

Pengolahan Limbah Cair Hotel Aston Braga City Walk dengan Proses Fitoremediasi menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok

DEBORA F. SITOMPUL¹, MUMU SUTISNA¹, KANCITRA PHARMAWATI¹

1. Institut Teknologi Nasional Bandung
email :
sitompul.debora@outlook.com

ABSTRAK

Status kota Bandung sebagai kota wisata menyebabkan peningkatan jumlah hotel yang memberi dampak terhadap timbulan limbah cair. Limbah cair dari hasil kegiatan perhotelan dapat diolah secara fisika, kimia maupun biologi. Dari ketiga jenis pengolahan ini, pengolahan biologi merupakan cara pengolahan yang paling ekonomis. Pengolahan biologi yang dapat diterapkan dalam kegiatan perhotelan adalah fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan proses dimana tumbuhan dan mikroorganisme yang hidup di akar tumbuhan bermutualisme dan melakukan pengolahan terhadap parameter-parameter yang terdapat pada limbah cair. Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah BOD, COD, TSS, pH, bau, dan kekeruhan. Pada penelitian ini diterapkan tiga jenis perlakuan yaitu perlakuan I (limbah saja), perlakuan II (limbah+ 1 eceng gondok), dan perlakuan III (limbah + 2 eceng gondok). Waktu kontak yang digunakan adalah 0, 2, 4, 6 dan 8 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap perlakuan memiliki nilai efisiensi yang tinggi untuk mengolah parameter BOD, TSS dan kekeruhan dengan waktu kontak optimum selama 6 hari, dan secara umum perlakuan III merupakan perlakuan terbaik yang memiliki nilai efisiensi sebesar 84,48 % untuk penyisihan BOD, 89,95% untuk penyisihan TSS, dan 87,76 % untuk penyisihan kekeruhan.

Kata kunci : limbah cair hotel, fitoremediasi, eceng gondok

ABSTRACT

Bandung has a status as tourist city. It makes an increasing number of hotels that have an impact of the rise of liquid waste. Liquid waste from the domestic activity can be processed by physical, chemical and biological treatment. Biological process is the most economist. One of biological treatment applied in domestic activities is phytoremediation. Phytoremediation is the process which both plants and microorganisms that live on plant roots have mutualism and perform processing on the parameters contained in the wastewater. In this research, the observed parameters are BOD, COD, TSS, pH, odor, and turbidity. In this research, three types of treatment are applied. 1st treatment (liquid waste only), 2nd treatment (liquid waste + 1 Eicchornia Crassipes), and 3rd treatment (liquid waste + 2 Eicchornia Crassipes). The contact time applied in this research are 0, 2, 4, 6 and 8 days. The results showed that each treatment has a high efficiency values for processing BOD, TSS and turbidity with optimum contact time is 6 days, and best treatment that has a value of 84.48% efficiency for removal of BOD, 89, 95% for TSS removal, and 87.76% for turbidity removal is the 3rd treatment.

Key words: hotel liquid waste, phytoremediation, Eicchornia Crassipes

1. PENDAHULUAN

Kota Bandung merupakan kota metropolitan terbesar di Jawa Barat. Selain dikenal dengan sebutan Kota Kembang, Bandung dikenal dengan sebutan kota wisata, mulai dari wisata kuliner, hingga wisata belanja. Setiap hari selalu berdatangan wisatawan dari luar kota mengunjungi Kota Bandung dengan beragam kebutuhan. Kawasan yang sering dikunjungi oleh wisatawan dari luar kota adalah Jalan Braga yang merupakan kawasan cagar budaya, yang memiliki bangunan-bangunan dengan nilai budaya dan historis yang tinggi. Sebagai penunjang kebutuhan para wisatawan yang berdatangan ke Kota Bandung, dilakukan pengembangan serta peningkatan industri perhotelan mulai dari segi kuantitas hingga kualitas. Pengembangan di bidang perhotelan memberi dampak positif dan negatif. Dampak positif yang terjadi akibat peningkatan jumlah hotel di Kota Bandung adalah peningkatan pada aspek perekonomian daerah.

Peningkatan jumlah hotel di Kota Bandung memberi dampak negatif yang tidak dapat dianggap sepele, yaitu meningkatnya timbulan limbah cair. Apabila permasalahan limbah cair ini tidak ditanggulangi dengan cara yang tepat, dapat menimbulkan pencemaran lingkungan di badan air penerima yang akan berdampak pula pada manusia dan makhluk hidup lainnya. Pencemaran lingkungan oleh limbah cair kegiatan hotel akan semakin besar apabila pembuangan limbah cair hotel dilakukan secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan limbah cair secara umum dapat dilakukan menggunakan tiga macam proses yaitu proses fisika, kimia dan biologi. Salah satu contoh proses pengolahan limbah cair secara biologi adalah dengan fitoremediasi. Fitoremediasi merupakan suatu proses dimana tumbuhan tertentu yang bersimbiosis dengan mikroorganisme dalam media yang dapat mengubah zat pencemar menjadi zat yang tidak berbahaya bahkan berguna secara ekonomis.

Pada penelitian ini, dilakukan proses fitoremediasi dengan tumbuhan eceng gondok untuk mengolah limbah cair Hotel Aston Braga City Walk. Tumbuhan eceng gondok pada kenyataannya merupakan gulma pada perairan, akan tetapi tumbuhan eceng gondok dapat dimanfaatkan sebagai bahan yang bernilai ekonomis serta dapat pula digunakan dalam pengolahan limbah cair. Selain mudah didapat, tumbuhan eceng gondok diyakini dapat memberikan nilai efisiensi pengolahan yang tinggi dalam pengolahan limbah cair, khususnya pengolahan limbah cair dengan proses fitoremediasi. Pada penelitian ini dilakukan variasi pada waktu kontak dan jumlah eceng gondok yang digunakan dalam reaktor. Untuk variasi waktu kontak yang digunakan adalah 0, 2, 4, 6, dan 8 hari. Sedangkan untuk variasi jumlah eceng gondok yang digunakan dalam reaktor adalah 0 eceng gondok pada perlakuan pertama (P1), 1 eceng gondok pada perlakuan kedua (P2), dan 2 eceng gondok pada perlakuan ketiga (P3). Parameter yang diamati adalah parameter BOD, COD, TSS, pH (mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 52 Tahun 1995 mengenai Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Hotel), bau, dan kekeruhan (mengacu kepada pertimbangan aspek estetika). Tujuan awal dari penelitian ini adalah untuk memperoleh informasi apakah proses fitoremediasi dapat diterapkan sebagai proses pengolahan limbah cair Hotel Aston Braga City Walk. Tujuan lainnya adalah mengetahui waktu kontak dan perlakuan terbaik yang menghasilkan efisiensi pengolahan tertinggi. Karena dilakukan variasi jumlah eceng gondok, pada akhir penelitian dapat diketahui apakah jumlah eceng gondok memberikan pengaruh terhadap nilai efisiensi pengolahan, dimana informasi tersebut akan sangat berguna saat dilakukan pengaplikasian di lapangan.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan skala laboratorium menggunakan reaktor berbentuk persegi panjang dengan panjang 45 cm, lebar 36 cm, dan tinggi 14 cm. Kapasitas reaktor adalah 22,68 liter dan volume limbah dalam reaktor sebanyak 20 liter. Reaktor yang digunakan berjumlah 6 buah dimana setiap P1, P2 dan P3 dilakukan secara duplo. Pada reaktor 1 dan 2 diaplikasikan perlakuan 1 (P1) yaitu air limbah tanpa eceng gondok. Pada reaktor 3 dan 4 diaplikasikan perlakuan 2 (P2) yaitu air limbah+1 eceng gondok. Sedangkan pada reaktor 5 dan 6 diaplikasikan perlakuan 3 (P3) yaitu air limbah+2 eceng gondok. Sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah sistem *batch*. Pada penelitian pendahuluan dilakukan pengukuran awal kualitas air limbah Hotel Aston Braga City Walk. Parameter yang diukur adalah BOD, COD, TSS, pH, bau dan kekeruhan. Setelah dilakukan penelitian pendahuluan dilakukan penelitian inti yang terdiri dari aklimatisasi eceng gondok dan proses fitoremediasi. Proses aklimatisasi eceng gondok dilakukan dengan cara merendam eceng gondok didalam aquadest selama 1-2 hari dengan tujuan memastikan tidak ada zat pencemar yang menempel pada akar eceng gondok. Selanjutnya dilakukan proses fitoremediasi dengan waktu kontak 0, 2, 4, 6, dan 8 hari. Pada setiap waktu kontak dilakukan pengukuran parameter BOD, COD, TSS, pH, bau dan kekeruhan. Setelah mendapatkan hasil dari penelitian di laboratorium, dilakukan pengolahan data antara lain dengan merata-ratakan hasil pengukuran setiap perlakuan kemudian menghitung nilai efisiensi pengolahan masing-masing perlakuan. Setelah melakukan pengolahan dan analisis dari data penelitian, akan diperoleh kesimpulan yang menjadi output dari penelitian ini, yaitu jenis perlakuan dan waktu kontak yang optimum yang menghasilkan nilai efisiensi tertinggi serta pengaruh jumlah eceng gondok yang digunakan terhadap efisiensi pengolahan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Penelitian

Proses fitoremediasi dalam penelitian ini dilakukan selama 8 hari, dan 2 hari sekali dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter yang telah ditentukan yaitu BOD, COD, TSS, pH, bau dan kekeruhan. Penentuan parameter yang diukur merupakan mengacu pada Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 52 Tahun 1995, Tentang Baku Mutu Limbah Cair Untuk Kegiatan Hotel. Parameter yang tercantum pada KepMen tersebut antara lain adalah parameter BOD, COD, TSS dan pH. Dilakukan pula pengukuran terhadap dua parameter tambahan, yaitu parameter bau dan kekeruhan. Parameter bau dan kekeruhan diukur dengan pertimbangan aspek estetika. Pada penelitian ini limbah cair hotel mendapat 3 perlakuan berbeda, yaitu perlakuan I. Tanpa Eceng Gondok (kontrol), perlakuan II. Dengan 1 Eceng Gondok, dan perlakuan III. Dengan 2 Eceng Gondok. Masing-masing perlakuan dilakukan secara duplo. Pada hari ke-0 dilakukan pengukuran kualitas limbah cair hotel sebelum dilakukan pengolahan menggunakan proses fitoremediasi. Hasil pengukuran yang diperoleh ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Kualitas Limbah Cair Awal

Parameter	Satuan	Pengukuran 1	Pengukuran 2	Rata-rata	Baku Mutu
BOD	mg/L	115	115	115	30
COD	mg/L	128	128	128	50
TSS	mg/L	5.080	4.712	4.896	50
pH	-	6,98	7,14	7,06	6,0-9,0
Bau	-	berbau amoniak	berbau amoniak	berbau amoniak	-
Kekeruhan	NTU	73,00	74,00	73,50	-

Sumber : Hasil Penelitian 2012

3.2 Pengolahan Data dan Pembahasan

Setelah dilakukan rekapitulasi data hasil penelitian dengan merata-ratakan hasil pengukuran setiap perlakuan, dilakukan perhitungan nilai efisiensi pengolahan masing-masing perlakuan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai efisiensi pengolahan adalah :

$$Ef = \frac{Co - Cs}{Co} \times 100\%$$

Dimana :

Ef: Efisiensi pengolahan menggunakan fitoremediasi dengan waktu kontak *t*

Co : Konsentrasi parameter dalam limbah awal

Cs : Konsentrasi parameter setelah pengolahan

Tabel 2 Hasil Pengukuran Pada Setiap Parameter

Perlakuan	Waktu Kontak						
	0 hari		2 hari			4 hari	
	I	I	II	III	I	II	III
Parameter							
BOD (mg/L)	115	38,78	54,51	105	67,86	30,69	31,85
COD (mg/L)	128	480	416	336	256	80	176
TSS (mg/L)	4.896	3.123	3.097	2.470	1.550	880	912
pH	7,06	7,39	7,41	7,36	7,27	7,34	7,26
Bau	Ammoniak	ammoniak	ammoniak	ammoniak	ganggang	ganggang	Ganggang
Kekeruhan (NTU)	73,50	27,50	23,50	20,00	12,50	6,50	7,50

Lanjutan **Tabel 2**

Perlakuan Parameter	Waktu Kontak					
	6 hari			8 hari		
	I	II	III	I	II	III
BOD (mg/L)	22,22	20,98	17,85	60,30	56,60	50,83
COD (mg/L)	80	160	128	432	448	416
TSS (mg/L)	528	431	492	2.020	2.345	1.950
pH	7,34	7,41	7,4	7,14	7,25	7,4
Bau	ganggang	ganggang	Ganggang	ganggang	ganggang	ganggang
Kekeruhan (NTU)	9,5	9,0	9,0	17,0	20,5	14,5

Sumber : Hasil Penelitian 2012

Tabel 3 Nilai % Efisiensi Pada Setiap Perlakuan di Setiap Waktu Kontak

Perlakuan Waktu Kontak	I. Tanpa Eceng Gondok				
	0	2	4	6	8
% Efisiensi Tiap Parameter					
BOD	0	66,28	40,99	80,68	47,57
COD	0	-314,29	-114,29	42,86	-271,43
TSS	0	36,21	68,34	89,22	36,21
pH	0	-4,67	-2,97	-3,97	-4,67
Kekeruhan	0	62,59	82,99	87,07	62,59

Lanjutan **Tabel 3**

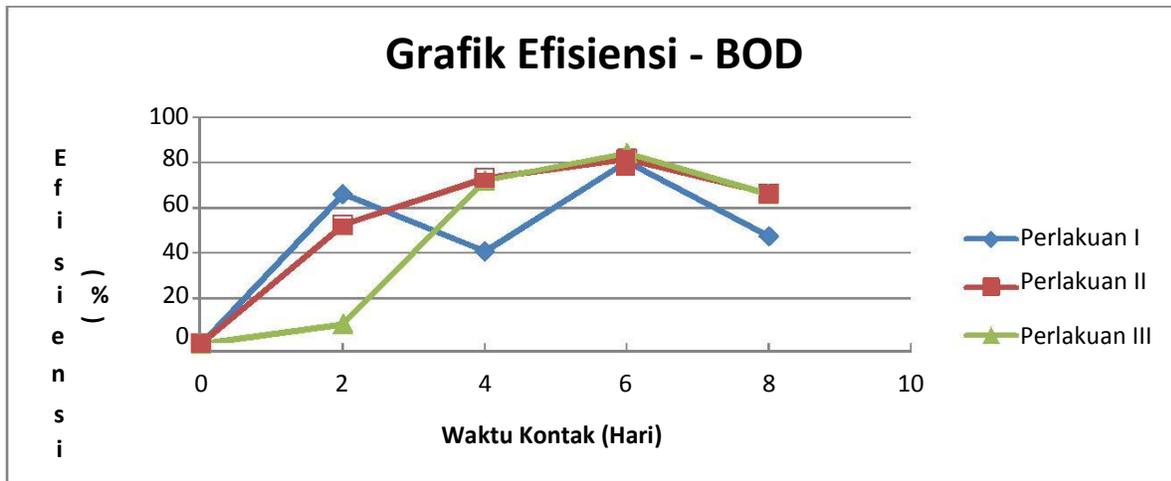
Perlakuan Waktu Kontak	II. Dengan 1 Eceng Gondok				
	0	2	4	6	8
% Efisiensi Tiap Parameter					
BOD	0	52,60	73,31	81,76	66,28
COD	0	-257,14	42,86	-28,57	-314,29
TSS	0	36,74	82,03	91,20	36,21
pH	0	-4,96	-3,97	-4,96	-4,67
Kekeruhan	0	68,03	91,16	87,76	62,59

Lanjutan Tabel 3

Perlakuan Waktu Kontak	III. Dengan 2 Eceng Gondok				
	0	2	4	6	8
% Efisiensi Tiap Parameter					
BOD	0	8,70	72,30	84,48	66,28
COD	0	-185,71	-42,86	0,00	-314,29
TSS	0	49,55	81,37	89,95	36,21
pH	0	-4,25	-2,83	-4,82	-4,67
Kekeruhan	0	72,79	89,80	87,76	62,59

Sumber : Hasil Penelitian 2012

Untuk memudahkan analisis terhadap nilai % efisiensi pengolahan, maka dibuat grafik yang menyatakan fluktuasi nilai % efisiensi pengolahan pada masing-masing parameter di setiap perlakuan (I, II dan III) terhadap waktu kontak.

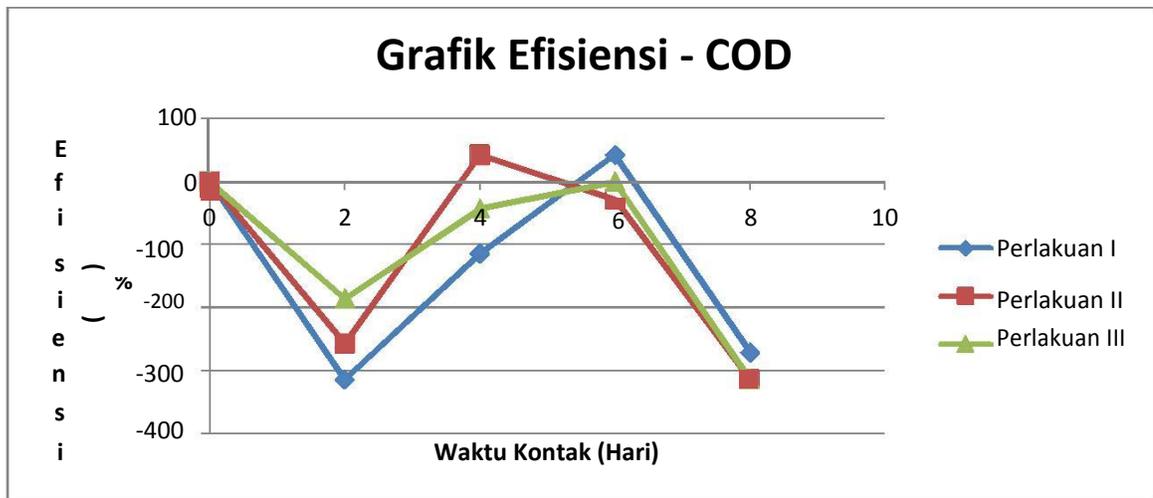


Gambar 1 Grafik Efisiensi Pengolahan Parameter BOD Waktu Kontak 0-8

Berdasarkan **Gambar 1**, dapat dilihat bahwa pada perlakuan II (dengan 1 eceng gondok) dan perlakuan III (dengan 2 eceng gondok), nilai efisiensi pengolahan yang paling tinggi adalah pada hari ke 6, yaitu sebesar 81,76 % pada perlakuan 2 dan 84,48 % pada perlakuan 3. Perlakuan I sebagai kontrol menunjukkan, efisiensi pengolahan BOD yang juga memiliki nilai tertinggi pada hari ke 6, yaitu sebesar 80,68%. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa eceng gondok sekalipun, penurunan nilai BOD dapat terjadi dengan nilai efisiensi cukup besar, yaitu 80,68%. Penurunan nilai BOD yang terjadi dapat disebabkan aktivitas mikroorganisme yang terdapat pada limbah, mengingat limbah yang diolah merupakan limbah cair hotel yang memiliki karakteristik tidak jauh dari limbah domestik yang didalamnya terdapat mikroorganisme dengan jumlah yang banyak. Apabila dilakukan perbandingan terhadap ketiga perlakuan, perlakuan 3 memiliki nilai efisiensi tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa eceng gondok dengan jumlah lebih banyak memberikan kontribusi untuk menurunkan parameter BOD dengan lebih baik.

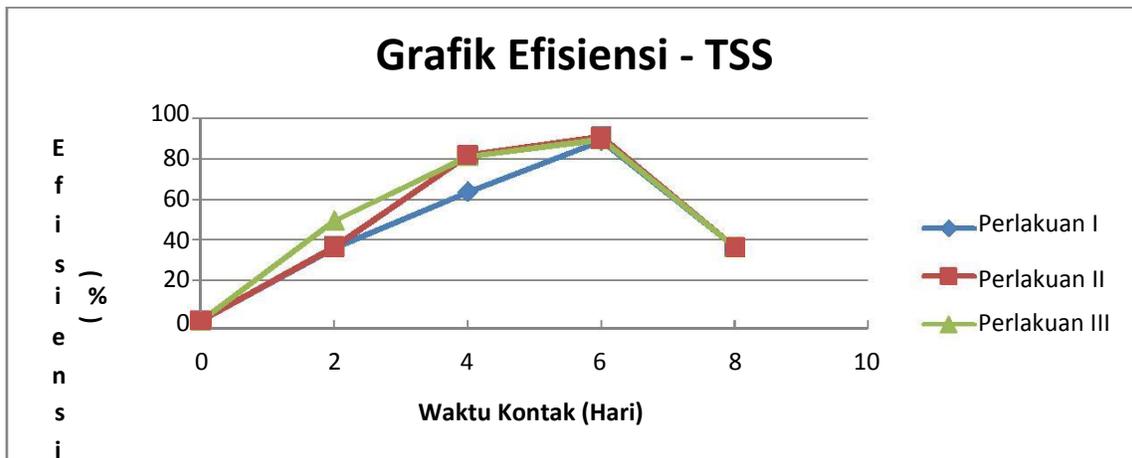
Dapat dikatakan bahwa tumbuhan eceng gondok membuat kondisi di mana mikroorganismenya yang ada semakin subur, sehingga proses pengolahan parameter BOD berlangsung dengan baik. Pada hari ke 8, baik perlakuan I, II dan III mengalami penurunan nilai efisiensi yang cukup signifikan. Penurunan nilai efisiensi pengolahan parameter BOD pada hari ke 8 dapat disebabkan keberadaan ganggang hijau yang sangat pesat yang mengakibatkan penurunan oksigen terlarut dalam air.

Apabila melihat **Gambar 2**, dapat diambil kesimpulan bahwa proses fitoremediasi dengan menggunakan eceng gondok untuk mengolah limbah cair hotel, tidak menunjukkan nilai efisiensi yang cukup tinggi untuk pengolahan parameter COD. Nilai efisiensi tertinggi untuk penurunan nilai COD ditunjukkan pada hari ke 4 untuk perlakuan II yaitu sebesar 42,86% , serta pada hari ke 6 untuk perlakuan I yaitu sebesar 42,86 % (kontrol). Sedangkan untuk nilai efisiensi pada perlakuan III yang tertinggi adalah 0 % pada hari ke 6 dimana nilai COD awal = nilai COD pada hari ke 6.



Gambar 2 Grafik Efisiensi Pengolahan Parameter COD Waktu Kontak 0-8

Berdasarkan literatur, peningkatan dan penurunan parameter COD pada umumnya memiliki pola yang sama dengan peningkatan dan penurunan parameter BOD. Namun pada penelitian ini tidak demikian. Hal ini disebabkan keberadaan zat yang tidak dapat didegradasi secara biologi lebih banyak dibandingkan zat yang dapat didegradasi secara biologi, sehingga pengolahan parameter COD tidak menunjukkan pola yang sama dengan pengolahan parameter BOD.

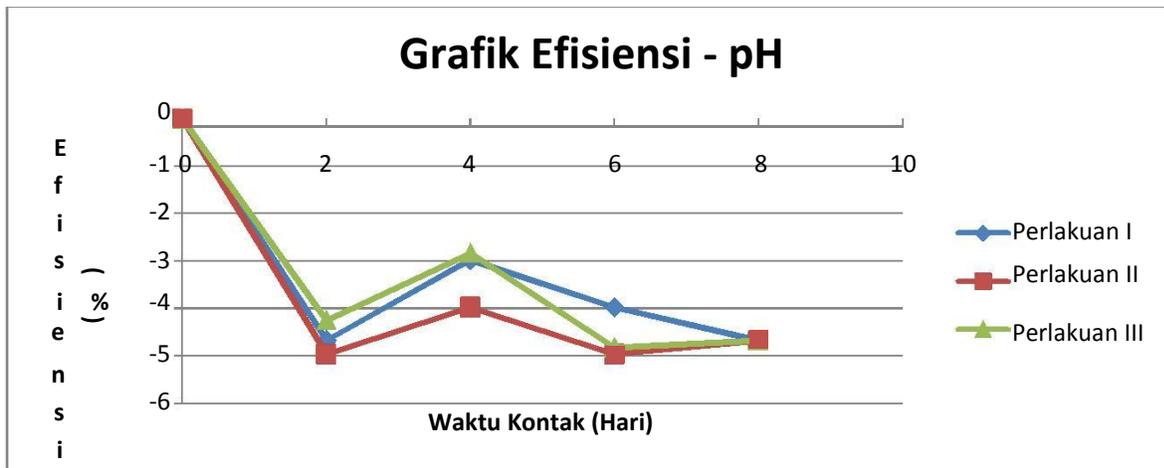


Gambar 3. Grafik Efisiensi Pengolahan Parameter TSS Waktu Kontak 0-8

Grafik efisiensi pengolahan parameter TSS baik pada perlakuan I, II maupun III memiliki pola yang sama. Mengalami kenaikan mulai dari hari ke 0 hingga hari ke 6, kemudian mengalami penurunan drastis di hari ke 8. Hari ke 6 merupakan waktu kontak paling optimal pada pengolahan parameter TSS apabila melihat grafik di atas. Nilai efisiensi pengolahan parameter TSS pada hari ke 6 untuk perlakuan I sebesar 89,22 %, perlakuan II sebesar 91,20 %, dan perlakuan III sebesar 89,95 %. Berdasarkan literatur, penurunan parameter TSS melalui proses fitoremediasi dapat terjadi dengan cara padatan tersuspensi yang berupa bahan organik digunakan oleh tumbuhan sebagai unsur hara yang menunjang pertumbuhan.

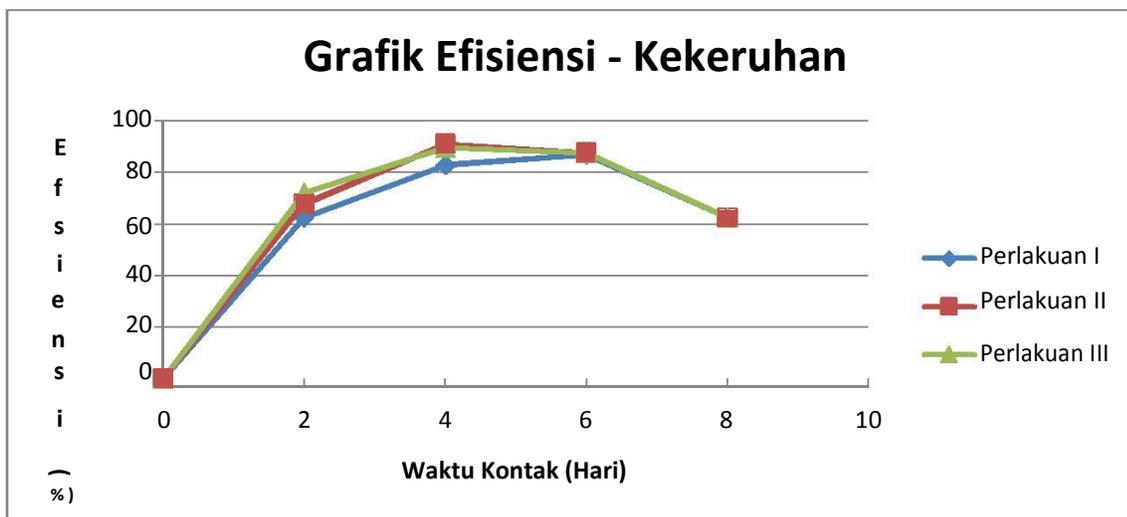
Apabila mengacu pada teori ini, seharusnya perlakuan III yang menggunakan eceng gondok dengan jumlah yang paling banyak, dapat menghasilkan nilai efisiensi tertinggi. Namun pada kenyataannya, nilai efisiensi tertinggi untuk penurunan parameter TSS dengan waktu kontak optimum 6 hari, adalah pada perlakuan II. Pada perlakuan I yang tidak menggunakan eceng gondok, penurunan TSS tetap memiliki nilai efisiensi yang tinggi. Hal ini dapat disebabkan oleh proses degradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme yang terdapat pada air limbah. Selain itu, dapat disebabkan karena ganggang yang telah muncul dari hari ke-4 menempel pada bulu akar eceng gondok, sehingga tidak terikut pada saat melakukan pengukuran. Pada hari ke 8 terjadi penurunan nilai efisiensi sebab pertumbuhan ganggang yang semakin pesat (terutama pada perlakuan II) hingga menyebabkan air limbah berwarna hijau dan berbusa. Pada hari ke 8, banyaknya ganggang pada air limbah menyebabkan ganggang terbaca sebagai TSS dan hal tersebut menyebabkan nilai TSS mengalami peningkatan.

Hasil pengukuran awal nilai pH limbah cair hotel Aston Braga City Walk tidak melebihi baku mutu. Namun pada penelitian ini, tetap dilakukan pengamatan terhadap parameter pH untuk melihat pengaruh proses fitoremediasi terhadap pH. Parameter pH sendiri merupakan faktor yang menentukan pertumbuhan eceng gondok. Eceng gondok hanya dapat hidup pada pH optimum 7,0-7,5 (Dhahiyat,1974 dalam Mukti, 2008).



Gambar 4 Grafik Efisiensi Pengolahan Parameter pH Waktu Kontak 0-8

Nilai pH mulai dari waktu kontak 0 hingga 8 hari selalu mengalami perubahan setiap harinya, namun tetap pada kisaran 7,0 – 7,5 dimana telah disebutkan bahwa kisaran pH tersebut merupakan pH optimum untuk pertumbuhan eceng gondok dan nilai pH tersebut tidak melebihi baku mutu. Kenaikan maupun penurunan nilai pH selama proses fitoremediasi disebabkan aktivitas biokimia mikroorganisme yang terdapat pada air limbah dan pada akar tanaman eceng gondok (perlakuan II dan III).



Gambar 5 Grafik Efisiensi Pengolahan Parameter Kekeruhan Waktu Kontak 0-8

Pada **Gambar 5**, dapat dilihat bahwa untuk perlakuan II dan III, waktu kontak yang paling optimal adalah hari ke 4, sedangkan untuk perlakuan I (kontrol), waktu kontak yang paling optimal adalah hari ke 6. Namun selisih nilai efisiensi antara hari ke 4 dan hari ke 6 untuk setiap perlakuan tidak terlalu jauh. Pada hari ke 8, setiap perlakuan mengalami penurunan nilai efisiensi parameter kekeruhan. Hal ini dapat dihubungkan dengan parameter TSS, dimana pada hari ke 8 parameter TSS mengalami peningkatan nilai karena keberadaan ganggang yang terbaca sebagai TSS. Parameter TSS berbanding lurus dengan kekeruhan, sehingga saat nilai TSS meningkat, maka nilai kekeruhan pun meningkat.

Untuk parameter bau tidak dapat disajikan secara kuantitatif sehingga tidak dapat dibuat grafik. Pada hari ke-0 dan ke-2 dilakukan pengukuran bau dan diperoleh hasil bahwa limbah cair hotel tersebut memiliki bau yang menyerupai bau ammoniak (NH_3). Bau ammoniak ini berasal dari limbah kegiatan domestik. Sejak hari ke-4 bau ammoniak pada limbah telah hilang, dan berganti dengan bau ganggang. Bau ganggang yang tercium pada hari ke-4 berasal dari tumbuhan ganggang yang telah mati, sebab ganggang yang masih hidup tidak memiliki bau. Setelah hari ke-4 bau ganggang yang tercium menjadi semakin tajam. Hal ini mengindikasikan bahwa setiap hari semakin banyak ganggang yang tumbuh dan mati dan pada hari ke-8 ganggang-ganggang tersebut menyebabkan limbah menjadi berbusa.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan pengolahan limbah Hotel Aston Braga City Walk dengan proses fitoremediasi menggunakan tumbuhan eceng gondok cukup optimal dalam penyisihan parameter BOD, TSS dan kekeruhan. Dengan kata lain, proses fitoremediasi ini dapat diaplikasikan sebagai proses pengolahan limbah cair Hotel Aston Braga City Walk. Perlakuan III menghasilkan nilai efisiensi tertinggi yaitu 84,48 % untuk penyisihan BOD, 89,95% untuk penyisihan TSS, dan 87,76 % untuk penyisihan kekeruhan. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa jumlah eceng gondok yang digunakan memberikan pengaruh terhadap nilai efisiensi pengolahan. Waktu kontak yang paling optimum adalah hari ke-6 dimana untuk setiap perlakuan baik perlakuan I, II maupun III, nilai efisiensi yang ditunjukkan pada hari ke-6 merupakan nilai efisiensi tertinggi.

DAFTAR RUJUKAN

- Maria, Rosana Sari. (1999). *Pengolahan Limbah Cair Tapioka Secara Biologis Menggunakan EcengGondok dan Mikroba Rizosfirnya*, Tesis. Institut Teknologi Bandung
- Ananda, Cut. (2012). *Fitoremediasi Fosfat Menggunakan Tumbuhan Eceng Gondok pada Limbah Laundry*, Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan Institut Teknologi Nasional. Bandung
- FJ Sikora, et al, *Phytoremediation of Explosives in Groundwater Using Innovative WetylendsBased Treatment Technologies*, US Army Environmental Center, Maryland USA
- Gardner, F.P., dkk, (1991), *Fisiologi Tanaman Budidaya*, edisi 1, UI Press. Jakarta
- Ginting, P. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan dan Limbah Industri*. Jakarta. Yrama Widya