

## Efektivitas Penambahan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) Terhadap Kualitas Air Limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah Pondok Pesantren Mahasiswa Universitas Islam Lamongan

Gading Wilda Aniriani<sup>1)</sup>, Marsha Savira Agatha Putri<sup>1\*)</sup>, Trisnawati Nengseh<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Kesehatan Lingkungan, Fakultas Ilmu Kesehatan

Universitas Islam Lamongan, Lamongan, Indonesia

Corresponding author, email: [marshasavira@unisla.ac.id](mailto:marshasavira@unisla.ac.id)

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan MBBR terhadap kualitas air limbah domestik Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal di Pondok Pesantren Mahasiswa Universitas Islam Lamongan (Ponpesma Unisla). Sejak dibangunnya IPAL komunal belum pernah dilakukan pengujian kualitas air hasil olahan IPAL. Air hasil olahan IPAL tersebut dialirkan langsung pada irigasi pertanian, sehingga kualitas air limbah harus memenuhi standar baku mutu PermenLHK No.P68 Tahun 2016 agar aman dibuang pada lingkungan. Diharapkan penambahan MBBR dapat menurunkan kadar polutan yang ada pada air limbah sehingga aman ketika dibuang pada lingkungan. Data yang dihasilkan pada penelitian ini dideskripsikan menggunakan metode deskriptif analitik dan eksperimental dengan mendesain alat reaktor uji untuk MBBR bekerja untuk menurunkan kadar polutan yang ada pada air hasil olahan IPAL Pondok Pesantren Mahasiswa Universitas Islam Lamongan. Hasil yang diperoleh dalam pengujian parameter fisika, kimia dan biologi, MBBR dapat menurunkan kadar TSS, COD, BOD dan amonia berturut-turut sebesar 73.57%, 35.50%, 61.75% dan 29.10%. Sedangkan parameter yang mengalami kenaikan yaitu parameter pH kemudian minyak dan lemak sebesar 10.44%, 19.14%. Indeks MPN pada pengujian total *coliform* berjumlah 8/100 mL. Penelitian ini menyimpulkan bahwa MBBR hanya dapat menurunkan kadar TSS, COD, BOD dan amonia. persentase penurunan yang paling tinggi terdapat pada parameter BOD dan yang paling rendah amonia.

Kata kunci: Instalasi pengolahan air limbah; moving bed biofilm reactor; kualitas air

### The Addition Effectivity of MBBR on Wastewater Treatment Plant Water Quality Islamic Boarding School Students of Lamongan University

#### ABSTRACT

This study aims to determine the effect of the addition of MBBR on the quality of communal Wastewater Treatment Plant (WWTP) domestic wastewater at the Lamongan Islamic Student Islamic Boarding School, the treated water from the WWTP is channeled directly to agricultural irrigation, so that the quality of wastewater must meet the quality standards of the Minister of Environment and Forestry Regulation No. P68 of 2016 in order to be safely disposed of. on the environment. is expected that the addition of MBBR can reduce the levels of pollutants in wastewater so that it is safe when disposed of in the environment. The data generated in this study were described using descriptive analytical and experimental methods by designing a test reactor. The results obtained in physical, chemical and biological tests based on the parameters tested by MBBR can reduce the levels of TSS, COD, BOD, Ammonia by 73.57%, 35.50%, 61.75%, 29.10%. While the parameters that have increased are the pH parameters then oil and fat by 10.44%, 19.14%. MPN index in total coliform testing is 8/100 mL. MBBR can only reduce levels of TSS, COD, BOD and ammonia.

Keywords: Moving bed biofilm reactor; wastewater treatment plant; water quality

(Article History: Received 10-08-2021; Accepted 29-04-2022; Published 30-04-2022)

#### PENDAHULUAN

Permasalahan limbah cair domestik sekarang ini masih menjadi masalah yang

serius untuk lingkungan (Suprihatin, 2014). Limbah cair domestik berasal dari sisa-sisa pembuangan kegiatan atau aktifitas

penggunakan air bersih yang tidak termasuk kegiatan pada toilet (*saptic tank*) (Bangun, 2019). Limbah cair domestik sendiri dapat mencemari lingkungan dan dapat menyebabkan kerusakan ekosistem bila lingkungan tidak diolah terlebih dahulu (Amri & Wesen, 2015). Bahan-bahan yang terkandung pada limbah cair domestik yaitu bahan organik, anorganik, maupun gas yang terkandung di dalam limbah cair rumah tangga dapat mencemari lingkungan serta menyebabkan berbagai penyakit (Dahruji *et al.*, 2016). Selain itu, sebagian bahan tersebut diurai oleh mikroorganisme menjadi suatu senyawa yang dapat menimbulkan bau tidak sedap (Hasibuan, 2016). Air limbah terdiri dari 99.7% air dan 0.3% bahan lain, seperti bahan padat, koloid dan terlarut. Bahan lain tersebut terbagi atas bahan organik dan anorganik (Suoth, 2016).

Salah satu cara pengolahan limbah cair domestik yaitu dengan menggunakan unit instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yaitu unit pengolahan limbah cair yang berfungsi untuk mengurangi dampak bahaya yang ditimbulkan oleh limbah cair tersebut. Adapun bagian dari IPAL yaitu bak pengendap (*settler*), bak *anaerobic baffled reactor* (ABR), dan bak *anaerobic filter* atau *biofilter* (Diavid *et al.*, 2018).

Jenis pengolahan air limbah yang banyak dikembangkan adalah pengolahan air limbah secara biologis yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi senyawa organik serta untuk menurunkan kandungan nitrogen di dalam air limbah (Anisa & Herumurti, 2017). Pada masa perkembangan mikrobiologi sekarang ini, yang sudah memasuki tahap baru, secara global mengalami transisi dari memanfaatkan teknologi fisik dan kimia menjadi era mikrobiologi. Salah satu teknologi untuk mengolah air limbah yang aman bagi lingkungan yaitu penggunaan bakteri yang memiliki potensi sebagai pengurai dalam proses biodegradasi (Fidiastuti & Suarsini, 2017). *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) adalah salah satu unit pengolahan biologis yang memanfaatkan biofilm yaitu dengan sistem *fluidized attached growth* atau pertumbuhan yang melekat terfluidisasi (mikroorganisme yang tumbuh kemudian berkembang biak pada media) (Jusepa & Herumurti, 2017). Saat berlangsung proses pengolahan, MBBR memanfaatkan proses

aerobik yang dapat menurunkan kandungan nitrogen melalui proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Efisiensi removal nitrogen pada limbah domestik melalui proses aerobik dan anaerobik mencapai 65-70% (Jusepa & Herumurti, 2016). Dengan demikian, sistem IPAL secara aerob dapat mempercepat proses degradasi polutan oleh mikroba.

Penelitian ini akan dilakukan pada IPAL komunal Pondok Pesantren Mahasiswa Universitas Islam Lamongan (Ponpesma Unisla). IPAL Komunal Ponpesma Unisla dibangun dan didanai pembangunannya oleh KLHK RI. Namun selama dibuatnya IPAL di Ponpesma Unisla belum ada yang melakukan evaluasi berupa pengujian laboratorium dan *maintenance* (perawatan) pada IPAL komunal dalam proses pengolahan air limbah komunal. Air limbah hasil olahan IPAL tersebut dibuang ke badan air yang dimanfaatkan untuk irigasi pertanian disekitar kampus Unisla, sehingga kualitas air olahan IPAL komunal tersebut harus memenuhi standar baku mutu sesuai dengan Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PermenLHK) Nomor 68 Tahun 2016 tentang air limbah domestik. Dengan demikian perlu dilakukan analisis pengujian dan pengukuran kualitas air limbah olahan kemudian mengidentifikasi seberapa besar pengaruh penggunaan MBBR dalam meningkatkan efektivitas pengolahan air limbah domestik dalam mempercepat proses degradasi polutan pada air limbah domestik di Ponpesma Unisla. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan MBBR terhadap kualitas air limbah domestik Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal di Pondok Pesantren Mahasiswa Universitas Islam Lamongan (Ponpesma Unisla).

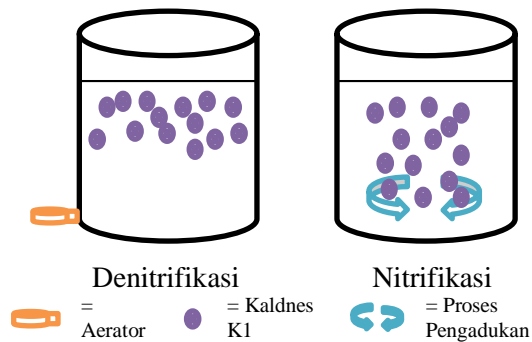
## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan April 2021 di Laboratorium Ilmu Kesehatan Universitas Islam Lamongan. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental. Sampel diambil pada hasil olahan IPAL (*outlet*) dan hasil penambahan MBBR (Reaktor Uji). Penelitian ini menguji parameter pH, *total suspended solid* (TSS), *chemical oxygen demand* (COD), *biological oxygen demand* (BOD), amonia, total *coliform* kemudian

minyak dan lemak pada masing-masing sampel.

### Penambabahan MBBR

Proses Penambahan MBBR dimulai dengan pembuatan reaktor uji sederhana



**Gambar 1.** Desain Reaktor Uji (MBBR)

Proses pembuatan reaktor uji menggunakan alat dan bahan seperti wadah plastik 10L, aerator, selang kecil, kaldnes K1 2.5 L (50% dari sampel limbah), *magnetic stirrer*, lumpur aktif 1L, sampel limbah 5L (air hasil olahan IPAL), gula.

Preparasi pengujian reaktor dimulai dengan mengendapkan air limbah IPAL yang belum diolah sebanyak 5 L selama 8 jam dengan aerator untuk membuat lumpur aktif. Setelah itu dilakukan proses peningkatan populasi mikroorganisme (*seeding*) pada reaktor uji selama 3 hari dengan menambahkan lumpur aktif ke dalam reaktor uji dan dilakukan penambahan gula sebanyak 1 sdm/hari selama masa *seeding* 3 hari. Kemudian ditambahkan *Mixed-Liqour Suspended Solids* (MLSS) atau air hasil proses *seeding*. MLSS yang perlu ditambahkan sebanyak 4 g/L air *seeding* dalam reaktor uji yang telah berisi media kaldnes sebanyak 50% dari total effluen air limbah yang ditambahkan sebanyak 5L sampel air hasil olahan IPAL. Selanjutnya dilakukan inkubasi menggunakan aerator (nitrifikasi) selama 31.5 jam dan diaduk menggunakan *mechanic stirrer* (denitrifikasi) selama 13.5 jam (Gambar 1).

### Parameter Uji

Pengukuran dan pengujian pada penelitian ini mengacu pada standar baku mutu PermenLHK No. 68 Tahun 2016 tentang air limbah domestik antara lain pH, TSS,

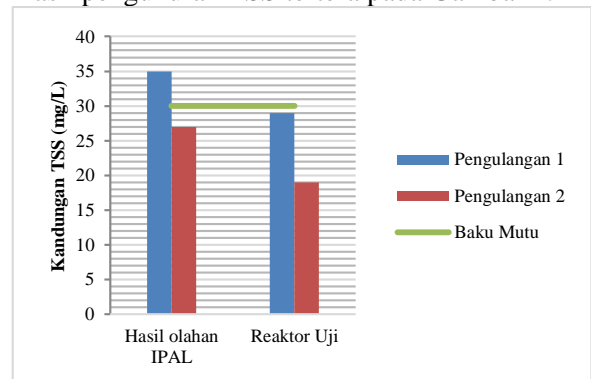
COD, BOD, amonia, total *coliform* kemudian minyak dan lemak.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data karakteristik responden didapat dari hasil kuisioner penduduk ponpesma. Responden dalam penelitian ini sebanyak 80 responden perempuan. Hasil pembuangan limbah domestik cair didapat dari aktifitas penggunaan air pada responden di ponpesma. Limbah cair domestik paling banyak didapat dari hasil penggunaan air mandi 50 dan kakus sebanyak 21 responden, sedangkan penggunaan paling sedikit pada aktifitas memasak dan mencuci sebanyak 5-7 responden. Hasil pengukuran penggunaan MBBR pada sample IPAL meliputi parameter uji TSS, COD, BOD, pH, amonia kemudian minyak dan lemak.

### Hasil Pengukuran Kualitas Air Hasil Olahan IPAL pada Penambahan MBBR Parameter Fisika

Pengukuran parameter fisika ini mengukur kadar TSS pada sampel limbah. Hasil pengukuran TSS tertera pada Gambar 1.

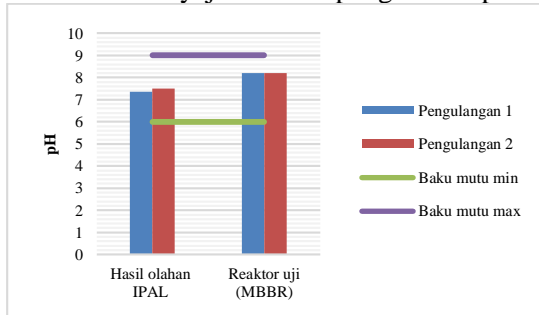


**Gambar 2.** Hasil Pengukuran TSS pada sampel\ hasil olahan IPAL dan Reaktor Uji

Pada hasil pengukuran di atas (Gambar 2) diketahui reaktor uji dapat menurunkan kadar TSS dengan persentase 22.58%. Penurunan pada parameter TSS disebabkan oleh pengaruh dari aerasi. 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, sehingga nilai TSS juga akan ikut menurun.

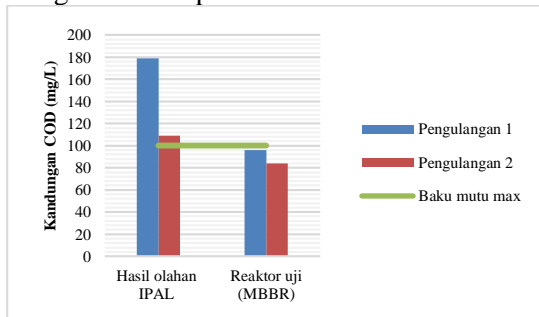
### Parameter Kimia

Parameter kimia yang diukur meliputi kadar pH, COD, BOD, amonia, kemudian minyak dan lemak pada sampel limbah. Gambar 2 menyajikan hasil pengukuran pH.



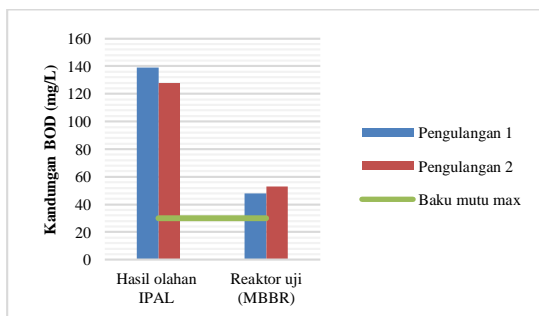
**Gambar 3.** Hasil Pengukuran pH pada sampel hasil olahan IPAL dan Reaktor Uji

Hasil pengukuran pH pada Gambar 3 mengalami kenaikan sebesar 10.36% setelah ditambahkan MBBR. Kenaikan pH terjadi karena adanya pengaruh aerasi pada proses penambahan MBBR yang meningkatkan oksigen terlarut pada air limbah domestik.



**Gambar 4.** Hasil Pengukuran COD pada sampel hasil olahan IPAL dan Reaktor Uji

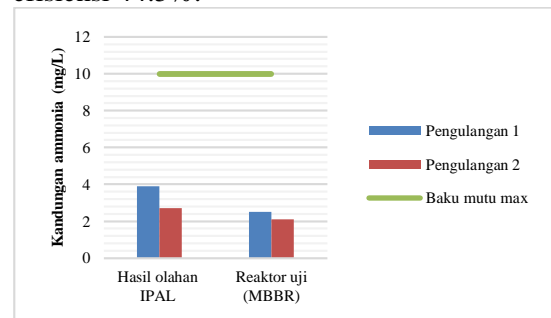
Hasil pengukuran COD mengalami penurunan setelah ditambahkan MBBR (Gambar 4). Persentase penurunan kadar COD sebesar 37.5%. Dari hasil diatas maka artinya penambahan treatmen tersebut dapat menurunkan kadar COD. Hal ini berbanding lurus dengan penelitian (Anisa & Herumurti, 2017) yang melaporkan pengolahan air limbah domestik menggunakan MBBR dapat menurunkan COD hingga 45.81%.



**Gambar 5.** Hasil Pengukuran BOD pada sampel

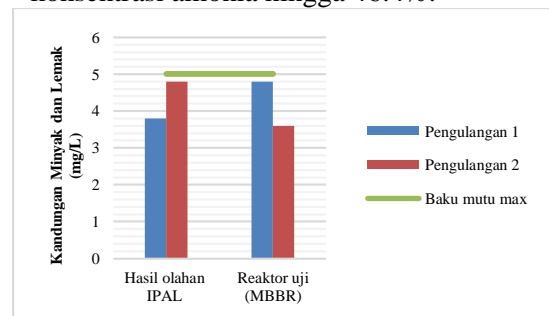
hasil olahan IPAL dan Reaktor Uji

Hasil pengukuran BOD mengalami penurunan sebesar 62.40% setelah ditambahkan MBBR (Gambar 5). Penurunan konsentrasi pencemaran BOD limbah cair domestik lebih efektif menggunakan media kaldness dengan perlakuan MBBR. Hal tersebut mendukung penelitian (al Kholif et al., 2018) yang melakukan pengolahan menggunakan reaktor biofilter, dapat menurunkan pencemaran BOD dari 785.5 mg/L menjadi 435.29 mg/L dengan efisiensi 44.5%.



**Gambar 6.** Hasil Pengukuran Amonia pada sampel hasil olahan IPAL dan Reaktor Uji

Hasil pengukuran amonia mengalami penurunan setelah ditambahkan dengan MBBR (Gambar 6). Persentase penurunan amonia sebesar 30.30%. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Wikaningrum & Hakiki, 2020) efisiensi pengolahan air limbah domestik menggunakan MBBR dapat menurunkan konsentrasi amonia hingga 46.4%.



**Gambar 7.** Hasil Pengukuran minyak dan lemak pada sampel hasil olahan IPAL dan Reaktor Uji

Pada pengukuran minyak dan lemak di atas mengalami kenaikan (Gambar 7). Persentase kenaikan minyak dan lemak sebesar 20%. Dari pengujian minyak dan lemak di atas diketahui bahwa penambahan MBBR tidak dapat menurunkan kadar minyak dan lemak.

### Pengujian Mikrobiologi

Pengujian mikroorganismenya ini mengukur total *coliform* pada sampel air hasil olahan IPAL dan reaktor uji (MBBR). Terdapat 3 langkah uji dalam pengujian total *coliform* yaitu uji penduga, uji penegas, dan uji pelengkap.

Pengujian pertama dimulai dengan uji penduga yaitu dengan menggunakan media *lactose broth* (LB). Uji penduga digunakan sebagai pendeteksi ada atau tidaknya bakteri *coliform* dimana terdapat gelembung di dalam tabung Durham yang berada di dalam tabung reaksi.

**Tabel 1.** Hasil uji penduga dengan menggunakan media *lactose broth* (LB).

| No | Sampel                              | Tabung yang positif (+) pada penanaman |      |        | Keterangan           |
|----|-------------------------------------|--|------|--------|----------------------|
|    |                                     | 10 mL                                  | 1 mL | 0,1 mL |                      |
| 1  | Hasil Pengolahan IPAL               | +++++                                  | +++  | +++++  | Lanjut uji penegasan |
| 2  | Hasil Pengolahan MBBR (Reaktor Uji) | ++++                                   | -    | -      | Lanjut uji penegasan |

**Tabel 2.** Hasil Uji Penegasan dengan Menggunakan Media *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB)

| No | Sampel                              | Tabung yang positif (+) pada penanaman |      |        | Indeks MPN Per 100 mL | Keterangan           |
|----|-------------------------------------|--|------|--------|-----------------------|----------------------|
|    |                                     | 10 mL                                  | 1 mL | 0,1 mL |                       |                      |
| 1  | Hasil Pengolahan IPAL               | +++                                    | -    | -      | 8                     | Lanjut uji penegasan |
| 2  | Hasil Pengolahan MBBR (Reaktor Uji) | +++                                    | -    | -      | 8                     | Lanjut uji penegasan |

Pada uji penduga (Tabel 1) diketahui sampel hasil pengolahan IPAL dari kelima tabung 10 mL dan 0,1 mL positif mengandung *coliform* semua, sedangkan pada tabung 1 mL sebanyak 3 tabung positif *coliform*. Kemudian pada sampel reaktor uji hanya tabung 10 mL yang positif *coliform* berjumlah 4 tabung. Terdapatnya gelembung belum dipastikan adanya *coliform* dalam sampel tersebut, hal ini dikarenakan *lactose broth* dapat juga difermentasi oleh bakteri lain selain *coliform*. Namun terbentuknya gas digunakan sebagai dasar pengujian berikutnya, yaitu uji penegasan.

Dilanjutkan uji penegas yang menggunakan media *Brilliant Green Lactose Broth* (BGLB) yang mengandung garam empedu (*bile salt*) dan hijau brilian atau zat yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram positif, sehingga hanya bakteri gram negatif yang memfermentasi laktosa dan menghilangkan gas yang dapat tumbuh (Bambang, 2014) (Tabel 2). Tabung yang

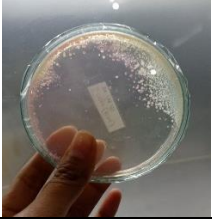
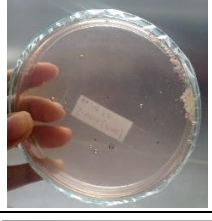
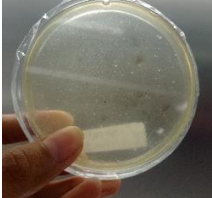



positif *coliform* ditandai dengan adanya gelembung pada tabung Durham dalam tabung reaksi. Media BGLB juga berfungsi untuk memeriksa *most probable number* (MPN) *coliform*, yaitu pemeriksaan yang digunakan untuk mengetahui perkiraan jumlah terdapat bakteri *coli* dan *coliform* dalam 100 ml sampel (Alfisyah, 2019).

Uji penegas kedua sampel pada Tabel 2 diketahui hanya tabung 10 mL yang positif gelembung yang masing-masing berjumlah 3 tabung. Pada uji MPN didapatkan masing-masing berjumlah 8/100 mL. Hasil ini masih dibawah standar baku mutu PermenLHK No.68 Tahun 2016 dimana kadar maksimum dari limbah cair domestik berjumlah 3000/100 mL. Pengujian dilanjutkan dengan uji pelengkap.

Uji terakhir yaitu uji pelengkap, berdasarkan hasil uji penegas yang terkonfirmasi positif ditanam menggunakan media *macconkey agar* (MCA) dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu ruang. Tabel 3

merupakan hasil pengamatan pada uji pelengkap menggunakan metode *pour plate*.

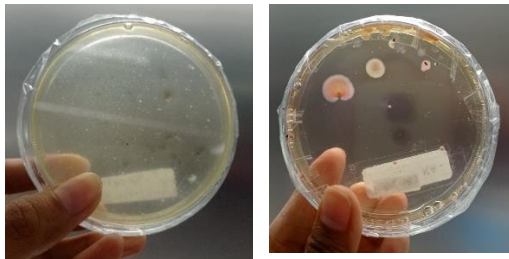
**Tabel 3.** Hasil Pewarnaan Gram Bakteri

|   | Sampel uji                        | Gambar  | Hasil  | Keterangan   |
|---|-----------------------------------|---|--|--|
| 1 | Inlet pada tabung 1 (10 mL)       |    | Koloni berwarna merah muda dan terdapat koloni berwarna warna transparan | <i>Proteus sp</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> |
| 2 | Inlet pada tabung 2 (10 mL)       |    | Koloni berwarna merah muda dan terdapat koloni berwarna warna transparan | <i>Proteus sp</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> |
| 3 | Outlet (10 mL)                    |   | Koloni memiliki warna transparan   | <i>Proteus sp</i>                                  |
| 4 | Reaktor Uji pada tabung 1 (10 mL) |  | Koloni memiliki warna transparan   | <i>Proteus sp</i>                                  |
| 5 | Reaktor uji pada tabung 2 (10 mL) |  | Koloni memiliki warna transparan   | <i>Proteus sp</i>                                  |
| 6 | Reaktor uji pada tabung 3 (10 mL) |  | Koloni berwarna merah muda dan terdapat koloni berwarna warna transparan | <i>Proteus sp</i> dan <i>Staphylococcus aureus</i> |

Pada uji pelengkap didapatkan koloni yang tumbuh pada media MCA diidentifikasi sebagai bakteri *Proteus sp* dan *Staphylococcus aureus*. Pada media MCA koloni yang berwarna transparan diduga sebagai anggota

bakteri *Proteus* (Gambar 8). Habitat utama bakteri *Proteus sp* berada pada usus manusia dan hewan (burung, reptil dan hama tanaman). Sedangkan koloni yang berwarna merah jambu diidentifikasi sebagai anggota bakteri

*Staphylococcus aureus* (Darna et al., 2018). Pada umumnya habitat bakteri *Staphylococcus aureus* berada pada bagian kulit, hidung dan tenggorokan manusia (Fhitryani et al., 2017).



*Proteus sp*

*Proteus sp dan Staphylococcus aureus*

**Gambar 8.** Koloni yang Tumbuh pada Media MCA

### KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa MBBR dapat menurunkan kadar TSS, COD, BOD, dan amonia dalam air limbah domestik IPAL komunal di Ponpesma Unisla, sedangkan pada parameter minyak dan lemak serta pH mengalami kenaikan setelah ditambahkan MBBR. Pada pengujian total *coliform* masih di bawah standar baku mutu.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang membantu penelitian ini hingga selesai tanpa adanya halangan sedikit pun.

### DAFTAR PUSTAKA

- Al Kholif, M., Sutrisno, J. & Prasetyo, I.D. 2018. Penurunan Beban Pencemar pada Limbah Domestik dengan Menggunakan Moving Bed Biofilter Reaktor (MBBR). *Al-Ard Jurnal Teknik Lingkungan*, **14**: 1–8.
- Alfisyah, F.G. 2019. Analisa bakteri Coliform dengan metode *most probable number* (MPN) pada air minum isi ulang di Jalan Purwosari Kecamatan Medan Timur [Karya Ilmiah D3]. Jurusan Analisis Kesehatan, Politeknik Kesehatan KEMENKES Medan, Medan.
- Amri, K. & Wesen, P. 2015. Pengolahan air limbah domestik menggunakan biofilter anaerob bermedia plastik (bioball). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, **7(2)**: 55–66.
- Anisa, A. & Herumurti, W. 2017. Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dengan Proses Aerobik-Anoksik untuk Menurunkan Konsentrasi Senyawa Organik dan Nitrogen. *Jurnal Teknik ITS*, **6(2)**: F361–F366.
- Bambang, A.G. 2014. Analisis cemaran bakteri coliform dan identifikasi *Escherichia coli* pada air isi ulang dari depot di Kota Manado. *Pharmakon*, **3(3)**.
- Bangun, E.E.E.Br. 2019. Ssistem pengolahan limbah cair rumah sakit Mitra Sehati Medan Tahun 2019 [Karya Ilmiah D3]. Jurusan Analisis Kesehatan, Politeknik Kesehatan KEMENKES Medan, Medan.
- Dahruji, D., Wilianarti, P.F. & Hendarto, T.T. 2016. Studi Pengolahan Limbah Usaha Mandiri Rumah Tangga dan Dampak Bagi Kesehatan di Wilayah Kenjeran, Surabaya. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, **1(1)**: 36–44.
- Darna, D., Turnip, M. & Rahmawati, R. 2018. Deteksi dan Identifikasi Bakteri Anggota Enterobacteriaceae pada Makanan Tradisional Sotong Pangkong. *Jurnal Labora Medika*, **2(2)**: 6–12.
- Diavid, G.H., Saraswati, S.P. & Nugroho, A.S.B. 2018. Evaluasi Kelayakan Kinerja Sistem Instalasi Pengolah Air Limbah Domestik: Studi Kasus Di Kabupaten Sleman. *Seminar Nasional Teknologi Terapan (MESIN)*, **4(1)**: 43–52.
- Fhitryani, S., Suryanto, D. & Karim, A. 2017. Pemeriksaan *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* dan *Salmonella* sp. pada jamu gendong yang dijual di Kota Medan. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*, **3(2)**: 146–155.
- Fidiastuti, H.R. & Suarsini, E. 2017. Potensi bakteri indigen dalam mendegradasi limbah cair pabrik kulit secara in vitro. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, **3(1)**: 1–10.
- Hasibuan, R. 2016. Analisis dampak limbah/sampah rumah tangga terhadap pencemaran lingkungan hidup. *Jurnal Ilmiah Advokasi*, **4(1)**: 42–52.

- Jusepa, N.R. & Herumurti, W. 2016. Pengolahan Lindi Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor dengan Proses Anaerobik-Aerobik-Anoksik. *Jurnal Teknik ITS*, **5(2)**: F254-F259.
- Suoth, A. E. 2016. Karakteristik Air limbah rumah tangga pada salah satu perumahan menengah keatas di Tangerang Selatan. *Ecolab*, **10(2)**: 80–88.
- Suprihatin, H. 2014. Kandungan organik limbah cair industri batik Jetis Sidoarjo dan alternatif pengolahannya. *Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Riau*, 130–138.
- Wikaningrum, T. & Hakiki, R. 2020. Reduksi Energi Pengolahan Air Limbah di Kawasan Industri Dengan Implementasi Teknologi Food Chain Reactor (Studi Kasus: Kawasan Industri Jababeka Bekasi). *Jurnal Serambi Engineering*, **5(3)**: 1146-1154.