

PENGARUH PENGGUNAAN *BIOCHAR* DAN AERASI UNTUK PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK

Rana Fajriaty¹, Anggrika Riyanti², Marhadi³
Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Batanghari
anggrika.riyanti@unbari.ac.id

Abstrak

Air limbah domestik merupakan air buangan yang berasal dari aktivitas sehari-hari manusia yang berkaitan dengan pemakaian air seperti mencuci dan mandi yang menghasilkan grey water. Grey water menyebabkan terjadinya pencemaran yang menimbulkan kerugian apabila dibuang ke lingkungan. Salah satu teknologi untuk pengolahan grey water pada air limbah domestik adalah constructed wetlands. Biochar dan aerasi dinilai mampu menghasilkan efektivitas dalam penyisihan polutan pada air limbah domestik. Pada penelitian ini air limbah akan dilakukan pengolahan dengan sistem constructed wetland dengan penggunaan biochar dan aerasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan biochar dan aerasi dalam menurunkan parameter pH, BOD 5 dan amonia pada air limbah domestik pada constructed wetland. Pada penelitian menggunakan variasi waktu aerasi 1 jam : 2 jam dan 1 jam : 4 jam dengan komposisi media tanam biochar 1:1, 1:2 dan 1:3. Konsentrasi awal air limbah domestik BOD 5 yaitu 4041,64 mg/l, Amonia 104,84 mg/l dan pH 8,70. Penggunaan biochar dan aerasi untuk pengolahan limbah domestik pada constructed wetland dinilai efektif dalam menurunkan parameter pH, BOD 5 dan amonia. Penurunan BOD 5 berada rentang hasil uji akhir 172,23 mg/l-17,58 mg/l dan amonia 91,04 mg/l serta netralisasi pH 7,60-7,17. Variasi waktu aerasi dan komposisi media tanam memberikan pengaruh yang cukup signifikan dalam menurunkan konsentrasi BOD 5 dan amonia serta dalam menetralkan pH. Penyisihan terbaik terjadi pada variasi media tanam biochar : tanah 1:3 dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dengan efisiensi untuk parameter BOD 5 99,57% dan amonia 77,26 % sementara netralisasi pH juga terjadi pada variasi yang sama dengan nilai pH 7,17. Penambahan aerasi dan biochar yang berlebih ternyata kurang efektif dalam penyisihan parameter di reaktor constructed wetland karena dapat mengganggu proses degradasi bahan organik secara anaerob.

Keywords: *Aerasi, Air limbah domestik, Amonia, Biochar, BOD 5, sistem constructed wetland*

Abstrak

Domestic wastewater is wastewater originating from daily human activities related to water use such as washing and bathing which produces gray water. Gray water causes pollution which causes losses when discharged into the environment. One of the technologies for treating gray water in domestic wastewater is constructed wetlands. Biochar and aeration are considered capable of producing effectiveness in removing pollutants from domestic wastewater. In this study, wastewater will be treated with a constructed wetland system using biochar and aeration. This study aims to determine the effect of using biochar and aeration in reducing the parameters of pH, BOD 5, and ammonia in domestic wastewater in constructed wetlands. In the study using aeration time variations of 1 hour: 2 hours and 1 hour: 4 hours with the composition of the biochar planting medium 1:1, 1:2, and 1:3. The initial concentration of BOD 5 domestic wastewater is 4041.64 mg/l, Ammonia is 104.84 mg/l and pH is 8.70. The use of biochar and aeration for domestic waste treatment in constructed wetlands is considered effective in reducing pH, BOD 5, and ammonia parameters. The decrease in BOD 5 was in the range of the final test results of 172.23 mg/l-17.58 mg/l and ammonia 91.04 mg/l and neutralization pH 7.60-7.17. Variations in aeration time and the composition of the growing media have a significant effect on reducing the concentration of BOD 5 and ammonia and neutralizing the pH. The best removal occurred in the variation of planting media biochar: soil 1:3 with aeration time of 1 hour: 4 hours with efficiency for parameter BOD 5 of 99.57% and ammonia of 77.26% while pH neutralization also occurred at the same variation with a pH value of 7, 17. The addition of excess aeration and biochar turned out to be less effective in parameter removal in constructed wetland reactors because it could disrupt the process of anaerobic degradation of organic matter.

Keywords: *Aerasi, Air limbah domestik, Amonia, Biochar, BOD 5, sistem constructed wetland*

1. PENDAHULUAN

Air limbah domestik merupakan air buangan yang dihasilkan dari berbagai bentuk kegiatan rumah tangga yang berasal dari aktivitas sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air seperti mencuci dan mandi. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya pencemaran yang menimbulkan kerugian apabila dibuang kelingkungan. Salah satu teknologi untuk pengolahan *grey water* pada air limbah domestik adalah Sistem Lahan Basah Buatan

(*Constructed Wetlands*) dengan memanfaatkan Tanaman dan media tanam. *Constructed wetlands* adalah sistem rekayasa yang didesain dan dibangun dengan memanfaatkan proses alamiah yang melibatkan akar tumbuhan, tanah dan mikroba yang saling berhubungan untuk pengolahan pada air limbah domestik. Sistem lahan basah aliran bawah permukaan (*sub surface flow*) memiliki keunggulan dimana tumbuhan dapat hidup pada lahan yang basah.

Keladi singonium (*syngonium polophyllum*) merupakan tumbuhan yang memiliki daun berwarna hijau dengan tepi helaian daun rata, memiliki perakaran yang banyak dan tahan hidup di air yang tergenang. Keladi singonium digunakan pada penelitian ini karena tanaman tersebut memiliki sistem perakaran yang banyak dan belum digunakan dalam penelitian *constructed wetland* lainnya. Untuk dapat menambah kemampuan tumbuhan dalam menyerap polutan, maka dikombinasikan dengan adsorpsi biochar. Dimana pada penelitian ini menggunakan limbah tatal karet (Setriani, 2019).

Pemanfaatan *biochar* tatal karet sebagai media tanam merupakan salah satu upaya mengurangi limbah yang terbuang ke lingkungan. *Biochar* adalah produk kaya karbon yang dibentuk oleh pirolisis biomassa dalam kondisi anaerobik (Hou dkk., 2015). Menurut (Gupta dkk., 2016), *constructed wetland* menggunakan media *biochar* dengan waktu tinggal 3 hari memiliki efisiensi penghilangan BOD₅ sebesar 91,3% sedangkan (Vijay dkk., 2017) penggunaan media *biochar* dan tanah dengan waktu tinggal 24 jam memiliki efisiensi penyisihan BOD₅ sebesar 95%.

Pada pengolahan air limbah domestik proses aerasi merupakan salah satu *treatment* dalam pengolahan air limbah domestik. Proses aerasi membantu mencukupi kebutuhan oksigen terlarut yang digunakan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan pencemar dengan memasukkan oksigen ke dalam pengolahan air limbah. Berdasarkan penelitian (Astuti dkk., 2017), pemakaian aerasi pada *constructed wetland* untuk pengolahan air limbah domestik kantin

memiliki efisiensi pengolahan BOD₅ berkisar 54,8%-63,7%. Hal ini menunjukkan bahwa aerasi efektif untuk menyisihkan konsentrasi BOD₅. Menurut (Hidayah dkk., 2018), reaktor *constructed wetland* menggunakan aerasi dengan waktu tinggal 4 hari pada air limbah domestik memiliki kemampuan menurunkan BOD₅ 96% dan ammonia 97%.

Penelitian ini dilakukan guna mengetahui pengaruh penggunaan *biochar* dan aerasi dalam penurunan parameter pH, BOD₅ dan Amoniak pada air limbah domestik pada *constructed wetland*

Artikel publikasi dituliskan dalam Bahasa Indonesia, namun khusus abstrak dituliskan dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.

Isi pendahuluan berisi gambaran ringkas dari awal hingga akhir penelitian yang dituliskan dalam naskah jurnal. Jika memiliki keterkaitan dengan penelitian sebelumnya baik milik sendiri maupun orang lain, maka perlu untuk disampaikan dalam bab ini.

2. METODE PENELITIAN

Pada eksperimen ini menggunakan sampel air limbah domestik komunal di RT 05, Kelurahan Olak Kemang, Kecamatan Danau Teluk, Kota Jambi. Uji parameter air limbah domestik dilakukan di Laboratorium Jambi Lestari International. Pembuatan *biochar* tatal karet dilakukan di Laboratorium Energi dan Nano Material Universitas Jambi. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli - Desember 2021.

Variabel bebas yang digunakan yaitu variasi *on : off* waktu aerasi, variasi perbandingan media tanam *biochar* dengan tanah, waktu tinggal air limbah 2 hari. Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah konsentrasi parameter air limbah domestik yaitu pH, BOD₅ dan amoniak (NH₃) sebelum dan setelah eksperimen. Pengujian awal pada sampel dilakukan untuk mengetahui konsentrasi awal BOD₅ dan amoniak pada air limbah sebelum dilakukan eksperimen.

1.1 Pembuatan *Biochar*

Tatal karet terlebih dahulu dilakukan proses pirolisis agar menjadi *biochar*. Proses pirolisis menggunakan furnace dengan volume alat 3 liter dan menggunakan bahan baku 7 Kg tatal karet. Masukkan tatal karet ke dalam alat pirolisator yang telah dipanaskan mencapai suhu 350 °C. Lakukan proses pirolisis selama 1 jam

dengan suhu 350 °C. Setelah 1 jam, dinginkan terlebih dahulu sebelum digunakan.

1.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel air limbah domestik (*grey water*) dilakukan dengan metode *grab sampling* yang dilakukan pada *inlet*. Metode *grab sampling* adalah pengambilan sampel dan sampel tersebut sudah mewakili keseluruhan limbah. Pengambilan sampel air limbah domestik mengacu pada SNI 6989.59:2008 dan dimasukkan kedalam wadah berwarna gelap kapasitas 30 liter.

1.3 Aklimatisasi Tanaman

Pada hari ke-1 komposisi awal 25 % air limbah 75% air sumur selama 2 hari. Selanjutnya pada hari ke-3 terjadi penambahan komposisi air limbah 50% dan 50% air sumur. Pada hari ke-4 bertambah 75% air limbah dan 25% air sumur. Pada hari ke-5 menggunakan 100% air limbah. Setelah itu, lakukan pengamatan pada hari ke-6 dan ke-7 bahwa tumbuhan tidak mengalami kondisi mati atau layu setelah itu tanaman dinetralkan kembali dengan air bersih selama (1) satu hari sebelum eksperimen dilakukan (Riyanti dkk., 2019)

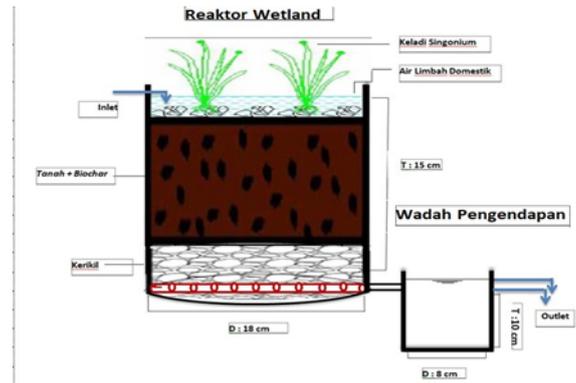
1.4 Eksperimen Penelitian

Pada reaktor wetland diberikan perbedaan pada perlakuan dan komposisi sebagai berikut:

Tabel 2.1 Variasi *Costructed Wetland* Blangko 1 Tanpa Aerasi

Blanko	Reaktor	Biochar: Tanah
CW Tanpa Aerasi Dengan Biochar	B1	1:1

Berdasarkan pada Tabel 2.1. reaktor *wetland* yang merupakan blanko B1 tidak diberikan penambahan aerasi dan hanya ditanami keladi dengan 80% menggunakan perbandingan campuran media tanam *biochar* dan tanah yaitu 1:1 dan 20% sisanya adalah kerikil. Wadah pengendapan bertujuan untuk mengurangi kekeruhan yang disebabkan oleh tanah yang terbawa pada proses reaktor *wetland*.



Gambar 2.2. Desain *Constructed Wetland* Media Tanam *Biochar* dan Aerasi

1.5 Pengujian Sampel Air Limbah

1.5.1. Pengujian Awal Air Limbah Domestik

Pengujian awal pada sampel dilakukan untuk mengetahui konsentrasi awal BOD₅ dan amoniak pada air limbah sebelum dilakukan eksperimen.

1.5.2 Pengujian Pada Reaktor Wetland

Pada reaktor *wetland* tanpa sistem aerasi (*blanko*) maupun dengan sistem aerasi waktu tinggal yang digunakan adalah 2 hari kemudian pengujian pada *outlet* dilakukan setelah 1 jam pengendapan. Pengendapan bertujuan untuk mengurangi kekeruhan yang disebabkan oleh tanah yang terbawa pada proses reaktor *wetland*. Pengujian pada sampel dilakukan untuk mengetahui konsentrasi akhir BOD₅ dan amoniak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Uji Awal Air Limbah Domestik

Hasil pengujian sampel dengan parameter pH, BOD₅ dan amoniak sebelum eksperimen ditunjukkan pada Tabel 3.1 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Awal Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu Air Limbah Domestik (P.68 Tahun 2016)
pH	-	8,70	6 – 9
BOD ₅	mg/L	4041,64	30
Amoniak	mg/L	104,84	10

Sumber : Hasil Laboratorium, 2021

Berdasarkan pada Tabel 3.1 dapat diketahui bahwa kadar BOD₅ dan amoniak pada air limbah domestik memiliki konsentrasi yang tinggi dengan nilai BOD₅ yaitu 4041,64 mg/l dan amoniak 104,84 sementara nilai pH memiliki kadar basa yaitu 8,70 yang masih memenruhi kriteria baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016. Maka dari itu perlu dilakukan pengolahan dalam menurunkan parameter air limbah domestik dengan menggunakan *biochar* dan aerasi pada *constructed wetland*.

3.2 Hasil Uji Penurunan Konsentrasi Pada Air Limbah Domestik

Setelah melakukan pengujian awal pada air limbah domestik, tanaman terlebih dahulu dilakukan aklimatisasi sebelum melakukan eksperimen agar tanaman dapat beradaptasi dengan baik sehingga tanaman tidak mati ketika dilakukan eksperimen. Setelah itu dilakukan eksperimen pada reaktor *Constructed wetland* dengan mengamati efektivitas penggunaan aerasi dan *biochar* dan menganalisis pengaruh variasi media tanam dan aerasi terhadap penurunan pH, BOD₅ dan amoniak.

3.2.1 Aklimatisasi Tanaman Keladi (*Syngonium Polophyllum*)

Proses aklimatisasi tanaman dilakukan selama 7 hari bertujuan agar tanaman dapat beradaptasi dengan lingkungan baru. Kemudian, dilakukan pengamatan bahwa tumbuhan tidak mengalami kondisi mati dan dinetralkan kembali dengan air sumur selama 1 hari sebelum dipindahkan kedalam reaktor. Kondisi tanaman keladi syngonium pada awal dan akhir aklimatisasi dapat dilihat pada Tabel 3.2:

Tabel 3.2 Kondisi Tanaman Keladi (*Syngonium Polophyllum*)

Aklmatisasi	Foto
Sebelum Aklmatisasi	
Setelah Aklmatisasi	

Sumber : Dokumentasi, 2021

Berdasarkan tabel 3.2 sebelum aklimatisasi tanaman keladi masih tampak baik dengan warna daun hijau segar dan tidak tampak layu. Kemudian setelah aklimatisasi terlihat tidak ada perubahan yang signifikan hanya beberapa daun berubah warna menjadi kekuningan dikarenakan penambahan komposisi kontaminasi air limbah dan kurang terpapar sinar matahari.

3.2.2 Hasil Uji Parameter Blangko

Setelah melakukan aklimatisasi tanaman, air limbah kemudian diolah dengan memasukkan ke dalam reaktor CW. Reaktor CW yang digunakan sebagai blanko terdiri dari 2 reaktor yaitu reaktor CW tanpa aerasi dengan *biochar* dan reaktor CW tanpa *biochar* dengan aerasi. Hasil efektivitas blanko tanpa aerasi dan tanpa *biochar* dapat dilihat pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Hasil Analisis Blangko

Blanko	Reaktor	Parameter	Satuan	Uji Awal	Baku Mutu	Uji Akhir
CW Tanpa Aerasi (dengan <i>biochar</i>)	Blanko 1	pH	-	8.70	6-9	7.95
		BOD ₅	mg/l	4041.64	30	99.28
		Amoniak	mg/l	104.84	10	42.03
CW Tanpa Biochar (dengan Aerasi)	Blanko 2	pH	-	8.70	6-9	7.52
		BOD ₅	mg/l	4041.64	30	115.09
		Amoniak	mg/l	104.84	10	57.25

Sumber : Hasil Laboratorium, 2021

Berdasarkan Tabel 3.3 dapat dilihat bahwa pada blanko B1 dengan tanpa aerasi dengan *biochar* mengalami penurunan konsentrasi pH menjadi 7.95, BOD₅ 99.28 mg/l, dan amoniak 42.03 mg/l. Blanko 1 terdiri dari kerikil, campuran *biochar* dan tanah yang ditanami keladi singonium sehingga dapat menurunkan kadar pH, BOD₅ dan amoniak. Hal ini dikarenakan peran tanaman dan media tanam mampu menyerap dan mengikat pencemar dengan baik.

Pada blanko B2 dengan aerasi tanpa *biochar* terjadi penurunan kadar pH menjadi 7.52, BOD₅ 115.09 mg/ dan amoniak yaitu 57,25 mg/l. Blanko 2 terdiri dari kerikil dan tanah yang ditanami keladi singonium dengan penambahan aerasi. CW dengan media tanam kerikil dan tanah yang ditanami tanaman keladi singonium mampu menurunkan konsentrasi pencemar pada air limbah karena proses *phytodegradation* yaitu proses yang dilakukan tumbuhan untuk menguraikan konsentrasi air limbah menjadi lebih sederhana yang dapat berguna bagi pertumbuhan tumbuhan itu

sendiri. Kerikil sebagai media filter bertujuan menghilangkan partikel tersuspensi dengan cara menyaringnya dengan media filter. Penambahan aerasi pada Blanko B2 berfungsi menyisihkan zat pencemar yang terkandung di dalam air sehingga parameter zat pencemar tersebut menurun.

Pada reaktor blanko, pengaruh terhadap netralisasi pH menunjukkan lebih baik pada Blanko B2 dengan aerasi daripada dengan *biochar* dengan nilai pH 7.52. Hal ini disebabkan penambahan aerasi pada reaktor menyebabkan oksigen terlarut dalam air limbah meningkat. Oksigen terlarut dimanfaatkan mikroorganisme untuk respirasi dan dihasilkan karbon dioksida (CO₂). Karbon dioksida yang terlarut dalam air kemudian mengalami kesetimbangan yang menghasilkan ion OH⁻ yang menyebabkan meningkatnya nilai pH (Effendi, 2003). Selain itu, tanaman memiliki peran menurunkan nilai pH yang terjadi akibat proses fotosintesis. *Biochar* dinilai kurang efektif dalam menurunkan nilai pH karena *biochar* tidak memiliki kemampuan untuk mencukupi kebutuhan oksigen terlarut dimanfaatkan tanaman untuk fotosintesis didalam reaktor.

Pengaruh media tanam terhadap penurunan konsentrasi BOD₅ menunjukkan hasil lebih baik pada Blanko 1 tanpa aerasi dengan *biochar* dengan nilai BOD₅ 99.28 mg/l. Hal dikarenakan *biochar* sebagai adsorben memiliki kemampuan untuk menyerap kontaminan organik dan anorganik dengan karakteristik media yang sangat berpori terbukti efektif sebagai adsorben. Komposisi media tanam yang digunakan selain *biochar* dan tanah yaitu kerikil. Kerikil dapat membantu untuk mengikat dan mengendapkan material partikulat. Penggunaan aerasi dinilai kurang efektif apabila tidak divariasikan dengan media tanam yang memiliki sifat menyerap polutan (adsorben).

Pada amoniak menunjukkan hasil lebih baik pada Blanko B1 yang tanpa aerasi dengan *biochar*. Terjadi penurunan yang signifikan dengan nilai BOD₅ akhir 42.03 mg/l. Terlihat jelas bahwa kemampuan reaktor dengan *biochar* lebih baik dalam menurunkan konsentrasi ammonia pada air limbah. Hal ini disebabkan *biochar* bekerja dengan baik dalam mengadsorpsi amoniak. *Biochar* memiliki struktur yang sangat berpori, yang dapat memulihkan kontaminan organik dan anorganik, serta meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme penting dalam tanah. Proses *phytotreatment* terjadi melalui kerjasama antara tumbuhan dan mikroba sehingga mampu menurunkan konsentrasi amoniak dalam

reaktor. Penambahan *biochar* dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi, sifat fisik tanah, serta aktivitas mikroba yang diperlukan untuk tanaman.

Aerasi dinilai kurang efektif dalam menyerap kadar amoniak dikarenakan pada dasarnya fungsi utama aerasi adalah melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dan melepaskan kandungan gas yang terlarut dalam air. Selain itu, penurunan konsentrasi amoniak terjadi karena interaksi antara tanaman, media serta mikroorganisme dengan waktu tinggal 2 hari.

3.2.3 Efektivitas Penggunaan *Biochar* dan Aerasi Pada Reaktor Uji

Eksperimen dilakukan dengan memasukkan air limbah kedalam reaktor dengan variasi waktu aerasi dengan komposisi *biochar*. Hasil efektivitas penggunaan *biochar* dan aerasi pada konsentrasi pH, BOD₅ dan amoniak dapat dilihat pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Hasil Uji Konsentrasi Pada *Biochar* dan Aerasi

<i>Biochar</i> : Tanah	Waktu Aerasi	pH		BOD ₅ (mg/l)		Amoniak (mg)	
		(BM = 6-9)		(BM = 30)		(BM = 10)	
		Uji Awal	Uji Akhir	Uji Awal	Uji Akhir	Uji Awal	Uji Akhir
1:1	CW A1		7,6		35,67		25,53
1:2	CW A2	8,7	7,36	4041,64	172,23	104,84	91,04
1:3	CW A3		7,25		48,25		31,3
1:1	CW A2		7,35		43,4		113,86
1:2	CW B2	8,7	7,28	4041,64	53,1	104,84	30,36
1:3	CW C2		7,17		17,25		23,35

Sumber : Hasil Laboratorium, 2021

Berdasarkan Tabel 3.4 terjadi netralisasi kadar pH setelah dilakukan eksperimen menggunakan *constructed wetland* yang diberikan sistem aerasi dengan perbandingan waktu aerasi 1 jam : 2 jam dan 1 jam : 4 jam. Media tanam *biochar* dan tanah menggunakan perbandingan 1:1, 1:2, 1:3 dan sisanya merupakan kerikil. Tabel diatas menunjukkan adanya netralisasi pH dengan hasil uji awal 8.70. Kemudian dilakukan eksperimen dengan komposisi *biochar*: tanah yaitu 1:1, 1:2, 1:3 menggunakan waktu aerasi 1 jam: 2 jam didapatkan hasil uji akhir pH 7.60, 7.36 dan 7.25. Pada variasi komposisi *biochar* yang sama namun waktu aerasi yang berbeda yaitu 1 jam : 4 jam memiliki hasil uji akhir 7.35, 7.28, 7.17. Netralisasi kadar pH terbaik terjadi pada reaktor CW C3 dengan nilai uji akhir 7.17 mg/l. Keseluruhan variasi uji telah memenuhi

standar PermenLHK No.P 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.

Pada Tabel 3.4 tersebut menunjukkan terjadi penurunan konsentrasi BOD₅ pada tiap variasi penelitian. Hasil eksperimen dengan variasi komposisi *biochar*:tanah yaitu 1:1, 1:2, 1:3 menggunakan variasi waktu 1 jam : 2 jam dapat menurunkan konsentrasi BOD₅ menjadi 35.67 mg/l, 172.23 mg/l, 48,25 mg/l. Pada variasi komposisi *biochar* yang sama dengan variasi waktu 1 jam : 4 jam menurunkan parameter BOD₅ menjadi 43.40 mg/l, 53.10 mg/l, 17.25 mg/l.

Pada penurunan konsentrasi amoniak pada terjadi penurunan tiap variasi penelitian. Hasil eksperimen dengan variasi komposisi *biochar* : tanah yaitu 1:1, 1:2, 1:3 menggunakan variasi waktu 1 jam : 2 jam menurunkan konsentrasi amoniak menjadi 25.53 mg/l, 91.04 mg/l, 31.30 mg/l. Pada variasi komposisi *biochar* yang sama dengan variasi waktu yaitu 1 jam : 4 jam dengan reaktor CW B1 dan C2 menurunkan konsentrasi amoniak menjadi 30.36 mg/l dan 23.35. Namun, pada reaktor CW A2 mengalami kenaikan kadar amoniak sebesar 113.86 mg/l sehingga tidak terdapat efisiensi penurunan pada parameter tersebut. Hal ini dikarenakan, penggunaan aerasi yang berlebih dapat mengganggu aerob dan aerob yang terjadi pada proses nitrifikasi dan denitrifikasi.

3.2.4 Hasil Efisiensi Penyisihan Pada Reaktor Uji

Hasil efisiensi penyisihan reaktor uji pada konsentrasi BOD₅ dan amoniak terdapat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Hasil Efisiensi Penyisihan

Reaktor	Uji Awal		Uji Akhir		Penyisihan (%)	
	BOD ₅ (mg/l)	Amoniak (mg/l)	BOD ₅ (mg/l)	Amoniak (mg/l)	BOD ₅	Amoniak
CW A1			35.67	25.53	99,11%	75,18%
CW B1	4041.64	104.84	172.23	91.04	95,73%	13,16%
CW C1			48,25	31,30	98,90%	70,33%
CW A2			43.40	113.86	89,25%	-8,60%
CW B2	4041.64	104.84	53.10	30.36	98,68	71,04%
CW C2			17,25	23.35	99,57%	77,26%

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.5 diketahui bahwa efisiensi penyisihan konsentrasi BOD₅ tertinggi terjadi pada reaktor CW C2 menghasilkan penyisihan sebesar 99,57 %. Reaktor CW C2 menggunakan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dan perbandingan media tanam 1:3. Hal ini membuktikan bahwa reaktor dengan waktu

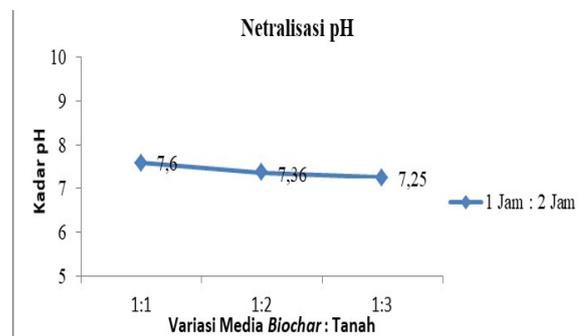
aerasi 1 jam : 4 jam dan perbandingan media tanam 1:3 sangat efektif dalam menurunkan konsentrasi BOD₅ dalam air limbah.

Efisiensi penyisihan tertinggi konsentrasi amoniak terjadi pada reaktor CW C2 dengan penyisihan sebesar 77,26%. Penggunaan aerasi 1 jam : 4 jam dengan perbandingan media tanam 1:3 dinilai sangat efektif dalam menurunkan konsentrasi amoniak dalam air limbah domestik. pada reaktor CW A2 tidak dihasilkan efisiensi penyisihan karena terdapat peningkatan konsentrasi pada uji akhir.

3.2.5 Pengaruh Variasi *Biochar* dan Waktu Aerasi Pada Media Tanam *Constructed Wetland*

1. pH

Untuk mengetahui pengaruh variasi dan komposisi media tanam dalam netralisasi pH digunakan variasi waktu aerasi 1 jam : 2 jam dengan perbandingan media tanam 1:1, 1:2 dan 1:3. Grafik netralisasi parameter pH dengan variasi aerasi 1 jam : 2 jam dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut :

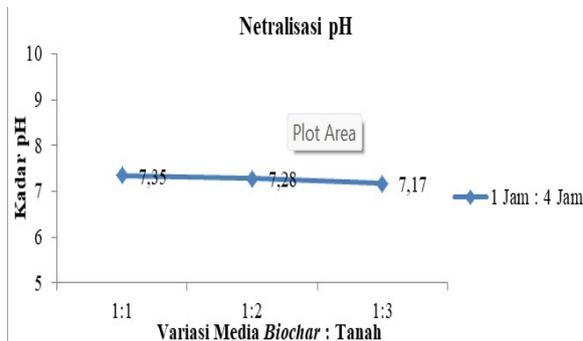


Gambar 3.1 Waktu Aerasi 1 jam : 2 Jam pada Netralisasi pH

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa netralisasi pH cukup baik dari ke-3 variasi media tanam dimana kadar pH memenuhi standar PermenLHK No.P 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Netralisasi pH terbaik terjadi pada sampel CW C1 yaitu 7.25. Dosis *biochar* sangat menentukan kualitas air limbah yang akan diturunkan.

Dosis yang terlalu sedikit akan menyebabkan banyak adsorbat yang belum terperangkap oleh kandungan karbon, sebaliknya dosis yang terlalu banyak akan mempengaruhi mutu air limbah ditinjau dari partikel yang tersuspensi. Terlihat pada grafik diatas bahwa netralisasi pH makin menurun seiring dengan berkurangnya kandungan

biochar. Kemudian pada grafik netralisasi Ph dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dapat dilihat hasil sebagai berikut :



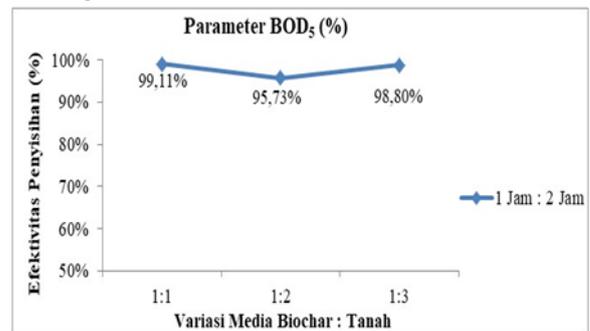
Gambar 3.2 Waktu Aerasi 1 Jam : 4 Jam Pada Netralisasi pH

Menunjukkan hasil yang lebih baik dari pada waktu aerasi 1 jam : 2 jam. Konsentrasi awal parameter pH adalah basa yaitu 8,70. Ion hidroksida (OH⁻) yang lebih besar dari ion hidrogen (H⁺) menjadi penyebab kebasahan pada air limbah. Penggunaan *biochar* membantu menyerap dan mengikat ion hidroksida (OH⁻) sehingga konsentrasi ion hidroksida (OH⁻) seimbang dengan ion hidrogen (H⁺) menjadi netral yaitu 7. Namun, terlihat pada grafik penggunaan *biochar* yang lebih sedikit lebih optimal dalam menetralsasi pH pada air limbah. Hal ini dijelaskan oleh (Nilson & DiGiano, 1996), bahwa karbon aktif tidak mereduksi komponen organik dengan keseluruhan medianya setelah komponen organik terserap, karbon mencapai titik jenuh maka penambahan kandungan *biochar* tidak akan secara signifikan meningkatkan efisiensi penyisihan oleh karbon dan meninggalkan komponen organik yang tersisa.

Netralisasi pH dipengaruhi oleh waktu aerasi yang diberikan. Waktu aerasi 1 jam : 4 jam dinilai memberikan netralisasi pH terbaik dikarenakan sedikit kontak aerasi yang diberikan membuat tidak terlalu banyak *biochar* yang mengambang diatas permukaan sehingga penyerapan adsorbat lebih optimal. Faktor lain netralisasi nilai pH menjadi netral adalah proses fotosintesis pada tanaman dan peran mikroorganismenya. Mikroorganismenya yang ada pada membantu mengurai bahan organik sehingga membantu menurunkan konsentrasi pencemar air limbah. Secara keseluruhan masing-masing reaktor dengan pemakaian aerasi dan *biochar* membuktikan bahwa reaktor efektif dalam menetralkan konsentrasi pH pada air limbah domestik.

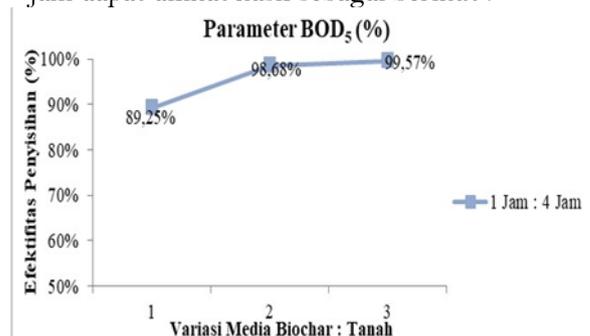
2. BOD₅ (*Biological Oxygen Demand*)

Untuk mengetahui pengaruh variasi dan komposisi media tanam dalam efektivitas penyisihan BOD₅ digunakan variasi waktu aerasi 1 jam : 2 dengan perbandingan media tanam 1:1, 1:2 dan 1:3. Grafik penyisihan pada parameter BOD₅ dapat dilihat pada Gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3 Waktu Aerasi 1 Jam : 2 Jam Pada Penyisihan BOD

Pada Gambar 3.3 efektivitas penyisihan parameter BOD₅ tertinggi terjadi sampel CW A1 dengan waktu aerasi 1 Jam : 2 Jam dan penggunaan media tanam 1:3 sebesar 99,11 %. Dari hasil penelitian diketahui, terjadi penurunan efisiensi BOD₅ pada variasi media 1:2 menjadi 95,73 % sehingga efektivitas penyisihan BOD₅ menurun kemudian kembali terjadi kenaikan efektivitas pada variasi media tanam 1 :3 menjadi 98,80 %. Kemudian pada grafik penyisihan dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dapat dilihat hasil sebagai berikut :



Gambar 3.4 Waktu Aerasi 1 Jam : 4 Jam pada Penyisihan BOD₅

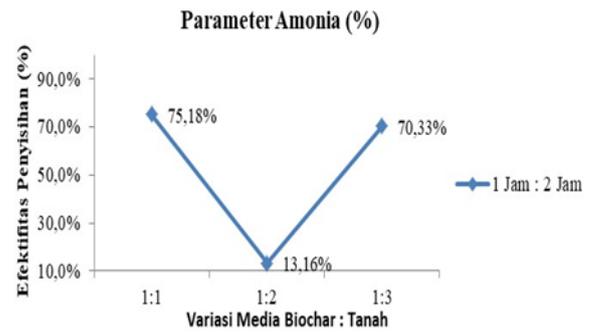
Dalam proses pengolahan air limbah secara biologis terjadi proses penyisihan secara anaerobik dan aerobik. Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa sedikit waktu kontak aerasi (aerobik) yang diberikan pada reaktor memberikan hasil lebih optimal. Hal ini terlihat pada waktu aerasi 1 jam : 2 jam, efisiensi penyisihan BOD₅ paling tinggi mencapai 99,11

%, namun terjadi penurunan efisiensi BOD₅ pada variasi media 1:2 menjadi 95,73 % sehingga efektivitas penyisihan BOD₅ Menurun. Hal ini disebabkan karena kontak aerasi yang berlebihan pada reaktor menyebabkan terganggunya proses anaerobik sehingga hasil uji menjadi tidak stabil. Pada waktu kontak aerasi 1 jam : 4 jam efisiensi penyisihan mencapai 99,57% pada variasi media 1:3. Waktu kontak aerasi yang lebih sedikit memberikan waktu terjadinya fase anaerobik yang lebih lama sehingga penyisihan senyawa secara anaerobik lebih optimal. Pada kondisi anaerobik beban pengolahan limbah masih sangat besar dan senyawa organik yang terkandung di dalam air limbah didegradasi secara mikrobiologis menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Berbeda dengan proses anaerobik, proses aerobik lebih sederhana dengan melanjutkan upaya untuk mendegradasi senyawa organik dan membantu menghilangkan bau pada air limbah dan menyisihkan sisa polutan organik yang belum terdegradasi lewat proses anaerobik. Hal ini membuktikan bahwa proses anaerobik memberikan kontribusi lebih besar dalam penurunan BOD₅ dibandingkan proses anaerobik. Penggunaan media tanam *biochar* : tanah dengan perbandingan 1:3 memberikan efektivitas penyisihan BOD₅ tertinggi dikarenakan penggunaan media *biochar* yang berlebihan dapat menghambat penyerapan pencemar BOD₅ pada *biochar* dan tercapainya titik jenuh adsorben dalam proses adsorpsi. Sehingga penggunaan *biochar* 1:3 lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan *biochar* 1:1 dan 1:2. Media kerikil pada dasar reaktor mengikat dan mengendapkan material partikulat. Tanaman keladi berfungsi mensuplai oksigen melalui proses fotosintesis yang digunakan untuk respirasi mikroorganismenya. Mikroorganismenya membantu menguraikan partikel organik dalam reaktor.

3. Amoniak (NH₃)

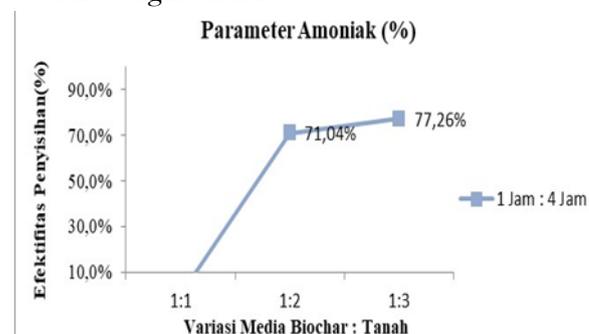
Diketahui Efektivitas penyisihan amoniak pada variasi waktu aerasi 1 jam : 2 jam dengan perbandingan media tanam 1:1, 1:2 dan 1:3



Gambar 3.5 Variasi 1 Jam : 2 Jam pada Penyisihan Amoniak

Pada Gambar 3.5 efektivitas penyisihan konsentrasi amoniak tertinggi terjadi pada sampel CW C1 dengan waktu aerasi 1 jam : 2 jam dan penggunaan media tanam 1:1 sebesar 75,18 %. Namun terjadi penurunan efektivitas penyisihan pada media tanam 1:2 menjadi 13,16% dan terjadi kenaikan kembali efektivitas pada media tanam 1:3 sebesar 70,33%. Penyebab tidak stabilnya hasil uji penurunan amoniak pada waktu aerasi 1 jam : 2 jam pada media tanam 1:2 dikarenakan adanya proses denitrifikasi dan nitrifikasi.

Denitrifikasi adalah proses reduksi nitrat hingga menjadi gas nitrogen yang dilepas ke udara. Proses denitrifikasi ini terjadi dalam keadaan tidak ada oksigen (anaerobik). Apabila tersedia oksigen, proses denitrifikasi tidak dapat berlangsung lancar. Maka, apabila pada reaktor diberikan aerasi yang berlebihan proses denitrifikasi akan terganggu mengakibatkan penyisihan amoniak menjadi tidak stabil. Kemudian pada grafik penyisihan amoniak dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dapat dilihat hasil sebagai berikut :



Gambar 3.6 Variasi 1 Jam : 4 Jam pada Penyisihan Amoniak

Efektivitas penyisihan konsentrasi amoniak tertinggi terjadi pada sampel CW C2 dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dan penggunaan media tanam 1:3 sebesar 77,26 %. Hasil

efektivitas tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penyisihan pada waktu aerasi 1 jam : 2 jam. Hal ini dikarenakan waktu aerasi 1 jam : 4 jam menciptakan kondisi aerobik dan anaerobik untuk proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang maksimal. Proses nitrifikasi terjadi dalam keadaan tersedia oksigen (aerobik) karena bakteri nitrifikasi yaitu *nitrosomonas* dan *nitrobacter* membutuhkan oksigen. Amoniak diubah menjadi nitrit pada proses nitrifikasi kemudian nitrit diubah menjadi nitrat.

Pada dasarnya oksigen sudah disuplai dari akar tanaman sebagai hasil fotosintesis. Penambahan aerasi (O_2) yang berlebih menyebabkan kondisi reaktor menjadi aerob, sehingga kondisi anaerob sulit terbentuk. Ini menyebabkan penyisihan senyawa organik air limbah yang terjadi secara anaerob menjadi lebih kecil. Hal ini yang menyebabkan reaktor dengan waktu aerasi 1 jam : 4 jam dapat menyisihkan parameter air limbah lebih baik dibandingkan waktu aerasi 1 jam : 2 jam.

Efisiensi penurunan amoniak pada waktu aerasi 1 jam : 4 jam dengan penggunaan media tanam 1:3 menghasilkan efektifitas penyisihan tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pemakaian *biochar* yang lebih sedikit (1:3) menghasilkan penurunan yang lebih optimal dibandingkan pemakaian *biochar* 1:1 dan 1:2. *Biochar* memiliki kandungan karbon, dimana karbon memiliki kemampuan adsorpsi yang baik pada air limbah dan berperan sebagai adsorben. Namun, apabila pemakaian *biochar* yang terlalu banyak dapat mengakibatkan menurunnya kualitas penyisihan pada reaktor. Terjadinya penurunan ini kemungkinan karena semakin banyak karbon pada proses adsorpsi maka akan menyebabkan karbon tersebut berdesakan sehingga interaksi antar karbon dengan limbah kurang efektif (Sartika dkk., 2019).

Penurunan parameter amoniak terjadi hampir pada setiap reaktor uji dengan media tanam *biochar* dan aerasi. Namun, pada reaktor CW A1 dengan variasi waktu aerasi 1 jam : 4 dan media tanam 1:1 tidak menunjukkan adanya efektifitas penyisihan (%) karena konsentrasi amoniak lebih tinggi dari konsentrasi awal. Hal ini dikarenakan penggunaan *biochar* dengan jumlah berlebih 1:1

menyebabkan daya serap karbon tidak dapat mengadsorpsi dengan baik.

4. KESIMPULAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penggunaan *biochar* dan aerasi untuk pengolahan limbah domestik pada *constructed wetland* dinilai efektif dalam menurunkan parameter pH, BOD_5 dan amoniak. Penurunan BOD_5 berada dalam rentang hasil uji akhir 89,25 % – 99,57 % dan amoniak -8,60 % – 77,26 % serta netralisasi 7,60-7,17
2. Variasi waktu aerasi dan komposisi *biochar* pada media tanam memberikan pengaruh dalam menurunkan konsentrasi BOD_5 dan amoniak serta dalam menetralkan pH. Variasi media tanam *biochar* : tanah 1:3 lebih optimal pada penyisihan BOD_5 dan amoniak daripada variasi 1:1 dan 1:2. Reaktor dengan variasi waktu aerasi 1 jam : 4 jam lebih optimal daripada 1 jam : 2 jam. Hal ini menunjukkan bahwa aerasi dan *biochar* memberikan pengaruh pada penyisihan BOD_5 dan amoniak. Jumlah *biochar* dan waktu aerasi yang lebih sedikit sudah cukup optimal

4.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai proses aerob dan anaerob yang terjadi di dalam reaktor *constructed wetland*.

Diperlukan penelitian lebih lanjut pada parameter lain yang terkandung dalam air limbah domestik untuk menguji kemampuan penyisihan

Bagian simpulan bukan merupakan keharusan. Meskipun suatu simpulan dapat memberikan gambaran mengenai intisari artikel Anda, jangan menduplikasi abstrak sebagai simpulan Anda. Sebuah simpulan dapat menekankan pada pentingnya penelitian yang Anda lakukan atau saran pengembangan penelitian selanjutnya yang dapat dikerjakan.

- G. Eason, B. Noble, dan I.N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, hal. 529-551, April 1955.
- I.S. Jacobs dan C.P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G.T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, hal. 271-350.
- J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, hal.68-73.
- K. Elissa, "Title of paper if known," belum terbit.
- M. Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," *J. Name Stand. Abbrev.*, proses cetak.
- Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, dan Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," *IEEE Transl. J. Magn. Japan*, vol. 2, hal. 740-741, Agustus 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, hal. 301, 1982].