalium bikromat pada kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat, sehingga segala macam bahan organik, baik yang mudah urai maupun yang kompleks dan sulit urai, akan teroksidasi. Dengan demikian, selisih nilai antara COD dan BOD memberikan gambaran besarnya bahan organik yang sulit urai yang ada di perairan.

Rata-rata penurunan kadar BOD₅ yang terendah yaitu 527,5 mg/l atau 10% pada treatment atau perlakuan ke 1, sedangkan rata-rata hasil penurunan tertinggi sebesar 1.315 mg/l atau 27% pada treatment atau perlakuan ke 3.

Rata-rata penurunan kadar COD yang terendah yaitu 4.318,83 mg/l atau 23% pada treatment atau perlakuan ke 1, sedangkan rata-rata hasil penurunan tertinggi sebesar 7.271,9 mg/l atau 39% pada treatment atau perlakuan ke 3.

Hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui rata-rata penurunan kadar BOD₅ setelah perlakuan pada treatment 1 sebesar 10%, treatment 2 sebesar 15% dan treatment 3 sebesar 27% dan kontrol sebesar 1%. Hasil kadar COD setelah perlakuan pada treatment 1 sebesar 23%, treatment 2 sebesar 35% dan treatment 3 sebesar

39% dan kontrol sebesar -6%. Penurunan pada penelitian ini karena proses filtrasi, yaitu ketika air limbah melalui pasir silika. Proses filtrasi akan memisahkan zat padat dari zat cair untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid. Silika digunakan untuk proses filtrasi air yang mengandung padatan tersuspensi. Silika mempunyai muatan negatif pada nilai pH netral sehingga mampu menarik partikel bermuatan positif berbentuk senyawa koloid dalam air yang akan dimurnikan. Fungsi pasir silika dalam kolom adalah untuk memindahkan senyawa koloid dalam air dan padatan tersuspensi. Penggunaan pasir silika sebagai media filtrasi dapat menurunkan BOD sesuai dengan penelitian yang dilakukan Rolia (2015), penurunan pada parameter BOD yaitu 237,33 mg/l menjadi 175 mg/l dan COD yaitu 530 mg/l menjadi 350 mg/l. Selain itu, penurunan juga terjadi karena adanya proses adsorpsi. Proses adsorpsi terjadi ketika air limbah melalui media adsorpsi yaitu zeolit dan karbon aktif. Proses adsorpsi akan menyebabkan interaksi fisik (physisorption) atau kimia (chemisorption) antara adsorben dan adsorbat. Interaksi ini akan mengikat zat yang tidak diinginkan ke penyerap dan kemudian keluar dari system (Bello, 2017). Adsorpsi telah diakui sebagai metode yang efektif untuk menghilangkan polutan organik

Tabel 4. Penurunan Kadar COD Limbah Cair Tepung Aren

No	<i>Treatment 1</i>		<i>Treatment 2</i>		<i>Treatment 3</i>		Kontrol	
	Selisih	%	Selisih	%	Selisih	%	Selisih	%
1	5.187,7	39%	7.125	54%	9.500	72%	-1.062,5	-8%
2	5.293,8	19%	7.293,8	26%	11.293,8	40%	3.356,3	12%
3	3.731,3	19%	6.668,8	33%	5.668,8	28%	3.418,8	17%
4	3.062,5	17%	5.000	28%	2.625,0	15%	562,5	3%
Jumlah	17.275,3	94%	26.087,6	141%	29.087,6	155%	6.275,1	24%
Rata-rata	4.318,83	23%	6.521,9	35%	7.271,9	39%	1.568,775	6%

dari air limbah. Selain keefektifannya, adsorpsi biasanya merupakan proses yang *reversible*, menawarkan kemungkinan untuk regenerasi adsorben melalui desorpsi (Fu, 2011). Penelitian ini memperkuat penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Irmanto (2010) mengenai penurunan nilai BOD₅ limbah cair industri. Arang aktif sebagai media adsorpsi pada waktu kontak optimum dan pH optimum, yang saat itu terjadi penurunan BOD₅ sebesar 33,51% dan COD sebesar 78,96%. Penurunan di beberapa penelitian ini mengacu pada prinsip pengolahan dengan menggunakan karbon aktif yaitu penyerapan terhadap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik.

Karbon aktif yang baik harus mempunyai luas area permukaan yang besar sehingga daya adsorpsinya juga akan besar. Penggunaan karbon aktif (AC), sebagai penyerap, telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi, termasuk menghilangkan polutan organik dan anorganik dari air limbah. Fleksibilitas luas permukaan tinggi, struktur berpori dan kapasitas adsorpsi permukaan, yang dapat dimodifikasi secara tepat dengan perlakuan fisik dan kimia, adalah salah satu alasan penggunaan adsorben tersebut. Namun, menggunakan karbon aktif menghabiskan biaya yang tinggi (El-Naas, 2010).

Media zeolit yang telah diaktivasi dan dimodifikasi mempunyai pori-pori yang lebih luas dapat menyerap limbah organik secara optimal. Media zeolit menyediakan area habitat untuk mikroorganisme, dan mendukung produksi enzimatisnya sehingga biodegradasi senyawa organik dan katalisis elektron lebih efisien (Yakar, 2018). Hasil ini mendukung penelitian yang telah dilakukan oleh Wahistina (2014) bahwa perlakuan zeolit dengan konsentrasi 212,5 gr/L selama 2 jam mampu menurunkan kadar BOD 45,2% dan COD 41,8%.

Penurunan pada penelitian ini lebih sedikit dari penelitian sebelumnya karena zeolit yang digunakan tidak sebanyak konsentrasi pada penelitian sebelumnya. Selain itu waktu kontak dengan media adsorpsi juga

mempengaruhi penurunan. Adsorpsi menggunakan zeolit dan karbon aktif memiliki prinsip kerja menyerap zat-zat organik yang tidak dapat terurai dalam air limbah yang dapat menimbulkan bau, warna, dan rasa pada air limbah.

Teknik aerasi adalah salah satu usaha pengolahan limbah cair dengan cara menambahkan oksigen ke dalam limbah cair tersebut. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid atau bahan tercampur lainnya. Aerasi pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan aerator. Air limbah diberi perlakuan aerator selama 15 jam untuk memasukkan oksigen. Udara berfungsi untuk konsumsi bakteri agar dengan aktif dapat memakan kandungan organik dalam limbah. Bakteri pengurai mengkonsumsi bahan-bahan organik sehingga berurai menjadi bahan-bahan sederhana seperti CO₂, CO dan H₂O. pada akhirnya CO₂ terbang ke udara dan H₂O menyatu dengan air. Aerasi dapat meningkatkan oksigen terlarut sehingga meningkatkan aktivitas mikroorganisme sebagai pengurai bahan organik menurun sebagai akibat dari BOD (Santoso, 2010)(Selvamurugan, 2010).

Pada penelitian ini, ada 3 contoh sampel kontrol mengalami kenaikan kadar BOD₅ dari sebelum perlakuan yaitu pada replikasi 2 dan 3 sebesar 3% dan 2%, selain itu pada contoh sampel kontrol replikasi 1 kadar COD juga mengalami kenaikan sebesar 8%. Hal ini karena kesalahan pada saat perlakuan yaitu pada saat pengambilan sampel. Pada saat mengambil sampel, dirigen atau botol tidak terisi penuh sehingga terdapat gelembung. Hal ini mempengaruhi kadar BOD dan COD. Selama pemeriksaan BOD dan COD, contoh yang diperiksa harus bebas dari udara luar mencegah kontaminasi dari oksigen yang ada di udara bebas. Konsentrasi air buangan/sampel tersebut yang harus berada pada suatu tingkat pencemaran tertentu. Hal ini untuk menjaga

supaya oksigen terlarut selalu ada selama pemeriksaan.

Selain faktor tersebut, selama proses pengolahan limbah berlangsung, sampel kontrol hanya dibiarkan tanpa diberi perlakuan dan terjadi perkembangbiakan bakteri. Karena bahan pencemar organik tidak mengalami penurunan mengakibatkan kadar BOD tinggi dimana bakteri menggunakan oksigen untuk proses pembusukannya. Hal inilah yang menyebabkan kenaikan kadar BOD pada kelompok kontrol pada saat dilakukan pengolahan. Sampel kontrol juga mengalami perubahan pada bau dan warna menjadi lebih keruh yang mengindikasikan nilai DO rendah. Rendahnya kandungan oksigen terlarut mengakibatkan munculnya kondisi anaerobik dengan bau busuk (Nurroisah, 2014).

Kenaikan BOD dan COD diakibatkan karena adanya interaksi adsorben dan adsorbat yang melewati jenuh artinya pori-pori sudah terisi kontaminan, maka efektivitas menurun. Bertambahnya masa karbon aktif dalam volume yang sama justru akan mengakibatkan interaksi menjadi tidak sempurna, serta banyak pori-pori arang yang tidak digunakan untuk menyerap zat terlarut karena tertutup oleh arang aktif yang lain dan menjadikan proses adsorpsi menjadi tidak efektif. Pada saat ditambahkan zeolit aktif, BOD dan COD kembali mengalami kenaikan. Hal ini dimungkinkan dengan bertambahnya massa zeolit dalam volume limbah yang sama justru akan menyebabkan interaksi dalam pengocokan dengan magnetik stirer menjadi tidak sempurna karena jumlah zeolit menyebabkan suspensi menjadi kental, akibatnya zeolit tidak mampu menyerap zat-zat organik maupun anorganik.

Hambatan dalam penelitian ini adalah jarak lokasi penelitian dengan laboratorium agak jauh kurang lebih 40 km yang ditempuh dalam waktu 60 menit sehingga memungkinkan sampel limbah cair yang dibawa mengalami guncangan. Tidak menutup kemungkinan terdapat gelembung-gelembung yang menyebabkan kadar BOD₅ dan COD mengalami kenaikan. Pada penelitian ini persentase penurunan kadar BOD₅ dan COD yang tidak

urut. Penyebab keadaan tersebut yaitu bahan penyerap yang digunakan mempunyai kemampuan menyerap yang berbeda-beda, tergantung bahan asal dan metode aktivasi yang digunakan. Dalam penelitian ini bahan adsorpsi dengan zeolit dan karbon aktif. Ukuran bahan penyerap dapat berpengaruh dalam keefektifan penyerapan. Semakin kecil ukuran butir bahan penyerap maka semakin besar permukaannya, sehingga semakin banyak menyerap kontaminan.

Waktu kontak merupakan suatu hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul adsorban berlangsung lebih baik. Konsentrasi zat organik akan turun apabila waktu kontak cukup. Kecepatan alir, semakin kecil kecepatan alir air limbah, maka penyerapan semakin besar karena waktu tinggal air limbah untuk kontak dengan media filtrasi dan adsorpsi semakin lama. Kecepatan aliran air pada ketiga pipa dari bak aerasi menuju bak adsorpsi yaitu 2 ml/s saat pengukuran awal sebelum air limbah dialirkan ke bak filtrasi dan adsorpsi. Waktu pengukuran sampel juga dapat berpengaruh. Waktu pengukuran sampel yang tidak sama, di mana dalam satu hari hanya bisa mengukur 2 sampel limbah.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian penerapan metode kombinasi aerasi, filtrasi, dan adsorpsi untuk penurunan kadar BOD₅ dan COD limbah cair tepung aren pada industri tepung aren Desa Daleman Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten didapatkan hasil sebagai berikut : Rata-rata penurunan kadar BOD₅ setelah perlakuan pada treatment 1 sebesar 527,5 (10%), treatment 2 sebesar 837,5 (15%) dan treatment 3 sebesar 1.315 (27%) dan kontrol sebesar 1%. Rata-rata penurunan kadar COD setelah perlakuan pada treatment 1 sebesar 4.318,83 (23%), treatment 2 sebesar 6.521,9 (35%) dan treatment 3 sebesar 7.271,9 (39%) dan kontrol sebesar 1.568,775 (6%). Penurunan tertinggi kadar BOD₅ dan COD terjadi pada treatment 3 masing-masing sebesar 27% dan 39%.

Kelemahan dalam penelitian ini yaitu parameter yang diukur hanya BOD₅ dan COD saja sehingga kurang menginterpretasikan penurunan BOD₅ dan COD yang terjadi dipengaruhi oleh perlakuan atau parameter lain. Penanganan sampel air berupa pengemasan sampel di lapangan (pemberian label pada setiap wadah sampel), pengawetan sampel (pendinginan dan penambahan bahan kimia) dan transportasi sampel (dari lokasi pengambilan sampel ke laboratorium). Pengawetan sampel dimaksudkan agar tidak terjadi perubahan secara fisika dan kimia (Ali, 2013). Pada proses filtrasi dan adsorpsi, media yang digunakan tidak dicuci setelah digunakan pada replikasi pertama. Pada saat pengambilan sampel, dirigen atau botol tidak terisi penuh dan tidak diawetkan selama perjalanan menuju laboratorium, sehingga terdapat gelembung yang dapat mempengaruhi kadar BOD dan COD. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan penelitian lanjutan menggunakan metode berbeda dan media selain pasir silika, zeolit dan karbon aktif dalam menurunkan BOD₅ dan COD atau parameter lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A. 2013. Kajian Kualitas Air dan Status Mutu Air Sungai Metro di Kecamatan Sukun Kota Malang. *Bumi Lestari*, 13(2): 265–274.
- Atima, W. 2015. BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science & Education*, 4(1): 83–93.
- Bello, M. M., & Abdul Raman, A. A. 2017. Trend and Current Practices of Palm Oil Mill Effluent Polishing: Application Of Advanced Oxidation Processes and Their Future Perspectives. *Journal Of Environmental Management*, 198(1): 170–182.
- Budijono, Hasbi, M., & Ahmali. 2010. Efektivitas Pemakaian Zeolit sebagai Media Biofilter dalam Menurunkan Polutan Organik Limbah Cair Tahu. *Jurnal Ilmu Perairan*, 8(2): 1–7.
- Edahwati, L. 2009. Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1(2): 79–83.
- El-Naas, M. H., Al-Zuhair, S., & Alhaja, M. A. 2010. Reduction of COD in Refinery Wastewater Through Adsorption on Date-Pit Activated Carbon. *Journal Of Hazardous Materials*, 173(1–3): 750–757.
- Fu, F., & Wang, Q. 2011. Removal of Heavy Metal Ions from Wastewaters: A Review. *Journal Of Environmental Management*, 92(3): 407–418.
- Hadisantoso, E. P., Widayanti, Y., Hanifah, R. A., Amalia, V., & Delilah, G. G. A. 2018. Pengolahan Limbah Air Wudhu Wanita dengan Metode Aerasi dan Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif. *Al-Kimiya*, 5(1): 1–6.
- Halder, J., & Islam, N. 2015. Water Pollution and Its Impact on The Human Health. *Journal Of Environment And Human*, 2(1): 36–46.
- Irmanto, & Suyata. 2010. Optimasi Penurunan Nilai BOD, COD dan TSS Limbah Cair Industri Tapioka Menggunakan Arang Aktif Dari Ampas Kopi. *Molekul*, 5(1): 22–32.
- Meng, X., Wu, J., Kang, J., Gao, J., Liu, R., Gao, Y., Hu, Y. 2018. Comparison of The Reduction of Chemical Oxygen Demand in Wastewater from Mineral Processing Using The Coagulation–Flocculation, Adsorption and Fenton Processes. *Minerals Engineering*, 128: 275–283.
- Nurhayati, N. D. 2009. *Analisis BOD Dan COD di Sungai Sroyo Sebagai Dampak Industri di Kecamatan Jaten*. Makalah disajikan dalam Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia, 18 Maret 2009.
- Nurroisah, E., Indarjo, S., Wahyuningsih, A.S. 2014. Keefektifan Aerasi Sistem Tray dan Filtrasi sebagai Penurun Chemical Oxygen Demand dan Padatan Tersuspensi pada Limbah Cair Batik. *Unnes Journal Of Public Health*, 3(4): 56–64.
- Rochma, N. 2017. Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi secara Batch. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2): 1–8.
- Rolia, E., & Amran, Y. 2015. Perencanaan Bangunan Pengolahan Limbah Cair dari Pabrik Tahu di Kelurahan Mulyajati 16C Kota Metro. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi): Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 5(1): 83–88.
- Santoso, B. 2010. Proses Pengolahan Air Buangan Industri Tapioka. *Jurnal Ilmiah Teknologi dan Rekayasa*, 3(15): 213–220.
- Selvamurugan, M., Doraisamy, P., Maheswari, M., & Nandakumar, N. B. 2010. Evaluation of

- Batch Aeration as A Post Treatment for Reducing The Pollution Load of Biomethanated Coffee Processing Waste Water. *Global Journal Of Environmental Research*, 4(1): 31–33.
- Souisa, G. V., & Janwarin, L. M. Y. 2018. Kualitas Sumur Gali di Dusun Wahakaim. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 2(4): 612–621.
- Sudarsono, Huda, S., Yuniwati, M., & Purnawan. 2013. *Pemanfaatan Limbah Serat Pati Aren Sebagai Material Komposit - Poliester*. Yogyakarta: Kopertis Wilayah V DIY Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Yogyakarta.
- Wahistina, R., & Pujiati, R. S. 2014. *Analisis Perbedaan Penurunan Kadar BOD dan COD pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Zeolit (Studi di Pabrik Tahu di Desa Kraton Kecamatan Kencong Kabupaten Jember) Analysis The Difference of Bod and Cod Levels Decrease in Factory in Kraton Village*. Skripsi. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Widyaningsih, R. 2012. *Kajian Kualitas Air Tanah Dangkal di Area Industri Tepung Aren Desa Daleman Kecamatan Tulung Kabupaten Klaten Tahun 2012*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Yakar, A., Türe, C., Türker, O. C., Vymazal, J., & Saz, Ç. 2018. Impacts Of Various Filtration Media On Wastewater Treatment And Bioelectric Production In Up-Flow Constructed Wetland Combined With Microbial Fuel Cell (UCW-MFC). *Ecological Engineering*, 117(1): 120–132.