

Efektivitas pengolahan limbah cair tempe dengan sedimentasi dan fitoremediasi tanaman kayu apu (*Pista Stratiotes L.*)

Riwanda Listya Kusumaningtyas ^{a *}, Bambang Suwerda ^b, Tri Mulyaningsih ^c

Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Yogyakarta. Jl. Tatabumi No. 3, Banyuraden, Gamping, Sleman, D.I. Yogyakarta 55293, Indonesia.

^a riwandalistya13@gmail.com; ^b bambang-suwerda@gmail.com; ^c tri.mulyaningsih@poltekkesjogja.ac.id

* Corresponding Author

Receipt: 27 July 2022; Revision: 22 August 2022; Accepted: 20 February 2025

Abstrak: Industri tempe di Karang Nongko RT 08, Panggunharjo, Sewon, Bantul, DIY masih membuang limbah cair tempe langsung ke sungai. Limbah tersebut mengandung BOD 686,8 mg/L, COD 15.760 mg/L, dan TSS 438 mg/L yang belum memenuhi standar Perda DIY No. 7 Tahun 2016. Limbah cair tempe diolah dengan sedimentasi dan fitoremediasi tanaman kayu apu untuk menurunkan kadar BOD, COD, dan TSS. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas sedimentasi dan fitoremediasi tanaman kayu apu dalam memperbaiki kualitas limbah cair tempe. Jenis penelitian ini adalah true experiment. Pengolahan limbah cair tempe dengan debit 300 ml/menit, dialirkan ke bak sedimentasi dengan waktu kontak 2,5 jam dan bak fitoremediasi kayu apu (2.200 gram) dengan waktu kontak 24 jam. Rata-rata penurunan hasil uji pada parameter BOD, COD, dan TSS belum memenuhi baku mutu limbah industri tempe pada Perda DIY No. 7 Tahun 2016. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pengolahan sedimentasi dan fitoremediasi tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes L.*) mampu menurunkan kadar BOD sebesar 35,33%, COD sebesar 41,94%, dan TSS sebesar 80,21%, namun pengolahan tersebut belum efektif dalam memperbaiki kualitas limbah cair tempe.

Abstract: The tempe industry in Karang Nongko RT 08, Panggunharjo, Sewon, Bantul, DIY still dispose tempe wastewater directly into the river. These waste contains BOD 686,8 mg/L, COD 15.760 mg/L, dan TSS 438 mg/L which has not fulfilled standard of Regional Regulation of Yogyakarta Special Region Number 7 in the year 2016. Tempe wastewater processed by sedimentation and phytoremediation of kayu apu to reduce BOD, COD, and TSS levels. The aim of this research is to knowing the effectiveness of sedimentation and phytoremediation kayu apu in improving the quality of tempe wastewater. This type of research is a true experiment. Tempe wastewater treatment with the flow is 300 ml/minute, flowed into a sedimentation tank with the detention time of 2,5 hours dan a phytoremediation tank of kayu apu (2.200 grams) with the detention time of 24 hours. The average decrease test results in the parameters of BOD, COD, and TSS have not met the quality standard requirements of Regional Regulation of Yogyakarta Special Region Number 7 in the year 2016. Based on the results of the researchs, it can be concluded that sedimentation and phytoremediation of kayu apu treatment able to reduce BOD level of 35.33%, COD by 41.94%, and TSS by 80.21%, but the treatment have not been effective in improving the quality of tempe wastewater.

Keywords: Sedimentation; Phytoremediation; BOD; COD; TSS

PENDAHULUAN

Rata-rata konsumsi tempe per orang per tahun di Indonesia saat ini diperkirakan sekitar 6,45 kg (PUSIDO Badan Standardisasi Nasional, 2012). Banyaknya masyarakat yang mengonsumsi tempe mendorong perkembangan industri tempe kini semakin pesat. Pesatnya perkembangan industri tempe terutama pada industri rumah tangga, memberikan dampak positif dan negatif bagi masyarakat dan lingkungan. Dampak positif bagi masyarakat adalah terpenuhinya kebutuhan pangan dan meningkatkan perekonomian masyarakat. Sedangkan dampak negatif dari industri tempe berupa limbah buangan yang menimbulkan pencemaran lingkungan (Sayow et al., 2020). Limbah yang dihasilkan dari proses produksi tempe berupa limbah padat dan cair.



Limbah padat telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat untuk pakan ternak. Namun, limbah cair tidak dikelola dan langsung dibuang di perairan sekitarnya sehingga air tercemar.

Limbah cair tempe memiliki karakteristik mengandung bahan organik tinggi, BOD, dan COD tinggi, sehingga jika langsung dibuang ke badan air, maka akan menurunkan daya dukung lingkungan pada perairan (Sayow et al., 2020). Banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah akan menyebabkan kadar oksigen menurun. Keadaan tersebut mengganggu kehidupan di dalam perairan yang membutuhkan oksigen dan mengurangi perkembangannya, serta air berperan sebagai pembawa penyakit (Pradana et al., 2018). Menurut data DLH Kabupaten Bantul pada tahun 2011, terdapat 177 industri kecil tempe yang belum memiliki IPAL, sehingga limbah cair tempe dialirkan ke Sungai Opak, Sungai Progo, dan Sungai Winongo (Dinas Lingkungan Hidup Bantul, 2011). Pemerintah DIY mengatur parameter air limbah untuk kegiatan industri tempe dalam Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Upaya pengolahan limbah cair secara fisik dapat menggunakan proses sedimentasi. Proses sedimentasi menggunakan prinsip gravitasi untuk memisahkan zat padat dan zat cair dalam limbah. Salah satu pengolahan limbah cair secara biologi adalah fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan penggunaan tanaman dan mikroorganisme terkait untuk mereduksi kandungan limbah (Novita et al., 2019). Pengolahan limbah laundry dengan fitoremediasi tanaman kayu apu memiliki efisiensi penyisihan COD berkisar antara 53%-60%, dan efisiensi penyisihan TSS berkisar antara 34%-46% (Rahadian et al., 2017).

Industri tempe yang ada di Karang Nongko RT 08, Panggungharjo, Sewon, Bantul, DIY dalam satu hari mengolah kedelai 200 kg untuk dibuat tempe. Limbah padat dan limbah hasil rebusan dimanfaatkan sebagai pakan ternak milik masyarakat sekitar. Sedangkan limbah cair hasil dari rendaman dan pencucian dibuang ke sungai. Menurut hasil pemeriksaan terhadap limbah cair tempe yang dibuang langsung di sungai didapatkan hasil bahwa kadar BOD sebesar 686,8 mg/L, COD sebesar 15.760 mg/L, dan TSS sebesar 438 mg/L. Kadar BOD, COD, dan TSS tersebut melebihi baku mutu limbah industri tempe berdasarkan Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016. Berdasarkan permasalahan tersebut peneliti tertarik untuk mengolah limbah cair tempe dengan sedimentasi dan fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas sedimentasi dan fitoremediasi tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam memperbaiki kualitas limbah cair tempe.

METODE

Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah *true experiment* menggunakan desain penelitian "*Pre-test Post-test with Control Group*". Penelitian ini merupakan penelitian dalam skala laboratorium. Pengambilan air limbah menggunakan metode *grab sample* yang diambil dari titik inlet sebelum limbah cair masuk ke sungai. Pengulangan penelitian dilakukan sebanyak 3 kali.

Alat dan Bahan

Alat penelitian terdiri dari bak ekualisasi, bak sedimentasi kaca, bak fitoremediasi, bak penampung, ember, gayung, kran, pipa pvc 0,5 inci, sock 0,5 inci, lem pipa isarplas, gelas ukur, jerigen, *stop watch*, neraca analitik, dan pH meter. Bahan penelitian menggunakan limbah cair tempe hasil rendaman dan pencucian kedelai, tanaman kayu apu, dan kapur tohor.

Tahapan Penelitian

Tahap persiapan

Penentuan lokasi penelitian, pengurusan izin penelitian, dan survei pendahuluan terhadap industri tempe.

Tahap pelaksanaan

Aklimatisasi tanaman kayu apu dilakukan selama 8 hari secara bertahap dengan kadar limbah cair tempe 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pengolahan limbah cair tempe pada kelompok kontrol

dengan debit 300 ml/menit, dialirkan ke bak penampung selama 26,5 jam. Pengolahan limbah cair tempe pada kelompok perlakuan dengan debit 300 ml/menit, dialirkan ke bak sedimentasi dengan waktu kontak 2,5 jam dan bak fitoremediasi kayu apu (2.200 gram) dengan waktu kontak 24 jam. Sampel yang diambil dikirim ke BBTCLPP Yogyakarta untuk uji parameter BOD, COD, dan TSS.

Tahap pemeriksaan sampel

Metode analisis untuk uji parameter BOD sesuai pada SNI 6989.72:2009, COD sesuai pada SNI 6989.2:2009, dan TSS menggunakan *In House Methode*.

Analisis Data

Secara deskriptif data disajikan dalam tabel, grafik, dan dihitung rata-rata persen penurunan. Efektivitas pengolahan limbah cair tempe ditentukan dengan membandingkan kadar BOD, COD, dan TSS setelah pengolahan terhadap Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah. Uji statistik menggunakan program SPSS dengan taraf signifikan 5% dan derajat kepercayaan 95%. Data diuji normalitas dengan Shapiro-Wilk dan diperoleh hasil bahwa nilai *p-value* > 0,05 sehingga dilanjutkan uji *t-test* Bebas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

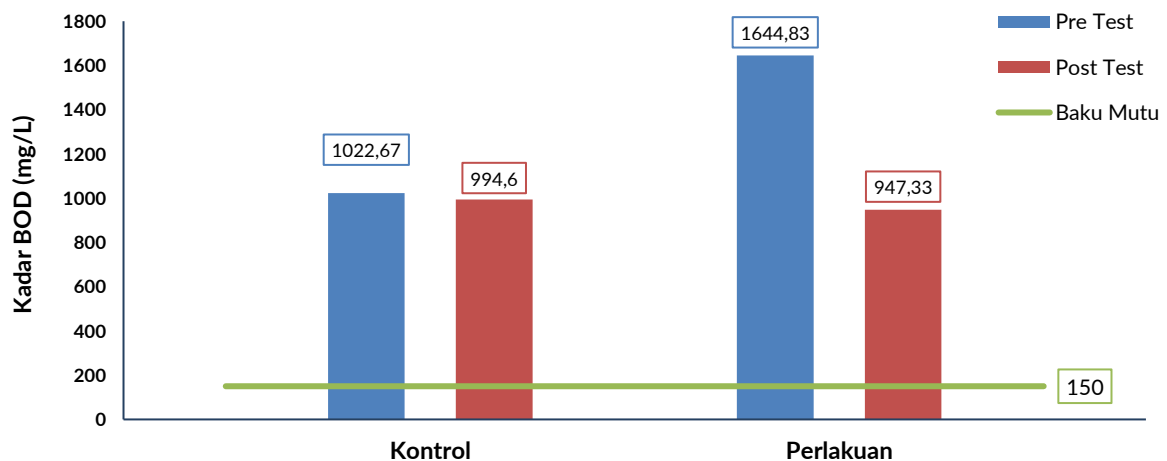
Kadar BOD

Kadar BOD pada kelompok kontrol dan perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji BOD Pre dan Post pada Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan

Ulangan	Kadar BOD Kontrol (mg/l)		Selisih (mg/l)	Penurunan (%)	Kadar BOD Perlakuan (mg/l)		Selisih (mg/l)	Penurunan (%)
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>			<i>Post-test</i>	<i>Post-test</i>		
1	1.090,0	1.067,5	22,5	2,06	2.725,0	1.310,0	1.415	51,92
2	1.120,0	1.052,0	68,0	6,07	1.127,5	838,0	289,5	25,67
3	858,0	8.64,0	-6	-0,69	1.082,0	694,0	388	35,85
Σ	3.068,0	2.983,5	84,5	7,44	4.934,5	2.842	2.092,5	113,44
X	1.022,67	994,6	28,16	2,48	1.644,83	947,33	697,5	37,81

Berdasarkan hasil uji laboratorium rata-rata kadar BOD *pre-test* pada kelompok kontrol adalah 1.022,67 mg/L dan rata-rata kadar BOD *post-test* adalah 994,6 mg/L dengan rata-rata selisih penurunan sebesar 2,48%. Rata-rata kadar BOD *pre-test* pada kelompok perlakuan adalah 1.644,83 mg/L dan rata-rata kadar BOD *post-test* adalah 947,33 mg/L dengan rata-rata selisih penurunan sebesar 37,81%.



Gambar 1. Kadar Rata-Rata BOD Limbah Cair Tempe *Pre-test* dan *Post-test* Kelompok Kontrol dan Perlakuan Dibandingkan Baku Mutu Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa pada kelompok kontrol dan perlakuan kadar rata-rata BOD *pre-test* dan *post-test* melebihi nilai ambang batas yaitu 150 mg/L.

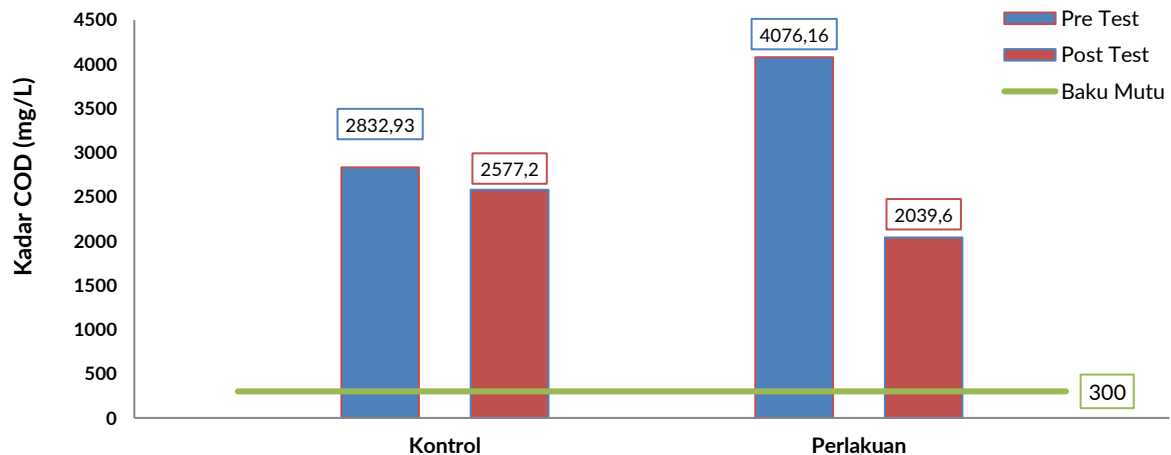
Kadar COD

Hasil uji COD pada kelompok kontrol dan perlakuan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji COD Pre dan Post pada Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan

Ulangan	Kadar COD Kontrol (mg/l)		Selisih (mg/l)	Penurunan (%)	Kadar COD Perlakuan (mg/l)		Selisih (mg/l)	Penurunan (%)
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>			<i>Post-test</i>	<i>Post-test</i>		
1	3.734,5	3.392,3	342,2	9,16	5.509,5	2.954,8	2.554,7	46,36
2	2.779,8	2.384,5	395,4	14,22	4.284,5	1.934,5	2.350,0	54,84
3	1.984,5	1.954,8	29,7	1,49	2.434,5	1.229,5	1.205,0	49,49
Σ	8.498,8	7.731,6	767,3	24,87	12.228,5	6.118,8	6.109,7	150,69
X	2.832,9	2.577,2	255,76	8,29	4.076,16	2.039,6	2.036,56	50,23

Dapat dilihat pada Tabel 2 rata-rata kadar COD *pre-test* pada kelompok kontrol adalah 2.832,93 mg/L dan rata-rata kadar COD *post-test* adalah 2.577,2 mg/L dengan rata-rata penurunan sebesar 8,29%. Pada kelompok perlakuan rata-rata kadar COD *pre-test* adalah 4.076,16 mg/L dan rata-rata kadar COD *post-test* adalah 2.039,6 mg/L dengan rata-rata penurunan sebesar 50,23%.



Gambar 2. Kadar Rata-Rata COD Limbah Cair Tempe *Pre-test* dan *Post-test* Kelompok Kontrol dan Perlakuan Dibandingkan Baku Mutu Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016

Dari data Gambar 2 dapat dilihat bahwa kadar rata-rata COD pada kelompok kontrol dan perlakuan baik *pre-test* maupun *post-test* belum memenuhi syarat baku mutu yang ditetapkan oleh Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016.

Kadar TSS

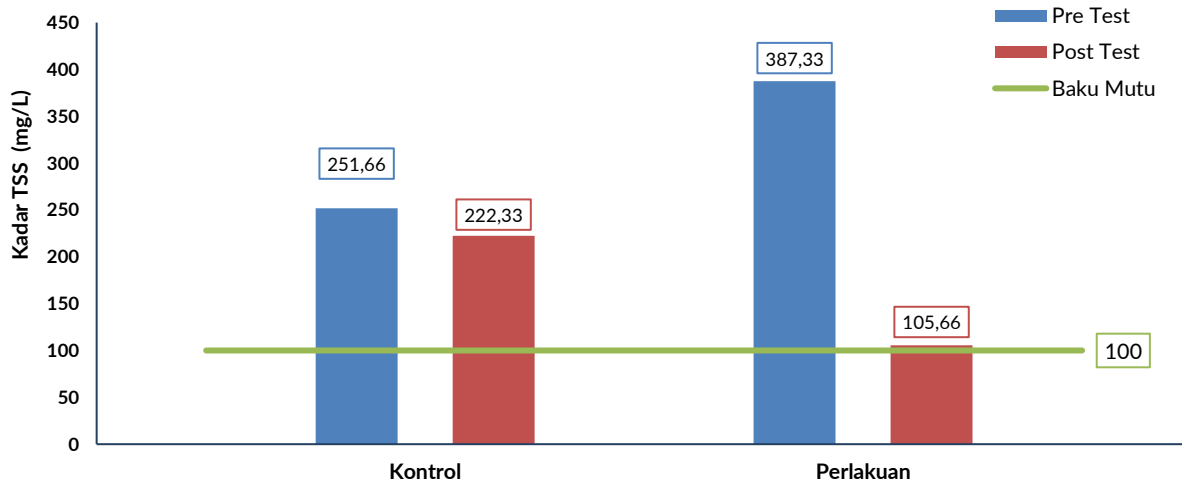
Hasil uji kadar TSS pada kelompok kontrol dan perlakuan tersaji dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji TSS Pre dan Post pada Kelompok Kontrol dan Kelompok Perlakuan

Ulangan	Kadar TSS Kontrol (mg/l)		Selisih (mg/l)	Penurunan (%)	Kadar TSS Perlakuan (mg/l)		Selisih (mg/l)	Penurunan (%)
	<i>Pre-test</i>	<i>Post-test</i>			<i>Post-test</i>	<i>Post-test</i>		
1	321	179	142	44,23	401	134	267	66,58
2	330	294	36	10,90	600	124	476	79,33
3	104	194	-90	-86,53	161	59	102	63,35
Σ	755	667	88	-31,4	1.162	317	845	209,26
X	251,66	222,33	29,33	-10,46	387,33	105,66	281,66	69,75

Berdasarkan data pada Tabel 3 rata-rata kadar TSS *pre-test* pada kelompok kontrol adalah 251,66 mg/L dan rata-rata kadar TSS *post-test* adalah 222,33 mg/L dengan rata-rata penurunan

an sebesar -10,46 %. Rata-rata kadar TSS *pre-test* pada kelompok perlakuan adalah 387,33 mg/L dan rata-rata kadar TSS *post-test* adalah 105,66 mg/L dengan rata-rata penurunan sebesar 69,75%.



Gambar 3. Kadar Rata-Rata TSS Limbah Cair Tempe Kelompok Kontrol dan Perlakuan Dibandingkan Baku Mutu Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016

Berdasarkan hasil analisa yang tercantum dalam Gambar 3 pada kelompok kontrol dan perlakuan baik *pre-test* maupun *post-test* kadar rata-rata TSS limbah cair tempe belum memenuhi baku mutu.

Hasil Uji Statistik

Data dilakukan uji normalitas dengan *Shapiro-Wilk* dan uji beda dengan *T-Test* Bebas.

Tabel 4. Hasil Uji *Shapiro-Wilk* dan *T-Test* Bebas pada Parameter BOD, COD, dan TSS

No.	Parameter	Shapiro-Wilk		T-Test Bebas		
		Kontrol	Perlakuan	p value		Sig.
1.	BOD	0,748	0,151	0,137	>	0,05
2.	COD	0,856	0,861	0,015	<	0,05
3.	TSS	0,905	0,870	0,119	>	0,05

Berdasarkan hasil uji statistik dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna antara penurunan kadar BOD dan TSS limbah cair tempe pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan menggunakan sedimentasi dan fitoremediasi kayu apu (*Pistia stratiotes* L.). Sedangkan untuk parameter COD ada perbedaan yang bermakna antara penurunan kadar COD limbah cair tempe pada kelompok kontrol dan kelompok perlakuan menggunakan sedimentasi dan fitoremediasi kayu apu (*Pistia stratiotes* L.).

Pembahasan

Perbedaan Penurunan Kadar BOD antara Kelompok Kontrol dengan Kelompok Perlakuan

Penurunan kadar BOD pada kelompok kontrol terjadi karena proses alamiah penguraian bahan organik yang ditandai dengan timbulnya bau (Said & Wahjono, 1999). Penguraian bahan organik menyebabkan terjadinya pengendapan pada dasar bak kontrol sehingga kadar BOD turun (Andini, 2009). Terjadinya penurunan kadar BOD pada kelompok perlakuan disebabkan karena proses sedimentasi selama 2,5 jam. Saat proses pengendapan mikroorganisme yang berada dalam limbah akan mengurai bahan organik sehingga terjadi penurunan kadar BOD. Adanya penurunan kadar BOD mengindikasikan bahwa bahan organik yang ada dalam limbah cair tempe sebagian besar adalah bahan organik yang bersifat *biodegradable* (Syarifudin et al., 2020).

Penurunan BOD pada penelitian ini sesuai dengan teori Metcalf et al. (2004), unit pengolahan sedimentasi pertama memiliki efisiensi penyisihan BOD mencapai 25%-40% (Metcalf et al., 2004). Sedimentasi dalam limbah cair digunakan untuk memisahkan padatan terlarut sehingga

mampu menurunkan BOD sekitar 30% sampai 75% (Fatimah, 2016). Polutan yang larut dalam air limbah diserap oleh permukaan akar. Polutan yang telah diserap akan diuraikan melalui proses metabolisme tumbuhan secara enzimatik dan polutan ini dikeluarkan dalam bentuk uap air ke atmosfer (Fatimah, 2016). Pada akar tanaman kayu apu terdapat bakteri rhizosfer yang dapat mengurai senyawa organik ataupun anorganik. Ketika proses fotosintesis tanaman akan menghasilkan oksigen yang dimanfaatkan mikroorganisme untuk mengurai zat organik air limbah (Rahadian et al., 2017).

Perbedaan Penurunan Kadar COD antara Kelompok Kontrol dengan Kelompok Perlakuan

Penurunan kadar COD di dalam bak sedimentasi dapat terjadi karena proses *degradable* secara alami. Proses tersebut merupakan penguraian bahan organik oleh bakteri anaerob (Said & Wahjono, 1999). Penurunan kadar COD tersebut disebabkan karena bahan padatan telah mulai mengendap sehingga bahan buangan di air limbah juga berkurang (Fachrurozi et al., 2014). Selain itu, sebagian bahan buangan telah teroksidasi dan sebagian telah terserap oleh akar tanaman sehingga menurunkan kadar COD (Fachrurozi et al., 2014). Proses fotosintesis tanaman menghasilkan oksigen yang kemudian masuk ke dalam air limbah dan mengoksidasi senyawa organik serta meningkatkan kandungan oksigen ke dalam limbah, sehingga kadar COD menurun (Hariyanti, 2016; Rahadian et al., 2017).

Bakteri *rhizosfer* pada akar ini akan menguraikan senyawa organik secara aerob menjadi senyawa yang lebih sederhana yang mana akan diserap oleh tanaman sebagai sumber nutrisi (Fatimah, 2016). Penurunan kadar COD pada kelompok kontrol lebih rendah dibandingkan dengan kelompok perlakuan karena oksigen terlarut yang digunakan untuk menguraikan zat organik limbah cair tempe ada dalam jumlah yang sedikit serta hanya mendapat oksigen dari udara atau lingkungan luar saja (Taurisna, 2020). Pada perlakuan kontrol terjadi penurunan COD karena alam mempunyai kemampuan *self-purification* yaitu proses limbah organik dihan-curkan oleh mikroorganisme dari proses respirasi, sehingga diperoleh produk akhir yang stabil seperti karbon dioksida, air, fosfat, dan nitrat (Fachrurozi et al., 2014).

Perbedaan Penurunan Kadar TSS antara Kelompok Kontrol dengan Kelompok Perlakuan

Sesuai dengan teori menurut Metcalf (2004), masa tinggal di dalam bak sedimentasi selama 1,5-2,5 jam memiliki efisiensi penyisihan kadar TSS berkisar 50% hingga 70% (Metcalf et al., 2004). Hasil penelitian ini juga sesuai dengan teori menurut Suharto (2004), pengolahan limbah dengan bak sedimentasi dapat menurunkan padatan terlarut antara 40%-95% (Fatimah, 2016). Di samping itu, penetralan limbah berpengaruh terhadap padatan terlarut. Rata-rata pH pada kelompok perlakuan sebelum perlakuan sebesar 4,13 dan setelah perlakuan sebesar 7,36. Kapur tohor bereaksi dengan padatan terlarut membentuk padatan yang lebih besar sehingga padatan lebih cepat mengendap. Pada kelompok kontrol pH limbah mengalami kenaikan setelah 26,5 jam. Rata-rata pH sebelum perlakuan sebesar 4,13 dan setelah perlakuan sebesar 4,33. Kenaikan nilai pH dapat disebabkan oleh pemecahan protein yang terkandung dalam limbah cair tempe sehingga membentuk ion NH_4^+ yang sekaligus membentuk senyawa basa dan menstabilkan alkalinitas (Nurfitriana, 2019).

Aliran pada bak sedimentasi di penelitian ini secara *down flow* memiliki keuntungan yaitu mampu menghilangkan bahan organik dan kekeruhan (Fatimah, 2016). Partikel yang ada di dalam limbah dengan massa jenis lebih berat dibandingkan massa jenis air limbah maka partikel akan mengendap di dasar bak fitoremediasi, sedangkan partikel yang lebih ringan akan melayang dan menempel pada akar tanaman (Fachrurozi et al., 2014). Bakteri *rhizosfer* pada akar tanaman ditandai dengan adanya lendir di bagian akar. Lendir berperan untuk menangkap partikel-partikel yang mengalir di dalam limbah (Rahadian et al., 2017).

Perbandingan Penurunan Kadar BOD, COD, dan TSS terhadap Baku Mutu Limbah Cair Industri Tempe pada Perda DIY Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah

Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta telah mengatur baku mutu air limbah industri tempe untuk parameter BOD sebesar 150 mg/L, COD sebesar 300 mg/L, dan TSS sebesar 100 mg/L. Kadar BOD, COD, dan TSS setelah pengolahan jika dibandingkan dengan baku mutu

belum memenuhi persyaratan. Meskipun belum efektif dalam menurunkan BOD, COD, dan TSS, pengolahan sedimentasi dan fitoremediasi tanaman kayu apu telah mampu menurunkan parameter BOD, COD, dan TSS.

Faktor yang menyebabkan pengolahan limbah belum memenuhi baku mutu pada bak sedimentasi adalah bak sedimentasi tidak diberi sekat vertikal dan dasar bak sedimentasi tidak miring. Pada penelitian ini aliran air limbah pada bak sedimentasi turbulen, sehingga pengendapan tidak dapat maksimal. Fungsi sekat vertikal yaitu untuk menjaga aliran limbah tetap laminar. Keberadaan sekat yang terlalu dalam dapat menyebabkan aliran yang cenderung turbulen pada zona lumpur, sehingga menyebabkan terangkatnya dan terbawanya lumpur ke luar bak sedimentasi (Hartoyo, 2018). Dasar bak sedimentasi perlu dibuat miring agar padatan atau lumpur yang sudah mengendap dapat dikumpulkan ke ruang lumpur (Surbakti, 2017). Kriteria kemiringan dasar bak sedimentasi sebesar 1%-2% (Hartoyo, 2018).

Pengolahan limbah belum memenuhi baku mutu pada bak fitoremediasi terjadi karena waktu kontak kurang maksimal dan membutuhkan waktu yang lama, daya tahan tanaman kayu apu terhadap limbah cair tempe kurang baik, aklimatisasi tanaman belum maksimal, panjang akar tidak menjangkau kedalaman limbah, dan atap bak fitoremediasi terlalu rendah. Penggunaan tanaman kayu apu untuk menurunkan parameter BOD, COD, dan TSS membutuhkan waktu yang lama. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Novita (2019), membutuhkan waktu 10 hari tanaman kayu apu dalam menurunkan parameter BOD sebesar 71,41%, COD sebesar 49,77%, dan TSS sebesar 50,44% pada limbah cair tempe (Novita et al., 2019). Pada penelitian ini volume tanaman kayu apu di bak fitoremediasi tidak dihitung, rancangan ukuran bak fitoremediasi hanya untuk menampung volume limbah dalam waktu kontak selama 24 jam, sehingga dapat mengurangi waktu kontak di bak fitoremediasi tidak mencapai 24 jam karena ketika ditambah tanaman kayu apu maka volume limbah akan bertambah.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saat proses aklimatisasi tanaman kayu apu mengalami pertumbuhan tunas baru, pertumbuhan akar, kerontokan serabut akar, dan beberapa ujung daun menguning. Perubahan warna daun menjadi kekuningan dapat disebabkan oleh pencemaran bahan organik, tumbuhnya akar dan tunas baru sebagai cara tumbuhan untuk bertahan hidup atau adaptasi tanaman (Ramadhan et al., 2017). Selain itu, penambahan kapur tohor untuk menetralkan limbah dapat menyebabkan tanaman mengalami kerontokan akar dan daun menguning karena kondisi limbah mengandung bahan kimia yang berbeda dengan lingkungan asalnya.

Daya tahan tanaman yang kurang baik disebabkan oleh proses aklimatisasi selama 8 hari belum maksimal sehingga belum didapatkan tanaman yang tahan terhadap limbah cair tempe. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa aklimatisasi tanaman selama 1 minggu supaya tanaman dapat menyesuaikan terhadap lingkungan sebelum ditanam (Zaman & Syafrudin, 2015). Selain itu, penelitian terdahulu membuktikan bahwa tanaman kayu apu hanya dapat bertahan sampai hari ke 5 dalam mengolah limbah laundry (Istighfari et al., 2018). Sehingga dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk mendapatkan tanaman yang memiliki daya tahan tinggi terhadap limbah cair tempe.

SIMPULAN

Pengolahan sedimentasi dan fitoremediasi tanaman kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) belum efektif dalam memperbaiki kualitas limbah cair tempe dengan penurunan kadar BOD sebesar 35,33%, COD sebesar 41,94%, dan TSS sebesar 80,21%. Rata-rata *post-test* limbah cair tempe yang sudah diolah dengan sedimentasi dan fitoremediasi kayu apu (*Pistia stratiotes* L.) untuk parameter BOD 947,33 mg/L, COD 2.039,6 mg/L, dan TSS 105,66 mg/L masih diatas baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah. Berdasarkan hasil uji *T-Test* Bebas didapatkan hasil bahwa tidak ada perbedaan yang bermakna pada penurunan parameter BOD dan TSS terhadap kelompok kontrol dan perlakuan, sedangkan pada penurunan parameter COD ada perbedaan antara penurunan pada kelompok kontrol dan perlakuan.

Bagi peneliti lain yang tertarik melanjutkan penelitian ini, disarankan melakukan penelitian dengan pengolahan sedimentasi dan fitoremediasi tanaman kayu apu serta ditambah dengan rangkaian pengolahan lainnya sehingga parameter pencemar sesuai dengan baku mutu. Pengolahan pada bak sedimentasi diberi skat vertikal dan kemiringan dasar bak sedimentasi sebesar 1-2%. Melakukan aklimatisasi tanaman kayu apu lebih dari 8 hari, karena selama 8 hari belum didapatkan tanaman yang memiliki daya tahan tinggi terhadap limbah dan akar tanaman belum efektif dalam menurunkan bahan pencemar.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, S. (2009). *Pengaruh pengolahan anaerobik biofilter menggunakan Em4, sedimentasi, dan filtrasi terhadap kadar BOD dan TSS limbah cair industri tempe Dusun Kasihan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta*. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Dinas Lingkungan Hidup Bantul. (2011). *Data sumber pencemar*. Dinas Lingkungan Hidup. [https://dlh.bantulkab.go.id/filestorage/dokumen/2014/07/Lampiran 6.pdf](https://dlh.bantulkab.go.id/filestorage/dokumen/2014/07/Lampiran_6.pdf).
- Fachrurrozi, M., Utami, L. B., & Suryani, D. (2014). Pengaruh variasi biomassa *Pistia stratiotes* L. terhadap penurunan kadar BOD, COD, dan TSS limbah cair tahu di Dusun Klero Sleman Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Journal of Public Health)*, 4(1). <https://doi.org/10.12928/kesmas.v4i1.1100>
- Fatimah, N. (2016). *Efektifitas sedimentasi dan fitoremediasi bak ganda tanaman bambu air untuk menurunkan BOD, COD, dan TSS limbah cair tahu di Ngoto, Bangunharjo, Sewon, Bantul*. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Hariyanti, F. (2016). *Efektifitas subsurface flow-wetlands dengan tanaman enceng gondok dan kayu apu dalam menurunkan kadar COD dan TSS pada limbah pabrik saus*. Universitas Muhammadiyah Semarang.
- Hartoyo, S. (2018). *Pedoman perencanaan teknik terinci sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat* (1st ed.). Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Istighfari, S., Dermawan, D., & Mayangsari, N. E. (2018). Pemanfaatan kayu apu (*Pistia stratiotes*) untuk menurunkan kadar BOD, COD, dan fosfat pada air limbah laundry. *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 1(1), 103–108. <https://journal.ppns.ac.id/index.php/CPWTT/article/view/461>
- Metcalfe, L., Eddy, H. P., & Tchobanoglous, G. (2004). *Wastewater engineering: treatment, disposal, and reuse* (Vol. 4). McGraw-Hill New York.
- Novita, E., Hermawan, A. A. G., & Wahyuningsih, S. (2019). Komparasi proses fitoremediasi limbah cair pembuatan tempe menggunakan tiga jenis tanaman air. *JURNAL AGROTEKNOLOGI*, 13(1), 16. <https://doi.org/10.19184/j-agt.v13i01.8000>
- Nurfitriana, F. (2019). *Fitoremediasi air tercemar timbal (Pb) menggunakan tanaman apu-apu (Pistia Stratiotes) dengan sistem kontinyu* [UIN Sunan Ampel Surabaya.]. <https://digilib.uinsa.ac.id/id/eprint/33883/>
- Pradana, T. D., Suharno, S., & Apriansyah, A. (2018). Pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan kadar TSS dan BOD. *Jurnal Vokasi Kesehatan*, 4(2), 56. <https://doi.org/10.30602/jvk.v4i2.9>
- PUSIDO Badan Standardisasi Nasional. (2012). *Tempe: Persembahan Indonesia untuk dunia*. Badan Standardisasi Nasional. https://repository.stikespersadanabire.ac.id/assets/upload/files/docs_1634524553.pdf
- Rahadian, R., Sutrisno, E., & Sumiyati, S. (2017). Efisiensi penurunan COD dan TSS dengan fitoremediasi menggunakan tanaman kayu apu (*Pistia Stratiotes* L.) studi kasus: limbah laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–8.
- Ramadhan, A. F., Sutrisno, E., & Sumiyati, S. (2017). Efisiensi penyisihan bod dan fosfat pada air limbah pencucian pakaian (Laundry) dengan menggunakan fitoremediasi

- tanaman kayu apu (*Pistia Stratiotes* L.). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–11.
- Said, N. I., & Wahjono, H. D. (1999). *Teknologi pengolahan air limbah tahu tempe dengan proses biofilter anaerob dan aerob*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Sayow, F., Polii, B. V. J., Tilaar, W., & Augustine, K. D. (2020). Analisis kandungan limbah industri tahu dan tempe rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245–252.
- Surbakti, S. (2017). Kajian kinerja instalasi pengolahan air limbah (IPAL) industri minuman PQR di Pandaan Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Spectra*, 15(30), 31–44.
- Syarifudin, M. A., Narto, N., & Santjoko, H. (2020). Reaktor pengolah dengan sistem biofilter untuk menurunkan BOD dan TSS limbah cair industri Susu Agro Prima di Turi, Sleman, Yogyakarta. *Sanitasi: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 11(2), 75–79.
<https://doi.org/10.29238/sanitasi.v11i2.942>
- Taurisna, T. L. (2020). *Pemanfaatan tanaman kayu apu (Pistia stratiotes L.) untuk menurunkan kadar COD, BOD, TSS pada limbah cair industri tempe dengan menggunakan fitoremediasi sistem Batch* [UIN Sunan Ampel Surabaya]. <https://digilib.uinsa.ac.id/id/eprint/42561/>
- Zaman, B., & Syafrudin, S. (2015). *Pengaruh waktu tinggal dan jumlah kayu apu (Pistia Stratiotes L.) terhadap penurunan konsentrasi BOD, COD dan warna*. Diponegoro University.
<https://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tlingkungan/article/view/8439>