

**KOMPARASI PROSES FITOREMEDIASI LIMBAH CAIR PEMBUATAN TEMPE
MENGUNAKAN TIGA JENIS TANAMAN AIR***Comparison of Phytoremediation Process on Tempe Waste Water Using Three Types
of Aquatic Plants***Elida Novita^{1)*}, Agnesa Arunggi Gaumanda Hermawan¹⁾, Sri Wahyuningsih¹⁾**¹⁾Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Jalan Kalimantan No. 37, Kampus Tegalboto, Jember 68121

*Korespondensi Penulis: elida_novita.ftp@unej.ac.id

ABSTRACT

Tempe waste water contains high organic matter because the raw material used to making tempe (soybean) containing protein. If tempe waste water thrown away directly into environment, it would cause water pollution, destroy the habitat of aquatic biota and causing foul odor. One of the easy efforts to reduce the impact is using phytoremediation. The aim of this research was to know the best treatment to decrease parameter such as BOD, COD, TSS, pH, turbidity and N of the tempe waste water by aquatic plants, i.e. water hyacinth (Eg), water spinach (Ka) and water lettuce (Ki). The research was conducted in laboratory experiment scale using aquarium with length of 40 cm, width of 15 cm and tall of 25 cm to each treatment with 3 replications. The data were analyzed descriptively. It was to determined the best treatment of the aquatic plant that has highest efficiency to decrease negatively parameter of waste water quality. The result showed that the applied of water hyacinth (Eg) was the best treatment in decreasing parameter of tempe waste water quality with efficiency value, such as turbidity of 85.03%; TSS of 66.44%; COD of 59.11%; BOD of 77.91% and N of 61.77%.

Keywords: *phytoremediation, tempe waste water, water hyacinth, water lettuce, water spinach*

PENDAHULUAN

Industri tempe di Indonesia didominasi oleh industri rumahan (*home industry*) yang masih menggunakan teknologi sederhana dalam pembuatannya. Limbah cair yang dihasilkan dari industri rumahan pembuatan tempe umumnya langsung dibuang ke lingkungan. Limbah cair ini dapat menurunkan konsentrasi oksigen terlarut dalam perairan karena dibutuhkan untuk proses penguraian zat organik. Hal ini sangat membahayakan kehidupan organisme perairan tersebut. Sisa bahan organik yang tidak terurai secara aerob akan diuraikan oleh bakteri anaerob, sehingga akan tercium bau busuk (BSN, 2012).

Salah satu teknologi untuk mereduksi konsentrasi dalam limbah cair adalah melalui penerapan metode fitoremediasi. Fitoremediasi tidak membutuhkan biaya operasional yang

tinggi dan cukup ekonomis dibandingkan dengan metode pengolahan limbah yang lain. Penambahan kadar oksigen melalui proses aerasi dan penetralan pH limbah pada proses fitoremediasi perlu dilakukan untuk meningkatkan ketersediaan oksigen terlarut yang ada di dalam cairan limbah sehingga kebutuhan oksigen terlarut oleh mikroorganisme bisa tercukupi dalam proses reaksi biokimia. Adanya proses aerasi ini sanggup untuk menyuplai oksigen secara kontinyu sehingga mampu untuk menangani kondisi air limbah yang beban pencemarannya berlebihan sedangkan penetralan pH limbah cair pada proses fitoremediasi akan membantu mikroorganisme dalam melakukan metabolisme yang baik dan mampu menguraikan logam berat pada limbah cair (Laksmi *et al.*, 1993).

Fitoremediasi adalah penggunaan tanaman dan mikroorganisme terkait

untuk mereduksi kandungan limbah (Hartanti *et al.*, 2013). Tanaman yang digunakan dalam metode fitoremediasi juga sangat bervariasi. Tanaman tersebut harus memiliki karakteristik yang mampu menyerap kontaminan yang terdapat di dalam limbah. Hal ini perlu diperhatikan dalam pemilihan tanaman fitoremediasi.

Beberapa tanaman yang mampu dalam mengurangi zat kontaminan yang terdapat pada limbah cair adalah kiambang, kangkung air dan eceng gondok. Menurut Komala (2015) tanaman kiambang (*Pistia* sp.) mampu menurunkan kadar COD (*chemical oxygen demand*) sebesar 87,10% dan kadar TSS (*total suspended solid*) sebesar 98,46% pada limbah cair tahu. Menurut Natalina (2013) tanaman kangkung air (*Ipomea* sp.) dapat menurunkan kadar COD sebesar 86,2%, kadar BOD (*biochemical oxygen demand*) sebesar 86,7%, dan kadar TSS sebesar 63,2% pada limbah cair tahu. Tanaman eceng gondok (*Eichhornia* sp.) mampu menurunkan kadar COD sebesar 97,50%, BOD 97,50% dan kekeruhan 96,15% pada limbah cair kopi (Rukmawati, 2015). Ketiga tanaman tersebut memiliki potensi untuk mengurangi pencemaran pada limbah cair pembuatan tempe. Selain itu ketiga tanaman tersebut mudah ditemukan dan dikembangkan sehingga sangat cocok jika dijadikan alternatif sebagai tanaman fitoremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perlakuan terbaik dalam menurunkan kandungan parameter kualitas air seperti BOD, COD, TSS, pH, kekeruhan dan N pada limbah cair pembuatan tempe dengan menggunakan tanaman eceng gondok (Eg), kangkung air (Ka) dan kiambang (Ki).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat alat yang digunakan berupa akuarium kaca dengan ukuran 40 cm x 15 cm x 25 cm, pH meter, oven, turbidimeter

TN-100 Reaktor COD HI 839800 Spektofotometer HI 8309 dan botol wingkler. Bahan yang digunakan berupa limbah cair pembuatan tempe dari proses perebusan dan perendaman kedelai yang diambil dari *home industry* Tempe Sumber Mas di Jalan Ciliwung, Kecamatan Sumbersari, Kabupaten Jember, tanaman eceng gondok, kiambang dan kangkung air yang diambil dari rawa-rawa Desa Gumukmas Kecamatan Gumukmas Kabupaten Jember. Bahan kimiawi yang diperlukan yaitu reagen COD HR (*High Range*), aquades, indikator amilum, NaOH 50%, larutan MnSO₄ 36,4%, larutan H₂SO₄ pekat 98%, larutan Tiosulfat 0,025 N, dan larutan Alkali Iodida Azida 66%.

Tahapan Penelitian

Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan adalah aklimatisasi tanaman fitoremediasi yaitu kiambang, kangkung air dan eceng gondok. Aklimatisasi bertujuan untuk mengadaptasi tanaman yang akan digunakan sebagai remediator dalam proses fitoremediasi aerasi sebelum digunakan (Sugiharto, 1987).

Penelitian Utama

Penelitian utama ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi tanaman fitoremediasi, eceng gondok, kiambang dan kangkung dalam menurunkan kontaminan limbah cair pembuatan tempe pada proses fitoremediasi aerasi. Penelitian utama ini menggunakan 4 perlakuan dan 3 kali ulangan sebagai berikut.

1. Eg: Fitoremediasi aerasi menggunakan tanaman eceng gondok (*Eichhornia* sp.)
2. Ki: Fitoremediasi aerasi menggunakan tanaman kiambang (*Pistia* sp.)
3. Ka: Fitoremediasi aerasi menggunakan tanaman kangkung air (*Ipomea* sp.)
4. Ko: Fitoremediasi aerasi tanpa menggunakan tanaman.

Pada setiap perlakuan terdapat 3 kali pengulangan sehingga total akuarium yang digunakan adalah 12 buah. Limbah cair tempe hasil perebusan dan perendaman kedelai yang digunakan pada masing-masing akuarium yaitu 10 liter dengan perbandingan 1:1. Tanaman yang dimasukkan pada perlakuan Eg (eceng gondok), Ki (kiambang), dan Ka (kangkung air) untuk masing masing akuarium sebanyak 300 gram.

Pengukuran Parameter Kualitas Air

Pada penelitian ini digunakan beberapa parameter pengukuran kualitas limbah cair selama proses fitoremediasi. Pengukuran parameter-parameter kualitas air untuk parameter COD, BOD, dan N (Sugiharto, 1987) dilakukan pada awal dan akhir perlakuan proses fitoremediasi untuk mengetahui karakteristik awal dan akhir limbah cair. Pengukuran parameter pH, TSS, dan kekeruhan (Sugiharto, 1987) dilakukan setiap hari selama proses fitoremediasi.

Metode Analisis Data

Analisis penurunan kandungan polutan limbah cair pembuatan tempe dilakukan dengan cara mengamati penurunan nilai parameter kualitas air, kemudian dihitung nilai efisiensinya. Nilai efisiensi dilakukan untuk mengetahui efisiensi penurunan konsentrasi kandungan limbah cair dengan menggunakan perhitungan efisiensi. Parameter yang dihitung nilai efisiensinya yaitu TSS, kekeruhan, BOD, COD, dan N (Kristanto, 2002). Efisiensi parameter TSS, kekeruhan, BOD, COD, dan N dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Eff (\%)} = \frac{\text{Nilai awal} - \text{Nilai akhir}}{\text{Nilai awal}} \times 100\%$$

Keterangan:

Eff (%) = Efisiensi

Nilai awal = Nilai parameter sebelum perlakuan

Nilai akhir = Nilai parameter setelah perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Cair Tempe

Karakteristik limbah cair pembuatan tempe yang dihasilkan dari proses perebusan dan perendaman kedelai dapat diketahui dengan cara melakukan pengukuran parameter kimia dan fisika limbah cair pada salah satu industri tempe. Karakteristik limbah cair pembuatan tempe kedelai ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Karakteristik limbah cair pembuatan tempe kedelai

No.	Parameter	Baku mutu*	Nilai	Satuan
1	BOD	300	4200,50	mg/l
2	COD	150	22500	mg/l
3	Rasio BOD/COD		0,18	
4	TSS	100	4530	mg/l
5	Kekeruhan		1410	NTU
6	pH	6-9	4,5	
7	Nitrogen		64,7	mg/l

Keterangan:

BOD: *Biochemical Oxygen Demand*

COD: *Chemical Oxygen Demand*

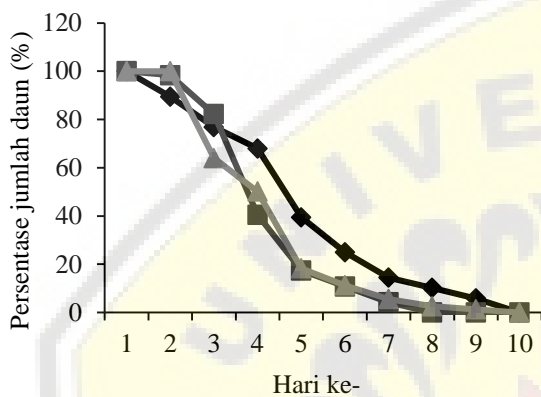
TSS: *Total Suspended Solid*

*Permen LH No.5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Tabel 1 menunjukkan limbah cair pembuatan tempe dari proses perebusan dan perendaman kedelai tidak sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 (Permen LH, 2014). Limbah cair pembuatan tempe hasil proses perebusan dan perendaman kedelai tersebut tidak layak untuk dibuang secara langsung ke lingkungan karena melebihi ambang batas.

Karakteristik Tanaman Fitoremediasi

Penentuan karakteristik tanaman fitoremediasi selama perlakuan yaitu dilihat dari jumlah daun dan warna daun selama penelitian pada ketiga tanaman. Perbandingan persentase jumlah daun selama proses fitoremediasi dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Perubahan persentase jumlah daun pada Eg (◆), Ki (■), dan Ka (▲)

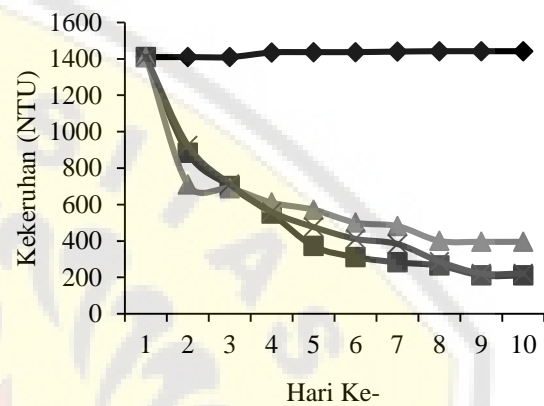
Perubahan warna dan pengurangan jumlah daun terjadi selama 10 hari perlakuan. Perubahan warna dan pengurangan jumlah daun yang tercepat ada pada perlakuan Ki (kiambang) (**Gambar 1**). Perlakuan Ki pada hari ke 8 tanaman kiambang dinyatakan mati dikarenakan semua daun telah berubah warna menjadi kecoklatan dan kering dengan jumlah daun segar nol, sedangkan pada perlakuan Eg dan Ka tanaman eceng gondok dan kangkung air masih dapat bertahan pada hari ke 8 dan dinyatakan mati pada hari ke 10. Kematian pada ketiga tanaman ini diduga dikarenakan oleh syarat tumbuh pada masing masing tanaman yang belum memenuhi syarat pada metode fitoremediasi dengan sistem tampungan, sehingga tanaman tidak mampu bertahan lebih lama.

Parameter Kualitas Air

Kekeruhan

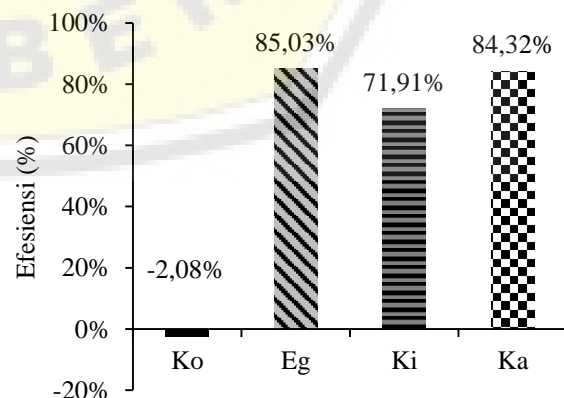
Kekeruhan digambarkan sebagai sifat optik air yang ditentukan berdasarkan

banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut, maupun bahan anorganik dan organik berupa plankton dan mikroorganisme lain (Effendi, 2003).



Gambar 2. Penurunan nilai kekeruhan Ko (◆), Eg (■), Ki (▲) dan Ka (×)

Penurunan nilai parameter kekeruhan diketahui untuk perlakuan Ko, Eg, Ka dan Ki mengalami penurunan. Sedangkan pada perlakuan control mengalami kenaikan. Dari nilai penurunan pada perlakuan Eg, Ka dan Ki dapat diketahui nilai efisiensi penurunan parameter kekeruhan (**Gambar 3**).

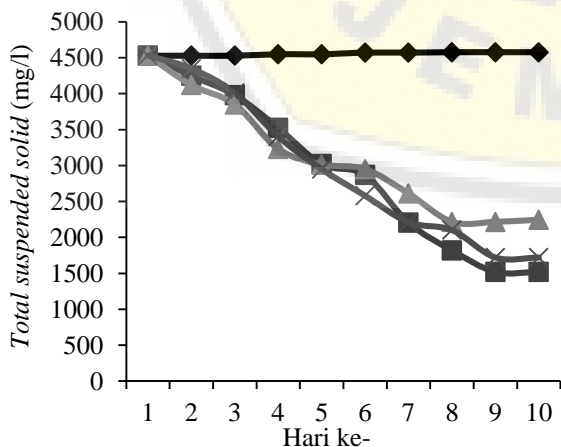


Gambar 3. Efisiensi penurunan kekeruhan oleh Ko (kontrol), Eg (eceng gondok), Ki (kiambang), Ka (kangkung air)

Gambar 3 menunjukkan bahwa perlakuan menggunakan eceng gondok (Eg) memiliki efisiensi penurunan yang paling tinggi yaitu 85,03%, sedangkan nilai efisiensi penurunan kontrol (Ko), kiambang (Ki), kangkung air (Ka) berturut-turut sebesar -2,28%; 71,91% dan 84,32%. Sesuai dengan pernyataan Rukmi (2013) bahwa kemampuan dari tanaman eceng gondok itu sendiri dan juga mikroba rizhosfera pada akar dan didukung oleh daya adsorpsi serta akumulasi akar yang besar terhadap bahan pencemar oleh tanaman eceng gondok. Bahan-bahan organik maupun anorganik di dalam air dapat direduksi oleh mikroba rizhosfera yang ada pada akar eceng gondok. Pada akar tanaman bahan pencemar diserap dari perairan dan sedimen kemudian diakumulasikan bahan terlarut ke bagian tanaman yang lain

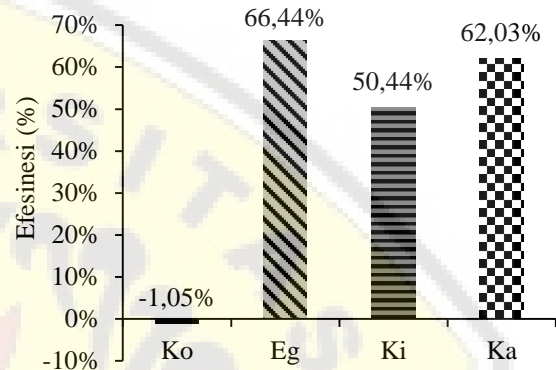
TSS (Total Suspended Solid)

TSS merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat langsung mengendap. TSS diukur berdasarkan berat kering partikel yang terperangkap pada filter, umumnya filter yang digunakan memiliki ukuran pori dengan diameter 0,45 µm (Kristanto, 2002).



Gambar 4. Penurunan nilai TSS oleh Ko (◆), Eg (■), Ki (▲) dan Ka (×)

Penurunan nilai parameter TSS dialami pada perlakuan Eg, Ki dan Ka sedangkan pada perlakuan kontrol (Ko) mengalami kenaikan. Dari nilai penurunan pada perlakuan Eg, Ka dan Ki dapat diketahui nilai efisiensi penurunan parameter kekeruhan yang disajikan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Efisiensi penurunan nilai TSS oleh Ko (kontrol), Eg (eceng gondok), Ki (kiambang), Ka (kangkung air)

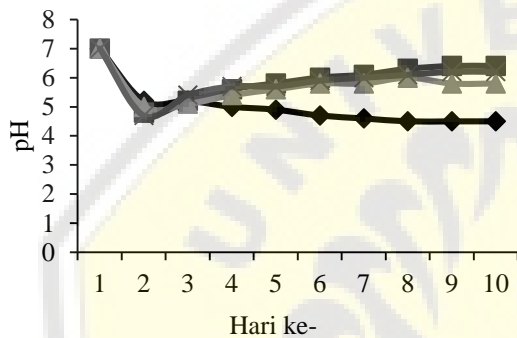
Gambar 5 menunjukkan nilai efisiensi pada perlakuan menggunakan eceng gondok memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi yaitu 66,44% daripada perlakuan menggunakan kontrol, kiambang dan kangkung air berturut-turut sebesar -1,05%; 50,44% dan 62,03%. Penurunan nilai TSS terbesar ada pada perlakuan eceng gondok. Hal ini dikarenakan penurunan nilai TSS dipengaruhi oleh kemampuan dari tanaman dalam melakukan penyerapan dan transpirasi. Transpirasi ini dipengaruhi oleh luas permukaan daun pada tanaman. Proses transpirasi terjadi karena adanya penguapan air dari permukaan sel mesofil yang basah dan uapnya akan keluar melalui stomata yang terdapat pada permukaan daun (Siswoyo *et al.*, 2009) Luas permukaan daun pada tanaman eceng gondok adalah yang terbesar dari ketiga tanaman yang lain.

Lebar daun rata-rata eceng gondok adalah 9 cm, sedangkan lebar daun

kangkung rata-rata adalah 5 cm. Adapun lebar daunnya rata-rata adalah 2 cm.

pH

pH (*puissance negative de H*) adalah suatu tingkatan untuk menyatakan derajat keasaman di dalam air. Perubahan pH di dalam air dapat berpengaruh terhadap aktivitas biota atau mikroorganisme yang ada di dalam air (Kordi *et al.*, 2007).



Gambar 7. Perubahan nilai pH TSS (*total soluble solid*) oleh Ko (—◆—), Eg (—■—), Ki (—▲—) dan Ka (—×—)

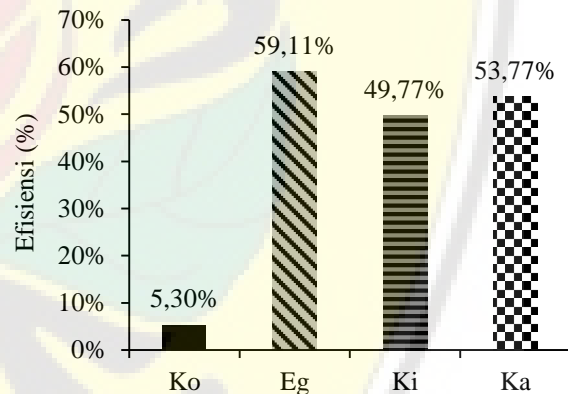
Pada pengukuran awal limbah cair pembuatan tempe diketahui pH awal yaitu 4,5. Pada pengukuran hari pertama dilakukan penetralan pH menggunakan NaOH sehingga nilai pH pada pengukuran hari pertama sebesar 7,0 dan untuk hari kedua nilai pH pada masing masing perlakuan mengalami penurunan. Pada hari selanjutnya pada perlakuan Eg, Ki dan Ka mengalami kenaikan, dan pada perlakuan Ko mengalami penurunan. Di akhir perlakuan, pH (Eg) menjadi 6,4; pada perlakuan (Ki) menjadi 4,5; dan pada perlakuan (Ka) menjadi 6,2. Perubahan ini dikarenakan oleh aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik di dalam limbah cair dan aktivitas fotosintesis yang mengambil CO₂ terlarut dalam bentuk H₂CO₃ (Felani dan Hamzah, 2007).

Bahan-bahan organik di dalam limbah cair dapat direduksi oleh mikroba rhizosfera yang terdapat pada akar eceng gondok. Caranya adalah dengan

menyerap bahan organik dari perairan dan sedimen kemudian mengakumulasi bahan terlarut ini ke dalam struktur tubuhnya (Rukmi, 2013).

COD (*Chemical Oxygen Demand*)

COD menunjukkan jumlah oksigen dalam ppm atau miligram per liter yang dibutuhkan oleh bahan oksidan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi yang terdapat di dalam air. Bahan-bahan organik tersebut pada umumnya tidak mengalami penguraian biologis secara cepat seperti pada pengujian BOD lima hari, tetapi senyawa-senyawa organik tersebut juga ikut menurunkan kualitas air (Kristanto, 2002). Diagram efisiensi nilai COD pada limbah cair pembuatan tempe selama proses fitoremediasi ditunjukkan pada Gambar 8.



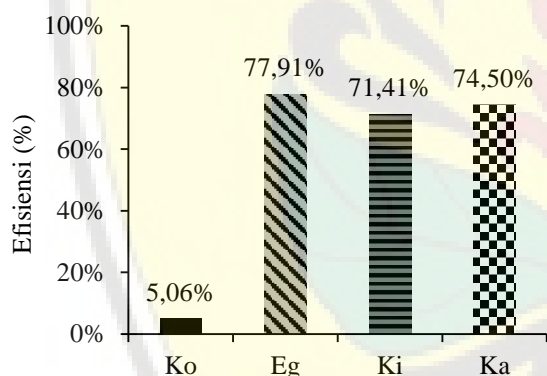
Gambar 8. Efisiensi penurunan nilai COD oleh Ko (kontrol), Eg (eceng gondok), Ki (kiambang), Ka (kangkung air)

Nilai efisiensi penurunan pada perlakuan Ko adalah sebesar 5,30%; pada perlakuan Eg adalah sebesar 59,11%, pada perlakuan Ki sebesar 49,77% dan pada perlakuan Ka nilai penurunan efisiensi COD adalah sebesar 53,77%. Terjadinya penurunan ini dikarenakan eceng gondok memiliki kemampuan ganda yakni menyerap berbagai bahan organik dalam bentuk ion hasil pemecahan mikroorganisme dan juga membebaskan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk proses oksidasi

mikroorganisme pengurai (Suardhana, 2009). Oleh sebab itu, semakin banyak dan semakin lama waktu kontak eceng gondok, maka dalam batas-batas tertentu akan semakin banyak jumlah bahan organik dalam bentuk ion yang diserap sehingga berpengaruh pada tingkat penurunan COD.

BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme hidup untuk menguraikan atau mengoksidasi bahan-bahan buangan di dalam air (Kristanto, 2002). Efisiensi kebutuhan oksigen secara biokimia (BOD) pada limbah cair pembuatan tempe dapat dilihat pada **Gambar 9**.



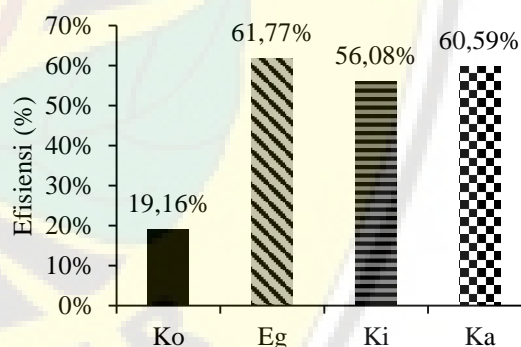
Gambar 9. Efisiensi penurunan nilai BOD oleh Ko (kontrol), Eg (eceng gondok), Ki (kiambang), Ka (kangkung air)

Nilai efisiensi penurunan pada perlakuan Ko adalah sebesar 5,06%; pada perlakuan Eg sebesar 77,91%; pada perlakuan Ki sebesar 71,41% dan pada perlakuan Ka sebesar 74,50%. Perlakuan (Eg) memiliki nilai efisiensi penurunan BOD paling besar dari perlakuan (Ki) dan (Ka). Hal ini dikarenakan Eceng gondok diduga memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan nilai BOD pada limbah cair. Rukmi (2013) juga menyatakan bahwa eceng gondok memiliki kemampuan ganda yakni menyerap berbagai bahan organik dalam bentuk ion hasil pemecahan

mikroorganisme dan juga membebaskan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk proses oksidasi mikroorganisme pengurai. Oleh sebab itu, semakin banyak dan semakin lama waktu kontak eceng gondok, maka dalam batas-batas tertentu akan semakin banyak jumlah bahan organik dalam bentuk ion yang diserap sehingga berpengaruh pada tingkat penurunan BOD.

N (Unsur Nitrogen)

Unsur nitrogen merupakan unsur yang penting dalam proses pertumbuhan suatu organisme. Unsur nitrogen dalam suatu limbah perlu diperhatikan karena unsur tersebut dapat meningkatkan pertumbuhan algae dan tumbuhan. Nitrogen dalam air akan cepat berubah menjadi nitrogen organik atau amoniak nitrogen (Alaerts dan Santika, 1987).



Gambar 10. Efisiensi perubahan nilai N oleh Ko (kontrol), Eg (eceng gondok), Ki (kiambang), Ka (kangkung air).

Gambar 10 menunjukkan nilai efisiensi terbesar dalam penurunan kadar N pada limbah cair pembuatan tempe setelah proses fitoremediasi adalah pada perlakuan Eg dengan nilai sebesar 61,77%. Pada perlakuan Ko, Ki dan Ka nilai efisiensi penurunan kadar N adalah sebesar 19,16%; 56,08% dan 59,90%.

Nilai Efisiensi Parameter Kualitas Air

Nilai efisiensi digunakan untuk mengetahui besarnya tingkat penurunan

kandungan bahan pencemar limbah cair pada proses fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok. Beberapa parameter yang dihitung nilai efisiensinya yaitu TSS, kekeruhan, BOD, COD, dan N. Nilai efisiensi parameter TSS, kekeruhan, BOD, COD, dan N (**Tabel 2**).

Pada perlakuan Eg diketahui dari masing masing parameter menunjukkan nilai penurunan efisiensi yang paling besar dari perlakuan yang lainnya. Hal tersebut dapat dilihat dari besarnya nilai efisiensi perlakuan Eg dengan nilai pada tiap parameter yaitu kekeruhan 85,03%; TSS sebesar 66,44%; COD sebesar 59,11%; BOD sebesar 77,91% dan N sebesar 61,77%.

Tabel 2. Efisiensi penurunan setiap parameter

No.	Parameter	Nilai Efisiensi (%)			
		Ko	Eg	Ki	Ka
1	Kekeruhan	-2,28	85,03	71,91	84,32
2	TSS	-1,05	66,44	50,44	62,03
3	COD	5,30	59,11	49,77	53,77
4	BOD	5,06	77,91	71,41	74,50
5	N	19,16	61,77	56,8	59,90

Keterangan: BOD: *biochemical oxygen demand*,
COD: *Chemical Oxygen Demand*,
TSS: *Total Suspended Solid*

KESIMPULAN

Fitoremediasi menggunakan tanaman eceng gondok (Eg) dan Kangkung Air (Ka) memiliki kemampuan lebih lama bertahan (10 hari) dibandingkan dengan fitoremediasi menggunakan Kiambang (Ki). Tanaman eceng gondok (Eg) memiliki kemampuan paling besar untuk menurunkan kandungan parameter kualitas air berupa BOD, COD, N, TSS, dan kekeruhan limbah cair pembuatan tempe, dengan nilai efisiensi penurunan pada masing masing parameter yaitu kekeruhan sebesar 85,03%; TSS sebesar 66,44%; COD sebesar 59,11%; BOD sebesar 77,91% dan N sebesar 61,77%.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G., dan Santika, S. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.
- BSN. 2012. Tempe: Persembahan Indonesia untuk Dunia. Badan Standardisasi Nasional, 1–16. http://bsn.go.id/uploads/download/Booklet_tempe-printed21.pdf [Diakses tanggal 21 April 2017]
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air*. Kanisius, Yogyakarta.
- Felani, M. dan A. Hamzah. 2007. Fitoremediasi limbah cair industri tapioka dengan tanaman eceng gondok. *Jurnal Buana Sains*, 7 (1): 11-20.
- Hartanti, P. I., Haji, A. T. S., dan Wirosodarmo, R. 2013. Pengaruh kerapatan tanaman eceng gondok (*Eichornia crassipes*) terhadap penurunan logam chromium pada limbah cair penyamakan kulit. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1 (2): 31–37.
- Komala, R. 2015. Fitoremediasi limbah cair tahu untuk menurunkan COD dan TSS dengan memanfaatkan Kiambang. *Jurnal Kinetika*, 6 (3): 31-36.
- Kordi, K., Gufran, K., dan Tancung, A. 2007. *Pengelolaan Kualitas Air dalam Budidaya Perairan*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Kristanto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Laksmi, B.S., Winiati, J., dan Rahayu P. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Kanisius, Yogyakarta.
- Natalina. 2013. Penggunaan eceng gondok (*Eichornia crassipes* (Mart) Solms) dan kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forsk) dalam perbaikan kualitas air limbah industri tahu. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi V Satek dan Indonesia Hijau (Satek Unila)*, pp: 980-988, ISBN : 978-979- 8510-71-7.

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. 15 Oktober 2014. Lembaran Negara Republik Indonesia Th. 2014 No. 1815. Jakarta.

Rukmawati, B. S. 2015. "Sirkulasi Aliran Limbah Pengolahan Kopi Pada Proses Fitoremediasi". Skripsi. Universitas Jember, Jember.

Rukmi, D.P. 2013. "Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Deterjen, BOD, dan COD pada Air Limbah Laundry". Skripsi. Universitas Jember, Jember.

Siswoyo, E., Kasam, dan Widyanti, D. 2009. Penurunan logam berat timbal (Pb) Pada limbah cair laboratorium kualitas lingkungan UII dengan menggunakan tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 1 (1): 68-76.

Suardhana, I.W. 2009. Pemanfaatan eceng gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart) Solm) sebagai teknik alternatif dalam pengolahan biologis air limbah asal rumah pemotongan hewan (RPH) Pesanggaran, Denpasar Bali. *Jurnal Biologi*, 9 (6): 759-760.

Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. UI Press, Jakarta.