

PENYISIHAN COD PADA LIMBAH CAIR RUMAH POTONG HEWAN MARTAPURA DENGAN SISTEM LAHAN BASAH BUATAN ALIRAN HORIZONTAL BAWAH PERMUKAAN MENGGUNAKAN TANAMAN *CYPERUS ALTERNIFOLIUS* DAN *CANNA INDICA*

DESTY TRIANA WULANDARI¹, NOPI STIYATI PRIHATINI¹, RD. INDAH NIRTHA NILAWATI¹

1. Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Jalan A.Yani Km 36, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, 70714, Indonesia
Email: ns.prihatini@ulm.ac.id

ABSTRAK

*Kegiatan Rumah Potong Hewan (RPH) banyak menghasilkan limbah cair yang tergolong limbah cair kompleks karena mengandung kontaminan seperti padatan tersuspensi, zat organik, dan bahan koloid yakni darah, protein, lemak dengan konsentrasi tinggi sehingga apabila pengolahan limbah cair kurang sempurna dapat berpotensi sebagai pencemar lingkungan serta terganggunya kesehatan bagi masyarakat. RPH Martapura menggunakan bak-bak sedimentasi dalam pengolahan air limbah dengan rata-rata konsentrasi COD sebesar 2.470,86 mg/L. Hasil tersebut belum memenuhi Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan RPH sehingga diperlukan penanganan menggunakan teknologi tepat guna yang operasionalnya mudah, desain sederhana dan fleksibel, biaya operasi serta perawatan yang murah yaitu dengan sistem Lahan Basah Buatan Aliran Horizontal Bawah Permukaan (LBB-AHBP). LBB-AHBP memanfaatkan sistem alami yang menggabungkan kinerja antara tanaman, media tanam dan mikroba dalam mendegradasi kontaminan limbah cair RPH. Studi ini memiliki tujuan yakni memahami efisiensi sistem LBB-AHBP dengan tanaman *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica* dalam menyisihkan konsentrasi COD pada limbah cair RPH Martapura. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium menggunakan 5 buah reaktor berdimensi 90cm x 30cm x 45cm dengan aliran kontinyu selama 21 hari. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata efisiensi penyisihan COD dengan tanaman *Cyperus alternifolius* sebesar 92,47% serta dengan tanaman *Canna indica* sebesar 85,27%.*

Kata kunci: *Canna indica, Cyperus alternifolius, Lahan basah buatan aliran horizontal bawah permukaan, Limbah cair rumah potong hewan.*

ABSTRACT

*Slaughterhouse wastewater activities produce a lot of wastewater classified as complex wastewater because it contain contaminants such as suspended solid, organic substance, and colloidal material like blood, protein, and fat with high concentration so that if the treatment of wastewater not complete can potentially as environmental polluters and disruption of public health. Martapura slaughterhouse wastewater uses sedimentation basins for the treatment with average concentration of COD is 2470.86 mg/L. That result above the quality standard based on the environment minister's regulation No. 5 year 2014 so need appropriate technology treatment that is easy to operate, simple and flexible design, cheap of cost operation and maintenance by using subsurface horizontal flow constructed wetland (SSHFW). SSHFW utilize naturally process combine the performance of plants, media and microorganisms for degrade contaminant in slaughterhouse wastewater. This study aims to understand the efficiency of SSHFW system with *Cyperus alternifolius* and *Canna indica* in removal COD on the Martapura slaughterhouse wastewater. The research was conducted on a laboratory scale using 5 reactor dimension 90cm x 30cm x 45cm with continuous flow for 21 days. The results showed the average removal of COD with *Cyperus alternifolius* is 92.47% and with *Canna indica* is 85.27%.*

Keywords: *Canna indica, Cyperus alternifolius, Slaughterhouse wastewater, Subsurface horizontal flow constructed wetlands.*

1. PENDAHULUAN

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan Rumah Potong Hewan (RPH) tergolong limbah cair kompleks sehingga berpotensi sebagai pencemar lingkungan, tempat pertumbuhan serta perkembangan mikroba patogen akibat air buangan dari hasil kegiatan ini memiliki konsentrasi kontaminan yang tinggi daripada air buangan domestik. Efluen dari kegiatan RPH memiliki kandungan zat organik terlarut kurang lebih sebesar 45% dan padatan tersuspensi (*suspended solid*) 55% dari padatan yang dapat disaring. Limbah cair terbesar yang dihasilkan dari kegiatan RPH adalah darah dan kotoran dari hasil kegiatan pemotongan dan pembersihan operasional yang dilakukan. Darah pemotongan ternak dapat menghasilkan beban COD sebesar 218.300 mg/L sedangkan kotorannya dari isi perut dan isi rumen dapat menghasilkan beban COD sebesar 177.300 mg/L. Darah hasil pemotongan ternak dapat meningkatkan kandungan padatan tersuspensi, *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) (Sari, dkk., 2018).

Kandungan bahan organik yang tinggi dalam suatu perairan dapat menyebabkan oksigen terombak menjadi karbondioksida dan air serta menjadi sumber makanan untuk pertumbuhan mikroba patogen mengakibatkan berkurangnya oksigen (O₂) terlarut dalam air yang dapat merusak kehidupan makhluk hidup perairan (Masturah, dkk., 2014). Banyaknya bahan organik menyebabkan tingginya konsumsi oksigen terlarut sehingga menimbulkan bau busuk, defisit oksigen untuk makhluk hidup diperaian, konsentrasi COD pada limbah cair menjadi tinggi serta warna air menjadi keruh yang mengindikasikan bahwa konsentrasi TSS tinggi pada limbah cair tersebut (Nirmala & Naniek, 2019). Apabila tidak ditangani dengan benar akan mengakibatkan berkembangnya bakteri patogen penyebab berbagai macam penyakit bagi masyarakat dan berpotensi sebagai pencemar yang dapat merusak ekosistem lingkungan.

RPH Martapura memiliki rata-rata konsentrasi COD yaitu 2470,86 mg/L yang melebihi baku mutu air limbah untuk kegiatan RPH menurut PerMen LH No. 5 Tahun 2014 sehingga diperlukan penanganan lebih lanjut. Lahan basah buatan (*constructed wetlands*) dalam memulihkan kualitas air menggunakan teknik mencontoh sistem alam yang kontaminan pada limbah cair dipisahkan melalui proses fisik, kimia, dan biologi menggabungkan kinerja antara tanaman, media dan mikroorganisme (Qomariyah, dkk., 2017). Hal tersebut adalah opsi pengolahan limbah cair bagi negara berkembang dari segi biaya dengan desain sederhana, fleksibel, serta operasi dan perawatan yang tergolong mudah (Vymazal, 2005). Pengaplikasian teknologi lahan basah buatan memang masih tergolong baru dalam pengolahan air limbah rumah potong hewan di Kalimantan Selatan. Namun Kalimantan Selatan merupakan wilayah yang banyak terdapat lahan basah alami (rawa) sehingga lahan basah buatan memiliki potensi besar untuk diaplikasikan pada pengolahan air limbah RPH di Kalimantan Selatan.

Tanaman *Cyperus alternifolius* adalah tanaman dari famili *Cyperaceae* yang tumbuh didaerah tropis maupun sub tropis membentuk rumpun, memiliki tinggi 1-2 m, tulang daun sejajar dengan panjang 15-40 cm dan lebar 1,3 cm, batangnya berongga tanpa percabangan, berbentuk triangular, dilengkapi dengan bractea (daun pelindung) yang menjuntai mirip payung berjumlah sekitar 10-25 helai, sehingga dikenal dengan nama *umbrella plant* atau *umbrella palm* (Fauzi & Mardyanto, 2016). Tanaman *Canna indica* adalah tanaman tropis dari famili Cannaceae, ukurannya besar, tegak, dengan tinggi 1-2 m. Daunnya besar dengan panjang 10-30 cm dan lebar 10 - 20 cm, menyirip jelas dengan warnanya hijau atau merah tengguli. Bunganya besar dengan warna-warna cerah, seperti merah, kuning, dan merah muda yang tersusun dalam bentuk tandan. Tanaman ini dikenal dengan nama Bunga Kana (Winursita & Mangkoediharjo, 2013). Tanaman *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica*

digunakan karena merupakan tanaman yang memiliki kemampuan adaptasi yang baik, daya tahan tinggi yang membuat tidak mudah stres terhadap kandungan polutan sehingga tanaman tidak mudah mati, minim resiko tumbuhnya rumput yang bersifat parasit dan mempunyai substrat yang tebal pada akar tanaman yang dapat menghasilkan oksigen untuk mikroorganisme dalam mengurai bahan organik sehingga *effluent* COD semakin rendah maka penyerapan polutan semakin besar (Latune dkk., 2017). Selain itu, *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica* merupakan tanaman hias sehingga menambah nilai estetika di lingkungan (Darmawati, 2018). Penelitian Purwati & Surachman (2007) dengan media campuran tanah pasir 1:1 didapat efisiensi LBB-AHBP terhadap COD lebih tinggi yaitu 85,01% daripada lahan basah buatan aliran vertikal bawah permukaan (LBB-AVBP). Aliran yang digunakan adalah sistem kontinyu karena pola aliran yang lebih efektif dibandingkan sistem *batch* (Artiyani, 2011). Aliran kontinyu adalah air limbah yang mengalir secara terus menerus ke sistem LBB untuk diolah (Prihatini, dkk., 2015). Penggunaan LBB-AHBP untuk mengolah air limbah RPH dengan tanaman *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica* belum ada penelitian sebelumnya sehingga perlu untuk dilakukan.

2. METODE

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari bulan April-Mei 2020. Sampel air limbah RPH berasal dari Rumah Potong Hewan Martapura, Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan. *Greenhouse* Fakultas Kehutanan ULM Banjarbaru sebagai tempat aklimatisasi tanaman *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica* serta pengujian reaktor lahan basah buatan aliran horizontal bawah permukaan. Laboratorium Kualitas Air dan Hirdo-Bioekologi, Fakultas Perikanan dan Kelautan ULM Banjarbaru sebagai tempat pengujian konsentrasi COD.

2.2 Alat dan Bahan

- a. Alat yang digunakan yaitu reaktor penelitian sebanyak 5 buah berbahan kayu dengan dimensi 90 cm x 30 cm x 45 cm berdasarkan kriteria desain menurut Wood (1990) dengan kapasitas 81 L, plastik dengan ukuran 2 m x 1 m untuk tiap reaktor, jerigen penampung limbah cair RPH kapasitas 30 liter sebanyak 21 buah, drum plastik dengan kapasitas 150 liter sebanyak 2 buah sebagai bak penampung dan bak stabilisasi, drum dengan kapasitas 45 liter sebanyak 1 buah sebagai bak penampung limpasan, pipa PVC Ø 1/2 inch sebagai pipa *inlet* dan *outlet*, pipa L, lem pipa, selotip pipa, keran, kawat, gelas ukur sebagai alat pengatur debit, kain kasa untuk menutupi pipa outlet tidak terjadi penyumbatan, botol sampel, 1 buah timbangan untuk menimbang berat tanaman dan media.
- b. Bahan yang digunakan yaitu air limbah dari Rumah Potong Hewan Martapura, Kabupaten Banjar, media berupa tanah, kerikil, pasir, tanaman *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica*, serta bahan kimia untuk analisis konsentrasi COD.

2.3 Tahap Penelitian

- a. Penelitian ini menggunakan rangkaian 5 buah reaktor LBB-AHBP berbahan dasar kayu yang dilapisi plastik dengan ukuran setiap reaktornya yaitu 90 cm x 30 cm x 45 cm (Wood, 1990), 1 reaktor sebagai bak kontrol, 2 reaktor ditanami *Cyperus alternifolius* dengan 1 reaktor berfungsi sebagai pengulangan, sedangkan 2 reaktor lain akan ditanami *Canna indica* dengan 1 reaktor berfungsi sebagai pengulangan.
- b. Pensiapan media tanam berupa campuran tanah dan pasir berbanding 1:1 (Wibowo dkk., 2014) diisi pada masing-masing bak reaktor sampai mencapai ketinggian 30 cm (± 120 kg) (Crites & Tchobanoglous, 1998). Kerikil yang digunakan berukuran rata-rata 10-25 mm (Anggraeni et al., 2013) diletakkan pada lapisan sesudah inlet dan lapisan

- sebelum outlet pada reaktor untuk mencegah penyumbatan pada pipa outlet dengan ketebalan masing-masing 5 cm (± 30 kg).
- Persiapan Tanaman *Cyperus alternifolius* dan *Canna indica* untuk masing-masing reaktor dengan berat tanaman 800 gram (Prawira dkk., 2015), tinggi tanaman ± 50 cm, dan jarak penanaman adalah 10 cm x 10 cm (Hidayah & Aditya, 2010).
 - Media dan tanaman dalam reaktor LBB-AHBP di aklimatisasi selama 5 hari (Noor, 2018) dengan cara memberikan air limbah RPH secara bertahap yaitu dengan konsentrasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% (Rahmadyanti & Audina, 2020). Aklimatisasi dilakukan agar tanaman dapat beradaptasi dengan kandungan kontaminan yang terdapat pada air limbah ditandai dengan kondisi tanaman yang tidak layu dan kering (Nahdah, 2019).
 - Reaktor dialiri air limbah RPH dengan aliran horizontal bawah permukaan secara kontinyu selama 21 hari dengan pengambilan sampel pada inlet dan outlet reaktor setiap 7 hari sekali yaitu hari ke-7, 14, dan 21 setelah media dan tanaman diaklimatisasi. Kemudian konsentrasi COD diuji dengan metode titrasi refluks tertutup di Laboratorium Kualitas Air dan Hirdo-Bioekologi, Fakultas Perikanan dan Kelautan ULM Banjarbaru. Selanjutnya, kualitas hasil pengolahan LBB-AHBP dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan RPH. Susunan reaktor LBB-AHBP dapat dilihat pada **Gambar 1**.
 - Analisis hasil untuk mengetahui efisiensi penyisihan konsentrasi COD digunakan rumus:

$$E = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan:

E = Persen penurunan (%)

C_0 = Kadar Senyawa Organik awal (mg/l)

C_e = Kadar Senyawa Organik akhir (mg/l)

(Sumber: Supaporn, 2017)



Gambar 1. Susunan Reaktor LBB-AHBP

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Uji Karakteristik Limbah Cair RPH Martapura

Uji karakteristik awal limbah dilakukan agar mendapati besarnya konsentrasi parameter kontaminan limbah cair RPH Martapura dan untuk menghitung rasio BOD/COD sehingga diketahui biodegradabilitas limbah yang tertera pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Analisis Uji Karakteristik Limbah RPH Sebelum diolah dengan Sistem LBB-AHBP

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu*
1.	pH	-	7,9	6-9
2.	BOD	mg/L	1.366,67	100
3.	COD	mg/L	2.521,03	200
4.	TSS	mg/L	2.228	100
5.	Fosfat	mg/L	4,40	0,2**

*Baku Mutu Limbah Cair Kegiatan Rumah Pemotongan Hewan Berdasarkan PerMen LH No. 5 Tahun 2014

**Kriteria mutu air kelas IV dalam Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001

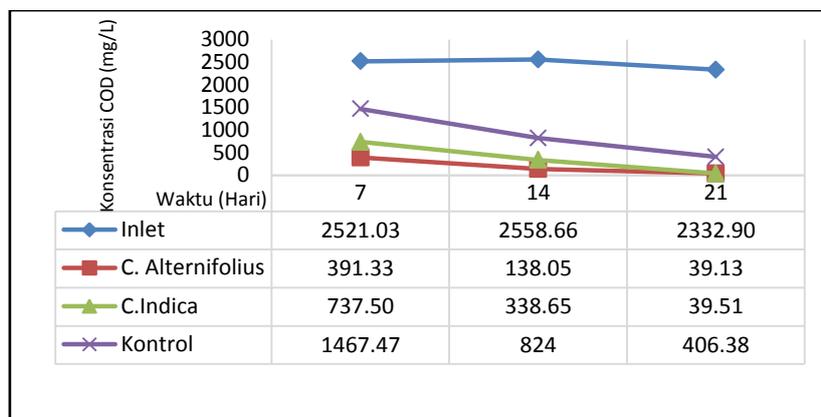
Menurut analisis uji karakteristik awal didapatkan parameter kontaminan COD limbah RPH Martapura bernilai 2521,03 mg/L yang melebihi PerMen LH No. 5 Tahun 2014. Rasio BOD/COD didapatkan sebesar 0,54 maka air limbah tersebut dapat diolah dengan melibatkan proses biologi. Nilai rasio BOD/COD diantara 0,4-0,8 mg/L pada limbah cair dapat ditangani dengan pengolahan biologi karena limbah cair tersebut memiliki karakteristik yang *biodegradable* (Tazkiaturrizki, 2016). Salah satu pengolahan biologi yang direkomendasikan adalah menggunakan sistem lahan basah buatan aliran horizontal bawah permukaan yang memanfaatkan sistem biologi alami menggabungkan kinerja berbagai makhluk hidup.

3.2 Efisiensi Sistem LBB-AHBP Terhadap Parameter COD

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan besarnya oksigen yang diperlukan dalam mengoksidasi semua zat organik baik yang mudah terurai maupun sulit terurai pada limbah cair secara kimia atau total oksigen yang dibutuhkan sehingga bahan buangan pada perairan tercemar mampu teroksidasi dengan reaksi kimia (Darmawati, 2018). Besarnya nilai COD menunjukkan keberadaan bahan pencemar organik dan mikroorganisme yang sangat banyak di dalam air. Tingginya nilai COD dipengaruhi oleh tingginya bahan organik dan banyaknya mikroba pada limbah yang mengakibatkan oksigen terlarut dalam air sangat rendah (Hariyanti, 2016). Menurut pengkajian terdapat penurunan konsentrasi COD setelah diolah pada sistem LBB-AHBP jika dibandingkan sebelum diolah dengan sistem LBB-AHBP.

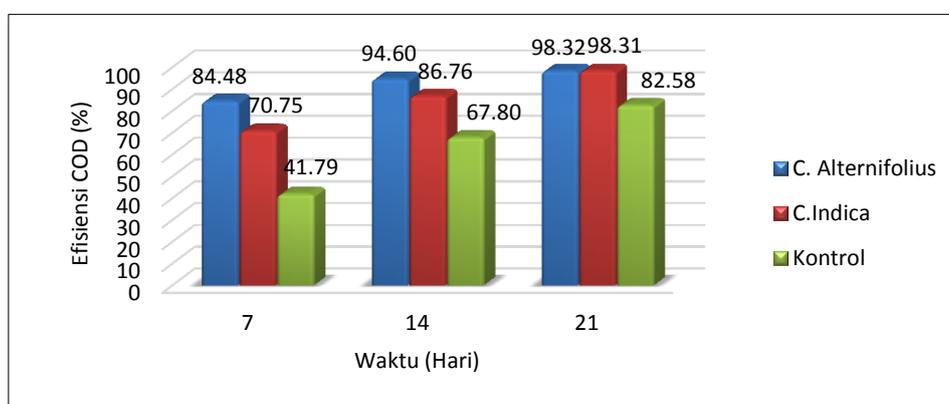
Pada **Gambar 2.** menunjukkan konsentrasi COD pada semua reaktor selama 21 hari penelitian selalu mengalami penurunan. Konsentrasi COD semua reaktor tertinggi pada hari ke 7, terendah pada hari ke 21 dan telah memenuhi baku mutu menurut PerMen LH No. 5 Tahun 2014 yaitu 200 mg/L untuk reaktor dengan tanaman. Konsentrasi COD terendah dengan tanaman *Cyperus alternifolius* adalah 39,13 mg/L, dengan tanaman *Canna indica* adalah 39,51 mg/L, dan kontrol (tanpa tanaman) adalah 406,38 mg/L sedangkan konsentrasi COD tertinggi dengan tanaman *C. Alternifolius* adalah 391,33 mg/L, tanaman *C. Indica* adalah 737,50 mg/L, dan kontrol (tanpa tanaman) adalah 1467,47 mg/L. Penurunan konsentrasi bahan pencemar pada air limbah dalam sistem LBB-AHBP terjadi karena adanya proses fisik, kimia, dan biologi yang menggabungkan kinerja antara tanaman, media dan mikroorganisme (Prihatini, dkk., 2020). Proses fisik mampu mendegradasi konsentrasi COD solid sedangkan COD terlarut mampu didegradasi melalui proses kimia dan biologi dengan aktivitas makhluk hidup baik mikroba maupun tanaman. Zat organik pada limbah cair dirombak oleh mikroba yang ada di akar tanaman dan di media tanam menjadi senyawa terlarut sederhana yang tidak berbahaya dan diserap oleh tanaman sebagai nutrisi atau sumber makanan bagi tanaman tersebut, sedangkan perakaran tanaman memproduksi

oksigen guna menjadi sumber energi penunjang kehidupan mikroorganisme dalam melakukan rangkaian proses metabolismenya (Hidayah & Aditya, 2010).



Gambar 2. Grafik Konsentrasi COD pada effluent LBB-AHBP

Penyisihan konsentrasi COD selain disebabkan karena kerjasama antara tumbuhan dan mikroba juga disebabkan oleh media yang digunakan yaitu perbandingan tanah pasir 1:1 yang mengkombinasikan kelebihan masing-masing media tersebut. Tanah memiliki struktur yang gembur, daya serap air yang baik serta mengandung unsur hara dan mineral yang sangat banyak sehingga menjadi kondisi ideal untuk pertumbuhan tanaman dan pasir mempunyai kapasitas aerasi yang baik karena porositas besar sehingga memperkecil resiko terjadinya penyumbatan membuat proses filtrasi (penyaringan) COD solid dan proses adsorpsi (penyerapan) COD terlarut menjadi semakin baik (Darmawati, 2018). Berdasarkan konsentrasi COD yang ada dapat ditentukan efisiensi atau persen penyisihan konsentrasi COD untuk masing-masing reaktor disajikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik Efisiensi COD pada Sistem LBB-AHBP

Pada **Gambar 3**, menunjukkan nilai efisiensi penyisihan COD masing-masing reaktor selama penelitian selalu mengalami peningkatan. Reaktor dengan tanaman *C. Alternifolius* memiliki efisiensi yang paling tinggi tiap waktunya dibandingkan dengan tanaman *C. Indica* dan kontrol (tanpa tanaman). Efisiensi tertinggi pada reaktor *C. Alternifolius*, *C. Indica* dan kontrol secara berturut-turut yaitu 98,32%, 98,31%, dan 82,58%. Efisiensi terendah pada reaktor *C. Alternifolius*, *C. Indica* dan kontrol secara berturut-turut yaitu 84,48%, 70,75%, dan 41,79%.

Penyisihan konsentrasi COD pada reaktor yang berisi tanaman lebih baik daripada reaktor kontrol (tanpa tanaman). Hal itu disebabkan karena tanaman berperan dalam penyerapan unsur hara dan penyisihan COD diperlukan peran mikroorganisme. Bakteri aerob yaitu

mikroorganisme yang membutuhkan oksigen dan bakteri anerob yang tidak membutuhkan oksigen berperan dalam penyisihan kandungan kontaminan. Tanaman berfotosintesis menghasilkan oksigen, jika tidak ada tanaman maka tidak ada pula suplai oksigen untuk mikroba aerob tetap hidup sehingga hanya bakteri anaerob yang bekerja mendegradasi bahan organik. Kelemahannya bakteri anaerob memiliki proses tumbuh kembang yang lambat sehingga jumlah mikroorganismenya sedikit maka penyisihan COD pun tidak terlalu tinggi.

Supradata (2005) dalam Nirmala & Naniek (2019) berpendapat besarnya konsentrasi dan lama waktu proses pada lahan basah mempengaruhi efisiensi penyisihan kontaminan pada limbah cair. Hidayah & Aditya (2010) menyatakan besar permeabilitas dan konduktivitas hidrolis media sangat berdampak pada waktu tinggal limbah cair dalam pengolahan. Semakin kecil debit dan lama waktu tinggal maka pendegradasian COD semakin baik. Waktu tinggal yang sempurna menjadi kesempatan untuk terserap oleh tanaman dan menyebar di pori media secara merata sehingga akan kontak bahan organik dengan mikroorganisme maka pendegradasian zat organik dapat berjalan optimal. Waktu kontak yang pendek akan mengakibatkan tidak sempurnanya proses denitrifikasi saat mendegradasi air limbah (Rahmadyanti & Audina, 2020).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan studi ini yakni efisiensi penyisihan COD pada sistem LBB-AHBP menggunakan tanaman *Cyperus alternifolius* lebih tinggi dibandingkan tanaman *Canna indica*. Rata-rata efisiensi penyisihan COD dengan tanaman *C. Alternifolius* sebesar 92,47% dan rata-rata efisiensi penyisihan COD dengan tanaman *C. Indica* sebesar 85,27%.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Allah SWT, orang tua penulis, teman-teman tim penelitian, teman angkatan TL16 (Supplement), dosen dan staff admin Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat yang telah membantu dan mendukung penelitian, serta UPTD Rumah Potong Hewan Martapura Kabupaten Banjar atas pemberian izin pengambilan efluen limbah RPH.

DAFTAR PUSTAKA

- Artiyani, A. (2011). Penurunan Kadar N-Total dan P-Total pada Limbah Cair Tahu dengan Metode Fitoremediasi Aliran Batch dan Kontinyu Menggunakan Tanaman *Hydrilla verticillata*. *Spectra*. Vol.18(IX), 9-14.
- Crites, R. & Tchobanoglous, G. (1998). Small and Decentralized Wastewater Management Systems Wetlands and Aquatic Treatment. McGraw-gill Book. Co-Singapore.
- Darmawati. (2018). Studi Perbandingan Efisiensi Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Horizontal Bawah Permukaan dengan Variasi Tanaman (*Cyperus aslternifolius* & *Canna indica*) Terhadap Parameter BOD dan COD Air Sungai Kemuning Banjarbaru. Tugas Akhir: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.

- Fauzi, M. R. & M. A. Mardiyanto. (2016). Perencanaan Constructed Wetland sebagai Media Reduksi Greywater dan Pengendali Banjir: Studi Kasus Perumahan Sutorejo Indah. *Jurnal Teknik ITS*. Vol.5(2), 162-165.
- Hariyanti, F. (2016). Efektifitas Subsurface Flow-Wetlands dengan Tanaman Eceng Gondok dan Kayu Apu dalam Menurunkan Kadar COD dan TSS pada Limbah Pabrik Saus. Skripsi: Program Studi Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang. Semarang.
- Hidayah, E. N. & W. Aditya. (2010). Potensi dan Pengaruh Tanaman pada Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem Constructed Wetland. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Vol.2(2), 11-18.
- Latune, R. L., O. L. Dauble, N. Fina, S. Peyrat, L. Pelus & P. Molle. (2017). Which Plants Are Needed For A French Vertical-Flow Constructed Wetland Under A Tropical Climate. *Journal Water Science & Technology*. 75(8), 1873-1881.
- Masturah, A., L. Darmayanti & Y. Lilis. (2014). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Alisma Plantago dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetland). *JOMFTEKNIK*. Vol.1(1), 1-11.
- Nahdah, A. (2019). Efektifitas Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Vertikal Bawah Permukaan dengan Tanaman Jeringau (*Acorus Calamus*) dan Tanaman Purun Tikus (*Eleocharis Dulcis*) Dalam Menyisihkan Besi (Fe) di Air Sumur (Studi Kasus : Air Sumur Komplek Perumahan BSD, Desa Malintang, Kecamatan Gambut, Kabupaten Banjar). Skripsi: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Nirmala & Naniek R. J. A. R. (2019). Efektifitas Subsurface Flow Wetlands dengan Tanaman *Canna Indica* dalam Menurunkan Kandungan COD dan TSS Pada Limbah Rumah Potong Hewan (RPH). *Jurnal Envirotek*. Vol.11(1), 46-53.
- Noor, S. (2018). Studi Serapan Besi (Fe) & Mangan (Mn) Oleh Tanaman Hias Bambu Air Dan Iris Kuning Di Lahan Basah Buatan Yang Mengolah Air Sumur (Studi Kasus: Air Sumur Jl. SMK 1 Gambut, Kecamatan Gambut, Kabupaten Banjar). Skripsi: Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Lambung Mangkurat. Banjarbaru.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Kegiatan Rumah Potong Hewan.
- Prawira, J., T. S. Razai & N. William. (2015). Efektivitas Sistem Lahan Basah Buatan sebagai Alternative Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Iris

Penyisihan COD pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan Martapura dengan Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Horizontal Bawah Permukaan Menggunakan Tanaman Cyperus Alternifolius dan Canna Indica

- Pseudoacorus. Skripsi: Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan Universitas Maritime Raja Ali Haji. Tanjungpinang.
- Prihatini, N. S., B. J. Priatmadi, A. Masrevaniah & Soemarno. (2015). Performance of The Horizontal Subsurface-Flow Constructed Wetlands with Different Operational Procedures. *International Journal of Advance in Engineering & Technology*. Vol.7(6), 1620-1629.
- Prihatini, N. S., R. M. Khair, Rd. I. Nirtha & R. F. Tanjung. (2020). Efektivitas Lahan Basah Buatan Aliran Horizontal Bawah Permukaan dengan Tanaman Hias Bambu Air dan Iris Kuning Dalam Menyisihkan Logam Berat Besi dan Mangan Air Sumur. *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*. Vol.5(2), 12-16.
- Purwati, S. & A. Surachman. (2007). Potensi dan Pengaruh Tanaman pada Pengolahan Air Limbah Pulp Dan Kertas dengan Sistem Lahan Basah. *Jurnal BS*. Vol.42(2), 45-53.
- Qomariyah, S., Sobriyah, Koosdaryani, & A. Y. Muttaqien. (2017). Lahan Basah Buatan sebagai Pengolah Limbah Cair dan Penyedia Air Non-Konsumsi. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*. Vol.1(1), 25-32.
- Rahmadyanti E. & O. Audina. (2020). The Performance of Hybrid Constructed Wetland System for Treating the Batik Wastewater. *Journal of Ecological Engineering*. Vol.21(3), 94-103.
- Sari, E. D. A., A. D. Moelyaningrum & P. T. Ningrum. (2018). Kandungan Limbah Cair Berdasarkan Parameter Kimia di Inlet dan Outlet Rumah Potong Hewan (Studi di Rumah Potong Hewan X Kabupaten Jember). *Journal of Health Science and Prevention*. Vol.2(2), 88-94.
- Supaporn S. (2017). Treatment of Piggery wastewater by three grass species growing in a constructed wetlands. *Applied Environmental Research*. Vol.39(1), 75-83.
- Tazkiaturrizki. (2016). Efisiensi Penyisihan Senyawa Karbon Pada Efluen IPAL Bojongsoang dengan Constructed Wetland Tipe Subsurface Horizontal Flow: Studi Potensi Daur Ulang Air Limbah. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(2), 148-154.
- Vymazal, J. (2005). Horizontal Sub-Surface Flow and Hybrid Constructed Wetlands Systems for Wastewater Treatment. *Ecological Engineering*. Vol.25(5), 478-490.
- Wibowo, P. D., R. Purnaini & Y. Fitrianiingsih. (2014). Penyisihan Logam pada Lindi dengan Sistem Sub-Surface Constructed Wetland. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. Vol.2(1), 1-10.

- Winursita, H. & S. Mangkoedihardjo. (2013). Penurunan BOD COD pada Limbah Katering Menggunakan Pengolahan Fisik dan Konstruksi Subsurface-Flow Wetland dengan Tumbuhan Kana (*Canna indica*). *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. Vol.2(1), 1-6.
- Wood, A. (1990). Constructed Wetland For Wastewater Treatment Engineering And Design Consideration. *Proceedings Of The In*, 1990, 481-49.