

EFISIENSI MODEL *HORIZONTAL SUB-SURFACE FLOW CONSTRUCTED WETLAND* DENGAN AKAR WANGI (*VETIVERIA ZIZANIOIDES*) PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TERNAK BABI

I Made Tejamurti Anggara, I Gede Herry Purnama*

Program Studi Sarjana Kesehatan Masyarakat Fakultas Kedokteran Universitas Udayana
Jalan P.B. Sudirman, Kec. Denpasar Barat, Kota Denpasar, Bali 80234

ABSTRAK

Peternakan babi di Bali menghasilkan limbah ternak sekitar 46 ribu ton setiap tahunnya. Limbah cair ternak babi dapat membahayakan lingkungan dan makhluk hidup apabila langsung dibuang ke perairan atau sungai tanpa adanya pengolahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi penyisihan nilai parameter limbah cair ternak babi yang diolah menggunakan model *Horizontal Sub-Surface Flow Constructed Wetland* dengan Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) berdasarkan parameter BOD, COD, NH₃-N, dan pH. Jenis penelitian ini adalah *true experiment* dengan desain *pre-post with control group design*. Tahapan penelitian dilakukan penyusunan model, uji coba, aklimatisasi tanaman dan proses *start-up* reaktor. Pengambilan sampel air limbah dilakukan setiap pengujian di hari ke-6, 12, 18 dan 25 dengan waktu detensi 2 hari. Air limbah bersumber dari peternakan babi yang berlokasi di Desa Batubulan, Kecamatan Sukawati. Pengambilan sampel menggunakan *grab sampling* dengan total 108 sampel uji di laboratorium. Data dianalisis menggunakan analisis deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyisihan keseluruhan nilai BOD, COD dan NH₃-N pada reaktor ulangan secara berturut-turut sebesar 19,34%, 18,26%, dan 8,94% dan pada reaktor kontrol sebesar 24,68%, 24,67% dan 3,51% serta rentangan nilai pH sekitar 7,44 – 8,35. Kesimpulan yang didapat bahwa model ini belum cukup efisien dalam mengolah air limbah ternak babi sesuai dengan tiap parameter sehingga diperlukan berbagai upaya pengoptimalan kembali apabila model ini diterapkan untuk peternakan babi.

Kata Kunci: Efisiensi, *Constructed Wetland*, Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*), Limbah Cair Ternak Babi

ABSTRACT

Pig farms in Bali produce around 46 thousand tons of livestock waste each year. Pig liquid waste can endanger the environment and living things if it is directly discharged into waters or rivers without treatment. This study aims to determine the efficiency of setting aside the value of pig liquid waste parameters treated using the *Horizontal Sub-Surface Flow Constructed Wetland* model with *Vetiveria Zizanioides* based on BOD, COD, NH₃-N, and pH parameters. This type of research is a *true experiment* with a *pre-post design with control group design*. The research stages were model preparation, trials, plant acclimatization and reactor *start-up* process. Wastewater sampling was carried out every test on days 6, 12, 18 and 25 with a detention time of 2 days. Wastewater was sourced from a pig farm located in Batubulan Village, Sukawati District. Sampling used *grab sampling* with a total of 108 test samples in the laboratory. Data were analyzed using descriptive analysis. The results showed that the overall removal efficiency of BOD, COD and NH₃-N values in the replicate reactor was 19.34%, 18.26%, and 8.94% respectively and in the control reactor it was 24.68%, 24.67% and 3.51% and the range of pH values was around 7.44 - 8.35. It is concluded that this model is not efficient enough in treating pig wastewater according to each parameter so that various re-optimization efforts are needed if this model is applied to pig farms.

Keywords: Efficiency, *Constructed Wetland*, *Vetiveria Zizanioides*, Pig Farm Wastewater

*email korespondensi : herry.purnama@unud.ac.id

PENDAHULUAN

Salah satu usaha beternak adalah ternak babi. Berdasarkan data dari Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan (2022), populasi babi pada tahun 2021 yang ditenakkan di Kabupaten Gianyar sebesar 87.284 ekor dan keseluruhannya di Bali sebesar 436.800 ekor. Menurut Putra (2015) dalam Suada & Sukada (2022), peternakan babi di Bali menghasilkan limbah ternak babi sekitar 46 ribu ton setiap tahunnya berupa limbah cair dan padat. Limbah cair bersumber dari urine babi dan segala buangan air dari aktivitas perawatan babi. Jika dilihat selama ini, para pelaku usaha peternakan kerap mengabaikan dan tidak memperhatikan efek buruk dari pembuangan limbah cair peternakan babi ke perairan atau sungai (Dengo et al., 2020). Dampak buruk limbah cair ternak babi yakni dapat mencemari air tanah dan daerah perairan, menimbulkan bau tidak sedap, mikroorganisme patogen penyebab penyakit yang dapat mengganggu kesehatan hewan dan manusia, penurunan kualitas udara, dan terjadinya eutrofikasi di lingkungan (Im & Gil, 2011; Suada & Sukada, 2022).

Menurut Peraturan Gubernur Bali Nomor 16 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lingkungan Hidup dan Kriteria Baku Kerusakan Lingkungan Hidup bahwa setiap usaha dan/atau kegiatan peternakan sapi dan babi wajib menaati baku mutu air limbah. Adapun baku mutu *effluent* limbah peternakan babi untuk parameter BOD, COD, NH₃-N dan pH berturut-turut, yaitu 100 mg/L, 200 mg/L, 100 mg/L, 25 mg/L dan 6 - 9. Maka dari itu, sebelum melakukan pembuangan limbah cair

ternak babi ke lingkungan, perlu memperhatikan batasan diperbolehkan.

Constructed Wetland merupakan salah satu jenis instalasi pengolahan air limbah yang dirancang dan direkayasa dengan berbagai komponen seperti tanaman air (makrophyta), media tanam, dan sekumpulan mikroba (Suswati & Wibisono, 2013). Teknologi ini dapat dijadikan pilihan alternatif pengolahan limbah cair ternak babi yang ekonomis dan aplikatif bagi para pelaku usaha ternak babi mengingat pada usaha peternakan khususnya di daerah perkampungan memerlukan biaya produksi yang relatif tinggi (Zukri, 2012).

Adapun jenis *Constructed Wetland* adalah *Horizontal Sub-Surface Flow* yang merupakan lahan basah dengan aliran di bawah permukaan dengan aliran horizontal. Pola aliran horizontal sering dipilih karena memiliki efisiensi pengolahan yang lebih tinggi untuk padatan tersuspensi dan bakteri dibandingkan dengan yang lain serta zona masuknya yang lebar sehingga dapat mendistribusikan aliran secara merata (Cahyana & Aulia, 2019; Zahro & Nisa', 2021).

Tanaman yang dapat digunakan dalam *Constructed Wetland* adalah Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*). Tanaman ini berpotensi sebagai tanaman yang dapat meningkatkan biodegradasi limbah organik (Indriyati et al., 2018). Selain itu, tanaman ini juga murah dan mudah digunakan untuk pengolahan air limbah, sangat tahan terhadap hama, penyakit, dan api (Angassa et al., 2020). Pada penelitian *Constructed Wetlands* dengan Akar Wangi untuk mengolah limbah cair ternak babi

didapatkan efisiensi COD sebesar 64,4%, BOD sebesar 68,6%, NH₃-N sebesar 19,8%, dan TP sebesar 26,9% yang dilakukan di Guangzhou, China (Liao et al., 2003).

Media substrat juga merupakan komponen penting dalam *Constructed Wetland*, yang pada penelitian ini menggunakan batu vulkanik Kintamani. Batu vulkanik dapat menjadi tempat pertumbuhan bakteri yang baik dan menahan aksi geser hidrolis dari intensitas yang berbeda serta memiliki ketahanan yang lebih baik dibandingkan filter/substrat lainnya (Wang & Li, 2013). Berdasarkan studi *Constructed Wetlands* dengan media batu vulkanik untuk mengolah limbah cair ternak babi menunjukkan efisiensi COD, NH₄-N, TN, dan TP berturut-turut sebesar 46.4%, 69.6%, 34.4%, dan 70.4% (Huang et al., 2013).

Berdasarkan penelusuran penulis, belum ada penelitian dalam meneliti efisiensi model *Horizontal Sub-Surface Flow Constructed Wetland* dalam menyisihkan kandungan BOD, COD, NH₃-N, dan pH pada limbah cair ternak babi dengan menggabungkan penggunaan Akar Wangi dan media substrat batu vulkanik Kintamani khususnya di Bali. Oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan penelitian ini agar terdapat alternatif pengolahan limbah cair ternak babi yang dihasilkan.

METODE

Penelitian ini merupakan rancangan penelitian *true experiment* skala laboratorium dengan desain *pre-post with control group design*. Desain ini digunakan

karena melakukan pre-test sebelum diberikan perlakuan, dan melakukan post-test setelah diberikan perlakuan dan terdapat kelompok perlakuan (dengan tanaman) dan kontrol (tanpa tanaman).

Pengambilan limbah cair ternak babi dilakukan di peternakan babi yang berlokasi di Desa Batubulan, Kecamatan Sukawati. Data yang dikumpulkan merupakan data primer yang terdiri dari hasil uji parameter air limbah yang dilakukan di laboratorium dengan rincian 3 kali untuk pengambilan sampel untuk menguji setiap parameter dalam mengetahui karakteristik air limbah ternak babi dengan mengambil langsung di peternakan babi, dan 6 kali untuk satu hari pengambilan sampel dalam pengujian setiap parameter pada titik *influent* tanpa adanya perlakuan dan pada titik *effluent* setelah adanya perlakuan (dua pengulangan pada bak perlakuan dan satu bak kontrol). Metode pengambilan sampel yang digunakan adalah *grab sampling* pada setiap hari ke-6, 12, 18, dan 25. Adapun total keseluruhan sampel sebanyak 108 sampel.

Data dianalisis secara deskriptif dengan hasil yang disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk melihat rerata dan efisiensi penyisihan BOD, COD, NH₃-N, dan pH yang dihitung dengan persamaan yaitu:

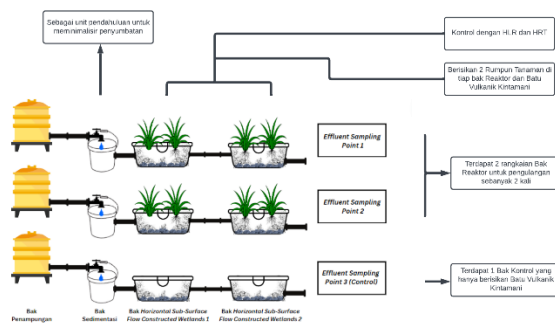
$$\text{Efisiensi} = \frac{NP_0 - NP_x}{NP_0} \times 100\%$$

Keterangan:

NP₀ : Konsentrasi awal

NP_x : Konsentrasi akhir

Ilustrasi Skematik Proses *HSSF CWs* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skematik Model HSSF CWs

Pada penyusunan HSSF CWs terdapat 3 bak penampungan berukuran 60 L, 3 bak pengendapan berukuran 16 L dan 6 *container box plastic* berukuran 95 L sebagai bak reaktor. Dengan HLR sebesar 63 mL/menit dan HRT 2 hari. Batu vulkanik Kintamani yang digunakan berukuran 10 – 30 mm dan 60-100 mm. Jumlah tanaman yang ditanam sebanyak 2 rumpun pada masing-masing bak reaktor perlakuan pada kedalaman ± 10 cm dari permukaan air dan jarak antar tanaman sejauh ± 15 cm. Sebelum operasional sistem, tanaman diaklimatisasi selama 10 hari.

HASIL

Kualitas Karakteristik Air Limbah Ternak Babi

Air limbah peternakan babi dihasilkan dalam jumlah besar secara periodik yaitu saat pembersihan babi dan kandangnya yang dilakukan 2 kali di pagi dan sore hari menggunakan air sumur yang terdapat di area peternakan. Adapun kandungan air limbah buangan tersebut mencakup pakan ternak dan feses babi yang masih menempel di dinding kandang dan terlarut di air saat melakukan pembersihan kandang, urine babi, air minum babi, dan kotoran-kotoran yang

menempel di tubuh babi tersebut.

Setelah dilakukan pengujian air limbah ternak babi di laboratorium, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Kualitas Karakteristik Air Limbah Ternak Babi

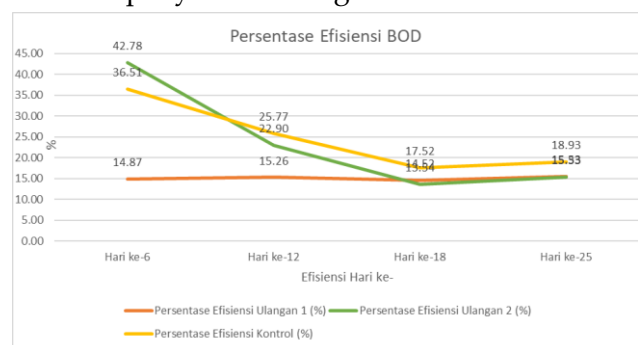
No	Parameter	Satuan	Standar Baku Mutu	Hasil Pengujian			Rata-Rata
				Sampel 1 29-Mar-23	Sampel 2 4-Apr-23	Sampel 3 10-Apr-23	
1	pH	-	6-9	7.78	7.67	7.93	7.79
2	BOD	mg/L	100	318.9	365.9	392.39	359.06
3	COD	mg/L	200	567.64	651.3	698.45	639.13
4	NH ₃ -N	mg/L	25	140.22	143.03	143.03	142.09

Sumber: Hasil Uji Laboratorium

Berdasarkan hasil tabel di atas, rata-rata nilai parameter yang diuji secara berturut-turut yakni BOD sebesar 359,06 mg/L, COD sebesar 639,13 mg/L, NH₃-N sebesar 142,09 mg/L dan nilai pH dengan rentangan 7,67 – 7,93.

Kualitas Parameter Air Limbah Ternak Babi Sebelum dan Sesudah Pengolahan

Setelah dilakukan pengujian air limbah ternak babi di laboratorium pada reaktor ulangan sebanyak 2 dan reaktor kontrol maka didapatkan hasil persentase efisiensi penyisihan sebagai berikut:

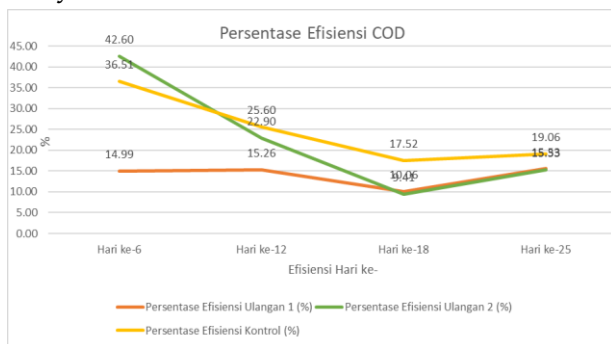


Gambar 2. Persentase Efisiensi Penyisihan BOD

Persentase efisiensi penyisihan BOD pada reaktor 2 lebih tinggi dibandingkan reaktor 1 dan reaktor kontrol pada pengujian di hari ke-6. Dan di hari yang sama, reaktor kontrol menunjukkan

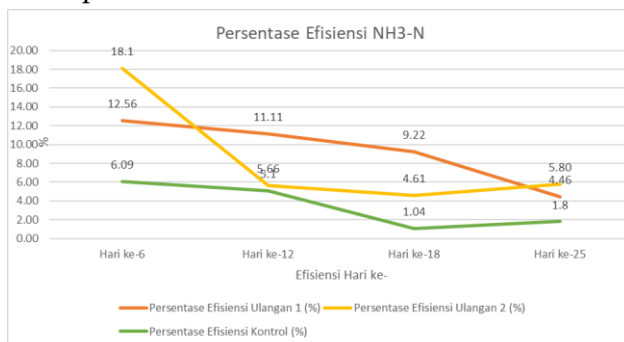
*email korespondensi : herryputnama@unud.ac.id

efisiensi penyisihan yang lebih baik daripada reaktor 1. Namun pada hari ke-12 dan hari ke-18, reaktor 2 dan reaktor kontrol mengalami penurunan efisiensi yang cukup signifikan, sedangkan pada reaktor 1 terjadi kenaikan efisiensi penyisihan pada hari ke-12 walaupun hanya sedikit dan kembali sedikit menurun pada hari ke-18. Pada hari ke-25, ketiga reaktor ini mengalami peningkatan efisiensi kembali, namun kenaikannya hanya sedikit.



Gambar 3. Persentase Efisiensi Penyisihan COD

Persentase efisiensi penyisihan COD tidak jauh berbeda dengan efisiensi penyisihan BOD. Hasil pengolahan tersebut masih di atas baku mutu yang ditetapkan.



Gambar 2. Persentase Efisiensi Penyisihan NH₃-N

Persentase efisiensi penyisihan NH₃-N pada hari ke-6 menunjukkan bahwa reaktor 2 memiliki efisiensi penyisihan yang lebih tinggi dibandingkan reaktor 1

dan reaktor kontrol. Namun di hari ke-12 dan 18, ketiga reaktor menunjukkan penurunan efisiensi dan di hari ke-25 menunjukkan adanya peningkatan efisiensi penyisihan NH₃-N pada reaktor 2 dan kontrol. Sedangkan pada reaktor 1 kembali mengalami penurunan efisiensi dibandingkan hari pengujian sebelumnya.

Berdasarkan rata-rata dari kedua reaktor ulangan didapatkan nilai penyisihan (*removal rate*) keseluruhan nilai BOD, COD dan NH₃-N secara berturut-turut sebesar 67.31 mg/L, 111.19 mg/L, dan 13.30 mg/L. Nilai ini sedikit lebih kecil dibandingkan dengan reaktor kontrol yakni *removal rate* nilai BOD sebesar 87.40 mg/L dan COD sebesar 155.57 mg/L. Namun, hanya *removal rate* nilai NH₃-N reaktor ulangan lebih tinggi dibandingkan reaktor kontrol yang sebesar 3.51 mg/L. Efisiensi penyisihan keseluruhan nilai BOD, COD dan NH₃-N secara berturut-turut sebesar 19,34%, 18,26%, dan 8,94% pada reaktor ulangan. Sedangkan pada reaktor kontrol didapatkan efisiensi nilai BOD sebesar 24,68%, COD sebesar 24,67%, dan NH₃-N sebesar 3,51%.

Dari seluruh hasil pengujian *effluent* pada tiap reaktor di hari ke-6, 12, 18, dan 25 tersebut masih belum sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan sesuai dengan Pergub Bali No. 16 Tahun 2016 yaitu BOD, COD, NH₃-N berturut-turut, yaitu 100 mg/L, 200 mg/L, 25 mg/L. Hanya nilai pH yang dikatakan sesuai dengan baku mutu yakni dengan rentangan 7,44-8,35 dengan rentangan yang diperbolehkan sebesar 6-9.

*email korespondensi : herryputnama@unud.ac.id

DISKUSI

Kondisi Awal Air Limbah Ternak Babi

Kualitas air limbah ternak babi jauh masih di atas baku mutu yang telah ditetapkan dalam Peraturan Gubernur Bali Nomor 16 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lingkungan Hidup dan Kriteria Baku Kerusakan Lingkungan Hidup khususnya pada limbah bagi usaha dan/atau kegiatan peternakan sapi dan babi. Tingginya nilai indikator pencemaran air limbah tersebut dapat dikarenakan air limbah ternak babi mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi (Putra, 2015). Serupa dengan penelitian Jung et al., (2000) bahwa air limbah peternakan babi mempunyai kandungan tinggi terhadap nilai COD, ammonia nitrogen, dan alkalinitas. Nilai tiap parameter dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Putra (2015) yang mendapatkan nilai BOD sebesar 1.162,55 mg/L dan nilai COD sebesar 1.176,14 mg/L dan penelitian Sombatsompop et al., (2011) yang menyebutkan nilai NH₃-N yang didapat sebesar rentangan 210 - 380 mg/L.

Efisiensi Model HSSF CWs

Efisiensi penyisihan nilai tiap parameter air limbah ternak babi yang diolah menggunakan model sistem HSSF CWs ini masih dapat dikatakan sangat rendah dibandingkan dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Pongthornpruek (2017), yang mendapatkan persentase efisiensi penyisihan tiap parameter menggunakan *Surface Flow Constructed Wetlands* dengan Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) pada air limbah ternak babi yang didapat yakni

persentase efisiensi penyisihan nilai BOD sebesar 74.69% dan nilai COD sebesar 75.36% dan pada penelitian Liao et al., (2003) dengan tanaman dan limbah yang sama, didapatkan persentase efisiensi COD sebesar 64,4%, BOD sebesar 68,6%, dan NH₃-N sebesar 19,8%.

Jika dilihat dari hasil pengujian sampel tiap parameternya pada hari ke-6, 12, dan 18 terus mengalami penurunan penyisihan tiap parameternya. Namun pada pengujian hari ke-25, terjadi sedikit peningkatan penyisihan tiap parameternya. Dari grafik efisiensi penyisihan, menunjukkan bahwa reaktor 1 mengalami penyisihan tiap parameter yang paling buruk jika dibandingkan dengan reaktor 2 dan reaktor kontrol. Di awal pengujian tiap parameternya yakni di hari ke-6, pada reaktor 2 dan reaktor kontrol menunjukkan persentase efisiensi penyisihan yang cukup baik, sebelum akhirnya mengalami penurunan efisiensi di pengujian-pengujian hari berikutnya. Kemungkinan tingginya efisiensi di pengujian awal ini dipengaruhi oleh faktor tanaman Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) karena masih dapat tumbuh cukup baik dan belum banyak menyerap bahan-bahan polutan. Dalam penelitian Purnama & Dwipayanti (2018), yang mengolah air limbah industri pencelupan kain dengan *Constructed Wetland*, hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan kandungan BOD₅, COD, dan warna yang baik pada awal penelitian dapat dipengaruhi oleh kemampuan tanaman yang masih baik dalam melakukan proses adsorpsi dan rizofiltrasi karena masih sedikit polutan yang telah diserap dan disaring oleh akar tanaman. Adanya

*email korespondensi : herry.purnama@unud.ac.id

kenaikan beban organik apabila dilihat dari nilai *influent* pada masing-masing reaktor kemungkinan juga dapat menurunkan kemampuan dari tanaman Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*). Kandungan beban organik yang tinggi pada air limbah akan mengakibatkan kejenuhan pada permukaan tanaman sehingga beban organik pada air limbah tidak mampu diolah seperti pada tahap awal pengolahan (Purnama & Dwipayanti, 2018).

Akar tanaman yang masih sedikit dan belum terlalu panjang juga dapat menjadi faktor rendahnya efisiensi penyisihan tiap parameternya. Pada penelitian Liao et al., (2003), panjang akar pada tanaman Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) yakni sekitar 15,6 cm sedangkan pada penelitian ini panjang akar pada awal penelitian hanya sekitar 7-8 cm. Menurut Hidayah & Aditya (2017), rimbunya akar tanaman dan luasnya jaringan rhizosphere akan dapat mendukung aktivitas mikroorganisme dalam reaktor.

Pada penelitian ini, pemilihan tanaman tidak diukur secara pasti sejak dari benih, namun hanya memperkirakan bahwa usia Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) telah berumur 2-3 bulan. Hasil efisiensi dengan umur tanaman ini berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Pongthornpruek (2017), menemukan bahwa akar wangi berumur 8 minggu memberikan BOD yang lebih rendah dan perawatan yang lebih efektif daripada rumput akar wangi berumur 4 minggu. Pada penelitian Rini Indriyatie et al., (2008) pengaruh umur

Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) dalam mengolah limbah cair pabrik tapioka didapatkan bahwa pada kualitas air limbah yang diukur berdasarkan parameter BOD, COD, dan pH mempunyai hasil yang lebih baik dan sesuai dengan baku mutu pada tanaman yang berumur 75 HST (Hari Setelah Tanam) dibandingkan dengan dengan tanaman yang berumur 7, 45, dan 60 HST. Hal ini dapat dikaitkan dengan pertumbuhan akar yang lebih tinggi dan lebat pada tanaman yang lebih tua sehingga mendukung lingkungan mikroorganisme.

Pertumbuhan tanaman yang tidak baik dalam penelitian ini juga dapat mempengaruhi kinerja reaktor. Hal ini mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis oleh tanaman sebagai penyedia oksigen yang nantinya digunakan mikroorganisme aerob dalam proses penguraian. Dalam penelitian Fattayat (2022), ditemukan kondisi tanaman yang terpapar konsentrasi pencemar yang tinggi mengalami gejala toksisitas yang ditunjukkan oleh ukuran daun yang lebih kecil dan warna daun yang menguning.

Penyebab lainnya yang dapat menjadi faktor rendahnya efisiensi penyisihan tiap parameter dalam model sistem HSSF CWs ini adalah kecepatan atau laju aliran yang tidak konstan. Hal ini sejalan dengan Sy et al. (2017) dalam Dewi & Dwipayanti (2022), bahwa apabila laju aliran semakin besar maka efisiensi penguraian terhadap senyawa organik akan semakin rendah. Selain itu, adanya kemungkinan aliran pendek yang berlangsung di dalam reaktor sehingga air limbah tidak mencapai akar-akar tanaman serta tidak difiltrasi oleh batu vulkanik dengan baik (Suantari &

Purnama, 2016).

Faktor lainnya yang dapat berpengaruh terhadap kinerja sistem *HSSF CWs* yakni waktu tinggal. Menurut Hariyanti (2016), bahwa waktu detensi yang cukup memungkinkan terjadinya proses pengolahan oleh mikroorganisme dengan air limbah dan oksigen yang dilepaskan oleh akar tanaman. Sejalan dengan penelitian Wulandari et al., (2020), bahwa kemampuan media dalam mengadsorpsi bergantung pada waktu detensi air limbah. Cukupnya waktu detensi maka akan memberikan mikroorganisme berinteraksi dengan air limbah dengan optimal.

Efisiensi Penyisihan BOD Setelah Perlakuan

Nilai BOD menggambarkan jumlah oksigen yang diperlukan oleh bakteri aerobik untuk mendegradasi bahan organik yang terlarut dan tersuspensi. Efisiensi penyisihan nilai BOD menggunakan model *HSSF CWs* pada reaktor yang menggunakan tanaman Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) dalam mengolah air limbah ternak babi sebesar 19,34% dan dapat dikatakan belum cukup baik. Berdasarkan studi Suswati & Wibisono (2013), kinerja *Constructed Wetland* dapat ditunjukkan dari keberhasilan menurunkan parameter pencemar yang salah satunya adalah parameter BOD. Adapun hasil persentase penurunan BOD yang baik pada beberapa penelitian yakni dengan rentangan 60% - 99.7%.

Penurunan konsentrasi bahan organik dalam wetland dapat terjadi

karena kepadatan dan aktivitas mikroba di dalam sistem meningkat karena ketersediaan permukaan akar untuk keberlangsungan pertumbuhan mikroba (Hidayah & Aditya, 2017). Namun pada penelitian ini, reaktor yang ditanami Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) tidak tumbuh dengan baik sehingga aktivitas tanaman dalam proses menurunkan kadar BOD tidak berlangsung dengan baik pula dan akarnya belum banyak menjangkau area dalam reaktor. Dalam penelitian Mardianto et al., (2014), adanya kinerja reaktor yang tidak baik sehingga menunjukkan penurunan efisiensi pengolahan karena proses penguraian bahan organik oleh bakteri yang tidak berfungsi dengan baik. Dalam reaktor terdapat ketidakseimbangan antara nutrient atau air limbah yang dimasukkan dan jumlah bakteri yang ada.

Sedangkan pada reaktor kontrol didapatkan persentase penyisihan BOD sebesar 24,68% yang rata-rata efisiensinya lebih besar dibandingkan dengan reaktor yang menggunakan tanaman. Adanya penyisihan BOD ini dikarenakan adanya aktivitas mikroorganisme yang melekat pada media tanam (Jaelani et al., 2018).

Efisiensi Penyisihan COD Setelah Perlakuan

Nilai COD mengindikasikan tingkat pencemaran air oleh bahan organik, yang dapat teroksidasi secara alami melalui proses mikrobiologi dan mengurangi kadar oksigen terlarut dalam air. Efisiensi penyisihan nilai COD menggunakan model *HSSF CWs* pada reaktor yang menggunakan tanaman Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) dalam mengolah air limbah ternak babi sebesar 18,26%.

*email korespondensi : herryurnama@unud.ac.id

Rendahnya efisiensi penyisihan kadar COD pada penelitian ini dikarenakan reaktor yang ditanami Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) tidak tumbuh dengan baik. Adanya gejala klorosis yakni kehilangan klorofil ditandai dengan menguningnya daun yang berujung pada kematian tanaman sehingga dapat menyebabkan kenaikan kadar COD di tahap pengolahan (Febriani et al., 2022).

Dalam penelitian ini, persentase efisiensi penyisihan COD terus mengalami penurunan hingga pengujian di hari ke-18 dan sedikit meningkat di hari ke-25. Berdasarkan studi Fattayat (2022), adanya kenaikan nilai COD karena tingginya kandungan bahan organik sehingga terjadi kejenuhan pada mikroorganisme dan akhirnya mati sehingga materi organik tidak dapat terurai dengan baik.

Pada reaktor kontrol didapatkan persentase penyisihan COD sebesar 24,67%. Penurunan nilai COD ini dapat disebabkan karena batu vulkanik dapat memfiltrasi air limbah sehingga bahan padatan telah mengendap yang mempengaruhi pengurangan bahan buangan di air limbah (Suantari & Purnama, 2016). Sejalan dengan Ariny et al., (2014), dalam mengolah air lindi dengan *Constructed Wetland* menunjukkan bahwa penyisihan COD dalam reaktor terjadi melalui proses fisik yakni filtrasi yang dibantu oleh pendegradasian bahan-bahan organik yang terperangkap di antara media oleh mikroorganisme. Adapun kemungkinan lain tingginya efisiensi penyisihan di reaktor kontrol karena bakteri-bakteri yang tumbuh dalam media lebih berpengaruh jika dibandingkan dengan bakteri yang bersumber dari tanaman.

Efisiensi Penyisihan NH₃-N Setelah Perlakuan

Salah satu dari beban pencemar dalam air limbah yang tergolong gas alkalin yang tidak berwarna dan memiliki bau khas yang kuat adalah NH₃-N (Rahayu & Ratni, 2019). Pada pengolahan air limbah ternak babi menggunakan model *HSSF* CWs menghasilkan *effluent* dengan konsentrasi yang terus menurun tiap pengambilan sampel pada hari ke-6, 12, 18 dan 25. Penyisihan NH₃-N pada bak reaktor ulangan yang ditanami Akar Wangi (*Vetiveria Zizaoides*) sebesar 8,94% sedangkan pada reaktor kontrol yang hanya berisi media substrat batu vulkanik memiliki persentase efisiensi penyisihan NH₃-N sebesar 3,51%. Berdasarkan studi Liao et al., (2003) yang mengolah air limbah dengan tanaman yang sama, persentase efisiensi NH₃-N yang didapatkan yakni sebesar 19,8%. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi tersebut lebih tinggi apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan.

Berdasarkan hasil penelitian ini, efisiensi penyisihan kadar NH₃-N lebih tinggi terjadi pada reaktor ulangan dibanding reaktor kontrol. Hasil penelitian serupa juga didapatkan oleh Hidayah et al., (2018) dalam mengolah air limbah domestik menggunakan *Constructed Wetland*, dimana efisiensi penurunan NH₃-N tertinggi pada reaktor uji berisi tanaman sebesar 85,8% dan pada reaktor kontrol sebesar 58,5%. Adanya perbandingan ini mungkin terjadi karena terdapat mekanisme penyisihan melalui uptake tanaman, adsorbs, dan aktivitas mikroorganisme pada reaktor uji. Sementara itu, pada reaktor kontrol

terdapat satu mekanisme yang dapat menyisihkan kadar $\text{NH}_3\text{-N}$ yakni volatilisasi. Sejalan dengan Zhang et al (2016) dalam Hidayah et al., (2018) tanaman dapat meningkatkan efisiensi penyisihan melalui proses pengambilan nitrogen yang lebih baik dibandingkan hanya proses volatilisasi.

Peningkatan Derajat Keasaman (pH)

Peningkatan nilai pH disebabkan oleh penambahan bahan-bahan organik yang membebaskan CO_2 dari proses degradasi bahan organik oleh bakteri (Mardianto et al., 2014). Nilai pH setiap pengujiannya selalu mengalami peningkatan dari ketika air limbah masuk (*influent*) sampai dengan air limbah yang telah mengalami pengolahan (*effluent*) di reaktor ulangan yakni dengan rentangan nilai pH pada effluent sebesar 7,55 – 8,3. Sedangkan pada bak reaktor kontrol didapatkan rentangan nilai pH pada effluent sebesar 7,58 – 8,16. Rentangan nilai pH tersebut dapat tergolong baik bagi keberlangsungan hidup dan lingkungan bertumbuhnya mikroorganisme. Hal ini dibuktikan dengan penelitian Mardianto et al., (2014) yang menyebutkan bahwa mikroorganisme dapat bertahan pada rentang pH 6.5–8.5. Jika nilai pH berada di luar rentangan tersebut atau fluktuatif terlalu banyak, maka kinerja proses biologi dapat tidak optimal karena mikroorganisme tidak dapat melakukan metabolisme dengan efektif.

Peran Media Batu Vulkanik Kintamani dalam HSSF CWs

Media susbtrat turut berperan

penting dalam pengolahan air limbah karena pada *Constructed Wetland*, senyawa organik terdegradasi oleh mikroorganisme heterotrofik secara aerobik dan anaerobik tergantung pada konsentrasi oksigen dalam substrat. Pada penelitian Huang et al., (2013) yang mengolah air limbah ternak babi pada *Constructed Wetland* menggunakan batu vulkanik menunjukkan efisiensi penyisihan COD, $\text{NH}_4\text{-N}$, TN, dan TP berturut-turut sebesar 46,4%, 69,6%, 34,4%, dan 70,4%. Hal ini dapat dikarenakan karakteristik dari batu vulkanik mempunyai penyerapan bahan organik, nitrogen, dan fosfor yang baik, serta tempat pertumbuhan bakteri yang baik (Wang & Li, 2013).

Adanya perbedaan efisiensi penyisihan pada masing-masing reaktor dapat dikarenakan jumlah mikroorganisme yang tumbuh di batu vulkanik tidak sama. Hal ini dibuktikan oleh Huang et al., (2013) bahwa keanekaragaman dan komposisi mikroba dalam biofilm substrat berpotensi mempengaruhi penyisihan nutrisi.

Ukuran media filter yang besar dapat berdampak pada distribusi air limbah yang tidak merata dalam sistem sehingga mempengaruhi proses efisiensi. Hal ini menyebabkan laju aliran tidak sama di setiap titik dan dapat mengurangi waktu kontak antara filter dengan air limbah. Jika laju aliran terlalu cepat, maka proses pengolahan bahan organik dalam air limbah akan terhambat dan tidak optimal. Pada penelitian ini ukuran batu yang digunakan yakni 10–30 mm dan 60-100 mm yang mana idealnya berukuran sekitar 8-16 mm sehingga ukuran media tersebut dapat mempengaruhi hasil penyisihannya

(Purnama & Purnama, 2015).

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini tidak mengamati perubahan suhu, ketersediaan oksigen, sulitnya mengondisikan laju aliran agar tetap konstan, pemilihan tanaman hanya berdasarkan tingginya dan ukuran batu vulkanik yang tidak sama persis dalam reaktor. Hal ini dapat saja mempengaruhi hasil efisiensi terhadap pengolahan air limbah ternak babi.

SIMPULAN

Berikut kesimpulan yang dicapai berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu Karakteristik air limbah ternak babi yang didapat berdasarkan parameter BOD, COD, NH₃-N, dan pH di salah satu peternakan babi yang berlokasi di Desa Batubulan secara berturut-turut sebesar 359,06 mg/L, 639,13 mg/L, 142,09 mg/L dan nilai pH dengan rentangan 7,67 – 7,93. Hasil ini menunjukkan karakteristik air limbah ternak babi berada di atas baku mutu yang ditetapkan.

Nilai penyisihan (*removal rate*) dari reaktor ulangan secara keseluruhan nilai BOD, COD dan NH₃-N secara berturut-turut sebesar 67.31 mg/L, 111.19 mg/L, dan 13.30 mg/L Nilai tersebut sedikit lebih kecil dibandingkan dengan reaktor kontrol yakni *removal rate* nilai BOD sebesar 87.40 mg/L dan COD sebesar 155.57 mg/L. Namun, hanya *removal rate* nilai NH₃-N reaktor ulangan lebih tinggi dibandingkan reaktor kontrol yang sebesar 3.51 mg/L.

Efisiensi penyisihan keseluruhan nilai BOD, COD dan NH₃-N pada reaktor ulangan secara berturut-turut sebesar

19,34%, 18,26%, dan 8,94% Dan pada reaktor kontrol efisiensi nilai BOD sebesar 24,68%, COD sebesar 24,67%, dan NH₃-N sebesar 3,51%. Rentangan nilai pH sekitar 7,44–8,35.

Model pengolahan *HSSF CWs* dengan Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides*) ini belum cukup efisien dalam mengolah air limbah ternak babi sesuai dengan parameter BOD, COD, NH₃-N, dan pH sehingga diperlukan berbagai upaya pengoptimalan apabila model ini diterapkan di tempat peternakan babi lainnya.

SARAN

Sebaiknya dapat dilakukan pengujian lagi dengan penambahan parameter seperti TSS dan parameter lainnya, memodifikasi luas dan rangkaian sistem wetland, pengaturan HLR dan HRT yang berbeda, serta memperhatikan pemilihan tanaman Akar Wangi dan media tanam batu vulkanik Kintamani sehingga diharapkan memperbanyak variasi hasil. Pada saat pengoperasian sistem wetland, diperlukan pengontrolan yang baik untuk memastikan sistem pengolahan dapat bekerja dengan optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Angassa, K., Leta, S., Mulat, W., & Kloos, H. (2020). Seasonal characterization of municipal wastewater and performance evaluation of a constructed wetland system in Addis Ababa, Ethiopia. *International Journal of*

- Energy and Water Resources*, 4(2), 127–138. <https://doi.org/10.1007/s42108-019-00054-4>
- Ariny, T. D., Zaman, B., & Istirokhatun, T. (2014). Penyisihan BOD dan COD dalam Lindi pada Constructed Wetland menggunakan *Typha angustifolia* dengan Pengaruh Debit dan Jumlah Tumbuhan yang Berbeda (Studi Kasus: Tempat Pembuangan Sampah Kawasan Industri Terboyo, Semarang, Jawa Tengah). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(4), 1–19.
- Cahyana, G. H., & Aulia, A. N. (2019). Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Menggunakan Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetland. *EnViroSan: Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), 58–64.
- Dengo, V. A., Isri, M., & Roski, L. (2020). Perencanaan Anaerobic Baffled Reactor (ABR) Sebagai Unit Pengolahan Air Limbah Peternakan Babi Kabupaten Minahasa. *Jurnal Sipil Statik*, 8(4), 601–606.
- Dewi, N. L. P. I. S., & Dwipayanti, N. M. U. (2022). Metode Pengolahan Air Limbah Domestik Untuk Penurunan Kadar Amonia: Studi Literatur. *Archive of Community Health*, 8(3), 409. <https://doi.org/10.24843/ach.2021.v08.i03.p03>
- Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan. (2022). *Populasi Ternak Menurut Jenis Per Kabupaten/Kota*. Bali Satu Data. <https://balisatudata.baliprov.go.id/laporan/populasi-ternak-menurut-jenis-per-kabupatenkota?year=2021>
- Fattayat, R. (2022). *Pengolahan Air Lindi TPA Regional Blang Bintang Menggunakan Tanaman Kayu Apu (Pistia Stratiotes) Dengan Metode Constructed Wetland Non Kontinyu*.
- Febriani, D. S., Darmayanti, L., & Handayani, Y. L. (2022). Pemanfaatan Floating Treatment Wetland Untuk Pengolahan Air Limbah Penatu. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 23(1), 19–28. <https://doi.org/10.30595/techno.v23i1.11266>
- Hariyanti, F. (2016). *Efektifitas Sebsurface Flow-Wetlands Dengan Tanaman Eceng Gondok Dan Kayu Apu Dalam Menurunkan Kadar COD Dan TSS Pada Limbah Pabrik Saus*. 1–71.
- Hidayah, E. N., & Aditya, W. (2017). Potensi dan Pengaruh Tanaman pada Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem Constructed Wetland. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2), 11–18.
- Hidayah, E. N., Djalalembah, A., Asmar, G. A., & Cahyonugroho, O. H. (2018). Pengaruh Aerasi Dalam Constructed Wetland Pada Pengolahan Air Limbah Domestik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(2), 155. <https://doi.org/10.14710/jil.16.2.155-161>
- Huang, Liu, C., Gao, C., Wang, Z., Zhu, G., Liu, L., & Lin, G. (2013). Comparison of Nutrient Removal and Bacterial Communities Between Natural Zeolite-Based and Volcanic Rock-Based Vertical Flow Constructed Wetlands Treating Piggery Wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 51(22–24), 4379–4389. <https://doi.org/10.1080/19443994.2012.747422>
- Im, J., & Gil, K. (2011). Effect of anaerobic digestion on the high rate of nitrification, treating piggery wastewater. *Journal of Environmental Sciences*, 23(11), 1787–1793. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(10\)60649-3](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(10)60649-3)
- Indriyati, Widyarani, & Primadona, I. (2018). *Kemampuan Lahan Basah Buatan Dan Fitoremediasi Rumpuk Akar Wangi (Chrysopogon Zizanioides, L) Dalam*

- Mengendalikan Air Limbah Budidaya Udang Vaname (Litopenaeus Vannamaei)*. September 2017.
- Indriyatie, E. R., Handayanto, E., & Utomo, D. W. H. (2008). Pengaruh Umur dan Sistem Penanaman Akar Wangi (*Vetiveria Zizanioides* L.) dalam Perbaikan Kualitas Limbah Cair Pabrik Tapioka. *Buana Sains*, 8(2), 105–116.
- Jaelani, M. H., Arifin, A., & Apriani, I. (2018). Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Pengendapan dan Sub-surface Constructed Wetland Dalam Menurunkan Konsentrasi BOD dan TSS. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis*, 4(1), 1–10. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jurliis/article/view/44778%0Ahttps://jurnal.untan.ac.id/index.php/jurliis/article/download/44778/75676588253>
- Jung, J. Y., Lee, S. M., Shin, P. K., & Chung, Y. C. (2000). Effect of pH on phase separated anaerobic digestion. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 5(6), 456–459. <https://doi.org/10.1007/bf02931947>
- Liao, X., Luo, S., Wu, Y., & Wang, Z. (2003). Studies on the Abilities of *Vetiveria Zizanioides* and *Cyperus Alternifolius* for Pig Farm Wastewater Treatment. *International Conference on Vetiver and Exhibition*, 3, 174–181.
- Mardianto, W., Apriani, I., & Hayati, R. (2014). *Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan Sistem Kombinasi ABR Dan Wetland Dengan Sistem Kontinyu*. 2, 1–10.
- Peraturan Gubernur Bali Nomor 16 Tahun 2016. (2016). *Peraturan Gubernur Bali Nomor 16 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Lingkungan Hidup dan Kriteria Baku Kerusakan Lingkungan Hidup*. 7(6), 2016. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26849997%0Ahttp://doi.wiley.com/10.1111/jne.12374>
- Pongthornpruek, S. (2017). Swine Farm Wastewater Treatment by Constructed Wetland Planted with Vetiver Grass. *Environment and Natural Resources Journal*, 15(2), 13–20. <https://doi.org/10.14456/enrj.2017.8>
- Purnama, I. G. H., & Dwipayanti, N. M. U. (2018). Studi Penurunan Kandungan BOD5, COD, TSS, Dan Warna Pada Air Limbah Industri Pencelupan Kain Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan (Constructed Wetland). *Simbiosis*, 6(2), 65. <https://doi.org/10.24843/jsimbiosis.2018.v06.i02.p07>
- Purnama, I. G. H., & Purnama, S. G. (2015). *Pengolahan Air Limbah Binatu (Laundry) Dengan Menggunakan Metode Lahan Basah Buatan (Horizontal Sub Surface Flow Constructed Wetlands)*. November, 1–64.
- Putra, I. (2015). *Desain bangunan pengolahan limbah cair peternakan babi pemanfaatan kembali hasil pengolahannya*. 4(1), 1–5. <https://repository.its.ac.id/62920/>
- Rahayu, D., & Ratni, N. (2019). Penurunan Kadar COD, TSS, Dan NH3-N Pada Air Limbah Rumah Potong Hewan Dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Menggunakan Media Bioball. *Jurnal Purifikasi*, 19(1), 25–36.
- Sombatsompop, K., Songpim, A., Reabroi, S., & Inkong-Ngam, P. (2011). A Comparative Study of Sequencing Batch Reactor and Movingbed Sequencing Batch Reactor for Piggery Wastewater Treatment. *Maejo International Journal of Science and Technology*, 5(2), 191–203.
- Suada, I. K., & Sukada, I. M. (2022). *Tingkat Pencemaran Berdasarkan Angka Lempeng Total Bakteri pada Limbah Peternakan Babi di Kabupaten Badung , Bali*. 11(3), 332–342.

<https://doi.org/10.19087/imv.2022.11.3.332>

- Suantari, N. L. P. D., & Purnama, I. G. H. (2016). Efektivitas Model Instalasi Pengolahan Air Limbah Hybrid Constructed Wetland dalam Mengolah Air Limbah Kegiatan Laundry. *Com*, 1–6.
- Suswati, A. C. S. P., & Wibisono, G. (2013). Pengolahan Limbah Domestik dengan Teknologi Taman Tanaman Air (Constructed Wetlands). *Indonesian Green Technology Journal*, 2(2), 70–77.
- Wang, H., & Li, X. (2013). Decomposition of Chemical Nitrogen From Lightly Polluted Water With Volcanic Rocks Subsurface Wetland. *Asian Journal of Chemistry*, 25(18), 10079–10081. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2013.15154>
- Wulandari, A., Nusantara, R. W., & Anwari, M. S. (2020). Efektifitas Sistem Lahan Basah Buatan dalam Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit-X (Effectiveness of Artificial Wetland System in Processing Liquid Waste of Hospital-X). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 27(2), 39. <https://doi.org/10.22146/jml.52179>
- Zahro, N., & Nisa', V. C. (2021). Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) Pada Limbah Domestik dan Timbal di Hilir Sungai Bengawan Solo Gresik sebagai Solusi Ketersediaan Air Bersih Sekarang dan Masa Depan. *JCAE (Journal of Chemistry And Education)*, 4(2), 73–83. <https://doi.org/10.20527/jcae.v4i2.691>
- Zukri, A. (2012). *IBM Kelompok Usaha Ternak Babi di Desa Banyuning*. 1(1).