

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Performa *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)

Pengambilan sampel pada *Anaerobic Baffled Reactor* atau ABR dalam penelitian ini dilakukan pada dua titik sampel yaitu ABR Kompartemen 1 (Effluen) dan ABR Kompartemen 4 (Effluen). Proses pengambilan tersebut dilakukan dengan metode *grab sampling* atau pengambilan secara langsung. Adapun parameter yang diuji adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan Amonia (NH_3). Selain itu, juga dilakukan pengukuran pH langsung di lapangan. ABR di PT X memiliki volume $6,5 \text{ m}^3$ dengan empat sekat pemisah vertikal atau kompartemen.

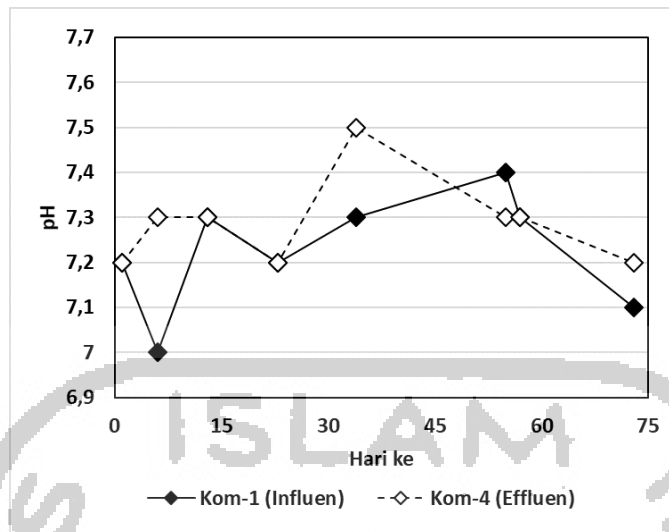


Gambar 4.1 Proses Pengambilan Sampel dengan Metode Grab Sampling pada ABR Kompartemen 4 (Foto: Dokumentasi Pribadi)

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak delapan kali terhitung sejak 3 Oktober 2018 hingga 14 Desember 2018. Adapun analisis untuk mengukur parameter COD dan Amonia dilakukan di Laboratorium BORDA. Berikut adalah analisa data yang diperoleh.

4.1.1 pH

pH merupakan salah satu parameter fisik yang menjadi acuan dalam mengukur derajat keasaman dalam air. Baku mutu pH sendiri untuk air limbah domestik menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik adalah 6-9. Pada penelitian ini, nilai pH pada ABR Kompartemen 1 (Influen) dan ABR Kompartemen 4 (Effluen) berada antara 7-7,5. Nilai yang mendekati netral tersebut dalam proses anaerob mengidentifikasikan bahwa unit pengolahan yang optimal (Gutterer *et al*,2009). Adapun hasil analisa pH untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.2 di bawah ini.

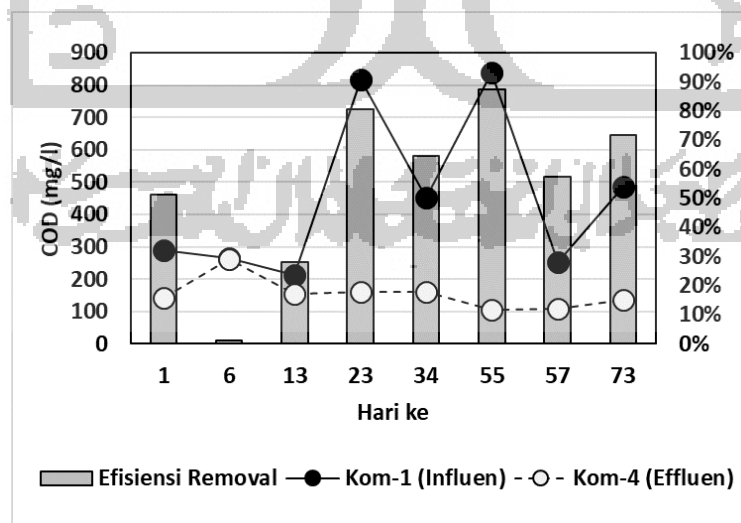


Gambar 4.2 Grafik Konsentrasi pH pada ABR Kompartemen 1 (Influen) dan Kompartemen 4 (Effluen)

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa rata-rata nilai pH pada ABR kompartemen 1 adalah 7,23 dan ABR kompartemen 4 adalah 7,29. pH pada air limbah domestik umumnya mendekati nilai netral atau 7.

4.1.2 *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen total yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik secara kimiawi (Yudo, 2010). Pengukuran COD pada ABR kompartemen pertama menunjukkan nilai antara 838 mg/L hingga 213 mg/l dengan nilai rata-rata yaitu 451,7 mg/l. Sedangkan ABR kompartemen 4 menunjukkan nilai antara 263,3 mg hingga 105,3 mg/l dengan nilai rata-rata yaitu 153,8mg/l. Dari hasil tersebut, jika menghitung nilai efisiensi dari ABR kompartemen 1 (Influen) dan ke ABR kompartemen 4 (Effluen) adalah 66 persen. Untuk lebih jelas, bisa dilihat pada Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4.3 Grafik Konsentrasi COD pada ABR Kompartemen 1 (Influen) dan ABR Kompartemen 4 (Effluen)

Jika dilihat dari efisiensi pengolahan pada Decentralised Wastewater Treatment System (DEWATS) dalam (Gutterer *et al*, 2009) jumlah efisiensi pada ABR adalah 65%-90% untuk COD. Dari penelitian yang dilakukan, maka efisiensi tersebut masuk dalam kategori DEWATS. Meski demikian, efisiensi tersebut juga terlihat tidak stabil dan fluktuatif. Sebagai contoh, pada hari ke 55, hasil COD pada ABR kompartemen 1 (Influen) yaitu 838 mg/l dan mengalami removal sebesar 658 mg/l dengan efisiensi 80%. Sedangkan pada hari ke enam hasil COD pada ABR kompartemen 1 adalah 266,3 mg/l dan ABR kompartemen 4 (Effluen) yaitu 263,3 mg/l atau hanya menurunkan nilai COD sebesar 3 mg/l atau 1%.

Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi efisiensi ABR dari parameter COD adalah sebagai berikut. Pertama, dari segi waktu retensi atau waktu tinggal, serta volume reaktor itu sendiri. Kedua, hal itu dapat dipengaruhi oleh rata-rata kecepatan aliran yang juga tergantung pada dimensi dan jumlah kompartemen (Indriyati, 2007). Menurut (Gutterer *et al*, 2009) kompartemen ABR yang lebih dari enam kompartemen tidak akan memaksimalkan performa penurunan COD.



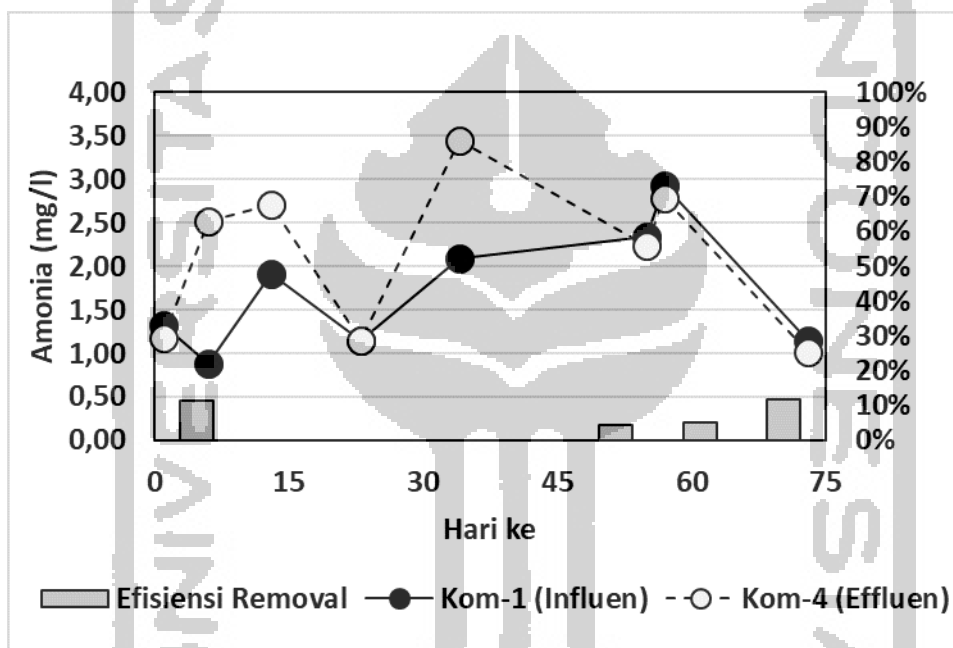
Gambar 4.4 Kondisi ABR di PT X

Selain itu, proses *sampling* dan analisis juga menjadi salah satu faktor penentu hasil COD karena dapat saja terjadi kesalahan pelaksanaan terutama pada hari ke enam tersebut. Nilai COD yang tinggi dapat mengidentifikasi bahwa mikroorganisme yang bekerja di dalam ABR tidak berjalan efektif. Mikroorganisme yang mengalami kejenuhan dan kematian akan mengakibatkan materi organik tidak terurai yang berakibat pada tingginya nilai COD (Mustami, *et al*, 2015).

4.1.3 Amonia (NH₃)

Amonia adalah salah satu dari ciri dalam penguraian limbah domestik yang mengandung nitrogen seperti pada tinja dan urin (Pratiwi, 2017). Menurut (Prihananto, 2006) pembentukan amonia terjadi dari proses oksidasi bahan organik yang memiliki mengandung nitrogen dalam air limbah dengan bantuan bakteri.

Pengukuran amonia pada ABR Kompartemen 1 (Influen) menunjukkan konsentrasi antara 0,89 mg/l hingga 2,93 mg/l dengan konsentrasi rata-rata adalah 1,72 mg/l. Sedangkan pada ABR Kompartemen 4 (Effluen) menunjukkan konsentrasi antara 1,02 mg/l hingga 3,44 mg/l dengan konsentrasi rata-rata adalah 2,13 mg/l. Jika dilihat dari konsentrasi rata-rata ABR kompartemen 1 (Influen) ke ABR kompartemen 4 (Effluen) terdapat kenaikan konsentrasi sebesar 0,4 mg/l. Silakan simak Gambar 4.5 berikut untuk melihat lebih lengkapnya.



Gambar 4.5 Grafik Konsentrasi Amonia pada ABR Kompartemen 1 (Influen) dan ABR Kompartemen 4 (Effluen).

Kemampuan IPAL dalam menurunkan konsentrasi amonia pada bak ABR cenderung fluktuatif. Hal tersebut dikarenakan ABR yang sistemnya anaerobik ditujukan untuk mengurangi zat organik dari air limbah. Oleh sebab itu, untuk efisiensi penurunan kadar amonia agar lebih efektif dibutuhkan pengolahan aerobik (Harahap, 2013).

4.2 Performa *Pre-Aeration Tank*

Pengolahan aerobik dalam menurunkan kadar amonia dapat dilihat pada pengolahan *Pre-aeration Tank* yang mana dalam penelitian ini terdapat 4 (empat bak). Bak pertama yang disebut anoxic tidak memiliki aerator sedangkan tiga bak setelahnya memiliki aerator untuk meningkatkan proses nitrifikasi dalam air sehingga mengoptimalkan pada pengolahan di MBR.



Gambar 4.6 *Pre-aeration Tank* di PT X

Dari data yang diambil pada 15 Mei 2019 membuktikan bahwa proses aerobik berperan besar dalam menurunkan nilai amonia yang mana setelah itu terdapat proses aerasi pada tiga bak setelahnya. Adapun nilai amonia pada *pre-aeration tank* dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Konsentrasi Amonia pada *Pre-aeration Tank*

| Unit | Amonia (mg/l) |
|----------------------------|---------------|
| <i>Pre-aeration Tank 1</i> | 0,098 |
| <i>Pre-aeration Tank 2</i> | 0,082 |
| <i>Pre-aeration Tank 3</i> | 0,211 |
| <i>Pre-aeration Tank 4</i> | 0,132 |

4.3 Performa *Membrane Biorceator* (MBR)

Pengambilan sampel pada *Membrane Bio Reactor* atau MBR dalam penelitian ini dilakukan pada dua titik sampel yaitu *Pre-aeration Tank 4* (Influen) dan MBR (Effluen). Proses pengambilan tersebut dilakukan dengan metode *grab sampling* atau pengambilan secara langsung. Adapun parameter yang diuji adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), Amonia (NH_3) dan *Total Coliform*. Selain itu, juga dilakukan pengukuran pH langsung di lapangan atau pada proses *sampling*.



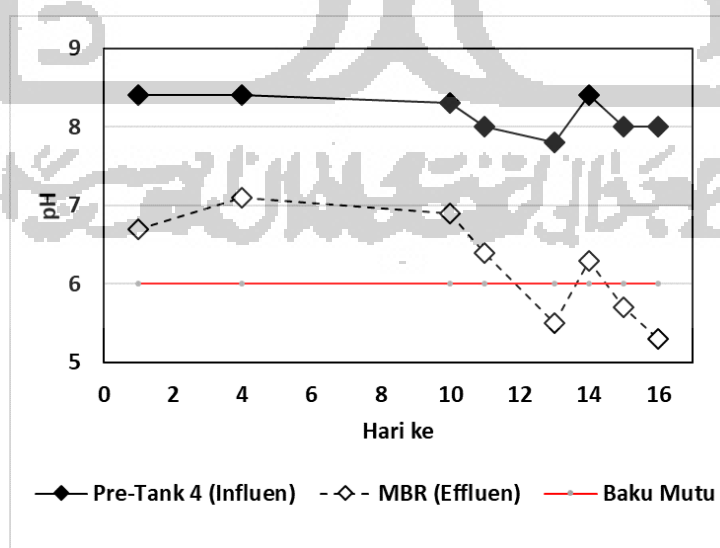
Gambar 4.7 Proses Pengambilan Sampel dengan Metode *Grab Sampling* pada MBR (Effluen). (Foto: *Dokumentasi Pribadi*)

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak delapan kali terhitung sejak 26 Februari 2019 hingga 21 Maret 2019. Adapun analisis untuk mengukur parameter COD, BOD, amonia, dan *Total Coliform* dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Universitas Islam Indonesia. Berikut adalah data hasil analisis pada *Pre-aeration Tank 4* (Influen) dan MBR (Effluen) yang dilakukan.

4.3.1 pH

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, kadar maksimum untuk parameter pH berkisar antara 6 hingga 9. Nilai pH sendiri dapat dipengaruhi oleh oksigen terlarut di dalam air, aktivitas organisme dan peningkatan suhu air.

Pada penelitian ini, nilai pH dari *Pre-aeration Tank 4* (Influen) berada pada nilai 7,8 hingga 8,4 dengan rata-rata nilai adalah 8,2. Selain itu, untuk nilai pH pada MBR (Effluen) berada pada nilai 5,3 hingga 7,1 dengan rata-rata 6,2. Untuk selengkapnya bisa dilihat pada Gambar 4.8 di bawah ini.



Gambar 4.8 Grafik Konsentrasi pH pada *Pre-aeration Tank 4* (Influen) dan MBR (Effluen)

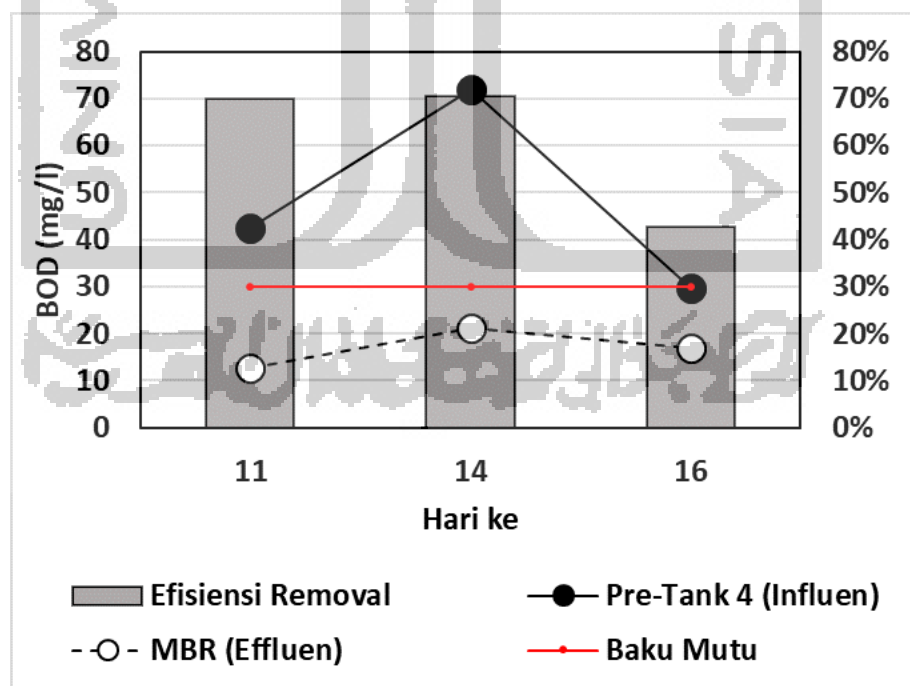
Jika dilihat, pada awal pengambilan sampel yaitu dari pertama hingga 11 nilai pH memenuhi baku mutu, sedangkan terlihat bahwa ada beberapa nilai konsentrasi dari pH yang melebihi baku mutu air limbah domestik. Nilai baku mutu yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air adalah 6 hingga 9. Adapun nilai MBR (Effluen) yang tidak berada pada angka tersebut adalah nilai pH pada hari ke 13 yaitu 5,5; hari ke 15 yaitu 5,7 dan hari ke 16 yaitu 5,3. Rendahnya kualitas pH pada hari tersebut diakibatkan oleh kinerja MBR yang menurun. Dalam pemeliharannya, MBR seharusnya diberikan larutan kimia *Natrium Hipoklorit* karena telah melebihi waktu enam bulan dari pemberian terakhir larutan kimia tersebut untuk menjaga performa MBR tetap stabil.

pH yang konsentrasinya rendah dapat menyebabkan kelarutan logam-logam dalam air makin besar, yang bersifat toksik bagi organisme air, sebaliknya pH yang tinggi dapat meningkatkan konsentrasi amonia dalam air. Nilai pH dipengaruhi oleh faktor oksigen terlarut, aktivitas organisme, dan peningkatan suhu air juga bersifat toksik bagi organisme air (Tatangindatu *et al.*, 2013).

4.3.2 *Biological Oxygen Demand (BOD)*

BOD merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air (Yudo, 2010). Pada penelitian ini, analisis pada parameter BOD dilakukan sebanyak tiga kali dari delapan kali pengambilan. Adapun waktu pengambilan terhitung pada tanggal 14,19 dan 21 maret 2019 atau pada hari ke 11, 14 dan ke 16.

Dari analisis yang dilakukan didapatkan konsentrasi BOD pada *Pre-aeration Tank 4* adalah 48,03 mg/l dan rata-rata konsentrasi BOD pada MBR (Effluen) adalah 16,95 mg/l. Adapun untuk hasil analisis pada BOD dalam tiga kali pengambilan dapat dilihat dalam Gambar 4.9 sebagai berikut.



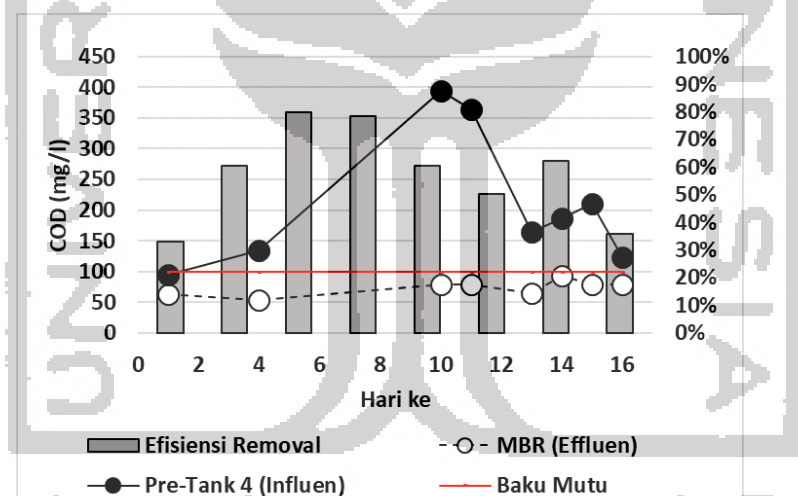
Gambar 4.9 Grafik Konsentrasi BOD pada Pre-Tank 4 (Influen) dan MBR (Effluen)

Dapat dilihat bahwa konsentrasi BOD pada MBR (Effluen) telah memenuhi baku mutu yaitu di bawah 30 mg/l. Adapun efisiensi dari MBR dalam *manual book* dari perusahaan yang menaungi produksi MBR adalah 70%-80%. Pada penelitian ini didapatkan rata-rata efisiensi MBR terhadap parameter BOD adalah 61%. Dari angka tersebut dilihat bahwa efisiensi MBR tersebut tidak sesuai dengan *manual book* dari perusahaan penyedia MBR tersebut.

Hal ini dapat diakibatkan oleh debit air limbah yang masuk karena dapat memengaruhi nilai BOD (Yazid dan Samudro, 2012). MBR dalam penelitian ini dapat dikondisikan dapat menampung debit 10-12 m³/hari. Sedangkan dari perhitungan debit rata-rata yang diambil selama proses penelitian ini adalah 1,88 m³/hari.

4.3.3 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik di dalam air secara kimiawi (Mays, 1996). Dari penelitian ini, didapatkan hasil konsentrasi rata-rata COD pada *Pre-aeration Tank 4* (Influen) adalah 209 mg/l dengan konsentrasi tertinggi 394 mg/l dan terendah 94 mg/l. Adapun pada MBR (Effluen) konsentrasi rata-rata yang diperoleh adalah 74 mg/l dengan konsentrasi tertinggi 93 mg/l dan terendah 53 mg/l. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.10 sebagai berikut.



Gambar 4.10 Grafik Konsentrasi COD pada *Pre-Tank 4* (Influen) dan MBR (Effluen)

Meski konsentrasi MBR (Effluen) telah memenuhi baku mutu di bawah 100mg/l tetapi rata-rata efisiensi yang terjadi adalah 58%. Menurut *manual book* perencanaan pada MBR ini efisiensi yang dapat dilakukan untuk parameter COD adalah 70%-85%. Pemenuhan efisiensi tersebut tidak didapatkan karena berbagai faktor yang mempengaruhi kinerja MBR.

Nilai COD menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air atau lingkungan adalah 100 mg/L. Dari penelitian ini dapat dilihat bahwa konsentrasi maksimal dari *outlet* MBR adalah 93

mg/L yang mengidentifikasi bahwa baku mutu dari MBR telah memenuhi syarat buangan ke badan air atau lingkungan.

MBR yang merupakan gabungan dari pengolahan *activated sludge* ditambah membrane yang sangat tergantung pada pembentukan floks dari biomassa pada proses aerasi. Selain itu, tidak efisiennya debit yang masuk ke dalam MBR dapat mengurangi kinerja MBR saat melakukan proses degradasi terhadap bahan organik (Mustami, *et al*, 2015).

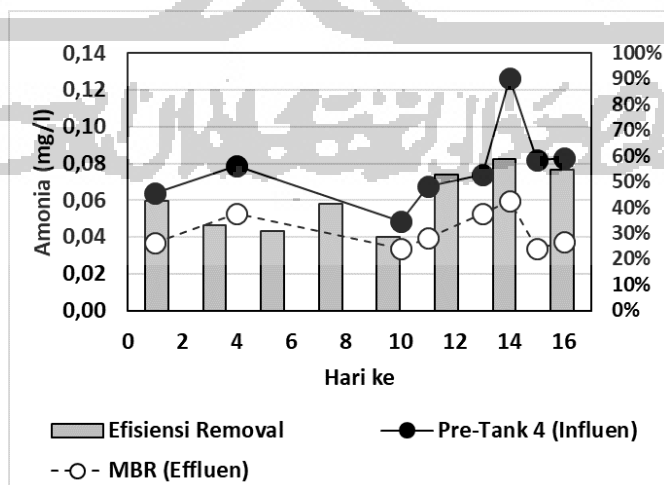
Untuk mengetahui beban pengolahan pada konsentrasi COD dapat dilakukan dengan mengetahui rata-rata konsentrasi COD pada *Pre-Aeration Tank* 4 (Influen) dan rata-rata COD pada *Outlet MBR* (Effluen) dengan rata-rata debit yang diperoleh selama penelitian adalah 1,88 m³/hari. Untuk mengetahui parameter desain COD pada MBR dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Parameter Desain COD pada MBR

| Parameter | Desain | Aktual | Keterangan |
|--------------------------------|--------|--------|--------------|
| Beban Pengolahan COD (kg/hari) | 1,824 | 0,392 | Tidak sesuai |
| Debit (m ³ /hari) | 8,73 | 1,88 | Tidak sesuai |
| Waktu Tunggu (jam) | 24 | 111 | Tidak sesuai |

4.3.4 Amonia (NH₃)

Amonia adalah senyawa yang terbentuk dari oksidasi bahan organik yang mengandung bahan nitrogen dalam air dengan bantuan bakteri. Amonia merupakan produk sisa metabolisme yang utama dari ikan. (Sastrawijaya, 2000). Dari penelitian ini, konsentrasi rata-rata amonia pada *Pre-aeration Tank* 4 (Influen) adalah 0,078 mg/l dengan konsentrasi tertinggi 0,102 mg/l dan terendah 0,025 mg/L. Pada MBR (Effluen) konsentrasi rata-rata adalah 0,043 dengan konsentrasi tertinggi 0,06 mg/L dan terendah 0,034 mg/l. Adapun konsentrasi Amonia pada *outlet* MBR untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 4.11 di bawah ini.



Gambar 4.11 Grafik Konsentrasi Amonia pada pada Pre-Tank 4 (Influen) dan MBR (Effluen).

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, konsentrasi amonia yang diperbolehkan untuk dibuang ke badan air adalah 10 mg/l. Dari penelitian ini, maka untuk parameter amonia, kualitas MBR telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Proses nitrifikasi terjadi pada kondisi aerobik dan dapat menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut dalam air. Nitrat merupakan bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan sumber utama bagi perkembangan algae dan tumbuhan air (Effendi, 2003).

4.3.5 Total Coliform

Analisis *total coliform* dilakukan sebanyak tiga kali dalam penelitian ini yaitu pada awal, tengah dan akhir. Pada pengambilan awal yaitu tanggal 26 februari, didapatkan hasil *total coliform* pada *pre-aeration tank* 4 yaitu 438.000/100ml sedangkan pada MBR (Effluen) didapatkan hasil 0/100ml. Adapun pada analisis di laboratorium dilakukan tiga kali pengenceran pada kedua sampel.

Pada pengambilan tengah yaitu tanggal 14 maret, didapatkan hasil *total coliform* pada *pre-aeration tank* 4 (Influen) yaitu 1.898.000/100ml sedangkan pada *outlet* MBR (Effluen) didapatkan hasil 60/100ml. Adapun pada analisis di laboratorium dilakukan tiga kali pengenceran pada sampel *pre-aeration* 4 dan satu kali pengenceran pada MBR (Effluen). Adapun efisiensi pada *outlet* MBR terhadap *pre-aeration tank* 4 (Influen) adalah sebesar 4,4 Log atau 99,996%.

Pengambilan terakhir untuk penelitian ini pada parameter *total coliform* dilakukan tanggal 20 maret dengan hasil pada *pre-aeration tank* 4 (Influen) yaitu 1.898.000/100ml sedangkan pada MBR (Effluen) didapatkan hasil 60/100ml. Adapun pada analisis di laboratorium dilakukan tiga kali pengenceran pada sampel *pre-aeration* 4 (Influen) dan satu kali pengenceran pada *outlet MBR*. Dari hasil tersebut, dapat diketahui bahwa efisiensi *outlet* MBR (Effluen) terhadap *pre-aeration tank* 4 (Influen) adalah sebesar 4,4 Log. Di bawah ini adalah tabel konsentrasi *total coliform*.

Tabel 4.3 Konsentrasi *Total Coliform* pada Pre-Tank 4 (Influen) dan MBR (Effluen)

| Hari ke | Pre-Tank 4 (Influen) | MBR (Effluen) | Efisiensi |
|---------|----------------------|---------------|-----------|
| 1 | 438.000 | 0 | log 10 |
| 4 | 1.898.000 | 60 | 4,4 log |
| 15 | 1.898.000 | 60 | 4,4 log |

Adapun tingginya tingkat efisiensi yang mampu dilakukan oleh MBR (Effluen) diakibatkan ukuran pori membran yang sangat kecil. Berdasarkan *manual book* dari produsen MBR ini, ukuran pori membran adalah 0,1 μm . Bakteri *coliform* secara umum memiliki sifat dapat tumbuh pada media agar sederhana, koloni sirkuler dengan diameter 1-3 μm , sedikit cembung, permukaan koloni halus, tidak berwarna atau abu-abu dan jernih (Natalia dan Mustikaningtyas, 2014).

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa baku mutu air limbah domestik menurut Peraturan Menteri Lingkungan Tahun 2016 telah memenuhi baku mutu untuk parameter *total coliform* yaitu di bawah 3.000/100ml.

4.4 Efisiensi IPAL di PT X

Setelah mengetahui efisiensi pada pengolahan IPAL berdasarkan unit pengolahan masing-masing, maka dapat dilihat rangkuman efisiensi keseluruhan unit IPAL pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4.4 Rangkuman Efisiensi IPAL pada PT X

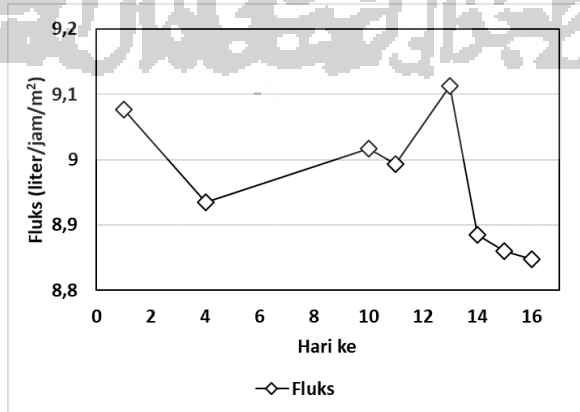
| Parameter | BOD | | COD | | Amonia | | Total Coliform | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|--------|-------|----------------|---------|
| | In | Eff | In | Eff | In | Eff | In | Eff |
| ABR | X | X | 452 | 154 | 1,724 | 2,128 | X | X |
| Efisiensi | | X | | 66% | | -23% | | X |
| Pre-Aeration Tank | X | X | X | X | 0,098 | 0,132 | X | X |
| Efisiensi | | X | | X | | -34% | | X |
| MBR | 48 | 17 | 209 | 74 | 0,083 | 0,038 | 1898000 | 60 |
| Efisiensi | | 61% | | 58% | | 55% | | 4,4 Log |

Keterangan: In = Influen
Eff = Effluen
X = Tidak diuji

4.5 Fluks Membran

Nilai fluks merupakan parameter dalam pengujian kinerja membran. Adapun pengukuran nilai fluks dilakukan dengan menghitung volume air yang mengalir ke dalam luas permukaan membran selama beberapa waktu tertentu (Wenten, 1999).

Pengambilan volume air tersebut dilakukan dengan mengukur waktu menggunakan *stopwatch* dalam tiga kali pengeluaran *outlet* MBR. Adapun rata-rata waktu yang tercatat untuk volume 900 ml adalah 6,02 detik atau 537 liter per jam. MBR yang digunakan pada penelitian ini memiliki luas membran 60 m². Adapun nilai fluks yang didapat dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.

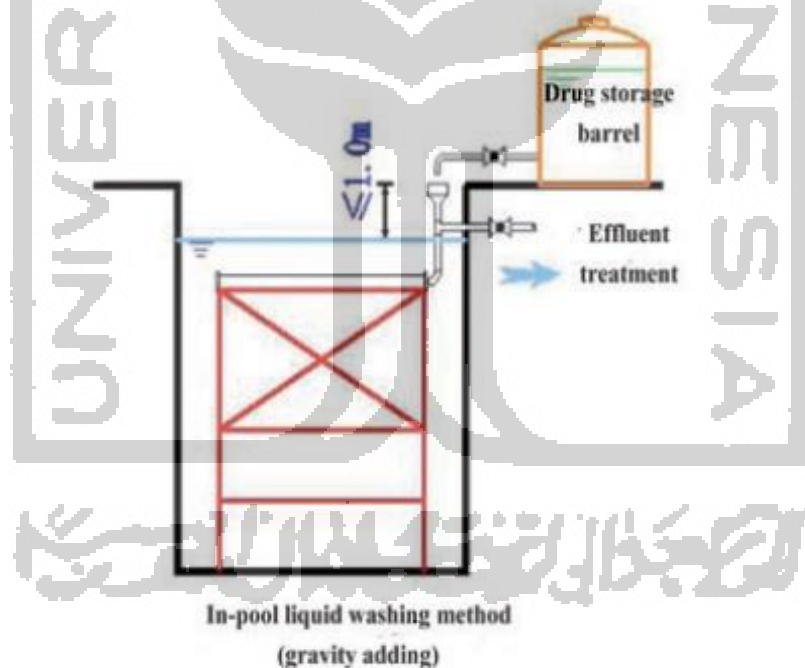


Gambar 4.12 Grafik Nilai fluks MBR

Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai fluks pada MBR berkisar dari 8,84 liter/jam/m² hingga 9,11 liter/jam/m². Adapun rata-rata nilai fluks yang didapatkan adalah 8,89 liter/jam/m². Penurunan jumlah fluks dapat diidentifikasi dengan penurunan dari kualitas MBR tersebut. Fluks semakin turun disebabkan adanya penyumbatan akibat partikel terakumulasi pada lapisan permukaan membran. Penyumbatan tersebut diartikan sebagai *fouling* dan dapat dibersihkan dengan beberapa cara yaitu umpan balik atau melakukan proses aerasi yang dikeluarkan di bagian bawah membran secara vertikal (Layson, 2003).

Maintenance atau pemeliharaan MBR *flat-sheet* dilakukan dengan menggunakan larutan *Natrium Hipoklorit* setiap enam bulan sekali atau ketika alarm pada MBR berbunyi. Sistem MBR pada penelitian ini memiliki operasi selama 10 menit dengan 8 menit *suction pump* menyala dan 2 menit *suction pump* mati.

Metode pencucian membran pada MBR dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *Cleaning In Place* (CIP) yang mana tangki reaktor akan dikeringkan lalu membran direndam di dalam larutan kimia kemudian dibilas. Metode yang kedua adalah *Cleaning In Line* (CIL) di mana membran tetap berada dalam keadaan tercelup dan larutan kimia dialirkan ke dalam membran secara *backflow* (aliran balik) secara gravitasi (Said, 2017). Adapun pemberian larutan kimia dengan metode CIL dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 *Cleaning In Line* (CIL)

Dalam penelitian ini, metode pencucian MBR *Flat-sheet* adalah dengan menggunakan metode CIL di mana larutan kimia yang digunakan adalah *Natrium Hipoklorit* (NaClO). Kadar dalam *Natrium Hipoklorit* adalah 6% dengan volume 100 liter. Menurut (Said, 2017), *Natrium Hipoklorit* digunakan untuk mengatasi *fouling* yang diakibatkan oleh zat organik.

4.6 MBR Sebagai *Post-Treatment*

Penggunaan MBR sebagai *post-treatment* telah dilakukan dalam beberapa penelitian. Menurut (Hernaningsih, 2014) penggunaan MBR sebagai *post-treatment* dikarenakan untuk mengurangi *fouling* yang terjadi ketika pengoperasian MBR. Pelatakan MBR sebagai pengolahan pendahuluan dapat meningkatkan *fouling* yang tinggi mengingat membran memiliki nilai sensitifitas yang juga tinggi. Untuk itu, diperlukan pengolahan pendahuluan untuk mengurangi padatan kasar, minyak dan lemak, agar pengolahan pada MBR dapat berjalan optimal.

Kelebihan MBR sebagai *post-treatment* menurut (Said, 2017) adalah kualitas air olahan yang sangat baik, hal itu karena MBR dapat menurunkan polutan organik mengingat ukuran pori membran yang mencapai 0,1 μm . Selain itu, MBR juga dibuat ringkas dalam satu tangki yang mana terdapat proses biologis, pemisahan padatan dan pemeketan lumpur. Tidak hanya itu, penggunaan MBR sendiri juga tidak memerlukan injeksi bahan kimia. Tetapi, penggunaan MBR memerlukan biaya produksi yang besar dikarenakan MBR terdiri dari reaktor biologi, membran, pompa, blower dan panel kontrol.

Selain MBR, terdapat beberapa jenis pengolahan *post-treatment* lainnya seperti *Wetland*, *Anaerobik Filter*, dan *Rotating Biological Contactor*. Jika dibandingkan dengan pengolahan *Wetland* sebagai *post-treatment*, Menurut penelitian dari (Moenit dan Moertinah, 2014) efisiensi COD antara 97,65 – 98,90 %, BOD₅ 96%, dan TSS 71%. Tingginya efisiensi tersebut dikarenakan adanya proses antara mikroorganisme dan tanaman melalui proses oksidasi oleh bakteri aerob yang tumbuh di sekitar *rhizosphere* tanaman maupun kehadiran bakteri heterotrof di dalam air limbah (Tangahu & Warmadewanthi, 2001).

Dalam penelitian tersebut tidak terdapat pengukuran *total coliform*. Tetapi dalam penelitian (Lestari, 2012) mengungkapkan bahwa parameter *total coliform* dengan menggunakan pengolahan *Wetland* tidak efektif, hal tersebut terjadi karena penurunan *total coliform* tidak disebabkan oleh penyerapan oleh tanaman air.

Jika dibandingkan dengan pengolahan *post-treatment* menggunakan Anaerobik Filter, menurut penelitian (Astika *et al*, 2017) efisiensi Anaerobik Filter dilihat dari parameter COD berada di antara 54,89% hingga 61,93%, dan TSS 48,19% hingga 80,99%.

Selain itu, dalam penelitian (Rizal dan Weliyadi, 2014) efektivitas penggunaan *Rotating Biological Contactor* (RBC) pada tahun 2013 dan 2014 adalah 69,24% dan 62,34. RBC yang menggunakan sistem perkembangbiakan melekat (*attached growth*) sangat efektif dalam memperbaiki kualitas air limbah domestik. Jika dibandingkan dengan MBR yang memiliki sistem perkembangbiakan terseuspensi (*suspended growth*) untuk efektivitas tidak terlalu jauh dengan penggunaan RBC.

Adapaun perbedaan hasil pengolahan yang cukup signifikan terdapat pada perbandingan *total coliform*. Penggunaan MBR dalam penelitian menghasilkan nilai *total coliform* 60/100 ml sedangkan pada RBC masih cukup tinggi sehingga masih dibutuhkan bak klorinasi agar konsentrasi *total coliform* dapat berkurang secara efektif.

