

Pengolahan Limbah Domestik Rumah Makan X Kota Malang Menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR)

TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER FROM RESTAURANT X IN MALANG CITY USING MOVING BED BIOFILM REACTOR (MBBR)

Fisardi Galang Adhatia Rochmat¹, Candra Dwiratna Wulandari², Hery Setyobudiarso³

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

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang

Jl. Bendungan Sigura-gura No.2, Sumbersari, Lowokwaru, Kota Malang

Email: ¹) fisardi.galang@gmail.com ²) candra_wulandari@lecturer.itn.ac.id

³) hery_sba@yahoo.com

ABSTRAK: Air limbah rumah makan sebagian besar dihasilkan dari aktivitas pencucian peralatan memasak dan peralatan untuk makan. Oleh karena itu, salah satu alternatif pengolahan yang bisa diterapkan adalah pengolahan dengan proses biologis. Salah satu alternatif pengolahan yang bisa diterapkan adalah dengan menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). Air limbah yang dihasilkan memiliki konsentrasi TDS (*Total Dissolved Solid*) sebesar 480 mg/L dan konsentrasi TSS (*Total Suspended Solid*) sebesar 173,7 mg/L. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu terhadap limbah domestik rumah makan agar aman ketika dibuang ke lingkungan. Pada penelitian ini pengolahan yang digunakan adalah pengolahan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan menggunakan media filter *Bioball* dan *Kaldness*. Tujuan dari penelitian ini untuk Menganalisis kinerja reactor *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) serta menguji penyisihan masing masing parameter TDS dan TSS seiring dengan penambahan waktu sampling. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini memiliki variasi waktu detensi 3, 6, dan 9 Jam dan variasi debit udara 6 L/Menit dan 12 L/Menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengolahan limbah domestik rumah makan dengan menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) mampu menurunkan konsentrasi TDS dan TSS dengan efisiensi penurunan pada reaktor I dengan debit 6L/Menit memiliki efisiensi penyisihan konsentrasi TDS sebesar 31,3% dan TSS sebesar 15,2%. Reaktor II dengan debit 12L/Menit memiliki efisiensi penyisihan konsentrasi TDS sebesar 80,6% dan TSS sebesar 43,2%.

Kata Kunci: *Air Limbah Domestik, Bioball, Moving Bed Biofilm Reactor, TDS, TSS*

ABSTRACT: The majority of wastewater generated by restaurants originates from the washing of cooking utensils and dining equipment. Therefore, one of the alternative treatments that can be applied is biological treatment. A viable option for such treatment is the use of a *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). The wastewater produced contains a *Total Dissolved Solids* (TDS) concentration of 480 mg/L and a *Total Suspended Solids* (TSS) concentration of 173.7 mg/L. Hence, prior treatment of the domestic wastewater is necessary to ensure it is safe for discharge into the environment. This study employs the *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) treatment process using *Bioball* and *Kaldnes* filter media. The objective of the research is to analyze the performance of the MBBR reactor and evaluate the removal efficiency of TDS and TSS parameters over time. The variables in this study include detention times of 3, 6, and 9 hours, and air flow rates of 6 L/min and 12 L/min. The results indicate that the treatment of restaurant domestic wastewater using MBBR is effective in reducing TDS and TSS concentrations. Reactor I, operated at an air flow rate of 6 L/min, achieved a TDS removal efficiency of 31.3% and a TSS removal efficiency of 15.2%. Reactor II, operated at an air flow rate of 12 L/min, achieved a TDS removal efficiency of 80.6% and a TSS removal efficiency of 43.2%.

Keyword: *Bioball, Domestic Wastewater, Moving Bed Biofilm Reactor, TDS, TSS.*

PENDAHULUAN

Air limbah merupakan air sisa dari kegiatan atau suatu usaha yang terbagi menjadi dua yaitu air limbah domestik dan non domestik. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama. Air limbah domestik terbagi menjadi dua yaitu kakus yang berasal dari septic tank dan non kakus yang berasal dari kegiatan rumah tangga. (Bakkara & Purnomo, 2022). Jumlah buangan air limbah akan selalu bertambah seiring meningkatnya jumlah penduduk dengan setiap aktivitasnya. Apabila jumlah air limbah yang dibuang melebihi dari kemampuan alam maka berpotensi terjadinya kerusakan lingkungan. Lingkungan yang rusak dapat menyebabkan turunnya tingkat kesehatan manusia yang berada pada lingkungan itu sendiri oleh karena itu, dibutuhkan penanganan air limbah yang tepat dan terstruktur baik dalam penyaluran maupun pengolahan. (Detu, 2018).

Beberapa parameter kontaminan yang perlu dilakukan pemantauan diantaranya TDS (*Total Dissolved Solids*), TSS (*Total Suspended Solids*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan pH (*Potential Hydrofene*). Sistem pengolahan yang dilakukan pada IPAL yaitu air limbah dikumpulkan dan diolah secara bersamaan (kolektif) sebelum dibuang ke air permukaan, (Putri et al., 2021). Air limbah rumah makan sebagian besar dihasilkan dari aktivitas pencucian peralatan memasak dan peralatan untuk makan. Oleh karena itu, salah satu alternatif pengolahan yang bisa diterapkan adalah pengolahan dengan proses biologis. Salah satu alternatif pengolahan yang bisa diterapkan adalah dengan menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR), (Dickdoyo & Cahyonugroho, 2021).

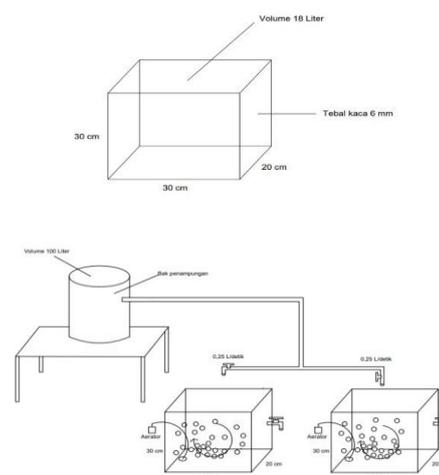
Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) merupakan salah satu unit pengolahan biologis yang memanfaatkan biofilm yaitu dengan sistem fluidized attached growth (mikroorganisme yang tumbuh dan berkembangbiak pada media). Selama proses pengolahan berlangsung, MBBR memanfaatkan proses aerobik-anoksik yang berpotensi untuk menurunkan kandungan nitrogen melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi, (Anisa &

Herumurti, 2017).

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kinerja MBBR dalam menurunkan TDS dan TSS pada limbah domestik rumah makan X Kota Malang.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode *Moving Bed Biofilm Reactor* terhadap Limbah Domestik Rumah Makan X Kota Malang. Reaktor yang digunakan adalah reaktor MBBR berbentuk persegi panjang berukuran 30 cm x 20 cm x 30 cm, berkapasitas 18 liter yang terbuat dari kaca setebal 6 mm. Bak penampung air limbah menggunakan ember plastik dengan kapasitas 100 liter. Air limbah akan dialirkan dari bak penampung menuju reaktor melalui pipa PVC berukuran ½ inch dan debit air akan diatur dari kran. Media yang digunakan adalah Bioball dan Kaldnes K3. media Kaldnes 1 (K1) dan media Bioball. Kedua media ini mempunyai luas permukaan yang besar sebagai tempat tumbuhnya bakteri. Proses aerobik yang terjadi dibuat dengan menggunakan batu aerator. Waktu dan tempat rencana penelitian akan dilakukan pada bulan Januari 2025. Uji hasil analisis awal berlokasi di Laboratorium Jasa Tirta, Kota Malang dan uji hasil analisis akhir berlokasi di Laboratorium Teknik Lingkungan ITN Malang dengan menggunakan sampel air limbah Rumah Makan X Kota Malang, Jawa Timur.



Gambar -1 : Skema Reaktor Penelitian

Proses *Seeding* dan Aklimatisasi

Proses *seeding* dilakukan untuk menumbuhkan bakteri pada media dengan menambahkan Effective Microorganism (EM-4). Proses *seeding* dilakukan selama \pm 14 hari dengan mengoperasikan aerator agar air limbah dalam reaktor tetap dalam kondisi aerob serta pembentukan biofilm dapat berjalan baik. Biofilm terbentuk pada media yang ditandai dengan perubahan warna pada media menjadi kecoklatan dan adanya lapisan biofilm yang menyelimuti permukaan media. Setelah proses *seeding* selesai dilakukan, selanjutnya dilakukan proses aklimatisasi. Aklimatisasi dilakukan dengan cara mengalirkan limbah baru ke dalam reaktor secara kontinyu dan bertahap (Filliazati et al., 2013). Proses Aklimatisasi berguna untuk menyeleksi dan mengadaptasi mikroorganisme hasil *seeding* sehingga dapat digunakan untuk mengolah limbah cair rumah makan (Subagyo et al., 2022). Proses *seeding* dan aklimatisasi dianggap telah selesai apabila memiliki kondisi pH yang ideal bagi bak aerasi agar bakteri dapat tumbuh dengan baik, yaitu berkisar antara 6,5–9 (Nugroho et al., 2022).

Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan setelah melewati proses *seeding* dan aklimatisasi. Perbandingan air limbah dengan campuran media filter sebagai biofilm pada reaktor adalah 1 : 50. Variasi waktu sampling yang ditentukan adalah 3, 6 dan 9 Jam dengan variasi debit udara adalah 6 L/menit dan 12 L/menit. Variasi waktu sampling bertujuan untuk mengetahui hasil pengolahan yang paling baik selama proses penelitian berlangsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis awal karakteristik limbah domestik rumah makan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Awal Limbah Domestik Rumah Makan

Parameter	Hasil	Baku Mutu
TDS	480 mg/L	1000 mg/L
TSS	173,7 mg/L	100 mg/L

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium, 2025

Berdasarkan Tabel 1, parameter TDS dan TSS limbah domestik tidak memenuhi baku mutu yang diatur dalam Peraturan Pemerintah No. 22

Tahun 2021 Lampiran VI baku mutu sungai kelas 3. Kadar TDS masih memiliki nilai yang berada di bawah baku mutu yang disyaratkan sebesar 1000 mg/L. Kadar TDS yang melebihi 300 mg/L menunjukkan bahwa air limbah masih mengandung banyak zat terlarut, apabila dibuang langsung ke sungai maka dapat menurunkan kualitas air permukaan dan tanah (Sompie et al., 2022).

Totas Dissolved Solids

Total Dissolved Solids (TDS) atau " Padatan Terlarut " mengacu pada setiap mineral, garam, logam, kation atau anion yang terlarut dalam air. Ini mencakup apa pun yang ada dalam air selain limbah padat. (Limbah padat adalah partikel / zat yang tidak larut dan tidak menetap dalam air, seperti bulir kayu dll). Hasil Analisis dan persentase penyisihan parameter TDS pada reaktor 6 L/menit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan TDS Reaktor 6 L/menit Pada Limbah Domestik Rumah Makan

Waktu	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
3 Jam	305 mg/L	36,5%
6 Jam	260 mg/L	45,8%
9 Jam	180 mg/L	62,5%

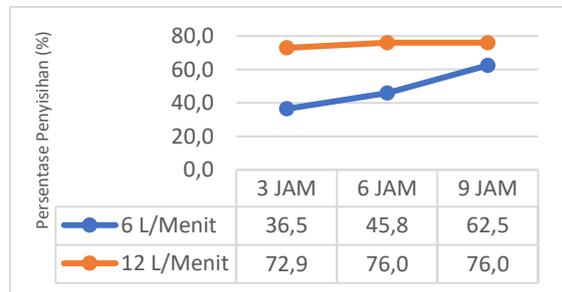
Berdasarkan Tabel 2. dapat dilihat bahwa konsentrasi penurunan TDS yang terjadi pada reaktor 6 L/Menit, hasil paling rendah terjadi pada jam ke-3 yaitu sebesar 36,5% dengan konsentrasi 305 mg/L. Untuk hasil paling tinggi terjadi pada jam ke-9 yaitu sebesar 62,5% dengan konsentrasi 180 mg/l. Sedangkan untuk hasil analisis dan persentase penyisihan parameter TDS pada reaktor 12 L/menit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan TDS Reaktor 12 L/menit Pada Limbah Domestik Rumah Makan

Waktu	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
3 Jam	130 mg/L	72,9%
6 Jam	120 mg/L	70,8%
9 Jam	115 mg/L	76,0%

Berdasarkan Tabel 3. dapat dilihat bahwa konsentrasi penurunan TDS yang terjadi pada reaktor 12 L/Menit, hasil paling rendah terjadi pada jam ke-3 yaitu sebesar 72,9% dengan

konsentrasi 130 mg/L. Untuk hasil paling tinggi terjadi pada jam ke-9 yaitu sebesar 76,0% dengan konsentrasi 180 mg/l. Penurunan persentase TDS pada reaktor 6 L/menit dan 12 L/menit dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Penurunan TDS

Berdasarkan tabel 2. dan tabel 3. diketahui bahwa konsentrasi penurunan TDS paling rendah terjadi pada reaktor 6 L/Menit pada jam ke-3 yaitu sebesar 36,5% dengan konsentrasi 305 mg/L, sedangkan penurunan paling tinggi terjadi pada reaktor 12L/Menit pada hari jam ke-9 yaitu sebesar 76,0% dengan konsentrasi 115 mg/L. Penurunan TDS disebabkan oleh kemampuan media dalam menyediakan permukaan luas untuk pertumbuhan bakteri pengurai. Bakteri ini akan menguraikan bahan organik dan anorganik terlarut, sehingga mengurangi kadat TDS di dalam air. Adanya padatan yang terlarut dalam air karena tidak terfilter sehingga nilai TDS-nya pun semakin tinggi seiring berjalannya waktu, filter bioball dan kaldness berfungsi melakukan penyaringan, sehingga padatan yang terlarut dalam air terfilter dengan baik dan tidak terlalu banyak terkandung dalam air (Wekyng *et al.*, 2024) MBBR dapat menurunkan kadar TDS secara signifikan karena mikroorganisme yang aktif dalam biofilm dapat menguraikan senyawa-senyawa yang membentuk TDS, seperti garam-garam mineral, kation, dan anion, dengan memanfaatkan biofilm yang melekat pada media gerak, MBBR dapat menghilangkan zat-zat padat terlarut dalam limbah secara efisien, sehingga menghasilkan limbah dengan kualitas yang lebih baik dan aman bagi lingkungan (Laksono & Rachmanto, 2022). Penggunaan media adalah sebagai tempat melekatnya mikroorganisme pendegradasi polutan, yakni dengan perbandingan volume media sekitar 20 % dari total volume air reaktor. Oleh karena

perbandingan volume media yang kecil dibandingkan dengan volume air reaktor, menyebabkan pada reaktor akan terjadi gerakan random/turbulensi antar media yang terkena aerasi sehingga masing-masing media akan berada pada kondisi bergerak (Said & Sya'bani, 2014). Proses masuknya oksigen pada air limbah domestik dapat menghancurkan partikel endapan yang menggumpal sehingga mempermudah proses penyerapan oksigen oleh bakteri aerob. Semakin banyak bakteri pengurai tumbuh dengan baik maka semakin banyak endapan yang dapat terurai (Aniriani, et.al, 2019). Pengolahan limbah rumah makan dengan menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* dapat menurunkan nilai konsentrasi TDS dengan persentase yang bisa dikatakan sangat baik yaitu 76,0%.

Total Suspended Solids

Total Suspended Solid (TSS) adalah Zat yang tersuspensi biasanya terdiri dari zat organik dan anorganik yang melayang-layang dalam air, secara fisika zat ini sebagai penyebab kekeruhan pada air. Air yang mempunyai kandungan zat tersuspensi tinggi dapat menyebabkan pendangkalan juga dapat menghalangi sinar matahari masuk kedalam dasar air sehingga proses fotosintesa mikroorganisme tidak dapat berlangsung. Hasil Analisis dan persentase penyisihan parameter TDS pada reaktor 6 L/menit dapat lihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan TSS Reaktor 6 L/menit Pada Limbah Domestik Rumah Makan

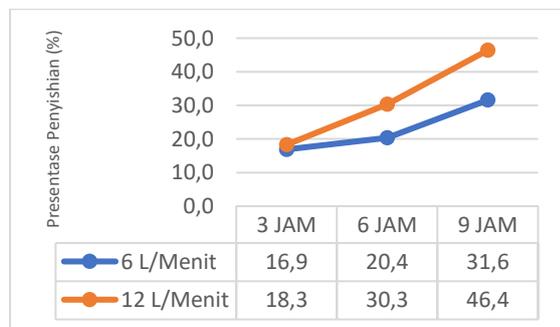
Waktu	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
3 Jam	144,4 mg/L	16,9%
6 Jam	138,3 mg/L	20,4%
9 Jam	118,9 mg/L	31,6%

Berdasarkan Tabel 4. dapat dilihat bahwa konsentrasi penurunan TSS yang terjadi pada reaktor 6 L/Menit, hasil paling rendah terjadi pada jam ke-3 yaitu sebesar 16,9% dengan konsentrasi 144,4 mg/L. Untuk hasil paling tinggi terjadi pada jam ke-9 yaitu sebesar 31,6% dengan konsentrasi 118,9 mg/l. Sedangkan untuk hasil analisis dan persentase penyisihan parameter TDS pada reaktor 12 L/menit dapat lihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis dan Persentase Penyisihan TSS Reaktor 12 L/menit Pada Limbah Domestik Rumah Makan

Waktu	Konsentrasi Akhir	Persentase Penyisihan
3 Jam	141,9 mg/L	18,3%
6 Jam	121,0 mg/L	30,3%
9 Jam	93,1 mg/L	46,4%

Berdasarkan Tabel 5. dapat dilihat bahwa konsentrasi penurunan TDS yang terjadi pada reaktor 12 L/Menit, hasil paling rendah terjadi pada jam ke-3 yaitu sebesar 18,3% dengan konsentrasi 141,9 mg/L. Untuk hasil paling tinggi terjadi pada jam ke-9 yaitu sebesar 46,4% dengan konsentrasi 93,1 mg/l. Penurunan persentase TDS pada reaktor 6 L/menit dan 12 L/menit dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Penurunan COD

Tabel 4. dan tabel 5. menunjukkan bahwa bahwa konsentrasi penurunan TSS paling rendah terjadi pada reactor 6 L/Menit pada jam ke-3 yaitu sebesar 16,9% dengan konsentrasi 144,4 mg/L sedangkan penurunan paling tinggi terjadi pada reactor 12L/Menit pada hari jam ke-9 yaitu sebesar 46,4% dengan konsentrasi 93,1 mg/L. Penyisihan TSS terjadi disebabkan oleh dua faktor, pertama yaitu karena adanya filtrasi pada media dan yang kedua yaitu karena adanya aktivitas biologis bakteri yang tumbuh pada media. Adanya perbedaan nilai persen penyisihan ini disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu adanya perbedaan media biofilm yang digunakan, selain itu dikarenakan adanya perbedaan luas permukaan spesifik dari kedua media biofilm, dan juga dengan adanya kombinasi dari kedua media biofilm tersebut pada masing-masing reaktor (Dickdoyo & Cahyonugroho, 2021).

Penyisihan persentase nilai TSS ini terjadi karena adanya penambahan waktu tinggal dan banyaknya variasi media biofilm

yang digunakan. kedua variasi tersebut berpengaruh pada aktivitas biologis bakteri yang tumbuh pada permukaan media yang luas. Aliran air limbah yang melewati celah-celah media menyebabkan kontak dengan media yang di atasnya telah terlapisi biofilm dan tidak dapat lepas ke dalam efluen. Lamanya waktu tinggal dapat berpengaruh karena semakin panjang waktu kontak antara air limbah dengan biofilm serta pemberian aerasi maka semakin banyak polutan yang dapat disisihkan (Muliadita, 2023). Tingginya nilai removal TSS dapat disebabkan oleh waktu tinggal. Dijelaskan juga oleh (Rosidin, 2018) bahwa salah satu dari banyaknya faktor yang dapat mempengaruhi penyisihan TSS pada pengelolaan air limbah yaitu adanya filtrasi yang terdapat pada biofilter.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) mampu dalam menurunkan kadar TDS dan TSS pada air limbah rumah makan X Kota Malang dan sudah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah No.22 Tahun 2021 Lampiran 6 Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Baku Mutu Air Nasional Kelas 3. Waktu detensi yang paling efektif dalam penurunan kadar TDS adalah pada jam ke-9 dengan persentase penyisihan TDS sebesar 76,0% dengan kadar sebesar 115 mg/L, sedangkan untuk kadar TSS adalah pada jam ke-9 dengan persentase penyisihan TSS sebesar 46,4% dengan kadar sebesar 94,4 mg/L..

SARAN

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat untuk menambahkan waktu detensi yang lebih lama agar hasil penurunan pencemar pada air limbah lebih maksimal.
2. Diharapkan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan parameter biologis pada air limbah domestik dengan menggunakan metode *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR)
3. Diharapkan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan perbandingan media biofilm lainnya dengan jumlah yang perbandingan bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, A dan Herumurti, W. (2017). Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dengan Proses Aerobik-Anoksik untuk Menurunkan Nitrogen. *Jurnal Teknik ITS* 6(2).
- Aniriani, W.G., Putri, A.S.M., & Nengseh, T. (2022). Efektivitas Penambahan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) Terhadap Kualitas Air Limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah Pondok Pesantren Mahasiswa Universitas Islam Lamongan. *Jurnal Ilmiah Sains*. 22(1);67-74.
- Bakkara, C, G, dan Purnomo, A. (2022). Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat di Indonesia. *Jurnal Teknik ITS* 11(3).
- Detu, S. H. (2018). Unjuk Kerja Tray Bioreactor dengan Media Peyangga Spons Poliuretan (*Polyurethane Sponge*) dalam Meningkatkan Kualitas Air. Poltekkes Kemenkes Surabaya.
- Dickdoyo & Cahyonugroho. (2021). Pengolahan Limbah Domestik Rumah Makan dengan Moving Bed Biofilm Ractor (MBBR). *Jurnal Envirotek*. 13(1).
- Filliziati, E, A., Muyasaroh, N., Hermawan, H, B., Arum, I, A., Susetyaningsih, R., & Nurwahid, M. (2017). Pengolahan Limbah Domestik Secara Fitoremediasi Sistem Constructed Wetlands Dengan Menggunakan Tanaman Hias Iris (*Iris pseudacorus*) dan Melati Air (*Echinodorus palifolius*). *Jurnal Rekayasa Lingkungan* 23(2); 80-87.
- Laksono, D.M., & Rachmanto, A.T. (2022). Pengaruh Kadar Fenton untuk Menurunkan Parameter COD, TSS, TDS Sampel Lindi di TPA. *The National Environmental Science and Engineering Conference*. 3(1);87-94.
- Muliadita. (2023). Pengolahan Air Limbah Industri Tahu Menggunakan Kombinasi Teknologi Biofilter Anaerob dan *Microbubble Generator*. Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Aceh.
- Nugroho., Satya., & Nur, Y. (2022). Penurunan Kadar COD dan TSS Pada Limbah Industri Pencucian (Pakaian Laundry) dengan Teknologi Biofilm Menggunakan Media Filter Serat Plastik dan Tembikar dengan Susunan Random. Skripsi. Universitas Diponegoro Yogyakarta.
- Putri, D.A., Fajarwati, I.F., & Rachmadansyah, J. (2021). Analisis Parameter Fisika dan Kimia Outlet IPAL Komunal Domestik Dusun Sukunan di Pusat Pengembangan teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah (PUSTEKLIM) Yogyakarta. *IJCR-Indonesia Journal of Chemical Research*. 6(2); 98-110.
- Subagyo, A., Arifin., & Kadaria, U. (2022). PERbandingan Jenis Media Kaldness Terhadap Efisiensi Rumah Makan dengan Metode MBBR. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*. 10(2); 239 – 246.
- Said, N.I., & Sya'bani, R.M. (2014). Penghilangan Amoniak di Dalam Air Limbah Domestik dengan Proses Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). 7(1); 44-65.
- Sompie, F.P.T., Moningga, M.M.L., Sudarno., & Mentang, S. (2022). Pengaruh Aktivitas Pendukung Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Jalan Terhadap Kualitas Air Sungai Kema. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*. 4(3); 102-112.
- Rosidin, H.I. (2018). Unjuk Kerja Tray *Bioreactor* dengan Media Penyangga Batu Andesit dalam Meningkatkan Kualitas Air Olahan Parameter COD dan TSS Pada IPAL Komunal. Skripsi. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Wekyng, F, X., Dahoklory, N., & Salosso, Y. (2024). Efisiensi Penggunaan Filter Ijuk, Bioball, dan Arang Terhadap Kualitas Air Media Pemeliharaan Ikan Patin (*Pangasianodon hypothalmus*) Sistem Resirkulasi. *JVIP* 4(2) ; 230.