

Efektivitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) sebagai Fitoremediator pada Limbah Cair Produksi Tahu

*Effectiveness of Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) as Phytoremediator for Tofu Production Liquid Waste*

Yulita Dwi Ningrum, Abdul Ghofar, Haeruddin

Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Departemen Sumberdaya Akuatik
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah – 50275, Telp/Fax. +6224 7474698
Email : yulitadwn@gmail.com

ABSTRAK

Industri tahu saat ini berkembang pesat dan tersebar luas dan rata-rata masih dilakukan dengan teknologi yang sederhana, sehingga pengolahan limbah belum optimal. Akibatnya limbah hasil pengolahan tahu yang dibuang ke perairan belum sepenuhnya sesuai dengan baku mutu yang diharapkan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan eceng gondok dalam mereduksi bahan pencemar organik limbah cair tahu dengan perlakuan pemberian aerasi dan non aerasi. Penelitian ini dilaksanakan pada 9 Juli – 5 Agustus 2019 di Laboratorium Biologi Manajemen Sumberdaya Perairan, FPIK Universitas Diponegoro, Semarang. Untuk mengetahui pengaruh eceng gondok dalam mereduksi bahan organik dilakukan dengan pemberian aerasi dan non aerasi terhadap limbah dan air kontrol dengan konsentrasi yang telah diperoleh dari hasil uji pendahuluan (6,25%) selama 5 hari dan diulang tiga kali. Variabel yang diamati adalah penurunan amonia, nitrit, COD dan BOD serta variabel pendukung yaitu temperatur, pH dan DO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eceng gondok dengan aerasi mampu mereduksi NH_3 95,14%, NO_2 29,90%, COD 70,83% dan BOD 29,18%. Sedangkan tanpa aerasi dapat mereduksi NH_3 97,07%, NO_2 72,47%, COD 63,32% dan BOD 52,12%. Pemberian aerasi tidak berpengaruh secara nyata terhadap penurunan amonia, nitrit, dan COD namun berpengaruh terhadap penurunan BOD. Eceng gondok memiliki efektivitas yang baik untuk mereduksi bahan pencemar pada limbah cair industri tahu.

Kata kunci: Aerasi; Eceng Gondok; Fitoremediasi; Limbah Cair Tahu

ABSTRACT

*Tofu industry nowadays is growing rapidly and widespread however mostly the procedures of the manufacture are still conventional. Consequently, the waste dumped into the waters is yet prosessed, therefore not conform to the national standard. The purpose of this study is to assess whether Eceng Gondok (*E. crassipes*) created with and without aeration could reduce organic pollutants i.e. ammonia (NH_3), nitrite (NO_2 , COD and BOD from tofu liquid waste. The research was conducted from 9 Juli – 5 August 2019 at the Biology Laboratory Water Resource Management, Faculty of Fisheries and Marine Science, Diponegoro University, Semarang. The method of the water hyacinth influences in the reduction of organic material was performed by the application of aeration and without aeration. During preliminary test, water hyacinth were exposed to five concentration of tofu liquid waste (100%, 50%, 25%, 12,5% and 6,25%). Water hyacinth survived for 5 days in the lowest concentration (6,25%) without aeration. The treatment was performed in triplicate. This resulted concentration was then used subsequently in the study. The observed variabls including NH_3 , NO_2 , COD and BOD as well as the supporting variabls i.e. temperature, pH and DO. The result showed that using aeration, water hyacinth were able to reduce NH_3 up to 95,14%, NO_2 29,90%, COD 70,83%, and BOD 24,18%. Meanwhile without aeration, water hyacinth were capable of reducing NH_3 up to 99,27%, NO_2 72,49%, COD 63,33% and BOD 52,12%. Therefore it is summarised that aeration is not significantly affected in influenced the decrease of NH_3 , NO_2 and COD, but significantly reduced ($p \leq 0,05$) BOD of the tofu liquid waste. Water hyacinth has a good effectiveness for the reduction of pollutants on the liquid waste industry tofu.*

Key words: Aeration; Eceng Gondok;; Phytoremediation; Tofu Liquid Waste

1. PENDAHULUAN

Industri tahu saat ini berkembang menjadi industri rumah tangga yang tersebar luas, rata-rata dilakukan dengan teknologi yang sederhana. Sumberdaya manusia yang terlibat umumnya bertaraf pendidikan relatif rendah dan belum banyak melakukan pengolahan limbah. Industri tahu dalam proses produksinya menghasilkan limbah cair yang berasal dari proses pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan tahu sehingga limbah cair tahu mengandung senyawa

organik yang cukup tinggi terutama protein dan asam-asam amino (Sugiharto, 1994). Protein dapat terdegradasi, degradasi bahan organik melalui proses oksidasi secara aerob menghasilkan senyawa-senyawa yang lebih stabil. Dekomposisi bahan organik pada dasarnya melalui dua tahap yaitu bahan organik diuraikan menjadi bahan anorganik. Bahan anorganik yang tidak stabil mengalami oksidasi menjadi bahan anorganik yang stabil, misalnya amonia (NH_3) mengalami oksidasi menjadi nitrit (NO_2) dan nitrat (Effendi, 2003).

Tingginya bahan organik dalam limbah cair tahu akan menurunkan daya dukung lingkungan jika langsung dibuang ke badan air. Sehingga memerlukan pengolahan limbah yang bertujuan untuk mengurangi resiko beban pencemaran yang ada. Tanpa proses penanganan yang baik, limbah tahu dapat menyebabkan dampak negatif seperti pencemaran lingkungan, sumber penyakit, dan merusak ekosistem badan air (Ratnani, 2011). Penanganan limbah ini dapat dilakukan dengan metode fitoremediasi yaitu upaya untuk mendekontaminasi limbah menggunakan tanaman, salah satunya eceng gondok. Eceng gondok mampu menyerap berbagai zat yang terkandung di dalam air. Hal ini diperkuat oleh Dewi (2012), beberapa penelitian terdahulu menyatakan bahwa eceng gondok mempunyai kemampuan menyerap unsur hara, senyawa organik dan kimia lain dari air limbah dalam jumlah besar. Penelitian Suardana memperkuat, bahwa perlakuan dengan penutupan 90% eceng gondok menyebabkan penurunan nilai BOD sampai 52% dari nilai awal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan konsentrasi bahan pencemar dengan penggunaan eceng gondok dalam mereduksi bahan organik limbah cair produksi tahu, mengetahui apakah pemberian aerasi berpengaruh terhadap reduksi limbah cair produksi tahu, serta mengetahui efektivitas eceng gondok dalam upaya memperbaiki kualitas limbah cair tahu dengan mereduksi konsentrasi BOD, COD, NH_3 dan NO_2 . Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu dapat memberikan masukan dan informasi mengenai penerapan teknologi fitoremediasi untuk pengolahan limbah cair produksi tahu yang efisien dan diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengelolaan limbah cair industri tahu lebih lanjut sebelum dibuang ke perairan.

2. MATERI DAN METODE PENELITIAN

Materi

Alat yang digunakan dalam penelitian antara lain jerigen untuk pengambilan air sampel, akuarium digunakan sebagai wadah uji, bak air tempat aklimatisasi eceng gondok, aerator untuk menyuplai oksigen, *Water Quality Checker* (WQC) untuk mengukur temperatur air, angka pH dan konsentrasi oksigen terlarut (DO), timbangan elektrik untuk menimbang eceng gondok, botol Winkler sebagai wadah inkubasi air sampel. Kamera untuk mengambil dokumentasi, alat tulis untuk mencatat data dan kertas label untuk memberikan tanda pada akuarium.

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain air limbah industri tahu yang diambil dari industri rumahan di daerah Kalidoh, Ungaran, tanaman eceng gondok diambil dari perairan di daerah sekitar Rawa Pening dan air kran yang berasal dari air tanah dalam (*deep well*).

Metode

Metode dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratoris yaitu merupakan penelitian yang dilakukan perlakuan untuk memanipulasi objek penelitian disertai adanya kontrol (Nazir, 2003). Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang dilakukan dengan memberikan perlakuan pada objek uji dalam konsentrasi air limbah yang digunakan, serta melakukan pengulangan pada masing-masing wadah uji. Menurut Imakulata (2011), RAL digunakan jika ingin mempelajari pengaruh beberapa perlakuan dengan sejumlah ulangan untuk menjadi satuan percobaan. Rancangan ini digunakan bila bahan percobaan homogen, kondisi lingkungan dapat dikendalikan, serta jumlah perlakuan dibatasi.

Penelitian ini dirancang menggunakan 3 (tiga) perlakuan berbeda dengan 3 (tiga) ulangan, yaitu limbah tahu tanpa aerasi (A), limbah tahu dengan aerasi (B) dan air kran dan aerasi (Q) dengan perbandingan menggunakan air kran sebagai kontrol (K). Terdapat 12 (dua belas) akuarium, peletakan akuarium dilakukan secara acak dengan melakukan pengundian. Pemberian eceng gondok pada masing-masing akuarium dengan jumlah yang sama (200 - 250 gram) dengan konsentrasi yang telah diperoleh dari uji pendahuluan.

Pengukuran variabel setiap akuarium sama yaitu dilakukan pengukuran temperatur, pH dan DO setiap hari pada pagi dan sore. Sementara untuk variabel BOD, COD, NH_3 dan NO_2 dilakukan pada awal dan akhir penelitian untuk mengetahui kemampuan eceng gondok dalam mereduksi bahan organik dalam limbah cair tahu.

Pengukuran temperatur air, pH, dan DO menggunakan *Water Quality Checker* (WQC) dengan cara mencelupkan probe alat pada akuarium, kemudian dilihat angka yang muncul pada display atau layar monitor. Pengukuran BOD menggunakan DO meter, BOD diperoleh dari nilai DO ($\text{DO}_0 - \text{DO}_5$). Pengukuran COD, Amonia dan Nitrit sampel air di laboratorium Teknik Lingkungan, Universitas Diponegoro.

COD menggunakan *standar method* APHA 5220 D (Refluks tertutup spektrofotometri); Prinsip pengukuran COD yaitu senyawa organik dan anorganik, terutama organik, dalam contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup selama 2 jam menghasilkan Cr^{3+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekuivalen oksigen (O_2 mg/l) diukur secara spektrofotometri sinar tampak 600 nm.

Amonia menggunakan metode SNI 06-6989.30: 2005; Pengukuran amonia dengan spektrofotometer menggunakan prinsip yaitu amonia bereaksi dengan hipoklorit dan fenol yang dikatalis oleh natrium nitroprusida membentuk senyawa biru indofenol. Diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 420 nm.

Nitrit menggunakan metode SNI 06-6989.9-2004; Prinsip pengukuran nitrit dengan spektrofotometer yaitu nitrit dalam suasana asam akan bereaksi dengan sulfanilamide (SA) dan N- (1- naphthyl) ethylene diamine dihydrochloride (NED dihydrochloride) membentuk senyawa azo yang berwarna merah keunguan. Warna yang terbentuk absorbannya diukur secara spektrofotometri pada panjang gelombang 543 nm.

Analisis Data

Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel, gambar, dan dianalisis secara statistik. Data dari hasil pengukuran variabel BOD, COD, NH₃ dan NO₂ dianalisis menggunakan uji *one-way* ANOVA. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui apakah perbedaan pemberian aerasi mempengaruhi banyaknya bahan organik yang terserap. *One-way* ANOVA termasuk dalam analisis perbandingan, digunakan untuk membandingkan apakah terdapat perbedaan rata-rata dari 2 atau lebih kelompok data kategori tertentu (Bimo, 2010).

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

H0 : Perbedaan pemberian aerasi tidak berpengaruh terhadap penurunan nilai BOD, COD, NH₃, dan NO₂.

H1 : Perbedaan pemberian aerasi berpengaruh terhadap penurunan nilai BOD, COD, NH₃, dan NO₂.

Kriteria atau syarat pengambilan kesimpulan adalah membandingkan *p value* dengan signifikansi. Tingkat kepercayaan yang diinginkan adalah 95% maka tingkat signifikasinya 5% atau 0,05, sehingga dalam pengambilan kesimpulan H0 diterima jika *p value* > 0,05, artinya perlakuan tidak memberikan efek yang signifikan. Kesimpulan H0 ditolak adalah *p value* ≤ 0,05, artinya perlakuan memberikan efek yang signifikan.

Efektivitas penggunaan eceng gondok untuk menurunkan nilai BOD, COD, NH₃ dan NO₂ dapat diketahui dengan melihat berapa persen penurunan variabel tersebut. Perhitungannya dengan rumus:

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(a-b)}{a} \times 100\%$$

Keterangan :

a : Konsentrasi variabel (NH₃, NO₂, COD dan BOD) sebelum pengolahan

b : Konsentrasi variabel (NH₃, NO₂, COD dan BOD) setelah pengolahan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan sebelum uji utama bertujuan untuk mengetahui konsentrasi atau batas ambang limbah yang bisa ditoleransi oleh eceng gondok. Uji pendahuluan dilakukan dengan menurunkan kadar limbah menjadi 5 konsentrasi dimulai dari konsentrasi murni yaitu 100% kemudian diturunkan menjadi 50%, 25%, 12,5% dan 6,25%. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pada konsentrasi berapa tanaman eceng gondok mampu bertahan sampai durasi waktu yang akan dilakukan dalam uji utama yaitu 5 (lima) hari.

Berdasarkan hasil uji pendahuluan untuk konsentrasi 100% limbah (tanpa pengenceran) dan limbah yang diencerkan 50%, tanaman eceng gondok hanya bertahan dalam waktu 3 hari. Konsentrasi limbah 25% ini tanaman eceng gondok bertahan selama 4 hari dengan permukaan air terdapat jamur. Limbah dengan konsentrasi 12,5% dan 6,25% dapat bertahan hingga 5 hari, namun pada konsentrasi 12,5% kondisi daun eceng gondok banyak yang kering dan terdapat jamur pada permukaan airnya. Sedangkan limbah dengan konsentrasi 6,25% kondisi daun eceng gondok masih segar dan tidak terdapat jamur pada permukaan airnya. Menurut Rasyid dan Nurul (2017), metode pengenceran dapat mengurangi konsentrasi pencemar dalam air limbah, menetralkan pH serta menurunkan kadar amonia, nitrit dan nitrat. Kaswinarni (2007) mengatakan bahwa, bakteri dan jamur mulai tumbuh setelah beberapa jam berjalan, bakteri awalnya tumbuh dengan lambat karena suasana baru pada air limbah.

Uji Utama

a. Karakteristik Awal Limbah Cair Tahu

Berdasarkan hasil uji pendahuluan, diperoleh konsentrasi limbah 6,25% yang akan digunakan untuk uji utama. Hasil pengukuran dan pengamatan karakteristik awal limbah cair tahu pada uji utama tersaji pada Tabel 1. Yang berisi tentang perbandingan konsentrasi limbah tahu sebelum pengenceran (100%) dan konsentrasi limbah tahu yang diperoleh dari hasil uji pendahuluan (6,25%)

Tabel 1. Karakteristik Awal Limbah Cair Produksi Tahu pada Uji Utama

Variabel	Hasil Konsentrasi		Batas Maksimal yang Dianjurkan
	100%	6,25%	
Temperatur (°C)	28,2	27,0	38°(1)
pH	4,07	6,15	6 – 9(1)
DO (mg/l)	0,17	4,2	> 2(2)
Amonia (mg/l)	40,59	4,51	1 – 5(2)

Variabel	Hasil Konsentrasi		Batas Maksimal yang Dianjurkan
	100%	6,25%	
Nitrit (mg/l)	5,82	0,99	3(1)
BOD (mg/l)	0,17	3,62	50 – 150(2)
COD (mg/l)	1176,67	266,67	300(1)

Sumber: Hasil Penelitian, 2019.

Keterangan: 1. Permen LH No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Pengolahan Kedelai;
 2. KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu untuk Limbah Cair bagi Kegiatan Industri.

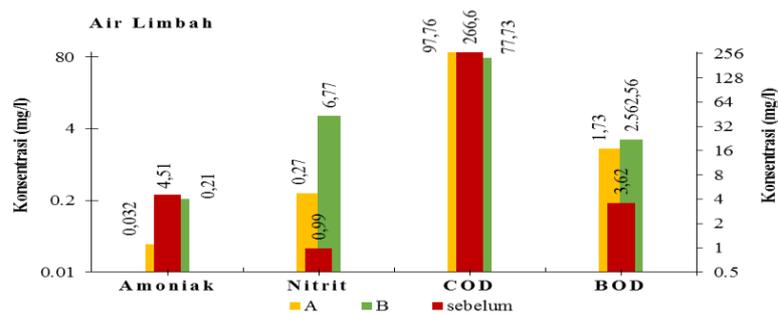
b. Rata-rata Konsentrasi Amoniak, Nitrit, BOD dan COD

Berdasarkan uji yang telah dilakukan diperoleh hasil konsentrasi rata-rata amonia, nitrit, COD dan BOD tersaji pada Tabel 2. Yang berisi hasil rata-rata awal konsentrasi amonia, nitrit, COD dan BOD sebelum diberi perlakuan dengan konsentrasi limbah 6,25%.

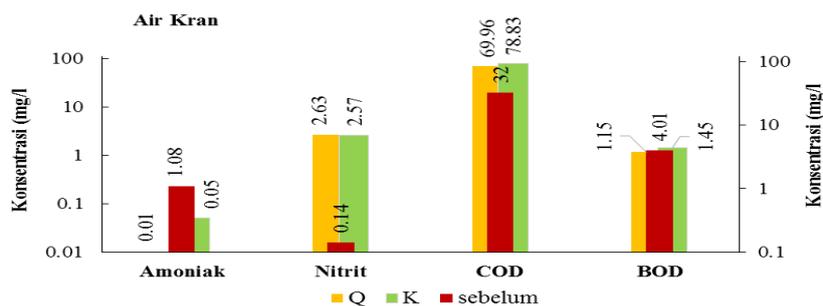
Tabel 2. Nilai Rata-rata Konsentrasi Amoniak, Nitrit, BOD dan COD

Perlakuan	Variabel			
	Amoniak (mg/l)	Nitrit (mg/l)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)
A	0,032 ± 0,004	0,27 ± 0,12	1,733 ± 0,05	97,76 ± 19,54
B	0,21 ± 0,12	6,77 ± 9,72	2,56 ± 0,21	77,73 ± 9,64
Q	0,05 ± 0,02	2,57 ± 1,94	1,45 ± 0,09	78,83 ± 10,72
K	0,01 ± 0,004	2,63 ± 2,47	1,15 ± 0,06	69,96 ± 3,35

Sumber: Hasil Penelitian, 2019.



Gambar 1. Konsentrasi Rata-rata Amonia, Nitrit, COD dan BOD Limbah Tahu



Gambar 2. Konsentrasi Rata-rata Amonia, Nitrit, COD dan BOD Air Kran

Keterangan kode perlakuan:

- Perlakuan A : Limbah dengan eceng gondok tanpa aerasi
- Perlakuan B : Limbah dengan eceng gondok dan aerasi
- Perlakuan Q : Air kran dengan eceng gondok aerasi
- Kontrol : Air kran dengan eceng gondok
- S : Sebelum perlakuan

Berdasarkan gambar 1 dan 2 dapat dilihat perbandingan penurunan konsentrasi amonia, nitrit, COD dan BOD air limbah dan air kran. Setiap perlakuan air limbah menunjukkan penurunan konsentrasi dibandingkan air kran. Terdapat

penurunan konsentrasi pada keempat variabel tersebut kecuali pada variabel nitrit terjadi kenaikan dengan perlakuan pemberian aerasi pada air limbah dari 0,99 mg/l menjadi 6,77 mg/l.

c. Parameter Fisika Kimia Pendukung

Hasil pengukuran kualitas air adalah tersaji pada Tabel 3. Berdasarkan Tabel 3. Hasil pengukuran temperatur air setiap perlakuan hampir sama yaitu 23,7 – 27,7°C. pH air ini terlihat bahwa pemberian perlakuan dapat meningkatkan pH air limbah, kisaran pH yang diperoleh 6,1 – 8,5. Pemberian aerasi dapat meningkatkan nilai DO jika dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian aerasi.

Tabel 3. Kisaran Rata-rata Pengukuran Kualitas Air

No	Variabel	A	B	Q	K	Kelayakan
1.	Temperatur Air (°C)	23,7 - 27,3	23,7 -27,7	23,7- 27,0	24,4- 27,0	38 ⁽¹⁾
2.	pH	6,1 – 7,3	6,1 – 8,4	6,8 – 8,4	6,8-7,5	6 – 9 ⁽¹⁾
3.	DO (mg/l)	0 – 4,1	2,9 – 6,3	4,5 – 7,4	3,5 – 5,4	> 2 ⁽²⁾

Sumber: Hasil Penelitian, 2019.

Keterangan: 1. Permen LH No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Pengolahan Kedelai;
2. KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu untuk Limbah Cair bagi Kegiatan Industri.

d. Perhitungan ANOVA *One way*

Berdasarkan rata-rata hasil yang telah dianalisis menggunakan uji ANOVA *One way*, hasil pengaruh aerasi terhadap penurunan amonia, nitrit, COD dan BOD dapat dilihat dalam Tabel 4, 5, 6, dan 7. Berdasarkan analisis uji ANOVA amonia, nitrit dan COD menunjukkan hasil *p value* > 0,05, sehingga disimpulkan H_0 diterima. Artinya pemberian aerasi tidak berpengaruh secara nyata terhadap penurunan amonia, nitrit dan COD. Rata-rata penurunan amonia dan nitrit limbah tanpa aerasi lebih tinggi dibandingkan limbah dengan aerasi. Rata-rata penurunan konsentrasi COD limbah cair tahu lebih efisien pada limbah dengan aerasi dibandingkan limbah tanpa aerasi. Berdasarkan hasil analisis menggunakan uji ANOVA variabel BOD diperoleh *p value* ≤ 0,05 sehingga disimpulkan H_0 ditolak. Artinya pemberian aerasi berpengaruh efektif terhadap besarnya penurunan BOD. Penambahan aerasi mengakibatkan penurunan BOD, karena pemberian oksigen ke dalam air limbah dapat memenuhi kebutuhan oksigen mikroorganisme pengurai yang ada di dalam air limbah.

Tabel 4. Hasil ANOVA Penurunan Konsentrasi Amonia

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	Signifikasi	F Tabel
Perlakuan	0,0723299	3	0,024433	2,182145	0,167968	4,066181
Galat	0,089575	8	0,011197			
Total	0,162874	11				

Tabel 5. Hasil ANOVA Efektivitas Penurunan Konsentrasi Nitrit

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	Signifikasi	F Tabel
Perlakuan	66,02993	3	22,00998	0,842522	0,50796	4,066181
Galat	208,9914	8	26,12393			
Total	275,0214	11				

Tabel 6. Hasil ANOVA Efektivitas Penurunan Konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	Signifikasi	F Tabel
Perlakuan	1251,317	3	417,1056	2,76238	0,111377	4,066181
Galat	1207,96	8	150,995			
Total	2459,277	11				

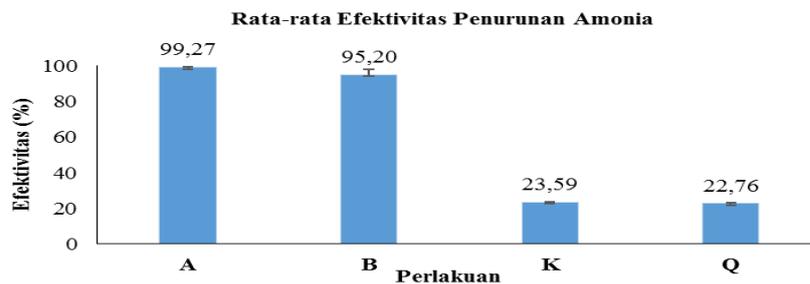
Tabel 7. Hasil ANOVA Efektivitas Penurunan Konsentrasi *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	Signifikasi	F Tabel
Perlakuan	3,305	3	1,101667	69,9101	4,42E-06	4,066181
Galat	0,126067	8	0,015758			
Total	3,431067	11				

e. Efektivitas Pemanfaatan Eceng Gondok dalam Penurunan Amonia, Nitrit, COD dan BOD

Amonia

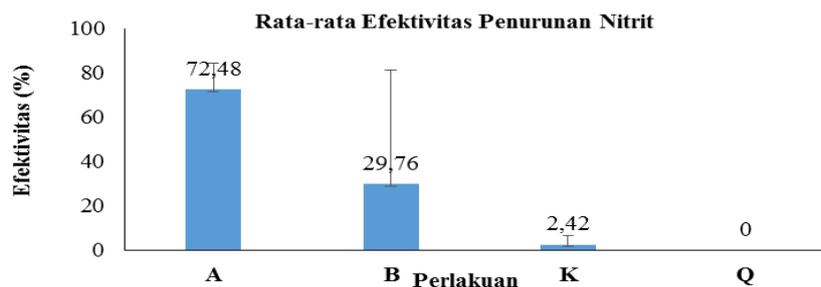
Hasil dari perhitungan efektivitas penurunan konsentrasi senyawa amonia adalah tersaji pada Gambar 3. Berdasarkan hasil perhitungan, semua jenis perlakuan mengalami efektivitas yang tinggi (A) penurunan amonia paling tinggi yaitu 99,27% lebih efektif dibandingkan (B), menurunkan senyawa amonia sebesar 95,20%. Kontrol (K) memiliki efektivitas lebih tinggi 23,59% dibandingkan (Q) yaitu sebesar 22,76%.



Gambar 3. Rata-rata Efektivitas Penurunan Amonia pada Limbah Cair Tahu

Nitrit

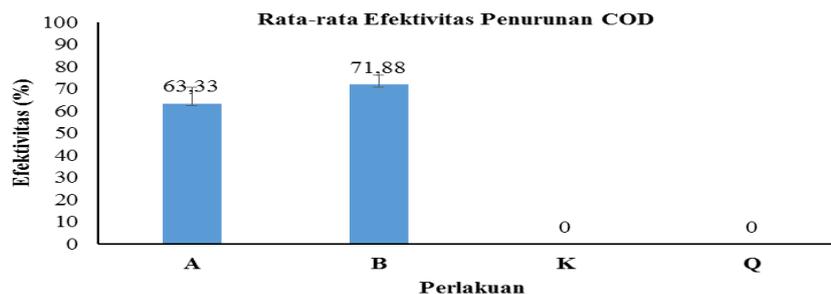
Hasil perhitungan efektivitas penurunan konsentrasi senyawa nitrit adalah tersaji pada Gambar 10. Berdasarkan perhitungan, semua jenis perlakuan mengalami efektivitas. Efektivitas penurunan nitrit tertinggi terjadi pada perlakuan (A) 72,48%, (B) 29,76% terakhir kontrol (K) dengan nilai efektivitas sebesar 2,42%.



Gambar 10. Rata-rata Efektivitas Penurunan Nitrit pada Limbah Cair Tahu

Chemical Oxygen Demand (COD)

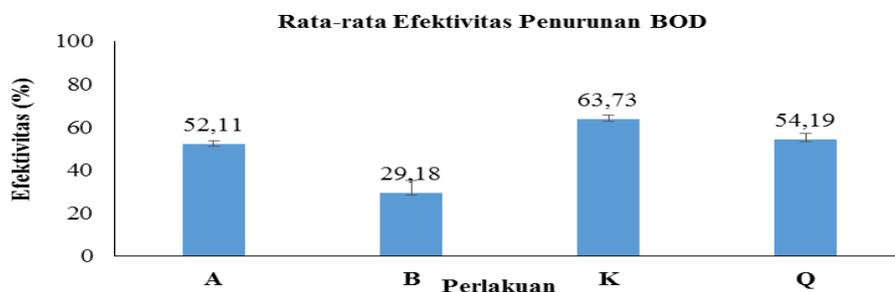
Hasil perhitungan efektivitas penurunan konsentrasi senyawa (COD) adalah tersaji pada Gambar 11. Berdasarkan hasil perhitungan, jenis perlakuan terhadap air limbah mengalami penurunan yang cukup tinggi. Perlakuan (A) 63,33% dan (B) 71,88%. Sedangkan pada (Q) dan (K) tidak terjadi penurunan.



Gambar 11. Rata-rata Efektivitas Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Limbah Cair Tahu

Biological Oxygen Demand (BOD)

Hasil perhitungan efektivitas penurunan konsentrasi senyawa BOD adalah tersaji pada Gambar 12. Berdasarkan hasil perhitungan, jenis perlakuan (B) air limbah lebih rendah dibandingkan (A) yang mengalami penurunan sebesar 52,11% dan perlakuan B sebesar 29,18%. Sedangkan air kontrol mengalami efektivitas cukup tinggi yaitu 63,73% dan 54,19% pada kran dengan aerasi (Q).



Gambar 12. Rata-rata Efektivitas Penurunan *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada Limbah Cair Tahu

Pembahasan

Kualitas Air Limbah

Amonia

Senyawa amonia limbah cair tahu awal memiliki nilai 40,59 mg/l, hasil tersebut menunjukkan konsentrasi senyawa amonia limbah cair tahu melebihi baku mutu menurut KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu untuk Limbah Cair bagi Kegiatan Industri yaitu 1-5 mg/l. Konsentrasi amonia yang tinggi membuktikan terdapat kandungan bahan organik yang tinggi pada limbah cair tahu. Sehingga konsentrasi amonia yang tinggi membahayakan bagi biota perairan dan lingkungan perairan sekitar. Amonia setelah mengalami pengenceran konsentrasi 6,25% menjadi 4,51 mg/l. Menurut Effendi (2003), jika kadar amonia $\geq 0,2$ mg/l maka perairan tersebut bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan. Kadar amonia tinggi mengindikasikan adanya pencemaran bahan organik yang berasal dari limbah.

Nitrit

Nitrit limbah cair produksi tahu awal memiliki konsentrasi 5,82 mg/l. Hasil tersebut menunjukkan konsentrasi nitrit melebihi baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 tentang Baku mutu Air Limbah Kegiatan Pengolahan Kedelai yaitu 3 mg/l. Setelah limbah cair tahu mengalami pengenceran konsentrasi menjadi 6,25% nitrit menjadi 0,99 mg/l. Menurut Setiyawan dan Hari N (2010), dampak adanya senyawa nitrit yang berlebihan konsentrasinya mengakibatkan terjadinya penurunan kadar oksigen terlarut dalam air, menstimulir pertumbuhan tanaman air, eutrofikasi dan kematian biota perairan.

Temperatur Air Limbah

Berdasarkan hasil yang diperoleh temperatur air rata-rata berkisar antara 23,7 – 27,7°C, dimana temperatur air limbah menunjukkan hasil yang sesuai baku mutu. Sehingga temperatur air ini layak untuk kehidupan organisme perairan. Menurut Effendi (2003), kisaran temperatur air yang optimum bagi kehidupan organisme perairan adalah < 40°C. Temperatur air limbah pagi hari memiliki kisaran angka sebesar 23,6 – 28,8°C, sedangkan pada sore hari memiliki kisaran 24,0 – 27,0°C. Angka temperatur tersebut tetap namun berfluktuasi, hal ini dikarenakan adanya eceng gondok menutupi cahaya matahari yang tumbuh seiring perkembangannya. Menurut Ratnani (2011), pertumbuhan tumbuhan air yang cepat mengakibatkan permukaan air tertutupi. Pengukuran temperatur pagi hari cenderung mengalami peningkatan, berbeda dengan pengamatan sore hari yang cenderung mengalami penurunan. Oleh sebab itu, angka temperatur air limbah pagi hari cenderung tinggi dibandingkan sore hari, hal inilah yang menyebabkan terjadinya fluktuasi pada temperatur air limbah. Menurut Barus (2002), perbedaan kisaran temperatur dipengaruhi oleh kondisi temperatur di sekitar lingkungan. Pagi dan siang hari media perlakuan menerima panas dari cahaya matahari sehingga terjadi peningkatan temperatur dibandingkan pada sore hari.

Derajat Keasaman (pH)

Harga pH air limbah selama perlakuan pada penelitian berkisar antara 6,1 – 8,4 menunjukkan hasil yang sesuai baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 tahun 2014 tentang Baku mutu Air Limbah Kegiatan Pengolahan Kedelai yaitu 6 – 9. Kisaran harga pH tersebut mendukung pertumbuhan eceng gondok. Hal ini diperkuat oleh Effendi (2003), pada pH < 4 sebagian besar tumbuhan air mati karena tidak dapat bertoleransi terhadap pH rendah. Berdasarkan penelitian diperoleh kisaran rata-rata pH pada pengamatan pagi hari 6 – 8,55, sedangkan pengamatan sore hari berkisar antara 6,1 – 8,55 (Lampiran 1). Berdasarkan hasil pengamatan tersebut nilai pH pada pagi dan sore hari mengalami peningkatan. Peningkatan harga pH membuktikan adanya kecenderungan pada setiap perlakuan untuk mencapai pH normal. Hal ini dikarenakan, setiap perlakuan terdapat tumbuhan air eceng gondok dimana melalui proses

fotosintesisnya dapat memanfaatkan konsentrasi CO₂ yang ada pada limbah, sehingga konsentrasinya menurun dan pH mengalami peningkatan. Menurut Pratiwi (2014), perubahan pH ditentukan oleh aktivitas fotosintesis dan respirasi tumbuhan air. Fotosintesis memerlukan karbondioksida (CO₂) yang oleh komponen autotrof akan dirubah menjadi monosakarida. Penurunan karbondioksida (CO₂) akan meningkatkan pH perairan.

Disolved oxygen (DO)

Angka DO atau oksigen terlarut air limbah dalam penelitian berkisar 0 – 4,1 mg/l pada A dan 2,9 – 6,3 mg/l pada B. Perlakuan A menyebabkan DO setiap media bernilai 0, sedangkan B memiliki angka DO yang cukup yaitu 6,3 sesuai baku mutu KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu untuk Limbah Cair bagi Kegiatan Industri. Menurut Effendi (2003), konsentrasi oksigen terlarut untuk pertumbuhan organisme akuatik adalah ≥ 2 mg/l. Hasil kisaran rata-rata nilai DO pada penelitian dalam pengamatan pagi hari berkisar antara 0 – 4,61 mg/l. Sedangkan nilai DO pada pengamatan sore berkisar 0 – 6,89 mg/l. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan angka DO sore hari lebih tinggi dibandingkan pagi hari. Hal ini disebabkan eceng gondok menghasilkan oksigen dari proses fotosintesisnya pada siang hari saat masih terdapat sinar matahari. Sedangkan pagi hari masih belum terdapat sinar matahari sehingga belum terjadi proses fotosintesis secara optimal dan angka DO menurun. Menurut Effendi (2003), kadar oksigen terlarut berfluktuasi tergantung pada massa air, aktivitas fotosintesis dan respirasi.

Perhitungan One way ANOVA

Rata-rata penurunan amonia limbah tanpa aerasi lebih tinggi dibandingkan limbah dengan aerasi, perbedaannya yaitu 0,032 mg/l dan 0,21 mg/l. Penurunan air kran juga menunjukkan lebih tinggi pada air kran tanpa aerasi dibandingkan dengan air kran dengan aerasi, yaitu 0,01 mg/l dan 0,05 mg/l. Berdasarkan hasil perhitungan *one way* ANOVA bahwa nilai *p value* > 0,05, sehingga pemberian aerasi tidak berpengaruh nyata terhadap penurunan konsentrasi senyawa amonia.

Hasil penurunan nitrit A lebih tinggi daripada B. Penurunan nitrit pada air kran tidak terlalu signifikan antara K (2,63 mg/l) dan Q (2,57 mg/l). Pemberian aerasi tidak berpengaruh secara nyata terhadap penurunan nitrit, dimana *p value* > 0,05. Penurunan nitrit tertinggi terjadi pada akuarium A. Berdasarkan pengukuran konsentrasi nitrit limbah cair tahu menunjukkan konsentrasi nitrit lebih tinggi dibandingkan dengan amonia. Hal ini dapat dilihat dari hasil rata-rata konsentrasi nitrit sebesar 0,27 mg/l untuk A dan 6,77 mg/l untuk B. Sedangkan konsentrasi amonia A sebesar 0,032 mg/l dan 0,21 mg/l untuk B.

Seharusnya limbah dengan pemberian aerasi memiliki penurunan, karena terdapat kontak antara air dan udara atau oksigen. Namun hasil penelitian menunjukkan terjadi peningkatan terhadap konsentrasi nitrit, jika dilihat dari pengukuran amonia dan oksigen terlarut (DO) hal ini dapat disebabkan karena terjadi kekurangan oksigen sehingga terjadi peningkatan nitrit. Kekurangan oksigen dapat disebabkan kejenuhan oksigen oleh derajat turbulensi yang berasal dari aerator. Menurut Sugeng (2014), faktor yang dapat mempengaruhi perpindahan oksigen antara lain adalah temperatur, karakteristik air itu sendiri, kejenuhan oksigen dan derajat turbulensi. Kekurangan oksigen diduga dapat menyebabkan terjadinya pengubahan kembali nitrat menjadi nitrit. Menurut Djokosetiyanto *et al.*, (2006), proses nitrifikasi lebih efisien pada kondisi tegangan oksigen tinggi, namun pengubahan amonia dan nitrit masih berlangsung meskipun pada kondisi tegangan oksigen rendah.

Rata-rata penurunan konsentrasi COD limbah cair tahu lebih efisien pada B dibandingkan A. Penurunannya yaitu 97,76 mg/l untuk A dan 77,90 mg/l untuk B. Pemberian aerasi tidak memiliki pengaruh secara nyata terhadap penurunan COD. Dilihat dari hasil uji ANOVA yaitu *p value* > 0,05. Menurut Arsawan *et al.*, (2007), perlakuan aerasi dapat menurunkan nilai COD, BOD, TSS dan TDS karena pemberian oksigen ke dalam air limbah akan memenuhi kebutuhan oksigen dan mikroorganisme pengurai yang ada dalam air limbah dan kebutuhan oksigen untuk oksidasi bahan-bahan kimia dalam air limbah.

Pemberian aerasi memiliki pengaruh secara nyata terhadap penurunan BOD, dari hasil uji ANOVA yaitu *p value* \leq 0,05. Penambahan aerasi mengakibatkan penurunan BOD, karena pemberian oksigen ke dalam air limbah akan memenuhi kebutuhan oksigen oleh mikroorganisme pengurai yang ada di air limbah dan kebutuhan oksigen untuk oksidasi bahan-bahan kimia yang ada dalam air limbah. Menurut Arsawan *et al.*, (2007), semakin banyaknya suplay udara ke air limbah berarti populasi organisme pengurai yang ada di air limbah cukup akan O₂ dan akan mengakibatkan meningkatnya laju penguraian yang diakibatkan oleh bertumbuhnya populasi organisme dengan baik. Penurunan BOD menyatakan indikator meningkatnya kualitas air limbah kearah yang lebih baik.

Efektivitas Penurunan Amonia, Nitrit, BOD dan COD

Amonia

Konsentrasi amonia pada setiap perlakuan mengalami penurunan dibandingkan dengan konsentrasi amonia sebelum perlakuan. Efektivitas yang dihasilkan dari penurunan amonia rata-rata berkisar 95,14 – 99,27%. Efektivitas tertinggi terjadi A dan terendah B. Penambahan fitoremediasi tanpa aerasi pada limbah cair tahu menurunkan senyawa amonia sebagai sumber nitrogen yang diubah dan dioksidasi menjadi senyawa nitrit. Proses yang terjadi merupakan proses nitrifikasi dimana membutuhkan oksigen terlarut yang dihasilkan oleh bakteri fotosintetik melalui proses fotosintesis dalam dekomposisi senyawa amonia pada limbah cair produksi tahu, sehingga senyawa amonia menjadi menurun dan

memiliki efektivitas lebih tinggi. Selain itu kenaikan pH dapat menurunkan amonia pada air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Vidyawati dan Fitrihidjati (2019), fitoremediasi merupakan perlakuan yang optimal untuk menurunkan amonia karena kenaikan harga pH akan diikuti dengan menurunnya kelarutan dari senyawa-senyawa yang bersifat toksisitas pada limbah seperti amonia. pH 7 penurunan kadar amonia mencapai nilai optimum. Selain itu menurut Tang (2010), eceng gondok dapat bertahan hidup pada kondisi kadar amonia diatas baku mutu limbah cair. Hasil yang menunjukkan bahwa fitoremediasi eceng gondok melalui pengenceran mampu membuat kadar amonia dalam limbah cair turun.

Nitrit

Efektivitas yang dihasilkan dari penurunan nitrit rata-rata berkisar 72,49% untuk limbah tanpa aerasi dan 29,90% untuk limbah dengan aerasi. Penurunan konsentrasi nitrit limbah produksi tahu setelah perlakuan disebabkan oleh konsentrasi senyawa amonia pada limbah tersebut juga mengalami penurunan pada waktu yang sama. Sehingga mikroorganisme autotrof/fotosintetik hanya dapat mengubah amonia yang ada dan menghasilkan nitrit melalui proses nitrifikasi dalam jumlah yang kecil dibandingkan dengan sebelum perlakuan. Menurut Rosmaniar (2011) bahwa, rendahnya kadar nitrit yang dihasilkan karena jumlah kadar amonia yang dapat diubah menjadi nitrit sangat sedikit.

Chemical Oxygen Demand (COD)

Konsentrasi COD setelah diberi perlakuan mengalami penurunan dibandingkan sebelum diberi perlakuan. Efektivitas yang dihasilkan dari penurunan senyawa COD rata-rata berkisar 63,32% untuk limbah tanpa aerasi dan 70,80% untuk limbah dengan aerasi. Fitoremediasi menggunakan eceng goondok dapat meningkatkan efisiensi penyisihan kandungan COD air limbah tahu. Akar tanaman eceng gondok terdapat mikroorganisme yang akan mendegradasi senyawa organik yang terkandung dalam limbah, senyawa organik tersebut dijadikan sebagai sumber nutrisi bagi mikroba dan selanjutnya diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana. Menurut Sungkowo *et al.*, (2015), proses penurunan pencemar dalam limbah cair dengan menggunakan tumbuhan air merupakan kerjasama antara tumbuhan dan mikroba yang berada pada tumbuhan tersebut. Brahmana dan Hidayat (2008) menjelaskan bahwa bahan-bahan pencemar tersebut akan diserap oleh akar tanaman setelah didegradasi oleh mikroorganisme menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Efektivitas penurunan Biological Oxygen Demand (BOD)

Konsentrasi BOD setelah diberi perlakuan mengalami penurunan. Efektivitas yang dihasilkan dari penurunan senyawa BOD rata-rata 52,12% untuk limbah tanpa aerasi dan 29,18% untuk limbah dengan aerasi. Menurut Sumiharni dan Susilo (2009), faktor-faktor yang mempengaruhi kadar BOD yang terkandung dalam air adalah: jenis air, suhu air, derajat keasaman (pH), dan kondisi air secara keseluruhan. Eceng gondok memiliki efisiensi yang tinggi dalam penurunan BOD. Hal ini dikarenakan eceng gondok diduga memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan BOD limbah cair. Banyaknya tanaman eceng gondok yang digunakan dalam perlakuan dapat mempengaruhi penurunan BOD. Menurut Rukmi (2013), 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. Hal ini diperkuat oleh Dewi (2012), beberapa penelitian terdahulu menyatakan bahwa eceng gondok mempunyai kemampuan menyerap unsur hara, senyawa organik dan kimia lain dari air limbah dalam jumlah besar. Penelitian Suardana memperkuat, bahwa perlakuan dengan penutupan 90% eceng gondok, menyebabkan penurunan BOD sampai 52 % dari nilai awal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa yaitu, pemanfaatan eceng gondok (*E. crassipes*) mampu mereduksi konsentrasi amonia, nitrit, COD dan BOD pada limbah cair industri tahu. Pemberian aerasi tidak berpengaruh terhadap penurunan amonia, nitrit dan COD namun berpengaruh nyata terhadap penurunan BOD berdasarkan perhitungan menggunakan *one way* ANOVA dan efektivitas penggunaan eceng gondok cukup baik untuk menurunkan bahan pencemar pada limbah cair industri tahu. Penurunan paling efektif pada amonia mencapai 95,14 - 99,27%, nitrit rata-rata 72,49% (A) dan 29,90% (B), COD rata-rata 63,33% (A) dan 70,83% (B) dan BOD rata-rata 52,12% (A) dan 29,18% (B). Berdasarkan statistik yang diperoleh ($SD \geq \bar{x}$) hasil penelitian ini masih kurang *repeatable*. Jika ingin dilakukan penelitian selanjutnya dapat di kombinasikan dengan metode biologi yaitu penambahan mikroorganisme dan waktu penelitian yang lebih lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Norma Afiati, MSc, PhD dan Dr. Aninditia Sabdaningsih, S.Si., M.Si yang telah memberikan saran dalam penulisan hasil penelitian, serta kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsawan, M., I.W.B. Suyasa dan W. Suarna. 2007. Pemanfaatan Metode Aerasi dalam Pengolahan Limbah Berminyak. *Ecothropic*. 2 (2): 1-9.
- Barus, T. A. 2002. Pengantar Limnologi. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan. 159 hlm.
- Bimo, W. 2010. Pengantar Ilmu Statistika. Yogyakarta: C.V Andi Offset. 354 hlm.
- Brahmana, S.S dan Hidayat, R. 2008. Pengendalian Pencemaran Air dengan Ekoteknologi (*Wetland* Buatan). *Jurnal Sumberdaya Akuatik*. 4 (2). 111-124.
- Dewi, Y. S. 2012. Efektivitas Jumlah Rumpun Tanaman Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solm) dalam Pengendalian Limbah Cair Domestik. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 2 (13): 151-158.
- Djokosetiyanto, D., A. Sunarma dan Widanarni. 2006. Perubahan Amonia, Nitrit, dan Nitrat pada Media Pemeliharaan Ikan Nila Merah (*Oreochromis* sp.) di dalam Sistem Resirkulasi. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 5 (1): 13-20.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Penerbit Kanisius: Yogyakarta. 249 hlm.
- Husin, A. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu dengan Biofiltrasi Anaerob dalam Reaktor *Fixed-bed*. *Jurnal Tabularasa*. 3 (2): 1-14.
- Imakulata, H. 2011. Uji Toksisitas Akut Limbah Cair Industri Tahu Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 1 (2): 1-13.
- Kaswinarni, F. 2007. Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu. *Jurnal Teknik Lingkungan*: 1 (1): 1-15.
- Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 10 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.
- Nadzir, M. 2003. Metodologi Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia. 205 hlm.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Pengolahan Kedelai.
- Pratiwi, D. R. 2014. Aplikasi EM₁₀ untuk Pertumbuhan Ikan Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus* var. Sangkuriang) di Kolam Budidaya Lele Jombang, Tangerang. *Jurnal Edusains*. 6 (1): 1-9.
- Rasyid dan Nurul, F. 2017. Pemanfaatan Tumbuhan Air untuk Mereduksi Limbah Logam Timbal (Pb) dan Besi (Fe) dengan Model Reaktor *Constant Head* Tipe Filtrasi. *Sensistek*. 14 (2): 10-19.
- Ratnani, R.D. 2011. Kecepatan Penyerapan Zat Organik pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Lumpur Aktiv. *Momentum*. 7 (2): 18-24.
- Rosmaniar. 2011. Dinamika Biomassa Bakteri dan Kadar Limbah Nitrogen pada Budidaya Ikan Lele (*Clarias gariepinus*) Intensif Sistem Heterotrofik. *Edusains*. 9 (1): 60-79.
- Rukmi, D.P., Ulyke., dan Pujiati, R.S. 2013. Efektifitas Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Menurunkan Kadar Deterjen, BOD, dan COD pada Air Limbah *Laundry* (Study di *Laundry X* di Kelurahan Jember Kecamatan Patrang Kabupaten Jember). *Ikesma*. 9 (1): 12-19.
- Setiyawan, A. dan B. Hari N. 2010. Karakteristik Proses Klarifikasi dalam Sistem Nitrifikasi-Denitrifikasi untuk Pengolahan Limbah Cair dengan Kandungan N-NH₃ Tinggi. *Teknologi Kimia Industri*. 12 (2): 1-13.
- Sugiharto. 1994. Dasar-Dasar Pengolahan Limbah. Jakarta: Universitas Indonesia Press. 190 hlm.
- Sumiharni dan Susilo, E.G. 2009. Pengolahan Air Kualitas Rendah Menjadi Air Domestik Non Konsumsi, Studi Kasus: Air Sungai Way Belau Kuripan Bandar Lampung. *Jurnal Rekrayasa*. 13 (2): 1-10.
- Sungkowo, T. H., S. Elystia dan I. Andesgur. 2015. Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Tanaman *Typha latifolia* dan Eceng Gondok dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik*. 2 (2): 1-8.
- Tang UM, 2010. Fisiologi Hewan Air. Penerbit Unri Press: Pekanbaru.
- Vidyawati, D.S., dan H. Fitrihidajati. 2019. Pengaruh Fitoremediasi Terhadap Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Melalui Pengenceran Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *Lanter Bio*. 8 (2): 113-119.