

Efficiency of Media Combination in BOD and TSS Removal of Restaurant Liquid Waste Using Constructed Wetland with *Cyperus papyrus* Plant

Efisiensi Kombinasi Media dalam Penyisihan BOD dan TSS Limbah Cair Rumah Makan Menggunakan *Constructed Wetland* dengan Tanaman *Cyperus papyrus*

Lily Oktavia¹, Akhmad Danang Nur Hidayat¹, Agus Rachmad Purnama¹, Taqwanur¹

¹Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo, Sidoarjo, Indonesia

*surel: lilyoktavia.98@gmail.com

ABSTRACT

The restaurant business can have an impact on increasing wastewater which can contaminate the receiving water body. One of the treatment methods that can be applied as further treatment is a constructed wetland system with continuous flow. The research was aim to determine the amount of BOD and TSS removal and the effect of pH and temperature on the research. Preliminary tests conducted showed levels of BOD = 1,562 mg/L and TSS = 192 mg/L. The research reactor consisted of 3 units, filled with wastewater with a debit of 7 ml/minute and 5 *Cyperus papyrus* stems planted in a variety of planting media, the reactor containing clay (R1), sand growing (R2), and (R3) clay combined with sand media. The reactor used continuous flow for 4 days, starting with a 7-day acclimatization test. The parameters tested are pH, temperature, BOD, and TSS. The results showed that constructed wetlands with *Cyperus papyrus* plants could remove the best BOD on day 1 in a reactor with clay media of 66%. and the best ability to remove TSS was achieved on day 2 in sand media (R2) which could remove TSS levels of 84.3%.

Keywords:

BOD,
Constructed Wetland,
Growing Media,
Restaurant Wastewater,
TSS

Received: July 29th 2023
Reviewed: July 30th 2023
Pulished: August 09th 2023

ABSTRAK

Usaha rumah makan dapat memberikan dampak terhadap peningkatan air limbah yang dapat mencemari badan air penerima. Salah satu metode pengolahan yang dapat diterapkan sebagai pengolahan lanjutan adalah sistem *constructed wetland* dengan aliran kontinyu. Penelitian bertujuan untuk mengetahui besarnya penyisihan kadar BOD dan TSS serta pengaruh pH dan suhu terhadap penelitian. Uji pendahuluan yang dilakukan menunjukkan kadar BOD = 1.562 mg/L dan TSS = 192 mg/L. Reaktor penelitian sebanyak 3 unit, diisi air limbah dengan debit 7 ml/menit dan 5 batang *Cyperus papyrus* yang ditanam dalam variasi media tanam, Reaktor berisi media tanam tanah liat (R1), Reaktor berisi media tanam pasir (R2), dan (R3) berisi media tanam tanah liat dikombinasikan dengan media pasir. Reaktor menggunakan aliran kontinyu selama 4 hari diawali dengan uji aklimatisasi selama 7 hari. Parameter yang diuji adalah pH, suhu, BOD, dan TSS. Hasil penelitian menunjukkan *constructed wetland* dengan tanaman *Cyperus papyrus* dapat menyisihkan BOD terbaik terjadi pada hari ke-1 pada reaktor dengan media tanah liat sebesar 66%. Pada hasil uji *constructed wetland* dengan tanaman *Cyperus papyrus* kemampuan menyisihkan TSS terbaik dicapai pada hari ke-2 pada media pasir (R2) dapat menyisihkan kadar TSS sebesar 84,3%.

Kata Kunci:

BOD,
Constructed Wetland,
Media Tanam,
Limbah Cair Rumah Makan,
TSS

Diterima: 29 Juli 2023
Direview: 30 Juli 2023
Dipublikasi: 09 Agustus 2023



PENDAHULUAN

Seiring dengan meningkatnya aktivitas manusia maka makin sempit waktu untuk menyiapkan makanan bagi keluarga maupun dirinya sendiri. Menangkap peluang itu, banyak pelaku bisnis yang melirik usaha rumah makan /rumah makan (misalnya rumah makan , pujasera, dan kafe/depot makanan). Dengan bertambah pesatnya usaha rumah makan /rumah makan ini maka dapat dipastikan air limbah yang dihasilkan akan menjadi suatu permasalahan yang perlu mendapatkan perhatian [1].

Limbah cair rumah makan umumnya mengandung organik tinggi, yaitu BOD, TSS minyak dan lemak. Sedangkan nilai pH berkisar pada pH asam yaitu di bawah 5. Kadar Biological Oxygen Demand (BOD) berkisar antara 1.100 mg/L sampai 1.400 mg/L, dan untuk parameter Total Suspended Solid (TSS) berkisar antara 600 mg/l sampai dengan 900 mg/L [2]. Kadar BOD yang tinggi menunjukkan kondisi oksigen sebagai kebutuhan pada proses penguraian bahan organik masih relative kurang dikarenakan kebutuhan oksigen dalam membantu penguraian bahan organik secara kimia lebih besar. Kadar BOD yang tinggi melebihi baku mutu disebabkan oleh banyaknya sumber pencemar yang banyak mengandung organik sehingga berdampak pada penurunan oksigen. Hal ini akan membahayakan kehidupan mikroorganisme dan biota dalam air [3].

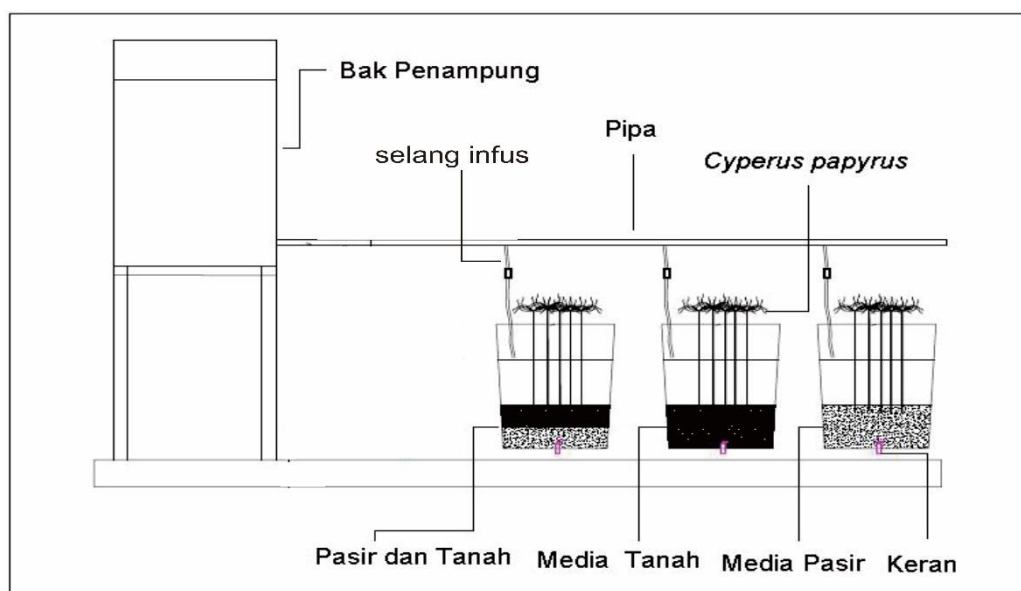
Kadar TSS dalam air limbah adalah padatan terlarut berbentuk lumpur yang telah mengering. Nilai TSS yang tinggi berasal dari bahan organik berupa padatan tersuspensi sehingga dapat menyebabkan kekeruhan di lingkungan perairan. Padatan tersebut berasal dari limbah rumah tangga, industri, maupun pertanian. Semakin tinggi TSS dalam air limbah maka air sungai yang digunakan sebagai tempat pembuangan menjadisemakin keruh. Kandungan TSS yang berupa padatan dapat mengakibatkan kekeruhan sehingga menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air yang akan mengganggu proses fotosintesis dan berkurangnya kadar oksigen terlarut [4].

Penggunaan media tanam dalam sistem *constructed wetland* juga memberi manfaat untuk mengendapkan, menyaring bahan pencemar dalam air limbah, dan sebagai media perkembangbiakan mikroorganisme pengurai bahan organik pencemar. Peranan media tanam sebagai tempat berkembangnya mikroorganisme dibuktikan dengan terbentuknya lapisan biofilm yang berfungsi untuk memecah konsentrasi zat organik dalam air limbah [5]. Tanaman *Cyperus papyrus* sebagai salah satu tanaman air yang dapat menyisihkan bahan organik yang terkandung dalam air limbah. *Cyperus papyrus* mampu menyerap polutan dalam air limbah menggunakan akarnya atau disebut *rhizofiltration* [6]. Berdasarkan beberapa penelitian tanaman Cyprus ini mampu menurunkan BOD air limbah domestik sebesar 95% menggunakan system *constructed wetland* [7].

METODOLOGI

Uji fitoremediasi dilakukan dengan menggunakan Tanaman *Cyperus papyrus* dan lengkap berisi media tanam tanaman berupa : Tanah Liat, Pasir, dan kombinasi pasir dan tanah. Reaktor yang digunakan berjumlah 3 unit berupa reaktor berbahan plastik volume 45 Liter, dan 5 batang tanaman. Sebelum dilakukan pelaksanaan penelitian, dilakukan uji pendahuluan dengan mengambil influen sampel air limbah. Selanjutnya penelitian dengan reaktor *constructed wetland* dioperasikan menggunakan sistem kontinu dengan debit 10 Liter/hari. Pengambilan sampel dilakukan pada effluen setiap hari selama 4 hari. Kemudian sampel dianalisis parameter pH, suhu, BOD dan *Total Suspended Solid* (TSS). Reaktor dijalankan dengan tiga variabel seperti pada Gambar 1:

- Reaktor R1 : reaktor dengan media Tanah liat dan 5 batang *Cyperus papyrus*
- Reaktor R2 : reaktor dengan media Pasir dan 5 batang *Cyperus papyrus*
- Reaktor R3 : reaktor dengan media tanam kombinasi tanah dan pasir serta 5 batang *Cyperus papyrus*



Gambar 1. Rangkaian Reaktor Penelitian
Sumber: Hasil Pengamatan, 2023

Sampel diambil dari kran *effluen* masing-masing reaktor sebanyak 3 liter, untuk uji BOD 1,5 liter dan uji TSS 1,5 liter setiap hari selama 4 hari, kemudian sampel dianalisa parameter pH, suhu, BOD dan *Total Suspended Solid* (TSS). Data hasil laboratorium kemudian dianalisa dengan referensi penelitian terdahulu dan dibandingkan dengan baku mutu air limbah berdasarkan peraturan yang berlaku, yaitu Peraturan Gubernur Jatim No. 72 Tahun 2013 dalam Pergub Jatim No. 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk usaha dan/atau kegiatan lainnya. Prosedur penelitian dapat dijelaskan dalam Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Pendahuluan Air Limbah Rumah Makan

Limbah rumah makan cenderung bersifat organik sehingga dapat terurai dengan mudah oleh mikroorganisme pengurai yang bersifat heterotrof. Oleh bakteri heterotrof bahan organik akan diuraikan menjadi unsur hara dan senyawa yang lebih sederhana melalui proses oksidasi dan hasilnya akan dijadikan bahan makanan [6].

Air limbah rumah makan dalam penelitian ini telah dilakukan uji pendahuluan untuk mengetahui kualitas air limbah dan karakteristiknya, sebagaimana dijelaskan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Hasil uji Pendahuluan air limbah rumah makan

Parameter	Alat/Metode	Satuan	Hasil Uji	Baku Mutu*
pH	pH meter		5,2	6 - 9
BOD5	SNI 06-6989.72-2009	Mg/L	1562	30
COD	APHA 5220C.Ed 23.2017	Mg/L	3517	50
TSS	APHA 2540-D. Ed 23, 2017	Mg/L	192,0	50
Minyak Lemak	SNI 06-6989.72-2011	Mg/L	2,70	10

Sumber : Hasil Pengukuran, 2020

Berdasarkan hasil uji pendahuluan dapat dijelaskan bahwa kualitas air limbah yang menjadi sampling memiliki karakteristik pH bersifat asam mendekati normal, dan konsentrasi BOD dan TSS berada diatas baku mutu yang aman bagi lingkungan.

Pada penelitian ini akan dianalisis tingkat penyisihan BOD dan TSS dari air limbah rumah makan menggunakan sistem *constructed wetland* dengan tanaman *Cyperus papyrus* dan variasi jenis media tanam yang digunakan yang juga menjadi media filter dalam reaktor *constructed wetland*.

Sebelum dilakukan running reaktor dilakukan aklimatisasi untuk mengadaptasi mikroorganisme sebelum direaksikan dengan air limbah dari rumah makan. Aklimatisasi dilakukan selama 7 hari berturut-turut dengan menyiramkan air bersih dan air limbah dalam rasio 1:1. Dalam waktu 7 hari selanjutnya dapat diamati tumbuhnya lapisan biofilm, yaitu lapisan tumbuhnya koloni mikroorganisme yang nantinya akan berperan dalam degradasi kandungan organik dalam air limbah pada saat pelaksanaan.

Pengaruh pH dan suhu pada penyisihan kadar BOD dan TSS

Perubahan pH mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme karena sebagian besar mikroorganisme tidak dapat mentoleransi level pH di bawah 4,0 atau pH di atas 9,5 [8]. Selain itu dalam sistem *constructed wetland* nilai pH yang diharapkan adalah netral atau mendekati netral, karena dengan nilai pH netral akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis tanaman dan aktivitas mikroorganisme dalam air limbah [9].

Pengukuran suhu penting dilakukan pada air limbah, karena proses pengolahan secara biologi terjadi pada kondisi mesofilik dengan kisaran suhu yaitu antara 20–45 °C. Kondisi mesofilik merupakan kondisi suhu yang optimum untuk menguraikan bahan organik, sehingga perlu dipertahankan secara konstan. Suhu air limbah nantinya akan berpengaruh pada aktivitas mikroorganisme maupun tanaman, sehingga akan mempengaruhi kinerja pengolahan air limbah yang masuk ke dalam reaktor *constructed wetland* yang akan digunakan [5]. Selain itu untuk pertumbuhan tanaman air sendiri kondisi optimumnya yaitu 25–35 °C. Pengaruh pH dan suhu pada penelitian ini dapat ditunjukkan melalui hasil pengukuran selama penelitian, sebagaimana ditampilkan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Hasil pengukuran pH dan Suhu pada Influen dan Effluen Air Limbah Rumah Makan

Hari Ke	Influen		pH Efluen			Suhu Efluen °C		
	pH	Suhu	R1	R2	R3	R1	R2	R3
1	5.2	30	5.3	5.5	6.7	31	31	29
2	5.2	30	7.3	7.2	6.8	31	31	31
3	5.2	30	7.1	7.1	6.7	31	31	31
4	5.2	30	7	7.2	6.9	31	31	31

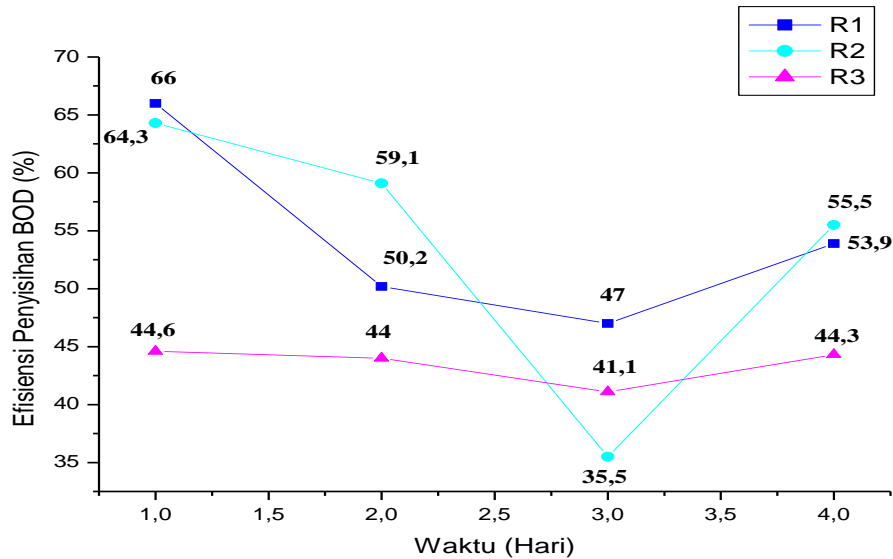
Sumber: Hasil Pengukuran, 2020

Berdasarkan hasil penelitian dalam Tabel di atas, dapat dijelaskan bahwa pH dan suhu pada air limbah rumah makan memiliki karakteristik cenderung netral dan suhu effluen yang tinggi, yaitu: pH antara 5,3 – 7,3 dan suhu 29-31°C. Kenaikan pH terjadi pada hari ke-2 dengan reaktor media tanah dan pasir yaitu 7,3. Hasil tersebut telah memenuhi baku mutu Pergub No 72 Tahun 2013 yang menyatakan bahwa nilai pH berkisar 6 – 9. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik pH dan suhu efisiensi penurunan terjadi pada pH 6,7 (basa) dengan suhu 31°C. Pengaruh pH dan suhu pada sistem *constructed wetland* mempengaruhi pada kemampuan tanaman *Cyperus papyrus* dalam mendegradasi polutan yang ada pada air limbah sehingga senyawa kimia pada air limbah terpecah, pH akan netral jika polutan yang ada pada air limbah sudah terdegradasi.

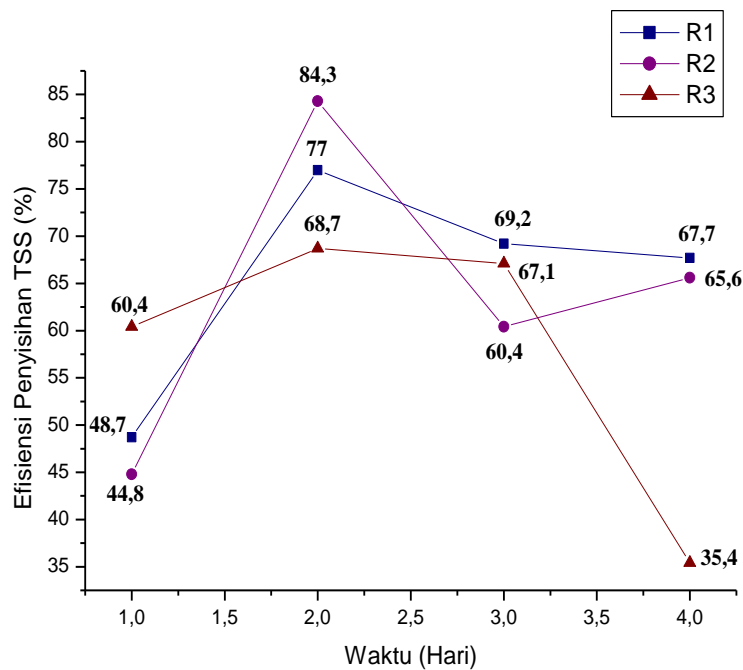
Proses pemecahan bahan kimia organik yang terkandung dalam air limbah rumah makan membutuhkan peranan mikroorganisme. Dalam mendegradasi kandungan bahan organik tersebut diperlukan kondisi pH dan suhu yang toleransi terhadap kehidupan mikroorganisme pengurai. Air limbah rumah makan cenderung mengandung bahan organik dengan konsentrasi tinggi. Hal ini dapat dipahami bahwa proses produksi kegiatan rumah makan umumnya menggunakan bahan-bahan pendukung berupa bahan-bahan yang sebageian besar mengandung nilai BOD dan TSS yang tinggi dan mengandung minyak lemak yang merupakan jenis senyawa kimia asam lemah [10]. Oleh karena itu, air limbah dari rumah makan sebaiknya diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air peneruma. Karena kondisi suhu dan pH yang lebih tinggi daripada di lingkungan dapat

menyebabkan pencemaran terhadap kualitas air sekitarnya [4]. Suhu yang lebih tinggi daripada lingkungan badan air dapat mempengaruhi kehidupan biologis, kelarutan oksigen dan gas-gas lain, kerapatan air, viskositas, dan tegangan permukaan [11].

Sistem *constructed wetland* pada penelitian ini menggunakan media tanam berupa pasir, tanah liat dan kombinasi Pasir dan Tanah Liat. efisiensi penurunan konsentrasi BOD dan TSS dalam air limbah rumah makan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3 Grafik Efisiensi Penurunan Kadar BOD
Sumber: Hasil Pengamatan, 2023



Gambar 4 Grafik Efisiensi Penurunan Kadar TSS
Sumber: Hasil Pengamatan, 2023

Berdasarkan penelitian dihasilkan bahwa sistem *constructed wetland* menggunakan *Cyperus papyrus* penyisihan Kadar BOD hasil terbaik dalam penyisihan Kadar BOD pada hari ke-1 dengan waktu pengambilan sampel setiap 24 jam sebesar 66%. Sedangkan efisiensi penurunan TSS hasil

terbaik pada hari ke-2 pada reaktor ke 2 sebesar 84,3% dan cenderung turun pada hari ke 3 dan hari ke 4.

Penyisihan beban pencemar BOD dan TSS pada air limbah rumah makan terjadi melalui proses fisika, kimia dan biologi yang kompleks antara media tanam, tanaman dan mikroorganisme. Media tanah memiliki peran penting karena berfungsi sebagai tempat menempelnya mikroorganisme. Media tanah juga berperan dalam mengikat akar tanaman, serta membantu proses filtrasi dan menampung sedimen. Mekanisme penurunan beban pencemar BOD dan TSS dari limbah rumah makan yang diolah dengan *constructed wetland* disebabkan karena keberadaan mikroorganisme yang berada pada tanaman *Cyperus papyrus* dan bakteri heterotrof dalam air limbah [11].

Pengaruh Variasi Media

Penurunan kadar beban pencemar pada air limbah dapat terjadi karena adanya interaksi antara tanaman, media serta mikroorganisme dalam air limbah. Media tanam memiliki peran penting karena berfungsi sebagai tempat menempelnya mikroorganisme, juga berperan dalam menyokong tanaman, serta membantu proses filtrasi dan menampung sedimen [12].

Penelitian menunjukkan nilai parameter BOD dan COD menggunakan reaktor *Constructed wetland* dengan tanaman *Cyperus papyrus* dengan menggunakan media berupa tanah liat (R1), media tanam pasir (R2), (R3) berisi media tanah liat dikombinasikan dengan pasir). Hasil effluent yang didapatkan dari parameter BOD yaitu nilai efisiensi penyisihan BOD dengan media tanah liat dari waktu detensi 1 – 4 hari berturut-turut adalah 66%, 50,2%, 47%, dan 53,9%. Kemudian nilai efisiensi penyisihan BOD dengan media pasir menunjukkan efisiensi sebesar 64,3%, 59,1%, 35,5%, dan 55,5%. Pada (R3) berisi media tanah liat dikombinasikan dengan pasir menunjukkan efisiensi penyisihan BOD dengan waktu detensi 1 – 4 hari berturut-turut adalah 44,6%, 44%, 41,1%, dan 44,3%. Hal tersebut menunjukkan bahwa peran media tanah liat dengan memberikan efisiensi penyisihan BOD paling tinggi yaitu 66% pada waktu detensi 4 hari.

Sementara itu, hasil effluent yang didapatkan dari parameter TSS yaitu persentase penyisihan TSS dengan media tanah liat dalam waktu detensi 1 – 4 hari berturut-turut adalah 48,7%, 77%, 69,2%, dan 67,7%. Kemudian nilai efisiensi penyisihan TSS dengan media pasir menunjukkan efisiensi sebesar 44,8%, 84,3%, 60,4%, dan 65,6%. Sedangkan untuk kombinasi media pasir dan tanah liat berturut-turut adalah 60,4%, 68,7%, 67,1%, dan 35,4%.

Berdasarkan hasil penelitian penurunan konsentrasi BOD dengan waktu detensi 1-4 hari mengalami kenaikan signifikan yaitu sebesar 66%, sedangkan penyisihan TSS pada sistem *constructed wetland* mampu menyisihkan TSS sebesar 84,3%. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan tanaman bekerja pada kondisi yang optimum dalam menguraikan bahan organik yang ada pada air limbah [13].

Penelitian menunjukkan nilai parameter BOD dan COD menggunakan reaktor *Constructed wetland* dengan tanaman *Cyperus papyrus* dengan menggunakan media berupa tanah liat (R1), media tanam pasir (R2), (R3) berisi kombinasi media tanah liat dan pasir. Hasil penyisihan parameter BOD pada effluent dengan media tanah liat (R1) selama hari ke 1 – 4 berturut-turut adalah 66%, 50,2%, 47%, dan 53,9%. Selanjutnya efisiensi penyisihan BOD dalam media pasir (R2) selama 4 hari berturut-turut sebesar 64,3%, 59,1%, 35,5%, dan 55,5%. Pada (R3) menunjukkan efisiensi penyisihan BOD selama 4 hari berturut-turut adalah 44,6%, 44%, 41,1%, dan 44,3%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi penyisihan BOD paling tinggi yaitu 66% pada waktu detensi 1 hari adalah pada media tanah liat.

Efisiensi penurunan kadar parameter TSS dengan media tanah liat dalam effluent pada 1 – 4 hari berturut-turut adalah 48,7%, 77%, 69,2%, dan 67,7%. Sedangkan pada media pasir menunjukkan efisiensi sebesar 44,8%, 84,3%, 60,4%, dan 65,6%. Pada media kombinasi pasir dan tanah liat berturut-turut adalah 60,4%, 68,7%, 67,1%, dan 35,4%. Penyisihan TSS terbesar dapat tercapai dengan efisiensi 84,3% dengan media pasir.

Berdasarkan hasil penelitian penurunan konsentrasi BOD dengan waktu detensi 1-4 hari mengalami kenaikan signifikan yaitu sebesar 66% pada media tanah liat. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada media tanah liat terjadi ikatan yang kuat antara mikroorganisme dalam media, akar tanaman dan air limbah. Sehingga dapat saling berperan penting untuk menguraikan kadar organik

tinggi yaitu BOD. Penyisihan TSS pada sistem *constructed wetland* terbesar terjadi pada reactor yang menggunakan media pasir sebesar 84,3%. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan kadar organik tersuspensi dalam air limbah lebih besar terjadi pada ukuran butiran pasir dimana memiliki porositas yang lebih besar dibandingkan tanah liat sehingga bidang perlekatan TSS lebih besar terjadi karena area luasan yang lebih luas [13].

Permeabilitas tanah menjadi salah satu faktor penentu yang menjadi media penyaring untuk parameter BOD yang dikandung dalam air limbah. Peranan media tanah sebagai media tumbuh tanaman remediasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Cyperus papyrus*, selain berperan sebagai media tumbuh juga menjadi tempat hidup mikroorganisme baik yang terkandung dalam akar tanaman dan air limbah. Pengamatan dan evaluasi kinerja dalam fitoremediasi meliputi perkembangan dan pertumbuhan tanaman, kerapatan dan kedalaman akar, sisa kontaminan dalam tanah, kelembaban dan mikroba tanah [14].

Media tanam berupa pasir lebih baik dalam penyisihan TSS, karena TSS merupakan kumpulan bahan organik dalam partikel yang lebih besar dan tersuspensi dalam air limbah. Pasir memiliki porositas yang lebih kecil sehingga memperluas bidang penyerapan. Semakin kecil porositasnya semakin luas bidang penyerapan dalam media tumbuhnya untuk mikroorganisme. Sehingga mempengaruhi efektifitas dalam menurunkan kadar TSS dalam air limbah.

Pengaruh Waktu Detensi

Konsentrasi zat-zat organik akan turun apabila waktu kontakannya cukup. Adsorpsi yang terjadi yakni akibat adanya medan gaya pada permukaan adsorben (pasir dan tanah liat) yang menarik molekul yang terdapat dalam air limbah rumah makan. Pada proses ini partikel atau molekul bahan pencemar dalam air limbah akan menempel pada permukaan media disebabkan adanya perbedaan muatan yang lemah diantara keduanya yang disebabkan oleh gaya van der Waals [8]. Tarik menarik akan terjadi antara muatan positif dari media dan gugus karboksil yang bermuatan negatif pada bahan pencemar, sehingga membentuk suatu lapisan tipis partikel-partikel halus pada permukaan media.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dihasilkan bahwa sistem *constructed wetland* menggunakan *Cyperus papyrus* dengan variasi media tanah liat memberikan hasil terbaik dalam penyisihan Kadar BOD pada hari ke-1 dengan waktu pengambilan sampel setiap 24 jam sebesar 66%. Sedangkan efisiensi penurunan TSS hasil terbaik pada hari ke-2 pada reaktor ke 2 sebesar 84,3%. pH dan suhu pada *constructed wetland* menggunakan tanaman *Cyperus papyrus* dalam air limbah rumah makan telah memenuhi baku mutu Pergub No.72 Tahun 2013.

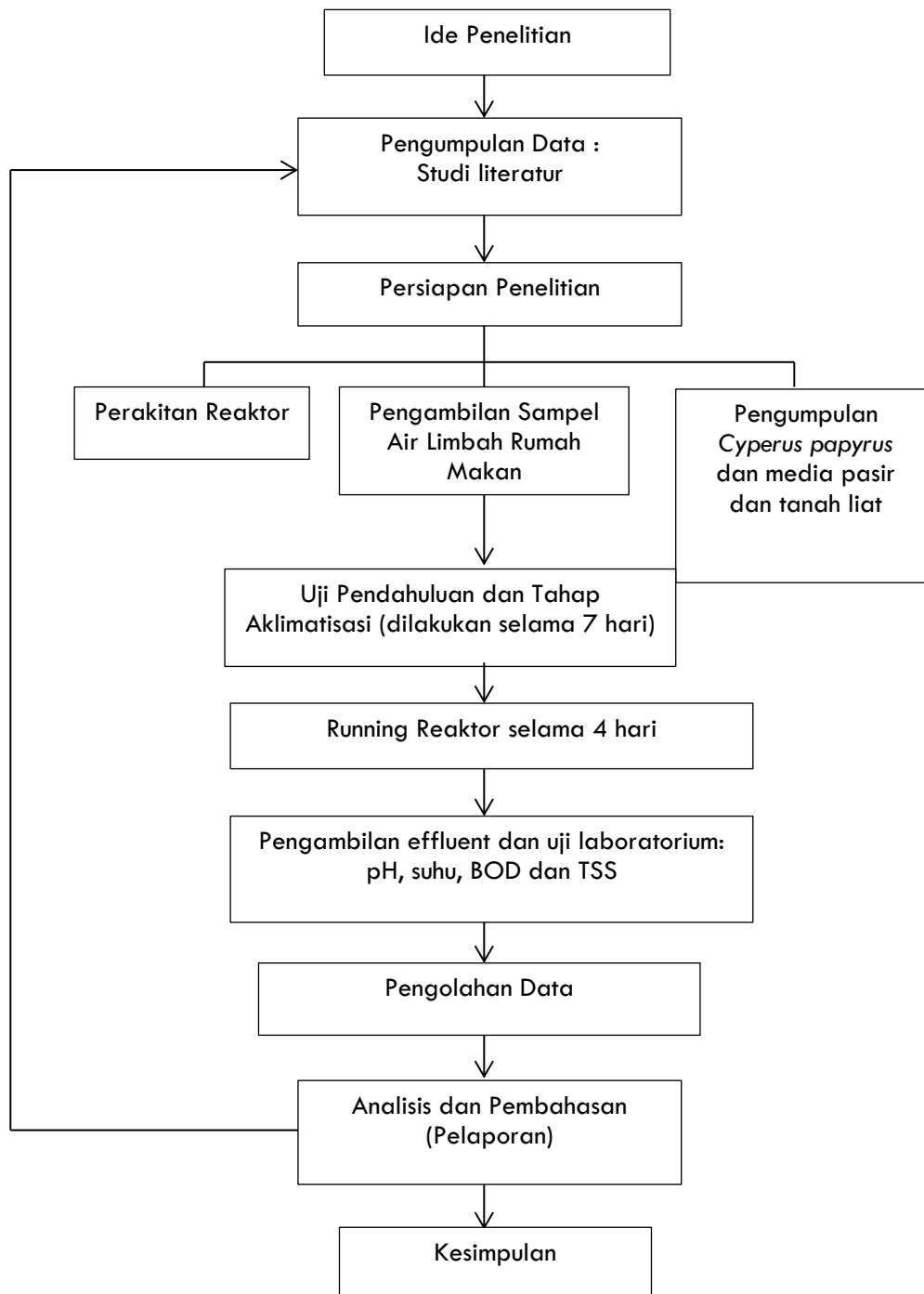
UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan pada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan artikel dari penelitian yang didanai oleh Universitas Nahdlatul Ulama Sidoarjo melalui dana hibah.

REFERENCES

- [1] M. F. Coveney, D. L. Stites, E. F. Lowe, L. E. Battoe and R. Conrow, "Nutrient Removal from Eutrophic Lake Water by Wetland Filtration vol. 19, no. 2, pp. 141–159, 2002," *Ecological Engineering*, vol. 19, no. 2, pp. 141-159, 2002. doi: [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(02\)00037-X](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(02)00037-X)
- [2] A. Ebrahimi, E. Taheri, M. H. Ehrampoush, S. Nasiri, F. Jalali, R. Soltani and A. Fatehizadeh, "A. Ebrahimi et al., "Efficiency of constructed wetland vegetated with *Cyperus alternifolius* applied

- for municipal wastewater treatment," *J. Environ. Public Health*, vol. 2013, 2013., " *Journal of Environmental and Public Health*, vol. 2013, pp. 1-5, 2013. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/815962>
- [3] N. Lusiana, B. R. Widiatmono and H. Luthfiyana, "Beban Pencemaran BOD dan Karakteristik Oksigen Terlarut di Sungai Brantas Kota Malang," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 18, no. 2, pp. 354-366, 2020. doi: <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.354-366>
- [4] S. N. Hadi and Pungut, "Penurunan BOD, COD dan TSS pada Limbah Domestik Menggunakan Kombinasi Floating Wetland dilanjutkan Constructed Wetland," *Waktu: Jurnal Teknik Unipa*, vol. 20, no. 2, pp. 94-102, 2022. doi: <https://doi.org/10.36456/waktu.v20i02.6044>
- [5] J. Kyambadde, F. Kansime, L. Gumaelius and G. Dalhammar, "A Comparative Study of *Cyperus papyrus* and *Miscanthidium violaceum*-Based Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in A Tropical Climate," *Water Research*, vol. 38, no. 2, pp. 475-485, 2004. doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.10.008>
- [6] J. M. Nyika and M. O. Dinka, "A Mini-Review on The Use of Constructed Wetland Systems for Water Treatment in Developing Countries," *Nature Environment and Pollution Technology*, vol. 21, no. 3, pp. 1349-1356, 2022. doi: <https://doi.org/10.46488/NEPT.2022.v21i03.042>
- [7] G. Sánchez-Galván, E. J. Olguín, . F. J. Melo, D. Jiménez-Moreno and V. J. Hernández, "Pontederia sagittata and *Cyperus papyrus* Contribution yo Carbon Storage in Floating Treatment Wetlands Established in Subtropical Urban Ponds," *Science of The Total Environment*, vol. 832, p. 154990, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154990>
- [8] S. Kantawanichkul, S. Kladprasert and H. Brix, "Treatment of High-Strength Wastewater in Tropical Vertical Flow Constructed Wetlands Planted with *Typha angustifolia* and *Cyperus involucratus*," *Ecological Engineering*, vol. 35, no. 2, pp. 238-247, 2009. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2008.06.002>
- [9] I. C. A. Luz, A. R. d. C. Neto, . A. F. S. R. d. Melo, M. V. d. Reis, F. R. L. Fia, M. P. d. Matos and P. D. d. O. Paiva, "Constructed Wetlands in the Production of Crimson Fountain Grass Flower Stems," *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 233, 2022. doi: <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05464-x>
- [10] K. R. Harne, H. Joshi and R. L. Wankhade, "Estimation of Evapotranspiration in Constructed Wetlands Under Diverse Climatic Conditions," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 195, 2023. doi: <https://doi.org/10.1007/s10661-023-10928-0>
- [11] S. Justino, C. S. C. Calheiros, P. M. L. Castro and D. Gonçalves, "Constructed Wetlands as Nature-Based Solutions for Wastewater Treatment in the Hospitality Industry: A Review," *Hydrology*, vol. 10, no. 7, pp. 1-16, 2023. doi: <https://doi.org/10.3390/hydrology10070153>
- [12] F. García-Ávila, J. Patiño-Chávez, . F. Zhiñín-Chimbo, S. Donoso-Moscoso, L. F. d. Pino and A. Avilés-Añazco, "Performance of *Phragmites australis* and *Cyperus papyrus* in The Treatment of Municipal Wastewater by Vertical Flow Subsurface Constructed Wetlands," *International Soil and Water Conservation Research*, vol. 7, no. 3, pp. 286-296, 2019. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.04.001>
- [13] L. Flores, I. Josa, J. García, . R. Pena and M. Garfí, "Constructed wetlands for Winery Wastewater Treatment: A Review on The Technical, Environmental and Socio-Economic Benefits," *Science of The Total Environment*, vol. 882, 2023. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163547>
- [14] L. N. Hamidah, U. E. K. Sari and L. Oktavia, "Pengolahan Air Sungai Menggunakan Slow Sand Filter Sistem Downflow dalam Menurunkan COD dan BOD," *Journal of Research and Technology (JRT)*, vol. 8, no. 1, pp. 133-140, 2022. URL: <https://journal.unusida.ac.id/index.php/jrt/article/view/630>



Gambar 2. Prosedur Penelitian
Sumber: Hasil Pengamatan, 2023