



Penerapan Instalasi *Wetland* Sebagai Pengolah Limbah Cair Rumah Tangga

Mario Nikolaus Dalengkade^{*1}, Rikvandro Brian Kalumata², Rukia Loklomin³, Winda Yuspina Timbangnusa⁴, Surani Melti Meike Amihi⁵, Vena Meliske Massa⁶, Ansi Levara⁷, Elvira Anggreina Raraga⁸, Doddi Fandris Boriki⁹, Siane Dumendehe¹⁰, Febri Anjeli Rohaten¹¹, Nergis Kay¹², Jansen Douglas Puren¹³, Recky Cristhianto Anderson Foro¹⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Matematika, Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa, Universitas Halmahera
^{5,6,7}Program Studi Pendidikan Agama Kristen, Fakultas Teologi, Universitas Halmahera
^{8,9}Program Studi Akutansi, Fakultas Ilmu Sosial dan Humaniora, Universitas Halmahera
^{10,11}Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halmahera
^{12,13,14}Program Studi Ilmu Hukum, Fakultas Ilmu Sosial dan Humaniora, Universitas Halmahera, Tobelo, 97762, Indonesia

E-mail penulis korespondensi: ^{*1} mariodalengkade@gmail.com

ABSTRAK¹

Kata Kunci

Wetland;
Limbah cair;
Pengolahan

Penduduk di Desa WKO Tobelo Tengah menggunakan air tanah dan penyedia air yakni Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) untuk kebutuhan hidup. Sebagian warga di Desa WKO membuang air yang telah dipakai (limbah cair) di halaman rumah, dan sebagian langsung ke sanitasi mengakibatkan terkontaminasinya air tanah. Hal ini merupakan masalah yang serius, karena berdampak negatif bagi kesehatan warga di Desa WKO dan lingkungannya. Maka fokus program Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) dengan Kuliah Kerja Nyata (KKN) ialah mengolah limbah cair yang berasal dari pemukiman warga. Metode yang diusung yakni pemecahan masalah, dan untuk penanganan buangan cair perumahan mengaplikasikan wetland buatan. Penerapan wetland buatan dalam mengolah buangan cair perumahan terbukti mampu mengolah buangan cair perumahan melalui perubahan bau dan kekeruhan limbah. Menyikapi hasil kegiatan ini, maka wetland buatan merupakan salah satu solusi dalam memerangi masalah limbah cair yang berasal dari pemukiman warga. Selain itu, wetland buatan dapat diterapkan untuk setiap pemukiman warga di Desa WKO.

ABSTRACT

Keywords:

Wetland;
Liquid waste;
Treatment

Residents in WKO Tobelo Tengah Village use groundwater and a water provider, the Regional Drinking Water Company (RDWC), for their daily needs. Some residents in WKO Village dispose of the water used (liquid waste) in the yard, and some directly into sanitation resulting in contamination of groundwater. This is a severe problem, as it affects the health of residents and the environment in WKO village health of residents in WKO Village and the environment. So the focus of Community Service (CS) with Real Work Lectures (RWL) activities is to treat liquid waste from residential areas. The method used is problem-solving, and for household wastewater treatment using artificial wetlands. The application of artificial wetlands in treating household liquid waste has been proven to treat household liquid waste through the transformation of smell and turbidity. In responding to the result of this activity, the artificial wetland is one solution to combating the problem of liquid waste originating from residential areas. In addition, artificial wetlands can be applied to every residential area in WKO Village.

e-ISSN: 2798-3684

Hak Cipta © 2022 Penulis

Artikel info: Diterima: 27 Januari 2022 | Disetujui: 25 Maret 2022

1. Pendahuluan

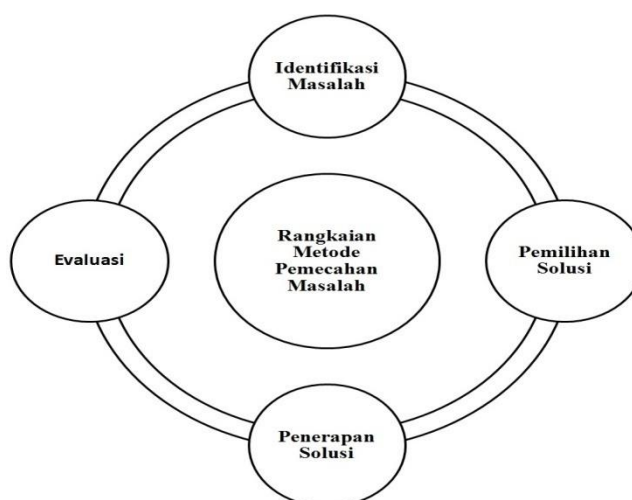
Limbah domestik berupa plastik, sisa makanan, dan air merupakan sumber penyakit bagi manusia serta pencemaran terhadap lingkungan (Govender *et al.*, 2011; Yoda *et al.*, 2014; von Massow *et al.*, 2019; Yusniar *et al.*, 2020; Boleu and Dalengkade, 2021). Air bersih merupakan kebutuhan mendasar bagi manusia begitu pula dengan organisme lainnya. Baru-baru ini Radhika *et al.*, (2018) melaporkan ketersediaan air permukaan di Indonesia bersarkan analisis curah hujan sepanjang tahun 2003 hingga 2015 yakni 883.000 meter kubik per detik. Tapi 40% limbah domestik, dan 30% limbah industri, serta sisanya merupakan sumbangan dari limbah pertanian dan peternakan. Sedangkan pengelolaan limbah cair di Indonesia baru mencapai 25% dan sisanya yakni 75% dibuang ke lingkungan (Kurniadie, 2001). Merunut pada Govender *et al.*, (2011) yakni limbah cair rumah yang dibuang dan bercampur dengan air hujan maupun yang berada di sanitasi menyebabkan penyakit diare. Pihak lain yakni Ahmed *et al.*, (2020) menyebutkan air yang telah terkontaminasi dengan limbah di alam dan perubahan iklim antara lain curah hujan, menyebabkan terjadinya limpasan air memainkan peran terhadap penyebaran penyakit diantaranya demam berdarah dan kolera. Semakin mempertegas yakni kajian modeling menggunakan persamaan matematika berupa $dy/dt = \lambda y(1 - y) - \gamma y$ dan $R^* = N/\rho \cdot (\beta_c + r \cdot \phi) \cdot f(\beta_h/\rho)$, serta $h_{+s} = \sum_{n=s}^N h_{ns}$ (Ball, 1999; Eisenberg *et al.*, 2003; Becker and Dietz, 1995). Sedangkan pengembangan modelnya yakni $i = (N_i = S_i + I_i + R_i)$ untuk analisis total individu yang bermukim di satu tempat, $N = \sum_i N_i$ untuk analisis komunitas (Eisenberg *et al.*, 2007). Adapun hasil analisis model tersebut ialah menunjukkan penyakit yang berasal dari satu individu (orang) maupun dari banyak individu (banyak orang) dalam rumah yang terbawa dalam limbah cair rumah tangga menyebabkan penularan penyakit.

Menyikapi pentingnya pengolahan limbah cair yang berasal dari pemukiman warga, banyak peneliti merekomendasi hasil penelitian mereka untuk diterapkan. Sebagai contoh hasil penelitian pemanfaatan *Rotating Biological Contactor* (RBC) mampu mengolah limbah cair dan hasil pengolahannya layak dibuang ke lingkungan (Ziemińska-Buczyńska *et al.*, 2019; Spasov *et al.*, 2020). Walaupun pemanfaatan teknologi pengolah limbah cair menggunakan RBC mampu mengolah limbah cair seperti yang dijelaskan pada kalimat sebelumnya. Tapi teknologi tersebut tentunya memerlukan biaya mahal, dan sangat sulit diterapkan diseluruh kawasan terumata ditingkat pedesaan. Salah satu solusi dalam pengolahan buangan cair perumahan ialah *wetland*. Di Bahasa Indonesia *wetland* diartikan sebagai lahan basah. Sedangkan pengertian lahan basah yakni kawasan berair dengan kedalamannya > 6 meter sewaktu air berkurang. (Komite Nasional Pengelolaan Ekosistem Lahan Basah, 2004). Peran *wetland* sangat penting dalam pengolahan limbah cair, hal ini berdasarkan kajian Heathwaite *et al.*, (2005) yakni melaporkan pelepasan limbah cair pertenain ke lingkungan menyebabkan perubahan kualitas air tanah. Tapi dengan menggunakan *wetland* mampu mengurangi kontaminasi air tanah dengan limbah cair. Lainnya mengkonfirmasi bahwa danau Taihu di Cina telah terkontaminasi oleh limbah cair domestik berdasarkan pengukuran kebutuhan oksigen kimiawi 4069.70 COD (t/a), nitrogen amoniak 533.20, jumlah nitrogen 1492.40, jumlah fosfor 105.32. Guna mengurangi kontaminasi limbah cair maka menyarankan setiap perumahan memiliki pengolah limbah cair, sehingga dalam pelepasannya ke lingkungan dapat mengurangi kontaminasi. Pengolahan limbah yang dimaksud adalah dengan menerapkan *wetland* sebagai salah satu solusi, karena hasil pengujian menunjukkan COD yang semula 30 mg/L menurun menjadi 16 mg/L (Zhang *et al.*, 2014). Selain kajian mengenai manfaat *wetland* dalam mengolah limbah cair pada penjelasan sebelumnya. Adapula manfaat lain *wetland* sebagai penyembuh penyakit tidak menular yakni penyakit mental manusia. Pernyataan tersebut dibuktikan oleh Maund *et al.*, (2019) yakni terdapat korelasi positif dari *Warwick Edinburgh Mental Wellbeing Scale* (WEMWBS) dengan *wetland* berdasarkan hasil analisis data berupa 37 (± 2.79) untuk rerata awal wawancara. Sedangkan rerata akhir wawancara bernilai 41 (± 4.31), dan $p = 0.009$.

Desa WKO Kecamatan Tobelo Tengah Kabupaten Halmahera Utara, dengan jumlah kepala keluarga sebanyak 533 kepala keluarga di tahun 2019 dan memiliki luas daerah 3.35 km². Adapun penyakit yang tersebar di seluruh Kecamatan Tobelo Tengah berlandas pada laporan Dinas Kesehatan Kabupaten Halmahera Utara tahun 2019 diantaranya yakni diare dan gastroenteritis (Utara, 2020). Seperti yang telah dijabarkan pada paragraf pertama yakni untuk penyakit diare salah satu penyebabnya ialah limbah cair rumah tangga (Govender *et al.*, 2011). Sedangkan merujuk pada Rivièrè *et al.*, (2017); Halimatussa'diah *et al.*, (2018); Luo *et al.*, (2019) gastroenteritis disebabkan oleh makanan dan air yang dikonsumsi telah terkontaminasi oleh berbagai virus, bakteri, parasit, dan bahan kimia serta agen non-infeksi lainnya. Pada kenyataannya penduduk di Desa WKO sebagian besar mengkonsumsi air tanah yang ada di sumur warga. Dalam pemakaian air tersebut yang diperuntukkan untuk mandi, mencuci pakaian, minum, maupun lainnya sehingga menghasilkan limbah cair rumah tangga yang langsung dilepaskan kehalaman rumah dan melalui sanitasi tanpa adanya proses pengolahan awal. Fakta tersebut tentunya merupakan masalah yang serius. Maka fokus program PKM dengan kegiatan KKN Tematik memfokuskan pada pembuatan *wetland* buatan sebagai salah satu solusi pengolahan limbah rumah tangga di Desa WKO.

2. Pelaksanaan dan Metode

Seperti yang telah diuraikan pada paragraf tiga bagian akhir dalam pendahuluan mengenai masalah dan fokus kegiatan PKM serta KKN di Desa WKO. Maka Pelaksanaan kegiatan PKM dengan KKN Tematik, mengusung metode pemecahan masalah (Yusniar *et al.*, 2020; Kaseside *et al.*, (2021). Rangkaian pemecahan masalah dituangkan ke dalam Gambar 1.

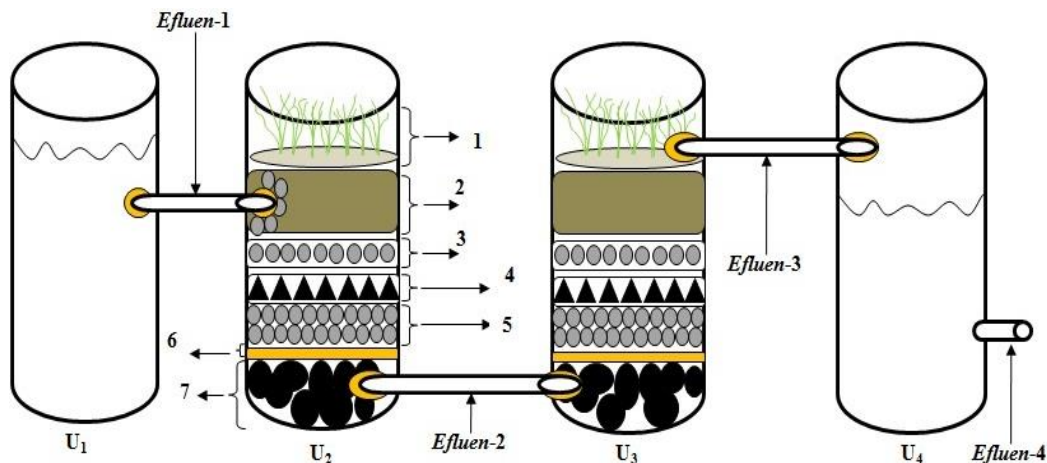


Gambar 1. Alur metode pemecahan masalah

Uraian dari setiap alur dalam metode pemecahan masalah Gambar 1 dijelaskan sebagai berikut.1) Identifikasi masalah merupakan penjelasan mengenai masalah disuatu lokasi. Masalah utama berdasarkan hasil survei lapangan di Desa WKO yakni mengenai limbah cair rumah tangga yang tidak diolah; 2) Pemilihan solusi merupakan suatu aktifitas kognitif/mental seseorang yang mampu menilai, mempertimbangkan, dan menghubungkan peristiwa. Pada kegiatan ini pemilihan solusi berdasarkan hasil identifikasi masalah. Selanjutnya pencarian solusi dengan cara menelaah literatur, dan mempertimbangkan aspek antara lain lingkungan serta ekonomi. Untuk kegiatan ini, pemilihan solusi dalam mengurangi limbah cair yang berasal dari pemukiman warga yakni dengan menerapkan *wetland* buatan; 3) Penerapan solusi ialah langkah tindak lanjut hasil pemilihan solusi. *Wetland* yang dipilih sebagai solusi, dimana *wetland* buatan

menggunakan material yang mudah didapat atau yang tersedia di lingkungan; 4) Evaluasi yakni langkah akhir dalam menilai tujuan yang dicapai. Dalam kegiatan ini, evaluasi yakni menilai keberhasilan *wetland* buatan dalam mengolah buangan cair perumahan.

Adapun *wetland* buatan yang dibuat berjumlah satu unit dan lokasi pemasangan di kantor Desa WKO. Prosedur dalam pengolahan buangan cair dari pemukiman warga diperlihatkan oleh Gambar 2, dan *wetland* buatan merunut pada Troesch *et al.*, (2016) dengan modifikasi desain instalasi serta material filtrasi untuk *wetland* buatan.



Gambar 2. Desain instalasi *wetland*

Cara kerja *wetland* buatan yakni U_1 berfungsi sebagai wadah penampung pertama (apabila limbah tersebut dalam keadaan pekat maka diperlukan pengenceran), dan merupakan tempat pengendapan. Kemudian limbah dialirkan melalui *efluen-1* ke U_2 yang berfungsi sebagai filtrasi pertama. Dalam U_2 terdiri dari berbagai komponen material yakni tumbuhan air/raja(1), pasir (2), kerikil (3 & 5), arang (4), sabut kelapa (6) dan batu (7). Setelah limbah mengalami proses filtrasi oleh berbagai material dalam U_2 . Selanjutnya limbah keluar melalui *efluen-2* menuju U_3 sebagai filtrasi yang kedua. Tahapan akhir yakni setelah limbah yang telah diolah menggunakan *wetland* filtrasi kedua (U_3), keluar melalui *efluen-3* menuju wadah akhir U_4 sebagai tempat penampung akhir.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Instalasi *Wetland*

Persiapan rancangan *wetland* buatan merujuk dari Gambar 2 dalam metode pelaksanaan dirangkum pada Gambar 3. Pada persiapan alat tersebut yang diperlukan berupa empat wadah difungsikan sebagai penampung awal limbah cair rumah tangga, tempat *wetland* buatan, dan wadah hasil pengolahan limbah. Selain itu terdapat pipa untuk mengalirkan limbah dan *ballvalve* yang berguna sebagai pengatur kecepatan aliran limbah. Disamping itu material yang diperuntukkan sebagai media filtrasi *wetland* buatan antara lain sabut kelapa, arang dari batok kelapa, dan tanaman air yaitu enceng gondok.



Gambar 3. Persiapan alat dan material *wetland* buatan. Keterangan lainnya: A) Wadah penampung dan tempat *wetland* buatan; B) Sabut kelapa; C) Enceng gondok; D) Pembuatan arang dari batok kelapa

Setelah persiapan alat dan material untuk kebutuhan pembuatan instalasi *wetland* buatan telah terkumpul, selanjutnya diikuti dengan pemasangan instalasi tersebut Gambar 4.



Gambar 4. Proses pemasangan instalasi *wetland* buatan. Keterangan lainnya: E) Pemasangan pipa untuk aliran limbah; F dan G) Memasukkan material berupa sabut kelapa dan enceng gondok; H) Hasil Instalasi *wetland* buatan

Material yang terdapat dalam *wetland* buatan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4 memiliki peran yang diuraikan sebagai berikut. Merujuk dari von Sperling *et al.*, (2008) batu dalam pengolahan limbah cair berguna untuk mengurangi padatan tersuspensi. Sedangkan pasir menjernihkan air melalui proses pengikatan pertikel yang halus (Wotton, 2002). Material lainnya yakni arang dari batok kelapa berguna untuk proses penyerapan (Alimsyah and Damayanti, 2013). Sedangkan tanaman air yakni enceng gondok berperan sebagai penyerap bahan kimia berbahaya yang bercampur dengan air dengan cara pertukaran kation antara gugus hidroksil dan gugus karboksil dengan bahan kimia berbahaya (Sayago *et al.*, 2020).

3.2. Hasil Pengolahan Limbah Cair

Pemaparan hasil pengolahan limbah cair rumah tangga dengan menerapkan *wetland* buatan dirangkum melalui rekaman data Gambar 5. Uraian hasil pengolahan limbah dalam kegiatan ini, hanya mendeskripsikan limbah yang tertampung pada wadah awal, wadah filtrasi, wadah akhir sebagai penampung hasil pengolahan limbah dan mendeskripsikan bau limbah dari setiap wadah, serta kekeruhan limbah.



Gambar 5. Limbah cair rumah tangga pada instalasi *wetland* buatan. Keterangan lainnya: I) Wadah penampung limbah; J) *Wetland* buatan, tempat filtrasi pertama; K) *Wetland* buatan filtrasi kedua; L) Wadah penampung hasil akhir pengolahan limbah

Luaran yang diperlihatkan oleh Gambar 5, menjelaskan limbah cair rumah tangga yang berada dalam wadah penampung awal (I) memiliki kekeruhan yang berasal dari sabun dan aroma yang tidak enak (berbau). Limbah yang telah diproses pada filtrasi pertama (J) juga memiliki kekeruhan disebabkan oleh material *wetland* yakni tanah yang bercampur dengan lumpur tempat tumbuh enceng gondok. Tapi kekeruhan seperti di wadah penampung awal (I) telah menghilang, hal ini karena material filtrasi berhasil mengolah limbah. Sedangkan aroma limbah masih meninggalkan bau limbah dari wadah penampung awal, tapi aromanya tidak seperti limbah dalam wadah penampung awal. Selanjutnya limbah yang telah melalui filtrasi kedua (K), menghasilkan hasil air yang masih keruh yang disebabkan oleh material *wetland*. Penyebab terjadinya kekeruhan karena dalam pemasangan instalasi dari *efluen-3* antara filtrasi pertama dan kedua tidak meletakkan saringan, sehingga menyebabkan material berupa lumpur yang berasal dari tanaman terbawa oleh limbah ke filtrasi kedua. Meskipun demikian limbah yang di olah oleh filtrasi kedua tidak lagi memiliki aroma seperti pada wadah penampung dan hasil filtrasi pertama. Selanjutnya yakni limbah cair yang telah diolah oleh filtrasi ke dua menuju penampung akhir (L) menunjukkan hasil pengolah berupa limbah cair (air) terlihat jernih tapi menyisahkan material pasir dan lumpur, hal ini karena dalam pipa instalasi *efluen-3* tidak adanya saringan. Sedangkan aroma limbah di wadah akhir sudah tidak ada atau tidak berbau lagi. Hasil kegiatan sealur kajian Al-Isawi *et al.*, (2016) mengutarakan *wetland* buatan dengan model vertikal mampu mengolah air yang terkontaminasi minyak, dan hasil pengolahannya dapat diperuntuhkan untuk tanaman cabai. Menggunakan model yang sama dan dengan menambahkan tumbuhan *Phragmites australis*, Hussein and Scholz, (2018) menyelidiki limbah tekstil yang mengandung bahan kimia $C_{32}H_{21}N_5Na_2O_6S_2$ dan $C_{18}H_{21}BrN_6$ secara nyata ($p < 0.05$) mampu menurunkan kadar bahan kimia tersebut diantara 85% hingga 100%. Adapula laporan Alam and Razif, (2018) menyatakan material seperti arang yang berasal dari batok kelapa mampu mereduksi air

yang terkontaminasi bahan berbahaya. Dimana hasil penelitian mereka menunjukkan efisiensi penurunan COD dari limbah produksi pertambangan iodium pada presentase 28.13% hingga 53.13%, untuk nilai kinetika adsorpsi.

Pihak lain melaporkan tanaman air dalam kegiatan ini, yakni eceng gondok yang berada di alam menyebabkan obstruksi aliran, tapi dinding selnya terdiri dari lignin, hemiselulosa, dan selulosa memiliki gugus fungsi antara lain $-NH_2$ (amina), $-COOH$ (karboksil), $-OH$ (hidroksil), $-SH$ (*sulphydryl*), dan $-C=O$ (Karbonil) berperan sebagai penghilang bahan berbahaya pada limbah cair (Lima and Ascencios, 2021). Konfirmasi dari pihak lain seperti Ubogu *et al.*, (2019) melaporkan hasil uji tanah yang terkontaminasi minyak, menunjukkan pengurang harian dari Total *Petroleum Hydrocarbon* (TPH) oleh eceng gondok sebanyak 49.20 mg/kg/hari. Zhou *et al.*, (2020) menyatakan berdasarkan hasil penelitian, yakni akumulasi penyerapan timbal (Pb) oleh eceng gondok yang tumbuh diperairan berbatu mampu menyerap sebanyak 85.31%, sedangkan untuk perairan tidak berbatu ialah 77.04%.



Gambar 6. Promosi pengolahan limbah cair rumah tangga menggunakan wetland buatan

Adapun tim dalam kegiatan ini, selain menunjukkan cara pembuatan *wetland* sederhana dalam mengolah limbah cair rumah tangga. Tim juga mempromosikan hasil kegiatan dalam bentuk pemasangan spanduk (Gambar 6. M dan N) sebagai media informasi agar masyarakat di Desa WKO mengetahui cara membuat *wetland* buatan maupun seluruh masyarakat Halmahera Utara untuk diterapkan di setiap rumah, sehingga limbah cair rumah tangga tidak langsung dibuang ke lingkungan. Media spanduk sebagai informasi mampu menarik perhatian masyarakat, karena terjadi diskusi oleh tim pelaksana dan masyarakat. Dalam diskusi tersebut yakni beberapa masyarakat menanyakan apa yang sedang dikerjakan dan manfaatnya. Pihak tim pelaksana menguraikan jawaban berupa penggunaan *wetland* dalam mengolah limbah cair rumah tangga, cara pembuatan, dan hasil pengolahannya (selama proses pembuatan *wetland* hingga pemaparan hasilnya kepada masyarakat dimana tim tidak sempat mengambil bukti berupa gambar, karena selama proses tersebut sebagian tim mengerjakan *wetland* buatan dan sebagian lainnya fokus pada diskusi dengan masyarakat sekitar). Menyikapi uraian diskusi tersebut, maka dapat dikatakan bahwa selama ini masyarakat tidak tahu akan bahaya buangan cair perumahan untuk aflat mahluk hidup dan lingkungan. Disamping itu, upaya tim dalam menyebarkan informasi pengolahan limbah melalui spanduk sesuai dengan harapan tim, karena terjadi interaksi tim dengan masyarakat di Desa WKO.

4. Kesimpulan

Mengacu pada hasil kegiatan yang telah dijabarkan dalam hasil dan pembahasan, maka pemanfaatan *wetland* buatan mampu mengolah buangan cair perumahan. Dibuktikan melalui hasil filtrasi dari berbagai material seperti batu, pasir, arang, sabut kelapa, dan enceng gondok berhasil merubah bau limbah cair rumah tangga, serta kekeruhan limbah. Berdasarkan hasil tersebut, maka *wetland* buatan merupakan salah satu solusi dalam mengolah limbah cair rumah tangga. Dan *wetland* buatan yang dibuat dalam kegiatan ini, dapat diterapkan disetiap perumahan warga di Desa WKO dalam mengurangi pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair rumah tangga. Meskipun *wetland* buatan mampu mengolah limbah rumah tangga, tapi dalam kegiatan ini terdapat kelemahan yakni tidak adanya pengukuran parameter kimia yang dikaji. Maka kegiatan ini kedepannya diperlukan pengukuran parameter kimia, dan mengganti wadah penampung dengan yang ramah lingkungan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengapresiasi bantuan berupa dana dari Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Halmahera, sehingga pembuatan pengolahan limbah cair rumah tangga dapat direalisasikan.

Daftar Pustaka

- Ahmed, T., Zounemat-Kermani, M., Scholz, M., 2020. Climate Change, Water Quality and Water-Related Challenges: A Review with Focus on Pakistan. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 8518.
- Al-Isawi, R.H.K., Scholz, M., Al-Faraj, F.A.M., 2016. Assessment of Diesel-Contaminated Domestic Wastewater Treated by Constructed Wetlands for Irrigation of Chillies Grown In A Greenhouse. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23, 25003–25023.
- Alam, F.S., Razif, M., 2018. Uji Kemampuan Adsorpsi Arang Batok Kelapa pada Efluen Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Pertambangan Iodium Menggunakan Parameter COD Secara Batch. *J. Tek. ITS* 7, 1–6.
- Alimsyah, A., Damayanti, A., 2013. Penggunaan Arang Tempurung Kelapa dan Eceng Gondok untuk Pengolahan Air Limbah Tahu dengan Variasi Konsentrasi. *J. Tek. Pomits* 2, D6–D9.
- Ball, F., 1999. Stochastic and Deterministic Models for SIS Epidemics Among A Population Partitioned Into Households. *Math. Biosci.* 156, 41–67.
- Becker, N.G., Dietz, K., 1995. The Effect of Household Distribution on Transmission and Control of Highly Infectious Diseases. *Math. Biosci.* 127, 207–219.
- Boleu, F.I., Dalengkade, M.N., 2021. Pelatihan Teknik Cangkok Jeruk Kalamansi (*Citrus microcarpa*) di Desa Gosoma Kabupaten Halmahera Utara. *Bakti (Jurnal Pengabdian Kpd. Masyarakat)* 1, 69–73.
- Eisenberg, J.N.S., Lewis, B.L., Porco, T.C., Hubbard, A.H., Colford, J.M., 2003. Bias Due to Secondary Transmission in Estimation of Attributable Risk from Intervention Trials. *Epidemiology* 14, 442–450.
- Eisenberg, J.N.S., Scott, J.C., Porco, T., 2007. Integrating Disease Control Strategies: Balancing Water Sanitation and Hygiene Interventions to Reduce Diarrheal Disease Burden. *Am. J. Public Health* 97, 846–852.
- Govender, T., Barnes, J.M., Pieper, C.H., 2011. Contribution of Water Pollution from Inadequate Sanitation and Housing Quality to Diarrheal Disease in Low-Cost Housing Settlements of Cape Town, South Africa. *Am. J. Public Health* 101, e4–e9.
- Halimatussa'diah, H., Zahra, Z., Anwar, A., 2018. Kejadian Gastroenteritis dan Faktor Penyebabnya pada Siswa SD Di Kelurahan Beji Timur, Kota Depok. *J. Ekol. Kesehat.* 17, 96–104.
- Heathwaite, A.L., Quinn, P.F., Hewett, C.J.M., 2005. Modelling and Managing Critical Source Areas of Diffuse Pollution from Agricultural Land Using Flow Connectivity Simulation. *J. Hydrol.* 304, 446–461.
- Hussein, A., Scholz, M., 2018. Treatment of Artificial Wastewater Containing Two Azo Textile Dyes by Vertical-Flow Constructed Wetlands. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25, 6870–6889.
- Kaseside, M., Loklomin, S.B., Dalengkade, M.N., 2021. Upaya Peningkatan Pengetahuan Dasar Komputasi Statistik Menggunakan Fitur Data Analysis. *J. ALTIFANI Penelit. dan Pengabdian Kpd. Masy.* 1, 249–257.
- Komite Nasional Pengelolaan Ekosistem Lahan Basah, 2004. Strategi Nasional dan Rencana Aksi Pengelolaan Lahan Basah Indonesia, Komite Nasional Pengelolaan Ekosistem Lahan Basah. Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kurniadie, D., 2001. Constructed Wetlands to Treat House Wastewater. A Solution For Indonesia? *Bionatura*, Vol. 3, No.1 3, 10–17.
- Lima, H. de P., Asencios, Y.J.O., 2021. *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (natural or carbonized) as Biosorbent to Remove Pollutants in Water. *SN Appl. Sci.* 3, 750.

- Luo, L., Gu, Y., Wang, X., Zhang, Y., Zhan, L., Liu, J., Yan, H., Liu, Y., Zhen, S., Chen, X., Tong, R., Song, C., He, Y., 2019. Epidemiological and Clinical Differences Between Sexes and Pathogens in A Three-Year Surveillance of Acute Infectious Gastroenteritis in Shanghai. *Sci. Rep.* 9, 9993.
- Maund, Irvine, Reeves, Strong, Cromie, Dallimer, Davies, 2019. Wetlands for Wellbeing: Piloting a Nature-Based Health Intervention for the Management of Anxiety and Depression. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 16, 4413.
- Radhika, R., Firmansyah, R., Hatmoko, W., 2018. Perhitungan Ketersediaan Air Permukaan di Indonesia Berdasarkan Data Satelit. *J. Sumber Daya Air* 13, 115–130.
- Rivière, M., Baroux, N., Bousquet, V., Ambert-Balay, K., Beaudeau, P., Jourdan-Da Silva, N., Van Cauteren, D., Bounoure, F., Cahuzac, F., Blanchon, T., Prazuck, T., Turbelin, C., Hanslik, T., 2017. Secular Trends in Incidence of Acute Gastroenteritis in General Practice, France, 1991 to 2015. *Eurosurveillance* 22, 1–8.
- Sayago, U.F.C., Castro, Y.P., Rivera, L.R.C., Mariaca, A.G., 2020. Estimation of Equilibrium Times and Maximum Capacity of Adsorption of Heavy Metals By *E. crassipes* (review). *Environ. Monit. Assess.* 192, 141.
- Spasov, E., Tsuji, J.M., Hug, L.A., Doxey, A.C., Sauder, L.A., Parker, W.J., Neufeld, J.D., 2020. High Functional Diversity Among Nitrospira Populations that Dominate Rotating Biological Contactor Microbial Communities in A Municipal Wastewater Treatment Plant. *ISME J.* 14, 1857–1872.
- Troesch, S., Esser, D., Molle, P., 2016. Natural Rock Phosphate: A Sustainable Solution for Phosphorous Removal from Wastewater. *Procedia Eng.* 138, 119–126.
- Ubogu, M., Odokuma, L.O., Akponah, E., 2019. Enhanced Rhizoremediation of Crude Oil–Contaminated Mangrove Swamp Soil Using Two Wetland Plants (*Phragmites australis* and *Eichhornia crassipes*). *Brazilian J. Microbiol.* 50, 715–728.
- Utara, B.P.S.H., 2020. Kecamatan Tobelo Tengah Dalam Angka (Tobelo Tengah Regency In Figure). ©BPS Kabupaten Halmahera Utara/BPS-Statistics of Halmahera Utara Regency, Tobelo.
- von Massow, M., Parizeau, K., Gallant, M., Wickson, M., Haines, J., Ma, D.W.L., Wallace, A., Carroll, N., Duncan, A.M., 2019. Valuing the Multiple Impacts of Household Food Waste. *Front. Nutr.* 6.
- von Sperling, M., Oliveira, C.M., Andrada, J.G.B., Godinho, V.M., Assunção, F.A.L., Junior, W.R.M., 2008. Performance Evaluation of a Simple Wastewater Treatment System Comprised by UASB Reactor, Shallow Polishing Ponds and Coarse Rock Filter. *Water Sci. Technol.* 58, 1313–1319.
- Wotton, R.S., 2002. Water Purification Using Sand. *Hydrobiologia* 469, 193–201.
- Yoda, R.M., Chirawurah, D., Adongo, P.B., 2014. Domestic Waste Disposal Practice and Perceptions of Private Sector Waste Management in Urban Accra. *BMC Public Health* 14, 697.
- Yusniar, M., Kaseside, M., Loklomin, S.B., Lesnussa, T.P., Samalukan, Y.M., Dalengkade, M.N., 2020. Prototipe Penerapan Teknologi Tepat Guna Pengolahan Limbah Plastik Berbasis Sistem Pirolisis. *CARADDE J. Pengabd. Kpd. Masy.* 3, 319–327.
- Zhang, R., Qian, X., Zhu, W., Gao, H., Hu, W., Wang, J., 2014. Simulation and Evaluation of Pollution Load Reduction Scenarios for Water Environmental Management: A Case Study of Inflow River of Taihu Lake, China. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 11, 9306–9324.
- Zhou, J.-M., Jiang, Z.-C., Qin, X.-Q., Zhang, L.-K., Huang, Q.-B., Xu, G.-L., Dionysiou, D.D., 2020. Efficiency of Pb, Zn, Cd, and Mn Removal from Karst Water by *Eichhornia crassipes*. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 5329.
- Ziemińska-Buczyńska, A., Ciesielski, S., Żabczyński, S., Cema, G., 2019. Bacterial Community Structure in Rotating Biological Contactor Treating Coke Wastewater in Relation to Medium Composition. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 26, 19171–19179.