

PENGOLAHAN FITOREMEDIASI DENGAN PAKU AIR (*Azolla microphylla*) UNTUK MENURUNKAN KADAR BOD DAN TSS LIMBAH CAIR RUMAH MAKAN

Dewi Septiana Wati*, Bambang Suwerda**, Narto***

* JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta, Jl. Tatabumi 3, Banyuraden, Gamping, Sleman, DIY 55293

** JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta

*** JKL Poltekkes Kemenkes Yogyakarta

Abstract

*Activities at Timbul Roso Restaurant generate not only useful product but also causing negative impacts such as liquid waste which is potential to harm people's health and pollute the environment if it is not adequately processed. The preliminary survey results on the liquid waste revealed that the BOD and TSS concentration were 538 mg/l and 470.50 mg/l respectively, or had not yet fulfilled the quality standard permitted by the Decree of Minister of Environment No. 112/2003 about Domestic Liquid Waste Quality Standards. This study was aimed to understand whether phytoremediation treatment with water ferns (*Azolla microphylla*) could reduce BOD and TSS concentration of Timbul Roso Restaurant's liquid waste by doing an experimental study with pre-post test control group design. Samples was obtained by using time composite method among the different times sequence of the production process to homogenized the waste. Afterwards, sample were treated and examined in the laboratory to record both parameters. The result later analyzed descriptively and statistically by using one tail paired and independent t-test. The results showed that descriptively, the average BOD concentration decreased from 1724 mg/l to 610,33 mg/l or 64,12 %; and the average TSS concentration decreased from 2018,67 mg/l to 100,33 mg/l or 95,28 %. The corresponding statistic tests showed significant confirmation, i.e. $p=0,0075$ for BOD and $p=0,0055$ for TSS. Based on the results, it can be concluded that Phytoremediation treatment with *Azolla microphylla* is able for reducing BOD and TSS concentration from the liquid waste, however both parameters still have not met the requisite standards.*

Kata Kunci: limbah cair rumah makan, fitoremediasi, *Azolla microphylla*, BOD, TSS

PENDAHULUAN

Semakin meningkatnya jumlah penduduk diikuti dengan semakin bertambah pula kebutuhan pangan. Hal ini mendorong terciptanya berbagai usaha baru untuk menopang kebutuhan masyarakat terutama dalam penyediaan makanan, baik usaha dalam skala besar maupun kecil. Salah satu bentuk usaha penyediaan dan pelayanan makanan adalah dengan mendirikan rumah makan.

Rumah Makan Timbul Roso merupakan suatu usaha yang bergerak da-

lam penyediaan masakan yang sebagian besar berupa olahan ikan dan terletak di Dusun Brayut, Wukirsari, Cangkringan, Sleman, Yogyakarta.

Kegiatan di Rumah Makan Timbul Roso menghasilkan produk yang bermanfaat, namun juga menimbulkan dampak negatif. Dampak positifnya yaitu membuka lapangan kerja bagi masyarakat, serta terpenuhi kebutuhan pangan. Namun dampak negatifnya adalah dengan adanya proses produksi pengolahan bahan makanan yang menyajikan menu utama ikan yang harus dibersihkan, dicuci, dan juga memerlukan pen-

cucian alat masak dan makan, akan menghasilkan limbah cair. Apabila tidak dilakukan upaya pengelolaan maka limbah cair tersebut berpotensi mengganggu kesehatan dan mencemari lingkungan.

Dari hurvey pendahuluan yang dilakukan pada tanggal 1 Februari 2009, melalui pengamatan secara fisik, limbah cair yang dihasilkan hanya dilakukan pengolahan sederhana yaitu limbah ditampung dalam bak penampungan sementara. Setelah kotoran sudah cukup mengendap kemudian dibuang ke badan sungai yang berada di bagaian belakang rumah makan.

Berdasarkan hasil pemeriksaan terhadap sampel air limbah yang diambil dengan teknik sampling gabungan waktu dengan lokasi pengambilan di bak penampungan sementara pada tanggal yang sama pukul 01.00-01.30 WIB, diperoleh hasil bahwa kadar BOD adalah 538 mg/l, COD 1612,80 mg/l, dan TSS 470,50 mg/l, serta pH 5,5.

Hasil pemeriksaan sampel dan pengamatan secara fisik tersebut apabila dibandingkan dengan baku mutu yang ditetapkan menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 tahun 2003 tentang Baku Mutu Limbah Cair Domestik, telah melebihi NAB yang ditetapkan yaitu untuk BOD 100 mg/l, COD 200 mg/l, TSS 100 mg/l, dan pH antara 6 – 9; sedangkan kondisi fisik limbah cair harus tidak berwarna dan tidak berbau.

Salah satu dampak yang timbul apabila limbah cair dialirkan ke suatu badan air ialah berkurangnya kadar oksigen yang terkandung dalam air tersebut. Kandungan bahan organik yang tinggi dalam limbah cair akan mempercepat perkembangbiakan mikroorganisme dan mereduksi oksigen terlarut dalam air. Penggunaan oksigen yang berlebihan tersebut akan mengganggu keseimbangan ekologi ¹⁾.

Untuk itu, limbah harus dilakukan penanganan awal dengan menetapkan parameter yang memiliki potensi untuk menimbulkan pencemaran. Setelah diketahui jenis-jenis parameter di dalam limbah, maka dapat ditetapkan metoda

pengolahan dan jenis peralatan yang akan digunakan.

Upaya pengolahan limbah cair Rumah Makan Timbul Roso perlu dilakukan dengan baik agar tidak menimbulkan dampak negatif bila dialirkan ke badan air. Pengolahan secara biologis merupakan upaya pengolahan yang dilakukan untuk menghilangkan berbagai senyawa yang berbahaya untuk kehidupan ataupun akibat kehadirannya akan menimbulkan kerugian ²⁾. Salah satu bentuk pengolahan limbah secara biologis ialah dengan memanfaatkan bioteknologi yaitu dengan metode fitoremediasi.

Fitoremediasi adalah teknik penggunaan tumbuhan untuk membersihkan kontaminan seperti logam berat, hara runtu, komponen organik, bahan radioaktif di tanah, air tanah, dan juga limbah ³⁾. Tumbuhan yang digunakan bekerjasama dengan mikroorganisme di dalam media (tanah, koral atau air) sehingga dapat mengubah zat polutan menjadi kurang atau tidak berbahaya atau bahkan menjadi bahan yang berguna secara ekonomi. Teknik fitoremediasi dapat memulihkan baik kontaminan anorganik atau organik ⁴⁾.

Tanaman fitoremediasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Azolla microphylla* karena merupakan kelompok tanaman yang dalam perakarannya terdapat mikroba *rhizosfera* yang dapat dimanfaatkan untuk pengolahan air buangan karena mampu menguraikan zat organik dan anorganik di dalamnya ⁵⁾.

Alasan lain penggunaan *Azolla microphylla* karena selain baik untuk pengolahan limbah cair, tanaman ini mudah berkembang biak, mempunyai kapasitas penyerapan hara tinggi, mudah dipanen, serta bernilai ekonomis tinggi.

Dalam pengolahan limbah, pengendapan bertujuan untuk menjernihkan bahan-bahan yang melayang dengan jalan *settling* sehingga mengurangi kekeruhan. Pengendapan hanya bermanfaat dalam pemisahan zarah-zarah kasar yang dapat turun cepat. Proses pengendapan dapat mengurangi biaya pengolahan air limbah hingga 50 % ⁶⁾.

Berdasarkan keadaan di atas, peneliti bermaksud menggabungkan peng-

olahan limbah secara fisik dan biologis untuk memperbaiki kualitas limbah cair Rumah Makan Timbul Roso, yaitu meliputi pengolahan secara fitoremediasi dengan tanaman paku air (*Azolla microphylla*) serta dengan sedimentasi.

METODA

Penelitian ini merupakan eksperimen murni dengan rancangan penelitian "*pre test-ost test with control group*". Populasi penelitian adalah limbah cair yang dihasilkan oleh Rumah Makan Timbul Roso dan yang menjadi sampel adalah sebagian dari limbah cair rumah makan yang diambil dengan metoda gabungan waktu.

Jalannya penelitian terbagi dalam dua tahap. Tahap pertama yaitu tahap persiapan yang meliputi penentuan lokasi penelitian, pengurusan perijinan, pengambilan tanaman *Azolla microphylla* dari perindukan, aklimatisasi *Azolla microphylla* selama dua minggu, serta persiapan alat dan bahan penelitian. Tahap pelaksanaan meliputi pengambilan sampel, pengolahan air limbah pada kelompok eksperimen dan kontrol, serta pemeriksaan kadar BOD dan TSS di Laboratorium Kimia Jurusan Kesehatan Lingkungan Pottekkes Yogyakarta.

Data yang diperoleh dikumpulkan dengan menggunakan tabel tunggal yang memuat hasil pemeriksaan kadar BOD dan TSS untuk pemeriksaan *pre-test* dan *post-test* pada kelompok eksperimen dan kontrol. Data dari tabel tunggal tersebut kemudian disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik untuk menyajikan hasil pemeriksaan sebenarnya dilengkapi dengan perhitungan selisih kadar awal dan kadar akhir serta persentase penurunan.

Data selanjutnya dianalisis secara deskriptif dan statistik. Analisis deskriptif menggunakan perhitungan persentase untuk memberikankan gambaran hasil penelitian serta dibandingkan dengan baku mutu. Analisis statistik dilakukan menggunakan komputer dengan perangkat lunak *SPSS for Windows* versi 11.5. Sebelum dilakukan uji statistik, untuk mengetahui perbedaan antara kelompok

eksperimen dan kontrol harus dilakukan uji normalitas data menggunakan uji *one sample Kolmogorov Smirnov*. Setelah diketahui bahwa data normal, maka uji statistik yang digunakan adalah t-test terikat dan t-test bebas *one tail* dengan taraf signifikansi 0,05. t-test terikat digunakan untuk menguji perbedaan antara *pre-test* dan *post-test* baik pada kelompok eksperimen maupun kelompok kontrol. Setelah dihitung selisih antara *pre-test* dan *post-test*, uji statistik t-test bebas digunakan untuk menguji perbedaan selisih tersebut antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

HASIL

Rumah Makan Timbul Roso terletak di Dusun Brayut, Kelurahan Wukirsari, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman. Rumah makan yang berdiri sejak 1998 ini luas seluruh areanya 1 Ha yang di dalamnya selain terdapat 21 gubuk tempat makan, juga terdapat beberapa fasilitas penunjang seperti kafe, tempat *meeting*, musholla, galeri, dan MCK. Rumah Makan Timbul Roso buka setiap hari dari jam 7 sampai jam 9 malam, dengan dibantu oleh 36 karyawan yang dibagi pada masing-masing tugas antara lain 7 orang *waiters*, 2 orang petugas kasir, 5 petugas pengantar minuman, 3 petugas pemeriksa, 8 orang petugas dapur produksi, 7 orang petugas dapur ikan, dan 4 orang petugas penjaga lingkungan.

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 25 Maret sampai dengan 23 April 2010. Jumlah sampel air limbah yang digunakan sebanyak dalam penelitian ini 517,5 liter dan dilakukan 3 kali pengulangan selama 6 hari berturut-turut. Untuk kelompok eksperimen, sampel limbah kemudian diolah dengan fitoremediasi, sedangkan untuk kelompok kontrol pengolahan dilakukan dengan menggunakan peralatan yang sama tetapi tanpa menggunakan media.

Rangkaian alat terdiri dari bak ekuilibrasi, bak fitoremediasi tanaman paku air dan bak sedimentasi. Proses pengolahan limbah memerlukan waktu hingga 14 jam. Sebagai pengukuran *pre-test*

adalah kadar BOD dan TSS limbah cair sebelum pengolahan, dan pengukuran *post-test* adalah kadar BOD dan TSS limbah cair yang keluar dari rangkaian alat setelah bak sedimentasi. Pada lubang efluen dari bak fitoremediasi pada kelompok eksperimen juga diambil dan diperiksa sampel air limbah sebagai pembandingan antara hasil pengolahan dengan fitoremediasi saja dan hasil pengolahan dengan rangkaian fitoremediasi dan sedimentasi yang diambil dari efluen bak sedimentasi.

Kadar BOD

Tabel 1.
Hasil pemeriksaan BOD kelompok eksperimen

Ulangan	BOD (mg/l)		Selisih	%
	Pre-test	Post-test		
1	1608	800	808	50,25
2	1761	529	1232	69,96
3	1803	502	1301	72,16
Jumlah	5172	1831	3341	192,37
Rerata	1724,00	610,33	1113,67	64,12

Data pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa pada kelompok eksperimen, di antara ulangan yang dilakukan, kadar BOD sebelum pengolahan terendah adalah 1608 mg/l dan kadar tertinggi 1803 mg/l dengan rerata 1724,00 mg/l. Sedangkan setelah diolah, kadar BOD terendah 502 mg/l, tertinggi 800 mg/l dan rerata 610,33 mg/l. Rerata penurunan secara keseluruhan adalah 64,12 %.

Hasil pengujian secara statistik dengan t-test terikat satu ekor dengan taraf signifikansi 0,05 terhadap data di atas, memperoleh nilai p sebesar 0,0095 yang berarti kadar BOD sebelum dan sesudah diolah secara fitoremediasi dengan *Azolla microphylla* pada kelompok eksperimen berbeda secara bermakna.

Selanjutnya, data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pada kelompok kontrol, di antara ulangan yang dilakukan, kadar BOD sebelum pengolahan terendah adalah 1608 mg/l dan kadar tertinggi

1803 mg/l dengan rerata 1724 mg/l. Sedangkan setelah diolah, kadar BOD terendah 1255 mg/l, tertinggi 1585 mg/l dan rerata 1452,33 mg/l. Rerata penurunan secara keseluruhan adalah 15,34 %.

Tabel 2.
Hasil pemeriksaan BOD kelompok kontrol

Ulangan	BOD (mg/l)		Selisih	%
	Pre-test	Post-test		
1	1608	1585	23	1,43
2	1761	1255	506	28,73
3	1803	1517	286	15,86
Jumlah	5172	4357	815	46,03
Rerata	1724	1452,33	271,67	15,34

Hasil pengujian secara statistik dengan t-test terikat satu ekor dengan taraf signifikansi 0,05 terhadap data di atas, memperoleh nilai p sebesar 0,0095 yang berarti kadar BOD sebelum dan sesudah diolah secara fitoremediasi dengan *Azolla microphylla* pada kelompok kontrol tidak berbeda secara bermakna.

Tabel 3.
Selisih BOD sebelum dan sesudah pengolahan pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol

Ulangan	BOD (mg/l)	
	Kelompok eksperimen	Kelompok kontrol
1	808	23
2	1232	506
3	1301	286
Jumlah	3341	815
Rerata	1113,67	271,67

Terhadap data penurunan kadar BOD pada ke dua kelompok penelitian yang disajikan pada Tabel 3 di atas kemudian dilakukan analisis statistik menggunakan t-test bebas satu ekor dengan taraf signifikansi 0,05. Nilai p yang diperoleh sebesar 0,0075; yang dapat diinter-

pretasikan bahwa pengolahan fitoremediasi dengan paku air (*Azolla microphylla*) dapat menurunkan kadar BOD secara bermakna.

Hasil pemeriksaan setelah pengolahan bila dibandingkan dengan baku mutu limbah cair domestik menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 belum memenuhi standar yang ditetapkan yaitu sebesar 100 mg/l. Hal tersebut dapat terjadi selain karena kadar BOD sebelum pengolahan cukup tinggi, cuaca yang berubah-ubah juga mempengaruhi proses fotosintesis tanaman paku air yang digunakan.

Proses yang terjadi adalah bahan organik yang didegradasi oleh mikrobia pada akar tanaman akan dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrisi dimana proses itu terjadi saat fotosintesis. Selain itu, tanaman *Azolla microphylla* dalam waktu aklimatisasi 2 minggu sudah mampu menurunkan BOD, namun belum bekerja secara optimal bersama media koral dan pasir sebagai satu unit pengolahan bak fitoremediasi. Dalam hal ini diperlukan waktu untuk mengoptimalkan kinerja bak fitoremediasi.

Penurunan BOD pada kelompok kontrol terjadi walaupun tanpa menggunakan pengolahan disebabkan karena terjadi proses degradasi secara alami oleh mikroorganisme yang ada pada limbah cair. Selain itu, penurunan juga disebabkan karena adanya waktu tinggal limbah cair pada bak-bak kontrol yang dilalui sehingga terjadi proses pengendapan pada bak-bak tersebut. Adanya pengendapan ini mengakibatkan partikel-partikel padat yang tercampur dalam limbah dapat mengendap juga.

Walaupun terjadi penurunan, namun secara statistik tidak cukup bermakna. Hasil uji statistik selanjutnya dengan menggunakan t-test bebas memperkuat kesimpulan bahwa pengolahan limbah cair pada kelompok eksperimen lebih efektif bila dibandingkan dengan pengolahan pada kelompok kontrol.

Penurunan kadar BOD pada kelompok eksperimen yang menggunakan tanaman *Azolla microphylla* berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan kelom-

pok kontrol. Hal ini disebabkan karena penggunaan tanaman *Azolla microphylla* yang pada perakarannya memiliki mikroba *rhizosfer* mempunyai kemampuan untuk menguraikan benda-benda organik ataupun anorganik²⁾.

Penurunan tersebut terjadi karena beberapa perlakuan di mana limbah pertama-tama ditampung dalam bak ekuilibrasi untuk dihomogenkan terlebih dulu dan selanjutnya dialirkan ke bak fitoremediasi, dialirkan pada bak selama 12 jam kemudian diendapkan melalui bak sedimentasi selama 2 jam lagi.

Dalam bak fitoremediasi terjadi aktivitas pengolahan seperti sedimentasi, filtrasi, *gas transfer*, adsorpsi, pengolahan kimiawi dan biologis karena aktivitas mikroorganisme dalam tanah dan akar serta berlangsungnya aktivitas tanaman untuk proses *photosintesis* dan *plant uptake*.

Tanaman *Azolla microphylla* yang digunakan untuk proses fitoremediasi luasnya 70% dari permukaan bak dengan maksud agar sinar matahari dapat mencapai bagian air dan mencegah terjadinya *blooming*⁷⁾. Tanaman mengambang seperti *Azolla microphylla* pada perakarannya terdapat kelompok mikroba *rhizosfera* yang mampu menurunkan kadar BOD, meningkatkan DO air buangan, mengurai bahan-bahan organik dan anorganik di dalam air buangan⁶⁾. Proses penguraian zat-zat kontaminan yang dilakukan oleh mikroba yang berada di sekitar akar tumbuhan disebut dengan *rhizodegradation*.

Selain proses penguraian bahan organik oleh bakteri pada akar tanaman, faktor lain yang mempengaruhi penurunan kadar BOD adalah adanya koral dan pasir pada media tanam yang sekaligus berfungsi sebagai media penyaring. Penyaringan akan memisahkan zat padat dan zat kimia yang dikandung oleh limbah cair⁸⁾. Hasil penelitian Surface menunjukkan bahwa sel yang berisi media campuran pasir dengan diameter 0,05 cm dan kerikil dengan diameter 0,5-1 cm paling efektif dalam menurunkan BOD dan NH_4^+ hingga 70%⁹⁾.

Waktu kontak di dalam bak fitoremediasi sekitar 12 jam, namun sudah

cukup efektif untuk menurunkan kadar BOD. Hal ini ditunjang oleh adanya proses aklimatisasi selama dua minggu yang dilakukan sebelum pengolahan. Adanya proses aklimatisasi membuat perakaran tanaman terbiasa berinteraksi dengan kondisi lingkungan air yang mengandung bahan pencemar yang membuat tanaman mampu beradaptasi dengan kondisi tersebut, sehingga pada saat akan digunakan untuk pengolahan, tanaman mampu menguraikan bahan organik yang terkandung dalam air limbah.

Untuk membuktikan bahwa penurunan BOD pada rangkaian pengolahan fitoremediasi dan sedimentasi yang lebih berperan adalah bak fitoremediasinya, maka peneliti melakukan pemeriksaan sampel dari *outlet* bak fitoremediasi pada kelompok eksperimen yang disebut sebagai *post-test* fitoremediasi. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa rerata kadar BOD sebelum pengolahan adalah 1724,00 mg/l, *post-test* fitoremediasi adalah 749,3 mg/l, dan pada *post-test* eksperimen sebesar 610,33 mg/l. Dari data tersebut terlihat bahwa bak fitoremediasi dapat menurunkan BOD sebesar 974,6 mg/l, kemudian bak sedimentasi sendiri hanya menurunkan BOD sebesar 139 mg/l dari yang sudah diolah oleh bak fitoremediasi.

Proses selanjutnya yang terjadi adalah pengendapan atau sedimentasi. Partikel-partikel yang belum sempat mengendap pada proses sebelumnya akan diendapkan pada bak sedimentasi. Proses sedimentasi ini mampu menurunkan partikel-partikel dan zat organik sebanyak 30 %¹⁾. Pada bak sedimentasi, zat organik dan anorganik akan mengendap karena adanya gaya gravitasi. Kelebihan dari proses ini adalah dapat mengurangi bau dan memberi kesempatan lebih lama kepada bakteri untuk menguraikan zat organik dalam limbah cair.

Kadar TSS

Data pada Tabel 4 memperlihatkan bahwa pada kelompok eksperimen, di antara ulangan yang dilakukan, kadar TSS sebelum pengolahan terendah adalah 1588 mg/l dan kadar tertinggi

mencapai 2618 mg/l dengan rerata 2018 mg/l. Sedangkan setelah diolah, kadar TSS terendah 38 mg/l, tertinggi 180 mg/l dan rerata 100,33 mg/l. Rerata penurunan secara keseluruhan mencapai 95,28 %.

Hasil pengujian secara statistik dengan t-test terikat satu ekor dengan taraf signifikansi 0,05 terhadap data di atas, memperoleh nilai p sebesar 0,01 yang berarti kadar TSS sebelum dan sesudah diolah secara fitoremediasi dengan *Azolla microphylla* pada kelompok eksperimen berbeda secara bermakna.

Tabel 4.
Hasil pemeriksaan TSS kelompok eksperimen

Ulangan	TSS (mg/l)		Selisih	%
	Pre-test	Post-test		
1	2618	180	2438	93,12
2	1588	83	1505	94,77
3	1850	38	1812	97,95
Jumlah	6056	301	5755	285,8
Rerata	2018,67	100,33	1918,33	95,28

Tabel 5.
Hasil pemeriksaan TSS kelompok kontrol

Ulangan	TSS (mg/l)		Selisih	%
	Pre-test	Post-test		
1	2618	1879	739	28,23
2	1588	1354	234	14,74
3	1850	1276	574	31,03
Jumlah	6056	4509	1547	73,99
Rerata	2018,67	1503,00	515,67	24,66

Selanjutnya, data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa pada kelompok kontrol, di antara ulangan yang dilakukan, kadar TSS sebelum pengolahan terendah adalah 1588 mg/l dan kadar tertinggi 2618 mg/l dengan rerata 2018,67 mg/l. Sedangkan setelah diolah, kadar TSS terendah 1276 mg/l, tertinggi 1879 mg/l

dan rerata 1503,00 mg/l. Rerata penurunan secara keseluruhan adalah 24,66 %.

Hasil pengujian secara statistik dengan t-test terikat satu ekor dengan taraf signifikansi 0,05 terhadap data di atas, memperoleh nilai p sebesar 0,0375 yang berarti kadar TSS sebelum dan sesudah diolah secara fitoremediasi dengan *Azolla microphylla* pada kelompok kontrol berbeda secara bermakna.

Tabel 6.

Selisih TSS sebelum dan sesudah pengolahan pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol

Ulangan	TSS (mg/l)	
	Kelompok eksperimen	Kelompok kontrol
1	2438	739
2	1505	234
3	1812	574
Jumlah	5755	1547
Rerata	1918,33	515,67

Terhadap data penurunan kadar TSS pada ke dua kelompok penelitian yang disajikan pada Tabel 6 di atas kemudian dilakukan analisis statistik menggunakan t-test bebas satu ekor dengan taraf signifikansi 0,05. Nilai p yang diperoleh sebesar 0,0055; yang dapat diinterpretasikan bahwa pengolahan fitoremediasi dengan paku air (*Azolla microphylla*) dapat menurunkan kadar TSS secara bermakna.

Hasil pemeriksaan setelah pengolahan bila dibandingkan dengan baku mutu limbah cair domestik yang diatur menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 belum memenuhi standar yaitu sebesar 100 mg/l.

Hal tersebut dapat terjadi selain karena kadar TSS sebelum pengolahan cukup tinggi terutama pada pengulangan pertama yang mencapai lebih dari 2500 mg/l, juga disebabkan karena bak fitoremediasi belum bekerja secara optimal. Diperlukan waktu bagi bak fitoremediasi untuk mengoptimalkan kinerja dan

menghasilkan penurunan kadar TSS yang konstan.

Pada kelompok kontrol penurunan kadar TSS yang signifikan juga terjadi walau tanpa pengolahan fitoremediasi dan sedimentasi. Hal tersebut disebabkan karena adanya waktu tinggal limbah cair pada bak-bak kontrol sehingga mengakibatkan terjadinya proses pengendapan pada bak tersebut. Waktu tinggal yang lama memberi kesempatan pada partikel-partikel padat untuk terendapkan melalui gaya gravitasi.

Untuk melihat apakah penurunan TSS pada ke dua kelompok berbeda dilakukan uji statistik dengan t-test bebas yang menghasilkan nilai p yang cukup kecil sehingga dapat disimpulkan bahwa pengolahan limbah cair dengan fitoremediasi pada kelompok eksperimen lebih efektif bila dibandingkan dengan pengolahan pada kelompok kontrol.

Penurunan kadar TSS karena pengolahan fitoremediasi dengan tanaman *Azolla microphylla* terjadi karena proses degradasi bahan-bahan organik maupun anorganik dalam limbah cair, dimana bahan tersebut termasuk partikel-partikel yang menyebabkan kekeruhan. Dengan adanya degradasi partikel yang mengandung senyawa organik oleh mikroorganisme pada perakaran tanaman yang kemudian diserap oleh tanaman, menyebabkan kadar TSS mengalami penurunan. *Azolla microphylla* dalam akarnya mempunyai sistem evaporasi yang sangat kuat yang memungkinkan *total suspended solids* berkurang karena adanya suatu jaringan yang ada pada permukaan daun²⁾.

Peran bak fitoremediasi dalam menurunkan zat tersuspensi, selain karena perakaran tanaman juga disebabkan adanya media koral dan pasir yang sekaligus bisa berfungsi sebagai media saring. Substrat yang umumnya digunakan adalah kerikil bersih dengan ukuran tertentu. Diameter kerikil yang digunakan berkisar antara 0,5-1,3 cm, tetapi ukuran kerikil yang kecil diyakini lebih mendukung pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang mengolah limbah cair rumah tangga dengan metoda fitoremedi-

asi, tanaman air dapat menurunkan TSS sebesar 66,95%¹¹⁾.

Untuk membuktikan bahwa penurunan TSS pada rangkaian pengolahan fitoremediasi dan sedimentasi yang lebih berperan adalah bak fitoremediasinya, maka peneliti melakukan pemeriksaan sampel dari *outlet* bak fitoremediasi pada kelompok eksperimen yang disebut sebagai *post-test* fitoremediasi. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa rerata kadar TSS sebelum pengolahan adalah 2018,67 mg/l, *post-test* fitoremediasi adalah 196,00 mg/l, dan pada *post-test* eksperimen sebesar 100,33 mg/l. Dari data tersebut terlihat bahwa bak fitoremediasi dapat menurunkan TSS hingga 1822,67 mg/l, kemudian bak sedimentasi sendiri hanya menurunkan kadar TSS sebesar 95,67 mg/l dari yang sudah diolah oleh bak fitoremediasi.

Zat padat tersuspensi dapat mengendap atau mengapung apabila keadaan air tenang. Apabila sangat ringan, materi tersuspensi mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang masuk ke dalam air sehingga manfaat air menjadi berkurang dan organisme yang butuh cahaya akan mati.

Proses sedimentasi termasuk ke dalam pengolahan tahap awal karena bertujuan untuk menghilangkan bahan padat tersuspensi dengan jalan pengendapan atau pengapungan. Namun dalam rangkaian pengolahan fitoremediasi yang dilakukan dalam penelitian ini, bak sedimentasi dilakukan sebagai penyempurna dalam upaya menurunkan bahan pencemar dalam air limbah setelah diolah melalui bak fitoremediasi¹²⁾.

Pada bak sedimentasi, limbah cair mengalir dengan waktu tinggal yang cukup dan dengan debit tertentu, sehingga akan memberi kesempatan bagi partikel-partikel solid untuk mengendap. Proses fisik sedimentasi ini mampu menurunkan konsentrasi solid dalam air limbah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengolahan dengan proses

fitoremediasi menggunakan tanaman paku air (*Azolla microphylla*) dapat menurunkan secara bermakna kadar BOD dan TSS limbah cair yang dihasilkan oleh Rumah Makan Timbul Roso walaupun penurunan kadar BOD dan TSS yang terjadi tersebut belum dapat memenuhi baku mutu limbah cair domestik yang dipersyaratkan oleh Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003.

Terlepas dari keterbatasan yang ada dari hasil penelitian ini, kepada pengelola Rumah Makan Timbul Roso disarankan untuk mengolah limbah cair yang dihasilkannya, salah satu alternatifnya dengan cara fitoremediasi menggunakan tanaman *Azolla microphylla*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Djabu, Udin, dkk., 1991. *Pedoman Bidang Studi Pembuangan Tinja dan Air Limbah pada Institusi Pendidikan Sanitasi / Kesehatan Lingkungan*. Pusdinakes RI, Jakarta.
2. Fiorenza, S., Oubre C. L., dan Ward, C. H., 2000. *Phytoremediation of Hydrocarbon Contaminated Soil*. Lewis Publisher, Washington DC
3. Gintings, Perdana, 1995. *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*, Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
4. Jenie, Betty S. L. dan Rahayu, Winiarti Pudji. 1993. *Penanganan Limbah Cair Industri Pangan*, Kanisius, Yogyakarta
5. Sugiharto, 1987. *Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
6. Surface, J. M., Peeverly, J. H., Steenhuis, T. S., dan Sanford, W. E., 1993. Effect of season, substrate composition, and plant growth on landfill leachate treatment in a constructed wetland, dalam *Constructed Wetlands for Water Quality Improvement*, Moshiri, G.A. (Editor), Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
7. Suriawiria, Unus, 1996. *Air dalam Kehidupan dan Lingkungan Yang Sehat*, Penerbit Alumni, Bandung.

8. Suriawiria, Unus, 2003. *Mikrobiologi Air dan Dasar Dasar Pengolahan Secara Biologi*, Penerbit Alumni. Bandung.
9. Suthersan, S. S., 1999. *Remediation Engineering: Design Concept*, CRC Press LLC, Boca Raton.
10. Yulianingtyas, Betty dan Fatimah, Siti, 1994. Pengolahan air limbah sebagai biofilter limbah industri, *Jurnal Buletin*, edisi 11 Mei hal 21-29, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
11. Yulianti, Dwi; Winarno, Kusumo, dan Mudyantini, Widya, 2005. Pemanfaatan limbah cair pabrik karet PTPN IX Kebun Batu Jamus Karanganyar hasil fitoremediasi dengan *Azolla microphylla Kaulf* untuk pertumbuhan tanaman padi (*Oryza sativa Linn.*), *Jurnal BioSMART*, Volume 7, Nomor 2, halaman 125-130, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
12. Yusuf, Guntur, 2008. Bioremediasi limbah rumah tangga dengan sistem simulasi tanaman air, *Jurnal Bumi Lestari*, Vol 8 No. 2, Agustus 2008. hal 136-144, Universitas Makassar.