

Kombinasi Filter Bertingkat dan *Wetlands* Dapat Mengurangi Senyawa Organik Dalam Limbah *Blackwater*

Lies Kurniawati Wulandari¹, Maranatha Wijayaningtyas²

¹Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Sigura-Gura no. 2 Malang
Email: lieskurniawatiw@lecturer.itn.ac.id

²Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional Malang, Jalan Sigura-Gura no. 2 Malang
Email: maranatha.wijaya@gmail.com

ABSTRACT

Domestic wastewater treatment on a laboratory scale using an aerobic reactor. The variables studied include several variations, namely the residence time on the filter (5, 10, and 15 minutes) which is then flowed to the plant for a single time (2, 4, 6 days). The observed response is the COD concentration of domestic wastewater starting from the aerobic effluent to determine the efficiency of COD reduction. Observations were carried out under conditions considered steady state, which in this study was one residence time. The main variable observed in this study was COD (Chemical Oxygen Demand) through a laboratory test process. The purpose of this study is to improve the quality of domestic wastewater from communal blackwater (WWTP) through filtration and continued with wetlands. With the presence of wetlands, in addition to improving the quality of wastewater, it is also expected to reduce unpleasant odors. The data analysis method used is Linear Regression with the help of the SPSS program. The results of the study showed a decrease in COD at a residence time of 15 minutes - 6 days. Chemical Oxygen Demand (COD), from the results of the study showed that the results of the relationship between observation time and COD parameters in vetiver plants showed that there was a significant influence between observation time and COD parameters with a 5 percent error rate. The time coefficient of -2,700 indicates that every 1 minute there will be a decrease in COD in vetiver plants by 2,700 mg/L.

Keywords : Multistage filter combination; Blackwater waste, Wetlands

ABSTRAK

Pengolah air limbah domestik dengan skala laboratorium dengan menggunakan reaktor aerob. Variabel yang diteliti meliputi beberapa variasi yaitu waktu tinggal pada filter (5,10 dan 15 menit) yang kemudian dialirkan pada tanaman dengan waktu tunggal (2, 4, 6 hari). Respon yang diamati adalah konsentrasi COD air limbah domestik mulai dari influen aerob guna mengetahui efisiensi penurunan COD. Pengamatan dilakukan dalam kondisi yang dianggap steady state, yang dalam penelitian ini lamanya adalah satu kali waktu tinggal. Variabel utama yang diamati dalam penelitian ini adalah COD (Chemical Oxygen Demand) melalui proses uji laboratorium. Tujuan penelitian ini Adalah untuk meningkatkan kualitas air buangan limbah domestik komunal *blackwater* (IPAL) melalui fitrasi dan dilanjut dengan wetlands Dengan adanya *wetland*, selain meningkatkan kualitas air buangan juga diharapkan dapat mengurangi bau yang kurang sedap. Metode analisis data yang digunakan adalah Regresi Linier dengan bantuan program SPSS. Hasil penelitian menunjukkan penurunan COD pada waktu tinggal 15 menit - 6 hari. Chemical Oxygen Demand (COD), dari hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil hubungan antara waktu pengamatan dengan parameter COD pada tanaman akar wangi menunjukkan terdapat pengaruh signifikan antara waktu pengamatan terhadap parameter COD dengan taraf kesalahan 5 persen. Koefisien waktu sebesar -2,700 menunjukkan bahwa setiap 1 menit akan terjadi penurunan COD pada tanaman akar wangi sebesar 2,700 mg/L.

Kata Kunci : Kombinasi filter bertingkat; Limbah *Blackwater*, *Wetlands*

I. PENDAHULUAN

Kegiatan penduduk yang terus meningkat berdampak pada semakin meningkatnya volume

air limbah yang dihasilkan. Hal ini sering kali tidak didukung oleh penyediaan prasarana sanitasi lingkungan yang seimbang. Sebagai produk akhir

dalam pemakaian air bersih selama melakukan aktivitas kehidupan, air limbah memerlukan penanganan yang memadai karena dapat memberi dampak yang cukup serius bagi lingkungan dan manusia jika tidak dikelola dengan baik. Dampak tersebut antara lain mencemari sumber air baku yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan air bersih (Mukhtasor, 2007).

Penurunan kualitas atau rusaknya keseimbangan suatu lingkungan hidup antara lain disebabkan oleh meningkatnya tingkat pencemaran (Supradata, 2005). Baik pencemaran pada komponen atmosfer, hidrosfer, maupun litosfer akibat limbah buangan pertanian, rumah tangga, dan industri yang telah melampaui ambang batas yang telah ditentukan. Pencemaran tersebut terjadi akibat jumlah beban yang dibuang kedalam saluran atau perairan sungai telah melampaui kesanggupan alami air sungai guna pemurnian kembali (*selfpurification*).

Air limbah yang paling banyak dibuang dan mencemari sungai adalah air limbah yang berasal dari limbah rumah tangga (domestik). Sekitar 50-75% dari beban organik yang berada di dalam sungai berasal dari limbah domestik (Nelwan, 2011). Akibat dari pembuangan limbah yang tidak berada pada tempatnya ini akan mengakibatkan munculnya berbagai macam penyakit saluran pencernaan, penyakit saluran pernapasan, dan penyakit lainnya.

Jenis air limbah sendiri ada dua, yaitu air limbah *blackwater* dan air limbah *greywater* (Muti, 2011). Air limbah *blackwater* berasal dari kotoran manusia yang perlu pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai karena mengandung bakteri patogen. Pada umumnya *blackwater* ditampung kedalam *septic tank* atau langsung disalurkan ke *sewage system* untuk kemudian diolah dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah domestik (IPAL). Untuk air limbah *greywater* berasal dari kegiatan dapur (tempat cuci piring), air bekas mencuci pakaian, dan air mandi yang biasanya langsung di buang ke saluran drainase (selokan) atau ke perairan umum (sungai). Salah satu contoh pembuangan air limbah *septic tank* komunal di Tlogomas kota Malang. Limbah tersebut setelah melalui endapan pada beberapa kolam kemudian langsung dibuang ke sungai.



Gambar 1.1: Kondisi *Septic tank* Komunal atau MCK Terpadu di Tlogomas 120 KK (Gambar tahun 2016)

IPAL komunal adalah *septic tank* raksasa yang dibangun dengan teknologi yang lebih baik dengan menggunakan potensi kinetik dan menggunakan filter 5-7 lapis (*Anaerobic Baffle Reactor*) dapat mengubah limbah cair dan keluarannya diharapkan menjadi air sesuai standard baku mutu limbah domestik yg layak untuk disalurkan ke sungai, kolam atau pun area persawahan. Pada model fisik ini dirancang dengan menggunakan gabungan metode filter dan *wetland*, dengan cara menerima aliran limbah domestik atau MCK komunal diterima unit filter kemudian dialirkan ke unit *wetland*. Filter sebagai saringan dari limbah tersebut diatas, adapun filter yang digunakan terdiri dari beberapa lapis yaitu lapisan kerikil, lapisan arang, lapisan pasir. Filter tersebut dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menyerap kotoran yang ada. Air keluaran dari filter tersebut diatas akan ditampung yang kemudian digunakan sebagai air tanaman yang berfungsi sebagai filter terakhir dengan waktu tinggal. Tanaman tersebut disebut *wetland*.

Constructed wetland adalah *wetland* buatan yang dikelola dan dikontrol oleh manusia untuk keperluan filtrasi air buangan dengan penggunaan tanaman, aktifitas mikroba dan proses alami lainnya (Hesket dan Bartholomew, 2001 dalam Herumurti, 2005). *Constructed wetland* adalah pengolahan limbah secara alami yang terdiri atas tiga faktor utama :

1. Area yang digenangi air dan mendukung hidupnya *aquatic plant* (tanaman air) jenis *hydrophyte* (tumbuhan air)

2. Media tumbuh berupa tanah yang selalu digenangi air
3. Media jenuh air

Pada penelitian ini, ada dua macam pengolahan air limbah *blackwater* dengan cara penyaringan sebuah filter yang dilanjutkan dengan menggunakan tanaman atau *wetland*. Keluaran dari *wetland* diharapkan akan menjadi air persawahan atau pertanian.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Kerangka konsep penelitian

Rancangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Variabel Bebas :
 - a. Tanaman *Typha angustifolia* (Cattail)
 - b. *Vetiveria zizanioides* (Akar Wangi)
 Dengan variabel bebasnya adalah jarak tanaman, waktu tinggal, dan kedalaman akar tanaman, sedangkan variabel terikatnya adalah Debit
- 2) Variabel terikat adalah parameter yg terpilih :
 - a. COD (Chemical Oxygen Demand)
- 3) Variabel kontrol :
 - a. Limbah rumah tangga (*Blackwater*)
 - b. Filter bertingkat (kerikil, arang dan pasir)
 Dengan variabel bebas yaitu ketebalan pada setiap lapisan dan variabel terikatnya adalah Debit.
- c. Waktu tinggal (2hari, 4hari, 6hari).

2.2. Hipotesa

Hipotesa yang akan dibuktikan dalam penelitian ini adalah :

- 1) Jenis bahan yang digunakan pada sistem filtrasi memberikan dampak yang signifikan terhadap hasil pengolahan kualitas air
- 2) Penggunaan jenis tanaman (*wetland*) memberikan dampak yang lebih baik terhadap pengolahan kualitas air.
- 3) Lama waktu tinggal air limbah pada media pengolahan limbah (filtrasi dan *wetland*) berpengaruh terhadap hasil pengolahan air bersih.
- 4) Tanaman air mampu menjadi agen pereduksi kandungan limbah pada system *Wetland*.
- 5) Model fisik Pengolahan limbah domestik komunal dengan jenis *blackwater* mampu meningkatkan kualitas air sampai dengan air pertanian.

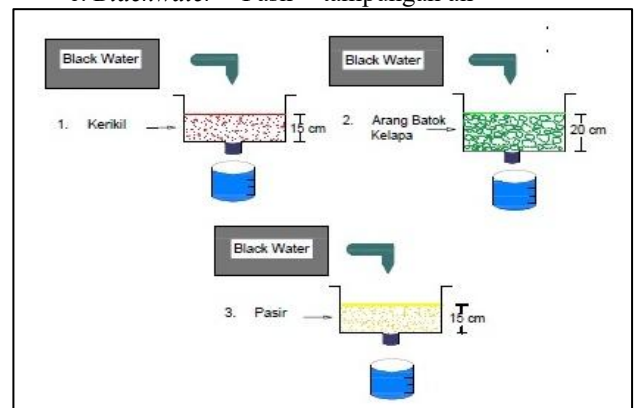
2.3. Definisi operasional

- 1) Model fisik adalah suatu tiruan peristiwa alamiah atau prototipe pada lapangan yang dibentuk dengan menggunakan model fisik di laboratorium.

- 2) *Black water* adalah limbah rumah tangga yg berwarna hitam yang berasal dari kloset yang biasanya diterima oleh *septic tank*.
- 3) IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) adalah tempat kumpulan atau penampungan kotoran manusia yang terdiri dari beberapa keluarga.
- 4) Filter adalah bahan atau material yang digunakan untuk menyaring limbah domestik atau limbah rumah tangga dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas air, sehingga layak buang. Filter terdiri dari kerikil, arang batok kelapa dan pasir, sedangkan ketebalan kerikil dan arang batok tetap konstan dan ketebalan pasir divariasikan.
- 5) *Wetland* adalah filter air yang berupa tanaman air, sehingga dapat menyaring kotoran melalui akar tanaman.

2.4. Pengembangan model mck komunal

- 1) Blackwater – Filter Tunggal
 - a. *Blackwater* – Kerikil – tampungan air
 - b. *Blackwater* – Arang batok kelapa – tampungan air
 - c. *Blackwater* – Pasir – tampungan air



Gambar 1: Filter Tunggal

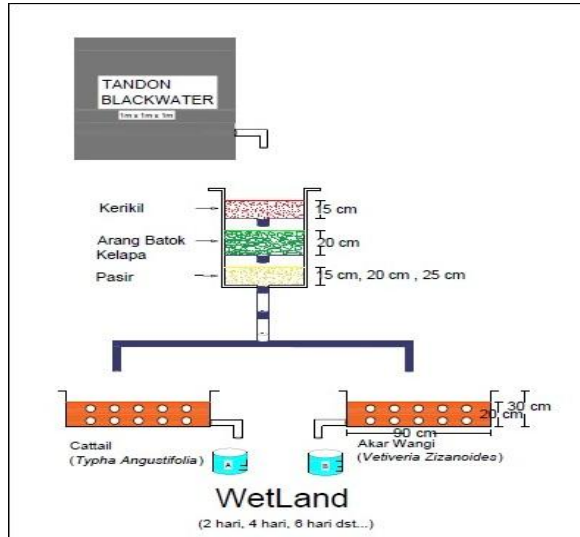


Gambar 2: Filter bertingkat

- 2) *Blackwater* - Filter bertingkat – Tampungan

Filter yang bertingkat seperti gambar dibawah dengan variasi ketebalan pasir

- 3) *Blackwater* – Filter bertingkat – 2 Tanaman akar wangi dan *Typha* (waktu tinggal) - Tampung air.



Gambar 3: Filter bertingkat dengan akar wangi dan *Typha*

2.5. Gambaran lokasi studi dan pengambilan sampel

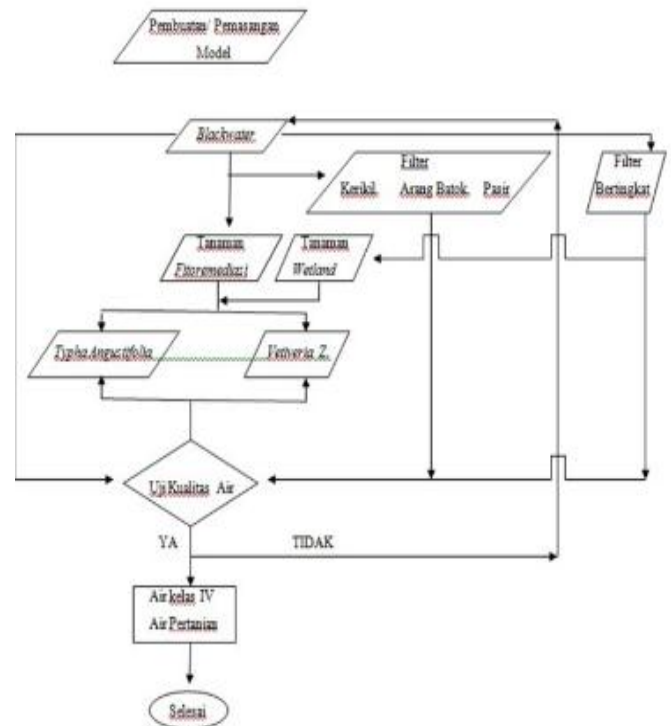
Sampel limbah diambil dari IPAL komunal Tlogomas dengan menggunakan jerigen dan diambil berulang kali, dengan 1 kali pengambilan yaitu 10 jerigen (120 liter) seperti gambar dibawah ini



Gambar 4.9: Pengambilan sampel limbah pada IPAL Tlogomas

Sampel limbah yang sudah diambil, di test dulu sebelum dituangkan pada filter yang telah disediakan.

Diagram alir



Gambar 4 : Diagram alir penelitian

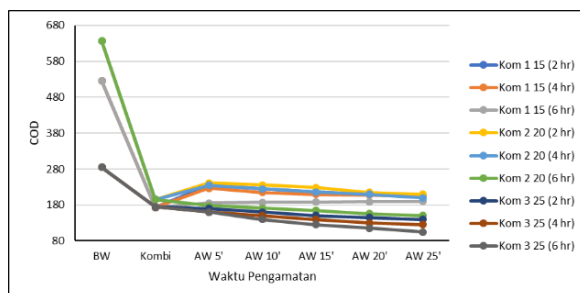
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Cod (chemical oxygen demand) pada filter bertingkat dan waktu tinggal

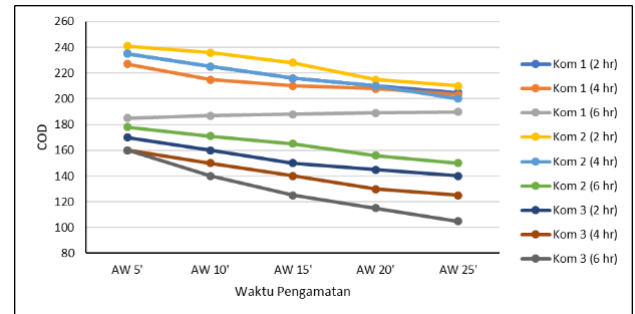
COD adalah parameter yang menunjukkan aktivitas senyawa anorganik yang menggunakan oksigen dalam proses kimianya di dalam air. Parameter COD merupakan parameter utama untuk mengetahui pencemaran air limbah. Tingginya nilai COD akan menunjukkan bahwa terjadi pencemaran air yang tinggi juga. Batas standart COD yang digunakan pada penelitian ini sebesar 100 mg/L. Adalah parameter yang menunjukkan aktivitas senyawa anorganik yang menggunakan oksigen dalam proses kimianya di dalam air. Parameter COD merupakan parameter utama untuk mengetahui pencemaran air limbah. Tingginya nilai COD akan menunjukkan bahwa terjadi pencemaran air yang tinggi juga. Batas standart COD yang digunakan pada penelitian ini sebesar 100 mg/L.

Tabel 1: Data Hasil COD Filter Bertingkat dan Waktu Tunggol pada Tanaman Akar Wangi

Pasir	Wetland	BW	Kombi	AW 5'	AW 10'	AW 15'	AW 20'	AW 25'
15	(2 hr)	52 ₅	173	235	225	216	210	205
15	(4 hr)	52 ₅	173	227	215	210	208	203
15	(6 hr)	52 ₅	173	185	187	188	189	190
20	(2 hr)	63 ₆	195	241	236	228	215	210
20	(4 hr)	63 ₆	195	235	225	216	210	200
20	(6 hr)	63 ₆	195	178	171	165	156	150
25	(2 hr)	28 ₅	175	170	160	150	145	140
25	(4 hr)	28 ₅	175	160	150	140	130	125
25	(6 hr)	28 ₅	175	160	140	125	115	105



Gambar 5 : Grafik Hubungan antara Waktu Pengamatan, Black Water dan Kombi dengan COD

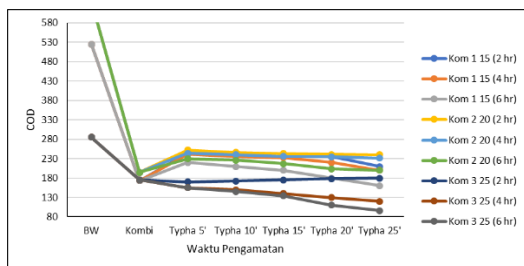


Gambar 6: Grafik Hubungan antara Waktu Pengamatan dengan COD

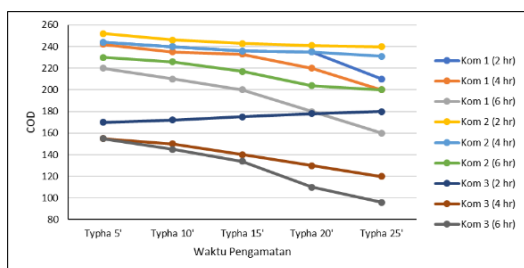
Gambar 6 adalah penjelasan dari gambar 5 setelah masuk pada *wetland* dan diambil setiap 5 menit dengan perlakuan kombinasi 1 (tebal pasir 15 cm); perlakuan kombinasi 2 (tebal pasir 20 cm); dan perlakuan kombinasi 3 (tebal pasir 25 cm) menunjukkan bahwa nilai COD mengalami penurunan dari kondisi awal (*blackwater*) kecuali kombi 1 waktu wetland 6 hari. Proses penyaringan dengan waktu tinggal limbah pada media penyaring selama 25 menit dan wetland selama 6 hari pada tanaman akar wangi menghasilkan nilai COD yang paling rendah. Kombinasi 3 dengan tebal pasir 25 cm dan wetland 6 hari pada tanaman akar wangi mendapatkan hasil nilai COD terendah sebesar 105 mg/L . COD yang didapatkan lebih baik dibandingkan COD sampel awal tetapi masih diatas batas standart yang digunakan.

Tabel 2 : Data Hasil COD Filter Bertingkat dan Waktu Tunggol pada Tanaman Typha

Pa sir	Wetl and	B W	Ko mbi	Typh a 5'	Typha 10'	Typha 15'	Typha 20'	Typha 25'
15	(2 hr)	52 ₅	173	244	240	236	235	210
15	(4 hr)	52 ₅	173	242	235	233	220	200
15	(6 hr)	52 ₅	173	220	210	200	180	160
20	(2 hr)	63 ₆	195	252	246	243	241	240
20	(4 hr)	63 ₆	195	244	240	236	235	231
20	(6 hr)	63 ₆	195	230	226	217	204	200
25	(2 hr)	28 ₅	175	170	172	175	178	180
25	(4 hr)	28 ₅	175	155	150	140	130	120
25	(6 hr)	28 ₅	175	155	145	134	110	96



Gambar 7: Grafik Hubungan antara Waktu Pengamatan, Black Water dan Kombi dengan COD



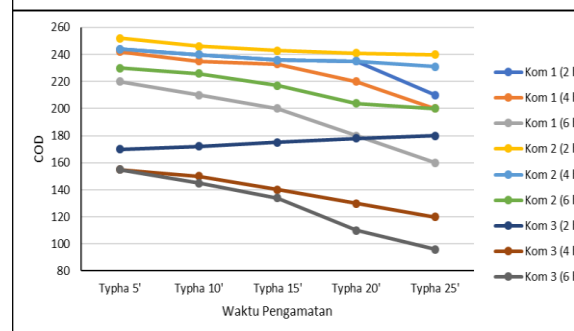
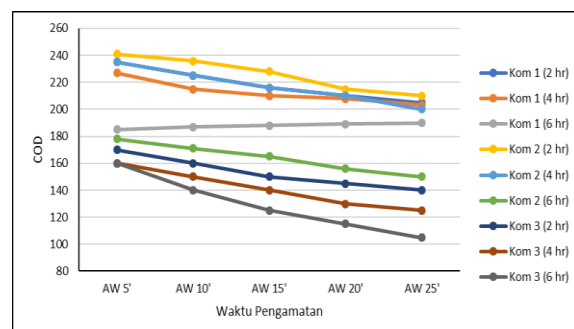
Gambar 8: Grafik Hubungan antara Waktu Pengamatan dengan COD

Pada gambar 8 dengan perlakuan kombinasi 1 (tebal pasir 15 cm); perlakuan kombinasi 2 (tebal pasir 20 cm); dan perlakuan kombinasi 3 (tebal pasir 25 cm) menunjukkan bahwa COD mengalami penurunan di waktu tinggal dari kondisi awal (black water) kecuali kombi 3 waktu wetland 2 hari. Proses penyaringan dengan waktu tinggal limbah pada media penyaring selama 25 menit dan wetland selama 6 hari pada tanaman typha menghasilkan nilai COD yang paling rendah. Kombinasi 3 dengan tebal pasir 25 cm dan wetland 6 hari pada tanaman typha mendapatkan hasil nilai COD terendah sebesar 96 mg/L. COD yang didapatkan jauh lebih baik dibanding dengan COD sampel awal dan dibawah nilai COD batas standart yang digunakan. Dari perlakuan diatas didapatkan bahwa proses penyaringan kombinasi 3 dengan tebal pasir 25 cm dan wetland selama 6 hari dengan tanaman typha menghasilkan nilai COD paling rendah yaitu 96 mg/L, yang berarti perlakuan yang telah dilakukan mampu mengurangi nilai COD dalam air limbah (black water) dengan baik.

COD adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent) (G. Alerts dan SS Santika, 1987).

Kebutuhan oksigen kimia (COD) adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang diperlukan untuk oksidasi komponen-komponen polutan (organis) dalam air dengan cara kimia, yaitu dengan menambah bahan kimia peng-oksidasi pada polutan.

Pemodelan hubungan waktu pengamatan dengan cod berbagai kombinasi



Gambar 6 : Waktu Pengamatan

Dari Gambar 6 terlihat bahwa perlakuan dengan Kombinasi 3 (Kerikil 15, Arang 20, Pasir 25) dengan waktu Wetland selama 6 hari pada tanaman Akar Wangi dan tanaman Typha merupakan perlakuan terbaik untuk mendapatkan nilai COD optimal, sehingga dilakukan pemodelan regresi dengan menggunakan perlakuan tersebut. Waktu Pengamatan dengan COD dengan Kombinasi Kerikil 15, Arang 20, dan Pasir 25 Wetland 6 Hari pada Tanaman Akar Wangi dan Tanaman Typha. Hasil hubungan antara waktu pengamatan dengan parameter COD pada tanaman akar wangi menunjukkan terdapat pengaruh signifikan antara waktu pengamatan terhadap parameter COD dengan taraf kesalahan 5 persen. Koefisien waktu sebesar -2,700 menunjukkan bahwa setiap 1 menit akan terjadi penurunan COD pada tanaman akar wangi sebesar 2,700 mg/L. Hasil hubungan antara waktu pengamatan dengan parameter COD pada tanaman Typha menunjukkan terdapat pengaruh signifikan antara waktu pengamatan terhadap parameter COD dengan taraf kesalahan 5 persen. Koefisien waktu sebesar -3,060 menunjukkan bahwa setiap 1 menit akan terjadi penurunan COD pada tanaman Typha

sebesar 3,060 mg/L. Perbandingan antara koefisien waktu pada tanaman akar wangi (2,700) dan tanaman Typha (3,060) menunjukkan bahwa pengaruh waktu terhadap parameter COD pada tanaman Typha lebih besar dibandingkan pada tanaman akar wangi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian model fisik limbah *blackwater* komunal, maka dapat disimpulkan berdasarkan rumusan masalah Adalah : COD 482 mg/L masuk pada karakteristik air limbah yang belum diolah termasuk sedang (500 mg/l). Hasil setelah diolah atau treatment Adalah COD Akar Wangi 105 mg/L dan Typha atau *Cattail* 96 mg/L sedangkan standar 100 mg/L (memenuhi syarat air pertanian/ irigasi). Persamaan kualitas air pada model fisik adalah :

1). COD-Akar Wangi = $169.500 - 2.700 X$,
R Square= 97.5%

2). COD - Typha = $Y = 173.900 - 3.060 X$,
R Square= 97.5%

Persamaan model didapatkan guna untuk mendapatkan kualitas air buangan dengan menyesuaikan debit limbah yang ada sehingga sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Debit model maksimum mampu menampung 42,768 liter/ hari, sedangkan debit IPAL aktual untuk 120 KK menampung 30 liter/hari. Dari hasil perhitungan didapatkan selisih 12,768 liter/ hari yang dipersiapkan jika ada tambahan pada anggota keluarga masing-masing.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhibaswara, B., Prasetya, I.R., Nico, M., Muzdalifah, Z., 2011. Pengelolaan Air Secara Ekonomis dengan Penggunaan Tanggul Batang Kelapa Serta Penjernih Air Alami. *Proceeding PgESAT (Psikologi, Ekonomi, Astra, Arsitektur Sipil)* UniversitasGunadarma. Depok18-19 Oktober 2011, Vol.4, ISSN:1858-2559.
- Departemen Kesehatan. 1990. Peraturan Menteri Kesehatan No.416/MENKES /PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. Jakarta.
- Dubey, A. Kumar, dan O. Sahu. 2013. 2014. Review On Natural Methods For Wastewater Treatment. *Journal of Urban and Environmental Engineering*. Vo.8, No.1, pp:89-97. doi: 10.4090/juee.2014.v8n1.089097.
- E.B. Muller, A.H. Stouthamer, H.W., van Verseveld, dan D.H. Eikelboom. 1994. Aerobic Domestic Waste Water Treatment In a Pilot Plant with Complete Sludge Retention by Cross-Flow Filtration. *Water Research*. No.29. pp: 1179-1189.
- Ghazali, Imam. 2016. *Aplikasi Analisis Multivariat Dengan Program IBM SPSS 23*. Cetakan kedelapan. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Gianyar, I.B., Nurchayati, dan Yesung, A.P. 2012. Pengaruh Persentase Arang Tempurung Kemiri Terhadap Nilai Kalor Briket Campuran Biomassa Ampas Kelapa - Arang Tempurung Kemiri. *Dinamika Teknik Mesin*, Vol.2, No.2. ISSN: 2088-088X.
- Ginting, Perdana. 1992. Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- James, P. Gibbs. 2000. *Wetland Loss and Biodiversity Conservation*. *Research Note*. College of Environmental Science and Forestry, State University of New York.
- Johnson, R. A., & Wichern, D.W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Upper Saddle River, N.J: Pearson Prentice Hall.
- Keputusan Kepala Bapedal No. 29 Tahun 1997. Standardisasi, Akreditasi dan Sertifikasi Bidang Lingkungan. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan.
- L. K. Wulandari, "Determining the Maximum Discharge of Blackwater in the Treatment Using Wetland System," *International Journal of Scientific Engineering and Science*, vol. 3, no. 10, pp.7-10, 2019, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/61588480/71-IJSES-V3N920191223-47803-ts3746.pdf>
- L K Wulandari, M Bisri, D Harisuseno, E Yuliani (2020) "Reduction of BOD and COD of by using stratified filter and constructed wetland for blackwater treatment" *Journal IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Volume 469, Issue 1, Pages 012024
- L. K. Wulandari, Munasih, and E. Prikasari, "The Modification of Communal Wastewater Treatment Plant (IPAL) Tlogomas Malang Using Sand Filter," *International Journal of Scientific Engineering and Science*, vol. 3, no. 7, pp. 30-35, 2019, [Online]. Available: <http://eprints.itn.ac.id/5337/>
- L K Wulandari, S Indra, Munasih, V Aditama (2020) "The design of filtration system using coconut shell charcoal for domestic wastewater purification" *International Journal of Scientific Engineering and Science*, Volume 4, Issue 11, Pages 10.

- L. K. Wulandari, M. Bisri, D. Harisuseno, and E. Yuliani, "Application of Stratified Filter and Wetland to Stabilize the Temperature and pH of Blackwater," *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, vol. 9, no. 6, pp. 1574–1582, 2018.
- L K Wulandari (2024), "Performance Analysis of the Volcanic Mud-Based Concrete for Canal Lining from the Lapindo Sidoarjo", *Journal YMER*, Issue VOLUME 23 : ISSUE 01, Pages 513-521, Publisher University of Stockholm
- L K Wulandari, V Aditama, H Setyobudiarso (2023), "Blackwater Communal Septic Tank Domestic Waste Treatment into Clean Water with Multilevel Filter Method, Wetland, Lotus Fish Pond, Continued to Aquaponics IPAL in Terms of TSS and TDS", *Journal KnE Social Sciences*, Pages 108–118-108–118
- MCK Terpadu, Kelurahan Tlogomas Kota Malang.
Keltlogomas.malangkota.go.id>mck-terpadu
<http://sosok.wordpress.com/2006/12/13/agus-gunarto-dan-kawasan-mck-terpadu/html>
- Mukhtasor. 2007. *Pencemaran Pesisir dan Laut*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Mustafa, A., Ramli, T. 2012. Pemanfaatan Sludge Hasil Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biogas. *Penelitian Awal Sains dan Terapan Kimia*, Vol.6, No. 2 (Juli 2012), 130-138.
- Mthembu, M.S., Odinga, C.A., Swalaha, F.M., dan Bux, F. 2013. Constructed *wetlands*: A future alternative wastewater treatment technology. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 12(29), pp. 4542-4553. DOI: 10.5897/AJB2013.12978.
- Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001. *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Jakarta.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 01 Tahun 2010. *Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air*. Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Priyatno, Duwi. 2007. *Mandiri Belajar SPSS*, Cetakan Ketiga, Yogyakarta: Media Kom.
- Rahmawati, A.A., dan Azizah, R. 2005. Perbedaan Kadar BOD, COD, TSS, dan Mpn Coliform pada Air Limbah, Sebelum dan Sesudah Pengolahan di RSUD Nganjuk. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, VOL.2, NO.1, 98 Juli 2005: 97-110.
- Sheeba, A. 2015. The Relevance of *wetland* conservation in Kerala. *International Journal of Fauna and Biological Studies*: 2(3). Pp: 01-05.
- SNI 03-2834-2000. *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. ICS 91.100.30. Badan Standarisasi Nasional.
- Sodamade, G.A, and Pearse, L.F. 2013. Removal of Iron and Manganese Using Rapid Sand Filtration. *NSE Technical Transaction*, Vol.47, No.3.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah*. UI Press. Jakarta.
- Supradata. 2005. *Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias Cyperus alternifolius*, L. dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands). Tesis Tidak Diterbitkan. Magister Ilmu Lingkungan. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Supranto, J. 2010. *Statistika*. Jakarta: Erlangga.
- Susanti, A.C. Sri Purna, Gunawan, W., Aniek, M., dan Diana, A. 2012. Analisis Luasan Constructed *Wetland* Menggunakan Tanaman Iris dalam Mangolah Air Limbah Domestik (Greywater). *Indonesian Green Technology Journal*. Vol. 1 No. 3. ISSN.2338-1787.
- Tirtoac (Irimia) Oana, Nedeff, V., Lasar, G. 2011. Actual Stage Of Water Filtration.
- Tut Wuri Handayani: MCK Komunal, Kompas/ Dahlia Irawati, cetak 11 maret 2015. <http://www.biokehidupan.blogspot.com>2015/03.html>
- Vymazal, J. 2010. Constructed *Wetlands* for Wastewater Treatment. *Open Access Journal of Water 2010*. Vol.2, pp: 530-549. doi:10.3390/w2030530.
- Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.I., Ye, K. 2012. *Probability and Statistics For Engineers and scientists*, 9th. Ed Prentice Hall.
- www.canberragarden.com/reedbed. The Use of Reed Beds for the Treatment of Sewage & Wastewater from Domestic Households.