

PENGARUH WAKTU TERHADAP PENURUNAN BOD, COD, DAN TSS LIMBAH RUMAH MAKAN MENGGUNAKAN BIOFILTER ANAEROB (The Effect Time On The Reduction Of BOD, COD, And TSS In Restaurant Waste Water Using Anaerobic Biofilter)

¹⁾Muhammad Alfian Halim, ²⁾Evy Hendrianti, ³⁾Hery Setyobudiarso

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang
Jalan Sigura-Gura Nomor 2, Kelurahan Sumbersari, Lowokwaru, Kota Malang

Email: ¹⁾alfianhalim42@gmail.com ²⁾evyhendrianti@lecturer.itn.ac.id

³⁾hery_sba@yahoo.com

ABSTRAK, Limbah cair rumah makan atau warung harus dikelola untuk mengurangi pencemaran lingkungan badan air. Pengolahan limbah cair rumah makan dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan metode biofilter anaerobik. Pada metode ini, terdapat mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang di permukaan suatu media dengan membentuk lapisan *biofilm*. Proses pengolahan dengan biofilter anaerobik dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni waktu detensi dan jenis media. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh waktu detensi terhadap penurunan konsentrasi BOD, COD, dan TSS serta kinerja proses pengolahan air limbah rumah makan dengan media *bioball*. Waktu detensi yang digunakan yaitu 24, 36, dan 48 jam. Metode *batch* dilakukan pada penelitian ini dengan melakukan *seeding* dan aklimatisasi selama 18 hari secara keseluruhan sebelum media dikontakkan dengan limbah cair rumah makan. Penelitian menggunakan satu reaktor dengan media *bioball* dan dilakukan pengambilan sampel sesuai dengan waktu detensi yang ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu detensi mempengaruhi hasil pengolahan yakni semakin lama waktu detensi maka semakin besar penurunan konsentrasi parameter. Hasil efisiensi optimum dicapai pada waktu detensi 48 jam dengan penurunan BOD, COD, dan TSS berturut turut sebesar 77% dari konsentrasi awal 562,9 mg/L, 83% dari konsentrasi awal 878,9 mg/L, dan 73% dari konsentrasi awal 462 mg/L. Hasil penurunan terbaik ketiga parameter masih belum memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Pengolahan limbah cair rumah makan dapat dilakukan dengan kombinasi anaerobik dan aerob agar memaksimalkan penurunan konsentrasi pencemaran.

Kata Kunci: Limbah Cair Rumah Makan, Biofilter Anaerobik, COD, BOD, TSS

ABSTRACT, Liquid waste from restaurants or stalls must be managed to reduce environmental pollution of water bodies. Processing of restaurant liquid waste can be done in various ways, one of which is the anaerobic biofilter method. In this method, there are microorganisms that grow and develop on the surface of a medium by forming a biofilm layer. The processing process with anaerobic biofilter is influenced by several factors, namely detention time and media type. This study aims to determine the effect of detention time on the decrease in BOD, COD, and TSS concentrations and the performance of the restaurant wastewater treatment process with bioball. The detention time used is 24, 36, and 48 hours. The batch method was carried out in this study by seeding and acclimatization for 18 days as a whole before the media was contacted with restaurant wastewater. The study used one reactor with bioball and sampling was carried out according to the specified detention time. The results showed that detention time affects the processing results, namely the longer the detention time, the greater the decrease in parameter concentrations. Optimum efficiency results were achieved at a detention time of 48 hours with a decrease in BOD, COD, and TSS respectively by 77% from the initial concentration of 562.9 mg/L, 83% from the initial concentration of 878.9 mg/L, and 73% from the initial concentration of 462 mg/L. The best reduction results of the three parameters still do not meet the quality standards of the East Java Governor Regulation No. 72 of 2013. Processing of restaurant liquid waste can be done with a combination of anaerobic and aerobic to maximize the decrease in pollution concentration.

Keywords: Restaurant Waste Water, Anaerobic Biofilter, COD, BOD, TSS

PENDAHULUAN

Keberadaan usaha rumah makan saat ini mengalami perkembangan yang kian pesat terutama rumah makan skala kecil seiring dengan banyaknya masyarakat yang menginginkan makanan yang cepat, praktis, dan variatif. Hal tersebut menimbulkan limbah makanan salah satunya limbah cair yang saat ini sangat minim penanganan (Achadri et al., 2018).

Air limbah rumah makan sumber utamanya berasal dari pencucian bahan makanan, pencucian alat masak dan peralatan makan, serta sisa bahan makanan dan sajian olahan makanan seperti nasi, sayur, minyak dan lemak. Minyak dan lemak dapat diatasi menggunakan grease trap sehingga bukan menjadi persoalan besar. Kemudian air sisa pencucian peralatan masak dan makanan mengandung bahan organik yang akan mengalami pembusukan akibat aktivitas mikroorganisme (Utomo et al., 2018).

Kandungan pada limbah cair rumah makan biasanya terdapat bahan-bahan organik yang berasal dari pencucian bahan makanan, pencucian peralatan dapur, peralatan makan, dan sisa bahan makanan serta olahan makanan (Hendrasarie et al., 2022). Limbah cair rumah makan yang berasal dari sisa pencucian peralatan makan dan peralatan memasak mengandung bahan organik yang dapat membusuk oleh aktivitas mikroorganisme saat dibuang ke badan air sehingga meningkatkan kadar TSS, BOD, dan COD. (Adawiyah et al., 2021).

Berdasarkan hasil uji kualitas limbah cair salah satu rumah makan diperoleh nilai BOD 520,3 mg/L, COD 1926,8 mg/L, dan TSS 1460 mg/L (Hendrasarie et al., 2022). Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan / atau Kegiatan Usaha Lainnya kadar maksimum air limbah cair yaitu BOD 30 mg/L, COD 50 mg/L, dan TSS 50 mg/L.

Ada beberapa proses pengolahan limbah cair rumah makan, salah satunya dengan proses biologis. Pengolahan secara biologis dibagi menjadi dua yakni aerobik dan anaerobik. Anaerobik adalah proses yang memanfaatkan reaksi mikroorganisme dalam mengolah air limbah dalam kondisi tanpa oksigen (Nababan et al., 2020). Proses pengolahan biologis dengan anaerob merupakan proses biologis menggunakan

mikroorganisme anaerob yang tidak membutuhkan oksigen bebas. Proses anaerob dapat dipengaruhi oleh pH dan temperature lingkungan (Amri & Wesen, 2015). Proses anaerob merupakan proses perubahan senyawa organik menjadi CH₄ dan CO₂ tanpa tersedia molekul oksigen. Proses metabolisme anaerob melalui tiga tahapan. Tahap pertama yakni hidrolisa senyawa polimer diturunkan menjadi monomer kemudian didegradasi oleh bakteri asidogenik menjadi asam-asam organik. Tahap kedua yakni asidifikasi, asetat dalam bentuk asam organik akan diubah menjadi CH₄ dan CO₂. Tahap ketiga yakni metanasi, merupakan tahap untuk mereduksi COD dan BOD air limbah yang paling tinggi. (Muadifah, 2019).

Penurunan konsentrasi limbah cair rumah makan secara anaerob dapat menggunakan reaktor biofilter bermedia. Media ini berfungsi sebagai wadah melekatnya mikroorganisme ketika proses perkembangbiakan (Amri dan Wesen, 2015). Salah satu media yang dapat digunakan untuk metode biofilter anaerob adalah media bioball. Media ini memiliki kelebihan antara lain ringan, mudah dicuci, serta memiliki luasan permukaan spesifik yang besar (200-240m²/m³) (Filliazati et al., 2013). Pada penelitian ini, penulis akan menggunakan variasi waktu detensi dalam proses pengolahan limbah cair rumah dengan metode biofilter anaerob bermedia bioball.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai dengan bulan Juni 2023 dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah waktu detensi yaitu 24; 36; dan 48 jam, untuk variabel bebas. Variabel terikatnya adalah konsentrasi BOD, COD, dan TSS.

Persentase penurunan konsentrasi BOD, COD, dan TSS dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Penurunan COD} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

Keterangan :

a = Konsentrasi COD awal (mg/L)

b = Konsentrasi COD akhir (mg/L)

Uji statistik yang digunakan untuk analisis data yaitu ANOVA *One-Way*. Uji ANOVA untuk mengetahui apakah ada pengaruh

Prodi Teknik Lingkungan - ITN Malang
variable bebas terhadap konsentrasi BOD, COD, dan TSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Cair Rumah Makan

Pada penelitian ini limbah cair rumah makan yang digunakan berasal dari salah satu rumah makan di kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Limbah rumah makan dihasilkan dari bekas perendaman daging ayam dan pencucian alat bekas memasak dan makan. Air limbah rumah makan memiliki warna abu keruh, berbuih, dan bau. Sampel air limbah diambil pada outlet pada pukul 11.30 WIB dengan teknik *grab sampling*, kemudian air limbah dianalisis untuk mengetahui konsentrasi awal sebelum pengolahan.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil konsentrasi air limbah rumah makan sebelum proses pengolahan dapat dilihat pada tabel 1. sebagai berikut :

Tabel 1. Karakteristik Air Limbah Sebelum Pengolahan

No.	Parameter	Konsentrasi Air Limbah*	Baku Mutu Air Limbah**
1.	COD	878,9 mg/L	50 mg/L
2.	BOD	562,9 mg/L	30 mg/L
3.	TSS	462 mg/L	50 mg/L

Keterangan :

- * Hasil Analisis Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang, 2023.
- ** Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013.

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa parameter COD, BOD, dan TSS pada air limbah rumah makan masih belum memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Proses Seeding

Proses *seeding* dilakukan secara *batch* dengan mengaktifkan mikroorganisme yang terdapat dalam *Effective Microorganisms* (EM4). Proses pengaktifan EM4 dilakukan selama 7 hari hingga pH > 4 dan terjadi penyisihan COD berkisar 10 – 12 %, serta terbentuk lapisan putih/lendir (Munawaroh et.al, 2013). Pada penelitian ini dalam waktu 7 hari pH belum mencapai pH > 4 sehingga proses pengaktifkan EM4 dilanjutkan hingga pH mencapai 5,1 dalam waktu 13 hari.

Proses Aklimatisasi

Pada proses aklimatisasi dilakukan selama 5 hari, pengadaptasian dilakukan dengan cara mengganti air limbah perlahan dengan air limbah yang baru (Bastom, 2015). Saat proses aklimatisasi, dilakukan pengukuran nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) untuk memastikan bahwa mikroorganisme dapat beradaptasi dengan air limbah yang baru dalam mendegradasi kandungan organik dalam air limbah (Dayanti dan Herlina, 2018).

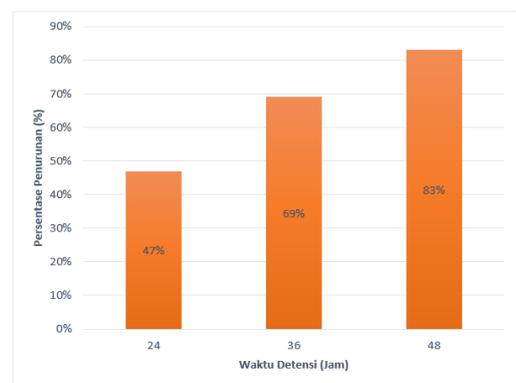
Pemilihan parameter COD karena COD merupakan indikator pencemar yang dapat menunjukkan banyak sedikitnya zat organik yang terkandung dalam limbah dengan waktu uji yang relatif cepat yaitu 3 jam. Selain itu, nilai COD yang diukur sebagai indikator keberhasilan aklimatisasi sekaligus penanda bakteri sudah dalam kondisi *steady state*. Proses aklimatisasi dikatakan selesai setelah mengalami *steady state* (kondisi puncak stabil) ditandai dengan fluktuasi nilai COD tidak melebihi 10%, yang artinya mikroorganisme siap dilakukan proses selanjutnya (Ananda et al., 2017).

Hasil Uji COD

Pengujian COD dilakukan dengan metode Iodometri yang mengacu pada SNI 6989.73:2019. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand*) COD dengan refluks tertutup secara Titrimetri. Berikut hasil penurunan konsentrasi COD dapat dilihat pada tabel 2. dan gambar 1.

Waktu Detensi (Jam)	Konsentrasi COD Awal (mg/L)	Konsentrasi COD Akhir (mg/L)	Persentase Penyisihan (%)
24	878,9	462,9	47%
36	878,9	270,9	69%
48	878,9	153,6	83%

(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)



Gambar 1. Grafik Persentase Penyisihan COD

Berdasarkan Tabel 2 dan gambar 1 dapat dilihat bahwa besaran penyisihan parameter COD paling rendah terjadi pada waktu detensi 24 jam yaitu sebesar 47% dengan konsentrasi 462,9 mg/L. Sedangkan penurunan paling tinggi terjadi pada waktu detensi 48 jam sebesar 83% dengan konsentrasi 153,6 mg/L.

Waktu detensi berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan COD. Semakin lama antara bahan organik dengan mikroba pada lapisan biofilm sehingga akan memperbanyak kesempatan mikroba dalam memanfaatkan bahan organik tersebut untuk metabolisme tubuhnya dan akan menyisihkan kandungan organik dalam air limbah tersebut (Dayanti dan Herlina, 2018). Penurunan ini terjadi dikarenakan senyawa COD yang ada di dalam air limbah akan terdifusi ke dalam lapisan biologis yang melekat pada permukaan *bioball* sehingga senyawa COD diuraikan oleh mikroorganisme tersebut (Zahra et al., 2015).

Semakin lama waktu kontak air limbah dengan mikroorganisme yang melekat pada media, maka semakin banyak zat organik baik yang mudah terurai dan tidak mudah terurai yang terdegradasi (Salamah dan Rahmanto, 2021). Waktu kontak dalam pengolahan air limbah semakin lama maka semakin baik, hal tersebut disebabkan mikroorganisme yang melekat pada media akan menghasilkan enzim yang dapat mereaksikan zat kimia untuk menguraikan bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana, berdasarkan hal itu semakin lama interaksi air limbah dengan mikroorganisme maka semakin banyak bahan organik yang dapat diuraikan dan diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana. (Kholif et al., 2022).

Senyawa yang dihasilkan berupa CO₂, H₂O, CH₄ dan massa bakteri sebagai sumber energi (Widyaningrum dan Purnomo, 2020). Lamanya waktu detensi dapat mengakibatkan mikroorganisme memiliki titik jenuh dalam pengolahan yang ditandai dengan penurunan nilai removal karena mikroorganisme mengalami fase *stationer* atau mikroorganisme mulai turun akibat adanya kematian. Hal itu dapat dilihat dari kondisi *biofilm* yang merontok pada media. (Hendrasarie dan Santosa, 2019).

Konsentrasi COD sudah mengalami penurunan sejak hari pertama meskipun tidak signifikan. Proses turunnya konsentrasi COD

ini dimulai pada bak pengendapan awal karena terjadinya proses pengendapan partikel-partikel zat organik tersuspensi. Adanya pengendapan partikel zat organik ini diketahui dengan adanya endapan didasar bak pengendapan awal (Daud et al., 2014). Penurunan COD disebabkan karena adanya oksidasi substrat serta terjadi proses degradasi bahan organik. (Widyaningrum dan Purnomo, 2020). Selain itu menurut Haerun et al., (2018) Penurunan COD dapat terjadi akibat proses oksidasi biokimia oleh bakteri, sehingga banyak zat organik yang mengendap dan teroksidasi, bahan buangan organik tersebut akan dioksidasi oleh kalium dikromat yang digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) menjadi gas CO₂, H₂O serta sejumlah ion krom.

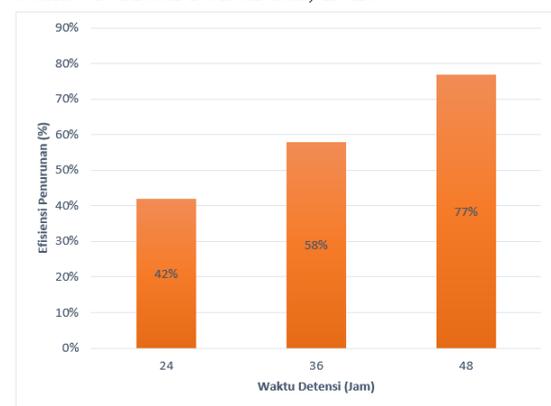
Hasil Uji BOD

Pengujian BOD dilakukan dengan metode Iodometri yang mengacu pada SNI 06-6989.14-2004. Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biologi (*Biology Oxygen Demand*) BOD dengan iodometri. Berikut adalah hasil penurunan konsentrasi BOD dapat dilihat pada tabel 3. dan gambar 2.

Tabel 3. Hasil Penyisihan BOD

Waktu Detensi (Jam)	Konsentrasi BOD Awal (mg/L)	Konsentrasi BOD Akhir (mg/L)	Persentase Penyisihan (%)
24	562,9	326,3	42%
36	562,9	238,6	58%
48	562,9	131,9	77%

Sumber: Hasil Penelitian, 2023



Gambar 2. Grafik Persentase Penyisihan BOD

Berdasarkan Tabel 3 dan Gambar 2 dapat dilihat bahwa besaran penyisihan parameter BOD paling rendah terjadi pada waktu detensi 24 jam yaitu sebesar 42% dengan konsentrasi 326,3 mg/L. Sedangkan penurunan paling tinggi terjadi pada waktu detensi 48 jam sebesar 77% dengan konsentrasi 131,9 mg/L.

Prodi Teknik Lingkungan - ITN Malang

Semakin lama waktu detensi maka semakin besar tingkat efisiensi penyisihan bahan organik. Pernyataan ini disebabkan waktu detensi yang semakin lama antara bahan organik dengan mikroba pada lapisan biofilm sehingga akan memperbanyak kesempatan mikroba dalam memanfaatkan bahan organik tersebut untuk metabolisme tubuhnya dan akan menyisihkan kandungan organik dalam air limbah tersebut (Dayanti dan Herlina, 2018).

Faktor lain dalam penurunan konsentrasi BOD yakni meningkatnya biomassa mikroorganisme akan menyebabkan turunnya konsentrasi bahan organik pada limbah. Peningkatan biomassa disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme yang melekat pada rongga-rongga media filter bioball yang digunakan sebagai tempat tinggal mikroorganisme. Penurunan konsentrasi BOD mengindikasikan bahwa bahan organik yang terkandung dalam air limbah Sebagian besar merupakan bahan organik yang bersifat biodegradable (dapat terdegradasi secara biologis) (Filliazati, 2013).

Penurunan kadar BOD menunjukkan adanya aktivitas dari bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*) yang memfermentasikan bahan organik limbah cair menjadi senyawa asam laktat yang berfungsi untuk mempercepat perombakan bahan organik. Selain itu adanya bakteri asam laktat tersebut dapat memfermentasikan bahan organik menjadi senyawa-senyawa organik yang lebih sederhana sehingga cenderung lebih cepat dalam proses penguraian bahan organik pada limbah cair. Adanya penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana secara tidak langsung menurunkan kadar BOD (Sari et al., 2017).

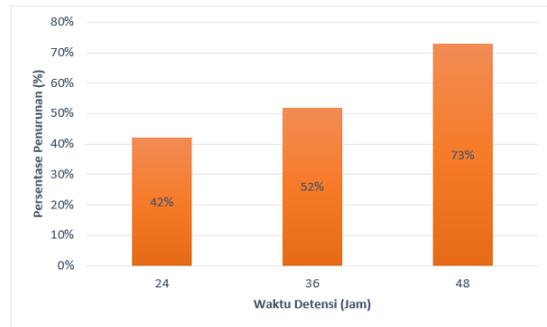
Hasil Uji TSS

Pengujian TSS dilakukan dengan metode Gravimetri yang mengacu pada SNI 06-6989.3-2004. Cara Uji Kebutuhan Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid) dengan gravimetri. Berikut adalah hasil penurunan konsentrasi TSS dapat dilihat pada tabel 4. dan gambar 3.

Tabel 4. Persentase Penyisihan TSS

Waktu Detensi (Jam)	Konsentrasi TSS Awal (mg/L)	Konsentrasi TSS Akhir (mg/L)	Persentase Penyisihan (%)
24	462	270,3	42%
36	462	223	52%
48	462	123,8	73%

Sumber: Hasil Penelitian, 2023



Gambar 3. Grafik Persentase Penyisihan TSS

Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa besaran penyisihan parameter TSS paling rendah terjadi pada waktu detensi 24 jam yaitu sebesar 42% dengan konsentrasi 270,3 mg/L. Sedangkan penurunan paling tinggi terjadi pada waktu detensi 48 jam sebesar 73% dengan konsentrasi 123,8 mg/L.

Pada proses pengolahan secara *batch* terjadi pengendapan partikel-partikel di dasar reaktor sehingga dalam pengambilan sampel pada outlet reaktor partikel padatan yang terurai tidak ikut tercampur. Berdasarkan kutipan jurnal penelitian Pramita et al., (2020) bahwa nilai TSS mengalami penurunan karena partikel tidak terbawa aliran ke atas dan mengendap ke dasar reaktor. Selain itu, terjadi proses degradasi biologis yang melekat pada media filter dan proses fisika yaitu pemisahan antara wujud padat dan cair dengan metode filtrasi pada waktu air limbah melewati media filter maka akan tersaring padatan tersebut (Amri dan Widayatno, 2023). Zat padatan tersuspensi yang bersifat anorganik dapat tersaring oleh media sedangkan yang bersifat organik (zat yang menempel pada residu) akan didegradasi oleh mikroorganisme yang menempel pada permukaan media (Salamah dan Rahmanto, 2021).

Faktor yang dapat memengaruhi besarnya penyisihan TSS pada air limbah menggunakan biofilter adalah adanya filtrasi pada sistem biofilter (Zahra dan Purwanti, 2015). Selain itu faktor lain yang dapat memengaruhi dalam penyisihan TSS adalah ukuran diameter media yang digunakan. Ukuran media memiliki pengaruh dalam penyisihan material residu, karena media

Prodi Teknik Lingkungan - ITN Malang

pada biofilter memiliki fungsi sebagai filtrasi. Sehingga kandungan residu tersaring melalui celah-celah media dan biofilm yang membungkus permukaan media. Hal tersebut membuktikan bahwa kelebihan biofilter dapat menghilangkan padatan tersuspensi dengan baik (Fitri et al., 2016).

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Waktu detensi berpengaruh terhadap pengolahan air limbah dengan metode biofilter anaerob bermedia *bioball*. Semakin lama waktu detensi maka semakin besar pula penurunan konsentrasi parameter yang diperoleh karena mikroorganisme semakin banyak melakukan penguraian bahan organik.
2. Kinerja pengolahan air limbah rumah makan dengan biofilter anaerob bermedia *bioball* masih belum optimal, hal itu disebabkan nilai konsentrasi akhir pengolahan belum memenuhi baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72 Tahun 2013. Pengolahan belum optimal diakibatkan mikroorganisme belum mencapai *steady state* ditahap aklimatisasi sehingga mikroorganisme belum maksimal dalam melakukan menguraikan bahan organik air limbah. Nilai efisiensi terbaik dari ketiga parameter COD, BOD, dan TSS masing-masing 83%, 77%, dan 73%.

Saran

Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat memperhatikan kondisi *steady state* mikroorganisme agar lebih maksimal dalam melakukan pengolahan air limbah serta bisa melakukan pengolahan lanjutan untuk memaksimalkan penurunan konsentrasi parameter air limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Achadri, Y., Tyasari, F. G., & Dughita, P. A. (2018). Pemanfaatan Limbah Organik Dari Rumah Makan Sebagai Alternatif Pakan Ternak Ikan Budidaya. *AGRONOMIKA*, 13(1), 1–23.
- Adawiyah, A., Anggraini, I., Raid, F., & Yeni, R. (2021). Pengaruh Penggunaan Sabut Kelapa Terhadap Pengolahan Limbah Cair Rumah Makan. *Prosiding SEMNAS BIO 2021*, 1355–1359.
- Amri, A. A., & Widayatno, T. (2023). Penurunan Kadar BOD, COD, TSS, dan pH pada Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan Biofilter. *Inovasi Teknik Kimia.*, 8(1), 6–10.
- Amri, K., & Wesen, P. (2015). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biofilter Anaerob Bermedia Plastik (Bioball). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 55–66.
- Ananda, R. A., Hartati, E., & Salafudin. (2017). Seeding dan Aklimatisasi pada Proses Anaerob Two Stage System Menggunakan Reaktor Fixed Bed. *Jurnal Online Insitut Teknologi Nasional*, 6(1), 1–9.
- Antika, E., Ernawati, N., & Firgiyanto, R. (2020). Limbah tahu menjadi berkah: kajian pilot project IPAL Desa Klumutan Kabupaten Madiun. *Birokrasi Pancasila: Jurnal Pemerintahan, Pembangunan Dan Inovasi Daerah*, 2(1), 22–31.
- Ariani, W., Sumiyati, S., & Wardana, I. W. (2014). Studi Penurunan Kadar COD dan TSS Pada Limbah Cair Rumah Makan dengan Teknologi Biofilm Anaerob - Aerob Menggunakan Media Bioring Susunan Random. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 1–10.
- Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 06-6989.3-2004. Air dan Air LimbahBagian 3: Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri.
- Badan Standarisasi Nasional : Jakarta. Badan Standarisasi Nasional. 2004. SNI 06-6989.14-2004. Air dan Air LimbahBagian 14: Cara Uji Oksigen Terlarut Secara Yodometri (Modifikasi Azida).
- Badan Standarisasi Nasional : Jakarta. Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 6989.73:2019. Air dan Air Limbah - Bagian 73: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD) dengan Refluks Tertutup Secara Titrimetri. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Bastom, B. M. (2015). Kajian Efek Aerasi pada Kinerja Biofilter Aerob dengan Media Bioball Untuk Pengolahan Air Limbah Budidaya Tambak Udang. *Tugas Akhir*, 1–187.
- Daud, A., Jafar, N., & Pitriani. (2014). Efektivitas Penambahan EM4 pada Biofilter Anaerob-Aerob dalam Pengolahan Air Limbah RS. UNHAS. *Universitas Hasanudin*.

Prodi Teknik Lingkungan - ITN Malang

- Dayanti, M. S., & Herlina, D. N. (2018). Studi Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Air Limbah Domestik Buatan Menggunakan Biofilter Aerob Tercelup dengan Media Bioring. *Jurnal Dampak*, 15(1), 31–36.
- Elia, N. M. (2019). *Pengaruh Media Pembelajaran Berbasis Audiovisual dan Gaya Kognitif Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Materi Larutan Elektrolit dan Non Elektrolit di MAN 1 Aceh Barat Daya*. 170205043, 1–127.
- Ferdaus, F., Wijayanti, M. O., Retnonigtyas, E. S., & Irawati, W. (2008). *Pengaruh pH, Konsentrasi Substrat, Penambahan Kalsium Karbonat dan Waktu Fermentasi Terhadap Perolehan Asam Laktat Dari Kulit Pisang*. 1–14.
- Filliazati, M., Apriani, I., & Zahara, T. A. (2013). Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10.
- Fitri, H. M., Hadiwidodo, M., & Kholiq, M. A. (2016). *Penurunan Kadar COD, BOD, Dan TSS pada Limbah Cair Industri MSG (Monosodium Glutamat) dengan Biofilter Anaerob Media Bio-Ball*. 5(1), 1–10.
- Hadiwidodo, M., Oktiawan, W., Primadani, A. R., Parasmita, B. N., & Gunawan, I. (2012). Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob dan Wetland. *Jurnal Presipitasi*, 9(2), 84–95.
- Haerun, R., Mallongi, A., & Natsir, M. F. (2018). Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem Upflow dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(2), 1–11.
- Hardi, I., & Mardani, S. (2015). Processing and Waste Water Quality in Arya Duta Makassar Hotel. *Higiene: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 1(2), 100–108.
- Hartaja, D. R. K., & Setiadi, I. (2016). Perencanaan desain instalasi pengolahan limbah industri nata de coco dengan proses lumpur aktif. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 9(2), 97–112.
- Helard, D. (2010). *Pengaruh Variasi Rasio Waktu Reaksi Terhadap Waktu Stabilisasi pada Penyisihan Senyawa Organik dari Air Buangan Pabrik Minyak Kelapa Sawit dengan Sequencing Batch Reactor Aerob*. 4.
- Hendrasarie, N. (2021). *Mengolah Limbah Cair Domestik di Lahan Sempit: Penggunaan Teknologi Sequencing Batch Reactor*. Putra Media Nusantara.
- Hendrasarie, N., Putro, R. K. H., Rosariawari, F., Purnama, Y. S., & Ramlan, R. M. (2022). Efektivitas Penambahan Sludge Zone Pada Sequencing Batch Reactor untuk Mengolah Limbah Cair Rumah Makan. *Journal of Research and Technology*, 8(1), 121–131.
- Hendrasarie, N., & Santosa, B. A. (2019). Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Hewan Menggunakan Rotating Biological Contactor Modifikasi Sludge Zone. *Journal of Reserch and Technology*, 5(2), 168–177.
- Indrastuti, Andriawan, A., & Leany. (2020). *Analisis Waste Water Management di Sekitar Proyek Pembangunan Mega Super Blok Meisterstadt Batam Center*. 1(69), 5–24.
- Kholif, M. Al. (2020). *Pengelolaan Air Limbah Domestik*. Scopindo Media Utama.
- Kholif, M. Al, Rohmah, M., Nurhayati, I., Walujo, D. A., & Majid, D. (2022). Penurunan Beban Pencemar Rumah Potong Hewan (RPH) Menggunakan Sistem Biofilter Anaerob. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 14(2), 100–113.
- Minarni. (2022). *Kimia Lingkungan*. Sarnu Untung.
- Muadifah, A. (2019). *Pengendalian Pencemaran Lingkungan*. Media Nusa Creative.
- Munawaroh, U., Sutisna, M., & Pharmawati, K. (2013). *Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Serta Pemanfaatannya*. 1(2), 93–104.
- Nababan, D., Sitorus, M. E. J., Brahmana, N. E. B., & Silitonga, E. M. (2020). Kemampuan Biofilter Anaerob Berdasarkan Jenis Media dalam Pengolahan Air Limbah Domestik Tahun 2016. *Jurnal Riset Hesti Medan Akper Kesdam I/BB Medan*, 4(2), 105.
- Nursaini, D., & Harahap, A. (2022). Kualitas Air Sungai. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 5(1), 312–321.
- Papilon, U. M., & Efendi, M. (2017). *Ikan Koi*. Penebar Swadaya.

- Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Pramita, A., Prasetyanti, D. N., & Fauziah, D. N. (2020). Penggunaan Media Bioball dan Tanaman Kayu Apu (*Pistia Stratiotes*) Sebagai Biofilter Aerobik Pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Tangga. *Journal of Research and Technology*, 6(1), 131–136.
- Pramita, A., & Puspita, E. D. (2019). Penurunan Biochemical Oxygen Demand (BOD) dan Total Suspended Solids (TSS) pada Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Proses Anaerobik Biofilter. *Journal of Research and Technology*, 5(1), 21–29.
- Praptiwi, R. E. (2017). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Dan Sistem Daur Ulang Air Hotel Budget Di Kota Surabaya. *Tugas Akhir*.
- Rahayu, R. (2018). Penyisihan Konsentrasi COD dalam Proses Seeding dan Aklimitasi Secara Anaerob dengan Sistem Curah Menggunakan Fluidized Bed Reactor. *Semnastek*, 2, 1–6.
- Rambe, S. M. (2016). Evaluasi Reaktor Hidrolisis-Acidogenesis Sebagai Bioreaktor Intermediate Proses Pada Pra Pembuatan Biogas dari Limbah Cair PKS Pada Skala Pilot Plant. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 27 No.2, 94–102.
- Ratnawati, R., & Kholif, M. Al. (2018). Aplikasi Media Batu Apung Pada Biofilter Anaerobik Untuk Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Ayam. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 10(1), 1–14.
- Royani, S., Fitriana, A. S., Enarga, A. B. P., & Bagaskara, H. Z. (2021). Kajian COD dan BOD Dalam Air di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(1), 40–49.
- Said, N. I., & Hartaja, R. K. (2015). Pengolahan Air Lindi dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob dan Denitrifikasi. *Jurnal Air Indonesia*, 8(1), 1–20.
- Salamah, U. H., & Rahmanto, T. A. (2021). Pengaruh Media Biofiltrasi Anaerob Untuk Mendegradasi Cod, Tss, Dan Nh3-N Pada Limbah Cair Pencucian Ikan. *Jurnal ESEC Teknik Lingkungan*, 2(1), 117–121.
- Sandra, L., M., J. F., Rifaldo, P., Ritnawati, M., Kartika, U., Patimah, Kartika, S. D., Dodi, S., HR, F., Ningsih, E., & Jernita, S. (2022). Proses Pengolahan Limbah. In *Yayasan Kita Menulis*. Global Eksekutif Teknologi.
- Saputra, A. S. (2018). Analisis Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS Limbah Cair Domestik Hasil Pengolahan Dengan Biofilter Anaerob dan Aerob Menggunakan Media Kerikil Berdasarkan Variasi Waktu Tinggal.
- Sari, K. L., As, Z. A., & Hardiono. (2017). Penurunan Kadar BOD, COD dan TSS Pada Limbah Tahu Menggunakan Effective Microorganism-4 (EM4) Secara Aerob. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 14(1), 449–458.
- Sasiang, E., Maddusa, S. S., & Sumampouw, O. J. (2019). Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Berdasarkan Parameter Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand dan Derajat Keasaman Di Rumah Sakit Umum Pancaran Kasih Manado. *Jurnal KESMAS*, 8(6), 608–615.
- Simanjuntak, E., Wahyuningsih, M., Baskoro, L. S., & Aramanda, T. (2015). *Lessons Learned: Pola Investasi Infrastruktur Bidang Pekerjaan Umum Berbasis Komunitas*. Pusat Kajian Strategis.
- Simbolon, A. M., Handayani, N. I., Setianingsih, N. I., Mukimin, A., Rame, & Djayanti, S. (2020). *Sustainable Industry Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*. CV Andi Offset.
- Sitorus, E., Sutrisno, E., Armus, R., Gurning, K., Fatma, F., Parinduri, L., Chaerul, M., Marzuki, I., & Priastomo, Y. (2021). Proses Pengolahan Limbah. In *Yayasan Kita Menulis*.
- Sudaryati, N. L. G., Kasa, I. W., & Suyasa, I. W. B. (2018). *Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu*. 3(1), 21–29.
- Suhartini, S., & Nurika, I. (2018). *Teknologi Pengolahan Limbah Agroindustri*. UB Press.
- Sultan, M. (2021). *Higiene industri: Penerapan di Sektor Perusahaan* (Vol. 1).

- Suyata, Irmanto, Kartika, D., & Nurhandayani, S. (2020). Penurunan Total Suspended Solid (TSS) Limbah Cair Rumah Makan di Purwokerto Menggunakan Teknologi Elektrokimia Sederhana. *Prosiding Seminar Nasional Dan Call for Papers*, 58–65.
- Utomo, K. P., Saziati, O., & Pramadita, S. (2018). Coco Fiber Sebagai Filter Limbah Cair Rumah Makan Cepat Saji. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 6(2), 30.
- Waluyo, L. (2018). *Bioremediasi Limbah*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Wati, D. S., Suwerda, B., & Narto. (2011). Pengolahan Fitoremediasi dengan Kayu Apu air (*Azolla microphylla*) untuk Menurunkan Kadar BOD dan TSS Limbah Cair Rumah Makan. *Sanitasi, Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 3(2), 70–78.
- Widyaningrum, H., & Purnomo, Y. S. (2020). Penurunan BOD, COD, Dan MLSS Pada Air Limbah Tahu Menggunakan Fakultatif Anaerobic Horizontal Roughing Filter. *Prosiding ESEC*, 25–32.
- Wulandari, D., & Marlitasari, R. H. (2011). Proses Pengolahan Limbah Cair Domestik Secara Anaerob. *Jurnal Teknologi Kimia*, 1–7.
- Zahra, L. Z., & Purwanti, I. F. (2015). Pengolahan Limbah Rumah Makan dengan Proses Biofilter Aerobik. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), D35–D39.
- Zahra, S. A., Sumiyati, S., & Sutrisno, E. (2015). Penurunan Konsentrasi BOD dan COD pada Limbah Cair Tahu dengan Teknologi Kolam (Pond) - Biofilm Menggunakan Media Biofilter Jaringan Ikan dan Bioball. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4(1), 1–10.
- Zaman, M. K. (2022). Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit. In *Kementerian kesehatan RI. Global Aksara*.