

## **BAB IV**

### **HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA**

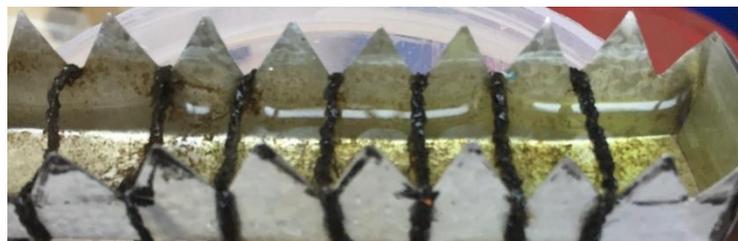
#### **4.1 Persiapan Reaktor**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Air limbah dapat berasal dari rumah tangga (domestik) maupun industri (industri).

Untuk mengurangi pencemaran akibat air limbah perlu adanya suatu pengolahan untuk mengolah air limbah agar tidak berbahaya bagi lingkungan, salah satunya adalah IPAL Komunal untuk mengolah air limbah domestik. Untuk mendapatkan hasil olahan air yang lebih baik maka direncanakan pembuatan unit *post treatment* berupa reaktor dengan prinsip (DHS) *Downflow Hanging Sponge* menggunakan biofilter pertumbuhan terlekat.

Reaktor terbuat dari wadah plastik berukuran 3 liter. Wadah tersebut di beri lubang dan benang pada bagian bawah sebagai media aliran air. Air limbah sebelum dialirkan diisi pada ember berkapasitas  $\pm 25$  liter yang kemudian di letakan pompa untuk memompakan air ke atas reaktor. Jenis pompa yang digunakan adalah pompa aquila P1800 yang disambungkan dengan selang air.

Untuk mengatur debit aliran digunakan katup/kran pada selang air. Air yang di pompakan kemudian di tampung pada wadah dari seng berbentuk persegi panjang bergerigi. Pada celah wadah tersebut diletakan benang sebagai media jalannya air. Penggunaan benang dimaksudkan untuk memudahkan jalannya air agar air tidak tertahan pada wadah dan dapat didistribusikan secara merata pada media penyangga.



**Gambar 4.1** Wadah Seng untuk Pendistribusian Air Limbah

Reaktor ini terdiri dari 2 reaktor yang bekerja secara aerob, dimana akan terjadi proses aerasi pada air limbah saat dioperasikan. Masing-masing reaktor terdiri dari 3 kompartemen yang di susun secara bertingkat dan diberikan jarak antar kompartemen untuk proses aerasi. Tiap kompartemen tersebut akan diisi media penyangga (serat tanaman luffa dan bioball) sebagai tempat melekat mikroorganisme. Setelah kompartemen ke-3 diletakkan wadah penampung *effluent* dari reaktor untuk selanjutnya diuji kualitasnya.

Air limbah yang digunakan diambil dari 2 sumber IPAL yaitu lumpur aktif untuk proses *seeding* diambil dari Balai PISAMP Sewon, Bantul dan *effluent* IPAL Komunal Mendiro, Sleman untuk proses *aklimatisasi* dan *running*.

#### **4.2 Tahap Pembibitan Mikroorganisme (*Seeding*)**

Proses *seeding* dilakukan untuk mengembangbiakan mikroorganisme sehingga didapatkan jumlah biomassa yang mencukupi yang digunakan untuk mengurai zat pencemar pada air limbah IPAL Komunal Mendiro.

Proses *seeding* menggunakan lumpur aktif yang berasal dari bak aerasi Balai PISAMP Sewon, Bantul. Pemilihan pengambilan sumber lumpur aktif ini karena dianggap mikroorganisme pengurai pada lumpur aktif dari bak aerasi IPAL sewon mampu mereduksi zat pencemar dalam air limbah.

Media penyangga (serat tanaman luffa dan bioball) direndam menggunakan lumpur aktif. Proses ini berlangsung selama 2 jam yang dilakukan secara aerob, dimana pada saat perendaman dilakukan aerasi menggunakan aerator agar kandungan DO tetap terjaga sehingga mikroorganisme tetap hidup. Proses *seeding* ini dimaksudkan agar mikroorganisme pada lumpur aktif dapat berpindah ke media penyangga yang digunakan.



**Gambar 4.2** Proses *Seeding* Media Penyangga

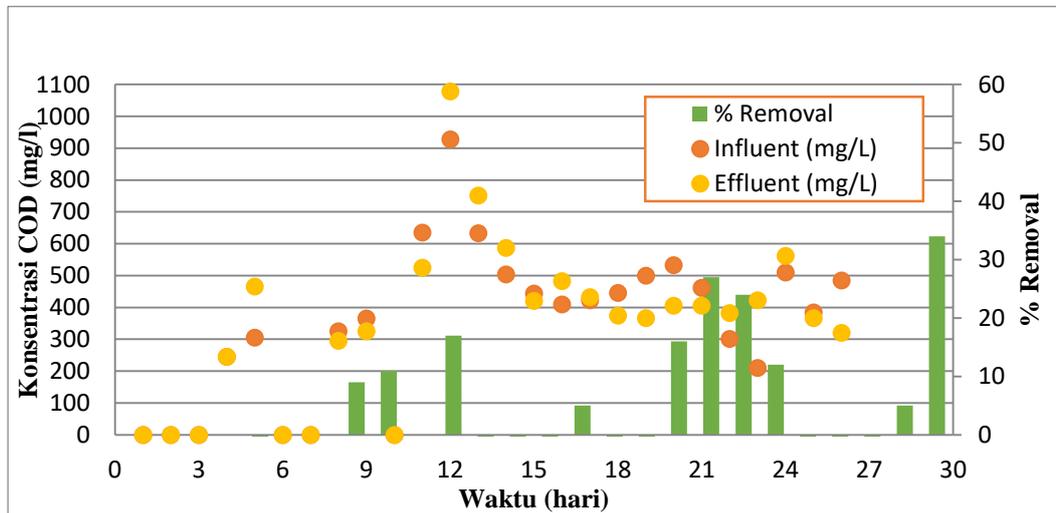
### **4.3 Tahap Pengkondisian Lingkungan (*Aklimatisasi*)**

Setelah proses *seeding*, media penyangga (serat tanaman luffa dan bioball) di pindahkan ke setiap kompartemen pada reaktor 1 dan reaktor 2 yang selanjutnya akan dilakukan proses *aklimatisasi*. Proses *aklimatisasi* yaitu proses adaptasi mikroorganisme pada lingkungan baru sehingga didapatkan kultur yang stabil dan menggunakan waktu tinggal (HRT) selama 4 jam. Air limbah yang digunakan berasal dari *effluent* IPAL Komunal Mendo. Pada tahap ini dilakukan pengujian pengurangan kadar COD pada air limbah serta pengukuran suhu dan pH sebagai variabel kontrol.

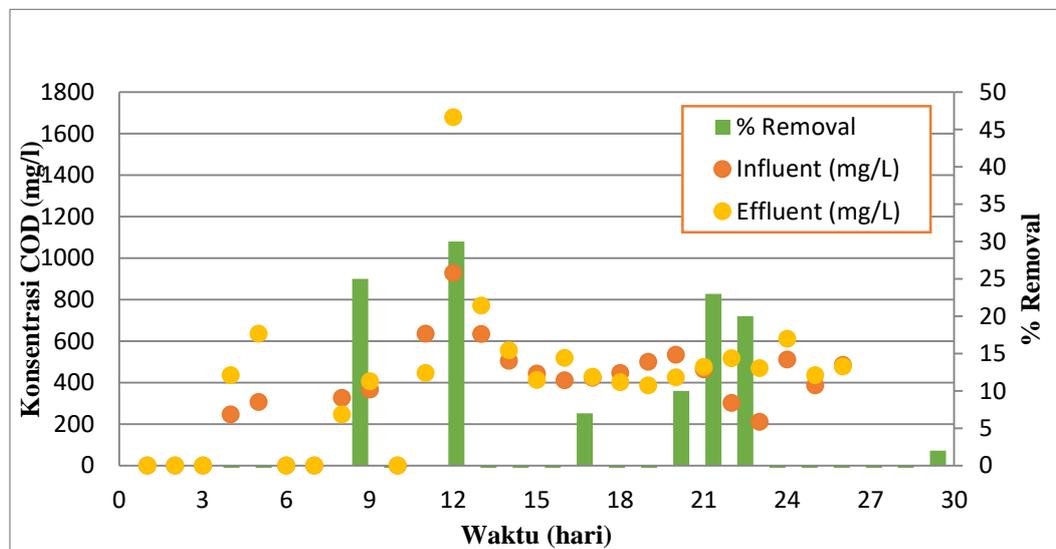
#### **4.3.1 Serat Tanaman Luffa**

Percobaan pertama menggunakan serat tanaman luffa sebagai media penyangga. Struktur serat luffa ini kokoh dan berongga dan mempunyai daya serap air yang tinggi yang diharapkan mampu meningkatkan kualitas air

olahan IPAL Komunal Mendirol. Berikut grafik hasil pengujian COD dengan media penyangga serat tanaman luffa :



**Gambar 4.3** Grafik Hasil Uji Kadar COD Reaktor 1

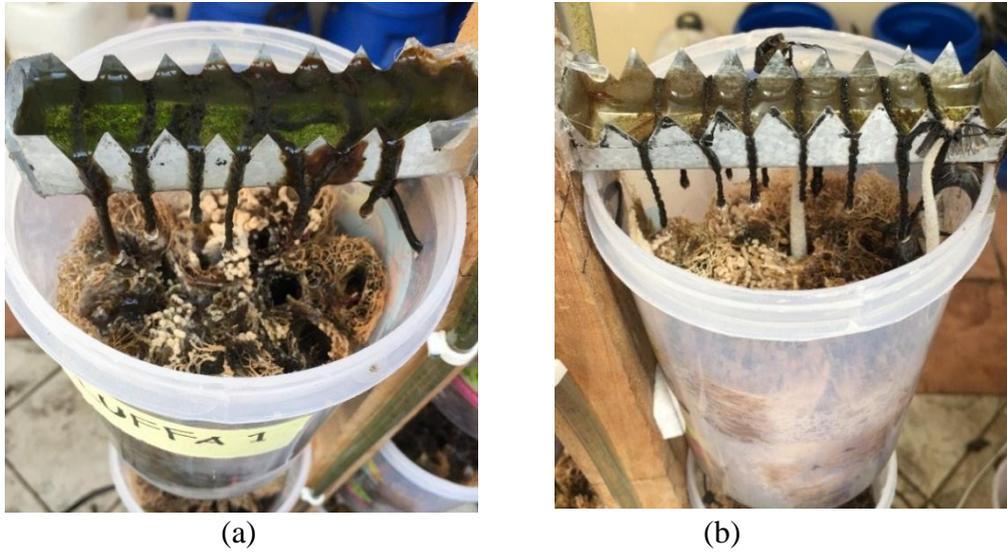


**Gambar 4.4** Grafik Hasil Uji Kadar COD Reaktor 2

Tahap aklimatisasi dengan media serat tanaman luffa berlangsung selama 26 hari. Dari grafik pada **gambar 4.3** dan **gambar 4.4** terlihat belum terjadi pengurangan kadar COD pada awal aklimatisasi. Pada proses aklimatisasi pengurangan kadar COD hanya terjadi pada beberapa titik. Kadar COD cenderung bertambah pada hasil pengolahan. Data hasil uji COD menggunakan media serat tanaman luffa terlampir pada **Lampiran 7**. Penurunan kadar COD paling tinggi sebesar 34% pada reaktor 1 dan 30% pada reaktor 2.

Pada hari ke 8 mulai tumbuh jamur pada media penyangga reaktor 2, namun hal tersebut belum mempengaruhi kinerja reaktor pada hari tersebut. Pada hari selanjutnya mulai terlihat kinerja penurunan kadar COD dari *effluent* reaktor 2. Pada hari ke 12 terdapat jamur yang tumbuh pada reaktor 1 sehingga reaktor 1 juga menunjukkan penurunan performa dalam *removal* air limbah. Kedua reaktor tidak *removal* kadar COD pada air limbah, yang terjadi justru kadar COD dari *effluent* reaktor lebih tinggi dibandingkan kadar *influent*. Data yang di dapat semakin tidak stabil dikarenakan media penyangga mengalami pembusukan yang diakibatkan dari tumbuhnya jamur pada media penyangga. Penurunan kinerja pada reaktor yang terjadi cukup signifikan dimana pada hari ke-23 penambahan kadar COD pada *effluent* reaktor 1 mencapai 101% dan pada *effluent* reaktor 2 mencapai 123%. Pada hari ke 27 media penyangga serat tanaman luffa sudah membusuk dan hancur sehingga tidak dapat digunakan sebagai media filter dan penelitian tidak dapat dilanjutkan.

Dari penelitian yang dilakukan oleh Nabizadeh et al. (2008), penggunaan luffa sebagai media penyangga dengan beban pengolahan tinggi ( $2,4 \text{ kg/m}^3 \text{ d}$ ) mengakibatkan penyumbatan dan perubahan bentuk media. Struktur serat dari luffa hancur yang disebabkan karena kondisi anaerobik di dalam lapisan biofilm, sehingga bakteri menggunakan karbon yang berpengaruh pada kualitas media.



**Gambar 4.5** (a) Jamur Yang Tumbuh Pada Reaktor Luffa 1, (b) Jamur Yang Tumbuh Pada Reaktor Luffa 2



**Gambar 4.6** Kondisi Luffa di Tiap Kompartemen Pada Hari Ke-2

### 4.3.2 Media Penyangga Bioball



**Gambar 4.7** Media Penyangga Bioball

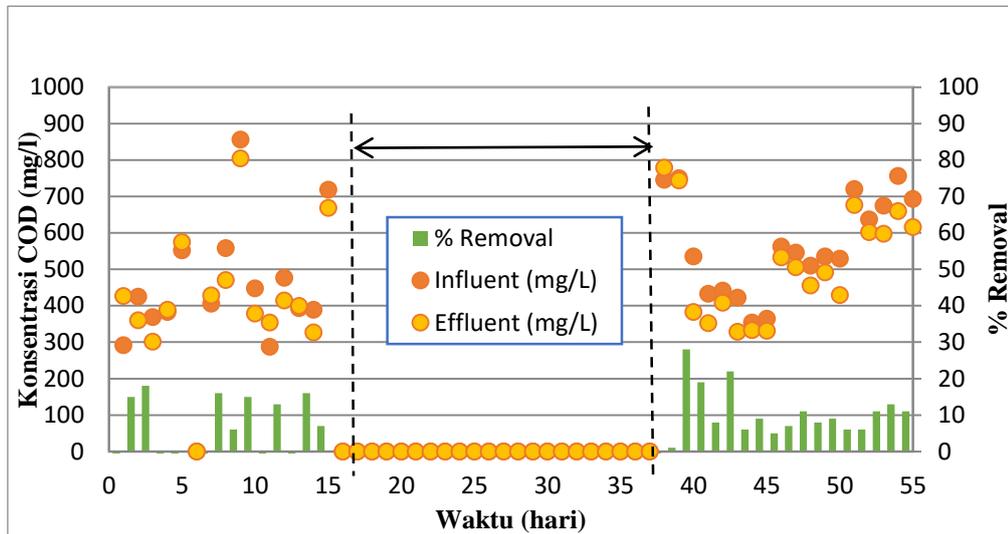
Percobaan ke-2 dengan menggunakan media penyangga bioball. Penggunaan bioball sebagai media filtrasi sudah banyak dilakukan, dan terbukti mampu menurunkan kadar pencemar pada air limbah. Perlakuan penggunaan bioball pada tahap aklimatisasi sebagai media penyangga pada reaktor ini sama seperti penggunaan serat tanaman luffa.

Proses aklimatisasi dengan media penyangga bioball berlangsung selama 55 hari. Lamanya waktu aklimatisasi ini dikarenakan terpotong waktu liburan selama 23 hari yang menyebabkan tidak dilakukannya pengujian. Pada awal proses aklimatisasi tidak terjadi penurunan kadar COD yang mungkin disebabkan mikroorganisme masih menyesuaikan diri dengan lingkungan barunya.

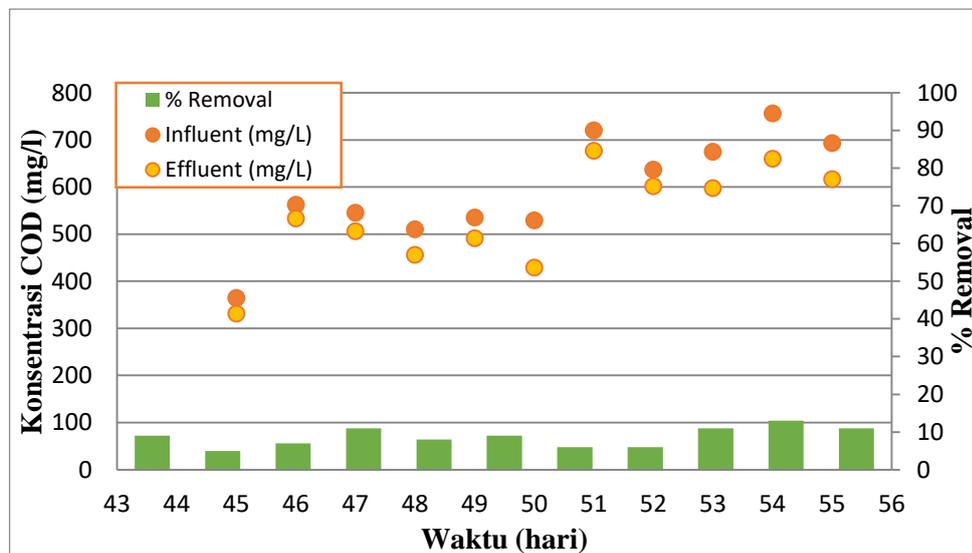
Kedua reaktor mulai dapat meremoval COD pada hari 8. Keadaan steady mulai terlihat pada hari ke 14 dan 15. Namun pengujian tidak dapat dilanjutkan dikarenakan hari libur.

Selama tidak melakukan pengujian, reaktor tetap dijalankan dengan menggunakan limbah buatan dari air gula (glukosa)  $\pm$  1 liter yang diencerkan

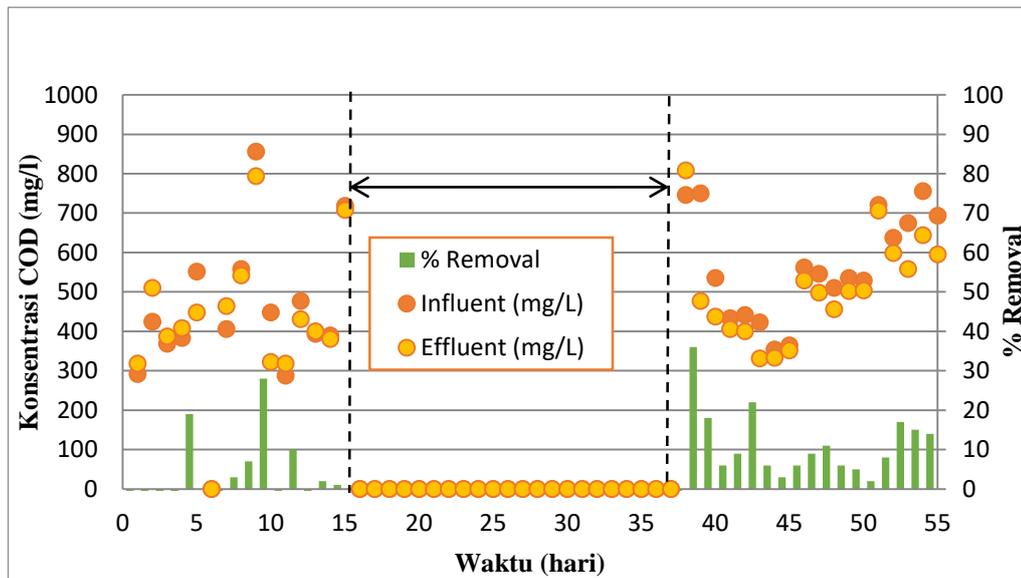
dengan air. Reaktor dioperasikan dengan cara resirkulasi, dimana *effluent* dari reaktor akan dialirkan kembali menjadi *influent*. Hal ini dilakukan agar mikroorganisme tetap mendapatkan makanan untuk hidup.



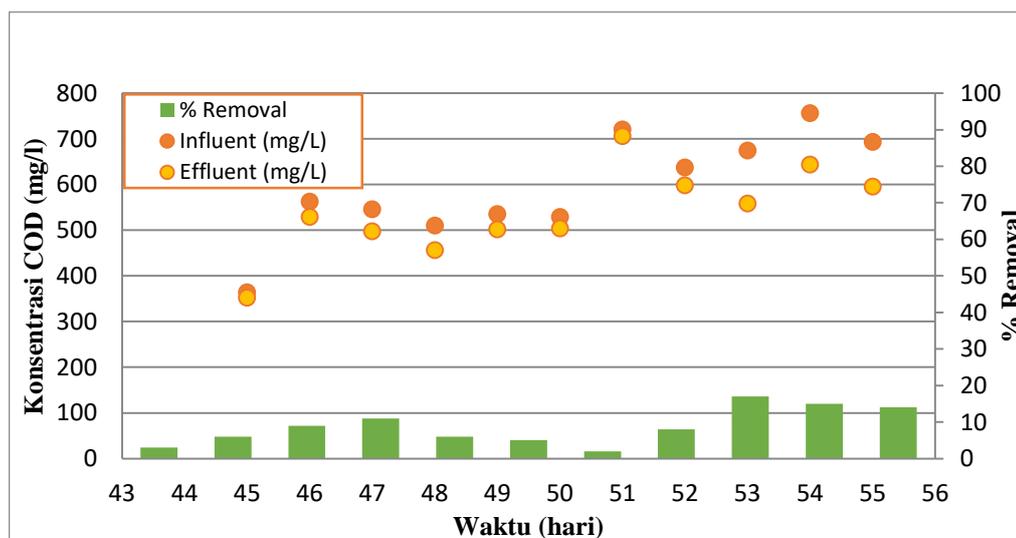
**Gambar 4.8** Grafik Kadar COD Pada Reaktor 1



**Gambar 4.9** Grafik Keadaan Konstan Uji COD Pada Reaktor 1



**Gambar 4.10** Grafik Kadar COD Pada Reaktor 2



**Gambar 4.11** Keadaan Konstan Uji COD Pada Reaktor 2

Setelah 23 hari, reaktor kembali dijalankan menggunakan limbah hasil pengolahan IPAL Komunal Mendiro. Hasil uji pada hari 38 menunjukkan belum adanya pengurangan kadar COD pada *effluent* dari kedua reaktor yang disebabkan masih tersisa kandungan gula yang menempel pada media yang ikut larut pada bersama air sehingga kadar COD tinggi.

Pada hari ke-39 sudah terjadi pengurangan kadar COD pada *effluent* kedua reaktor. Data mulai stabil pada hari ke 53 hingga hari ke-55 yang ditunjukkan

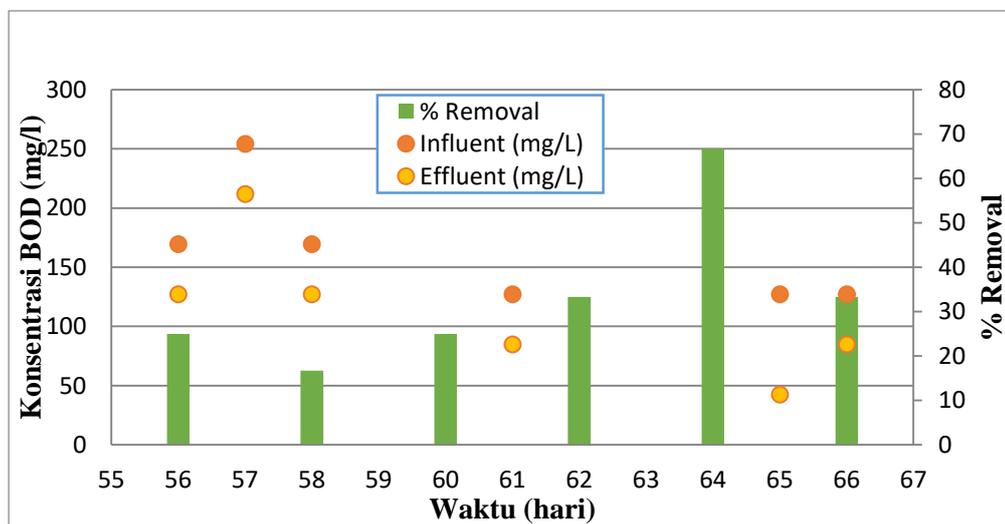
dengan RDP tidak lebih dari 10%. Dalam keadaan *steady* reaktor 1 mampu *removal* kadar COD hingga 13% dan reaktor 2 mampu *removal* kadar COD hingga 17%. Data pengurangan kadar COD menggunakan media penyangga bioball dapat dilihat pada **Lampiran 8**.

#### 4.4 Tahap *Running* Reaktor

Tahap *running* dilakukan setelah pengujian COD mendapatkan kondisi *steady*. Waktu tinggal yang digunakan saat proses *running* yaitu 4 jam pada kedua reaktor. Proses *running* reaktor hanya dilakukan dengan media penyangga bioball. Pada tahap ini akan dilakukan uji kadar BOD dan Amonia pada *influent* dan *effluent* dari tiap reaktor dan tiap kompartemen pada salah satu reaktor.

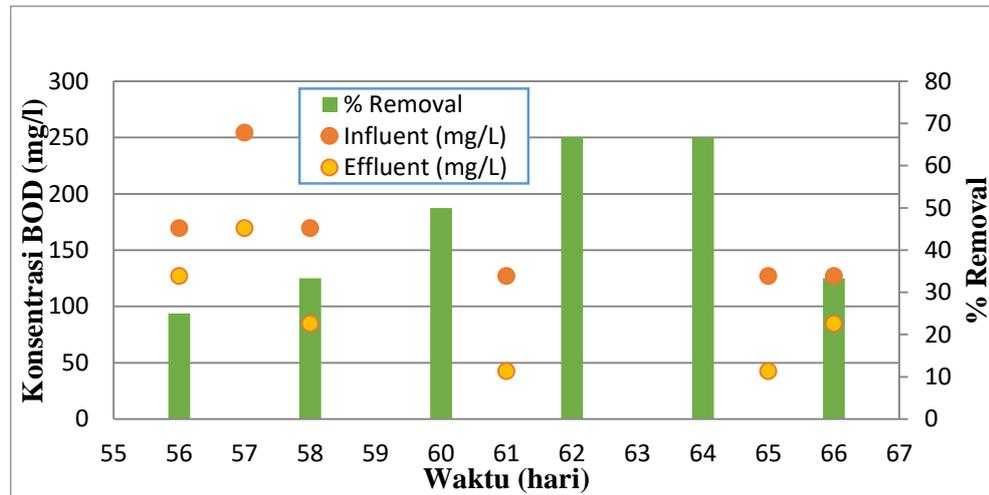
##### 4.4.1 Analisa BOD

Pengujian kadar BOD dilakukan sebanyak 6 kali. Dari hasil pengujian didapatkan penurunan kadar BOD pada kedua reaktor sebanyak 67%. Data penurunan kadar BOD Reaktor 1 dan 2 dapat dilihat pada **Lampiran 9**. Berikut adalah grafik hasil uji kadar BOD pada reaktor 1 dan 2:



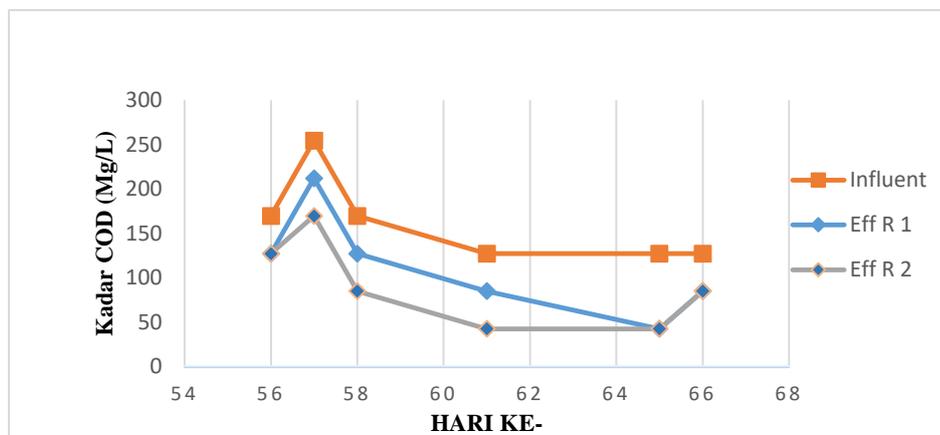
**Gambar 4.12** Grafik Kadar Removal BOD Pada Reaktor 1

Pada Grafik di atas terlihat bahwa reaktor 1 mampu meremoval kadar BOD pada air hasil pengolahan IPAL Komunal Mendiro. Pengurangan kadar BOD paling besar terjadi pada hari ke-65, yaitu dapat menurunkan kadar BOD hingga 42,38 mg/L dari 127,13 m/L.



**Gambar 4.13** Grafik Kadar Removal BOD Pada Reaktor 2

Pada Grafik di atas terlihat bahwa reaktor 2 mampu menurunkan kadar BOD pada air hasil pengolahan IPAL Komunal Mendiro. Pengurangan kadar BOD paling besar terjadi pada hari ke-61, yaitu dapat menurunkan kadar BOD hingga 42,38 mg/L dari 127,13 m/L.



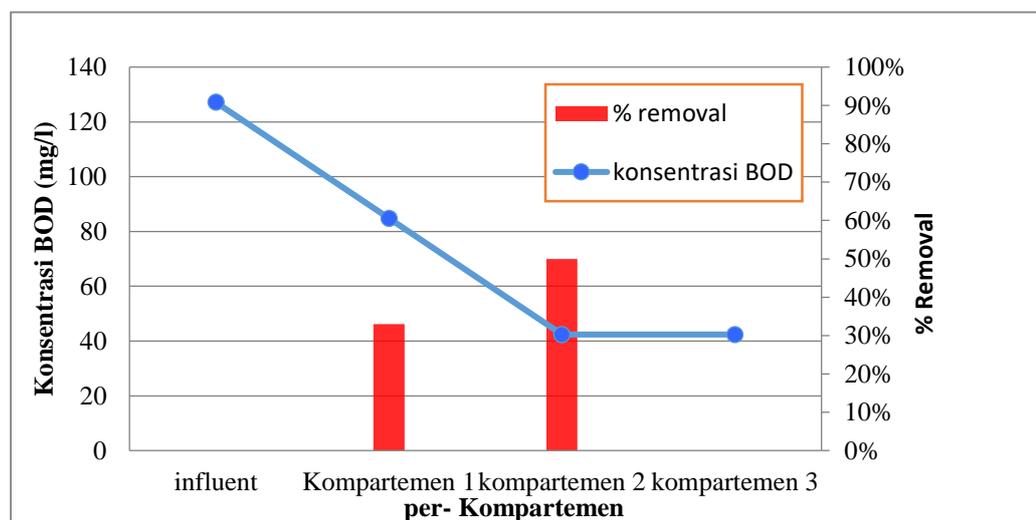
**Gambar 4.14** Grafik Perbandingan Removal BOD Pada Reaktor 1 dan 2

Dari grafik di atas dapat dilihat reaktor 2 memiliki performa pengurangan kadar BOD lebih bagus di bandingkan dengan reaktor 1. Pengurangan kadar BOD pada kedua reaktor menunjukkan hasil yang sama pada 2 hari terakhir.

Pengukuran kadar BOD juga dilakukan di tiap kompartemen pada salah satu reaktor. Berikut data hasil pengukuran BOD tiap kompartemen pada reaktor 1. Pemilihan pengujian pada reaktor 1 dikarenakan pompa pada reaktor 2 sering mati pada beberapa hari terakhir yang ditakutkan akan berpengaruh pada hasil pengujian. Berikut data hasil pengujian kadar BOD tiap kompartemen pada reaktor 1.

**Tabel 4.1** Pengukuran Kadar BOD Tiap Kompartemen Pada Reaktor 1

Sampel	Volume Titrasi DO 0 (mL)	Volume Titrasi DO 5 (mL)	N Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	DO 0 (mg/L)	DO 5 (mg/L)	Kadar BOD (mg/L)	Persen Removal (%)
Blanko	2	1,9	0,0267	8,5	8,1		
In	2	1,6	0,0267	8,5	6,8	127,13	
K. 1	1,6	1,4	0,0267	6,8	5,9	84,76	33%
K. 2	1,5	1,4	0,0267	6,4	5,9	42,38	50%
K. 3	1,5	1,5	1,0267	244,4	244,4	42,38	0%



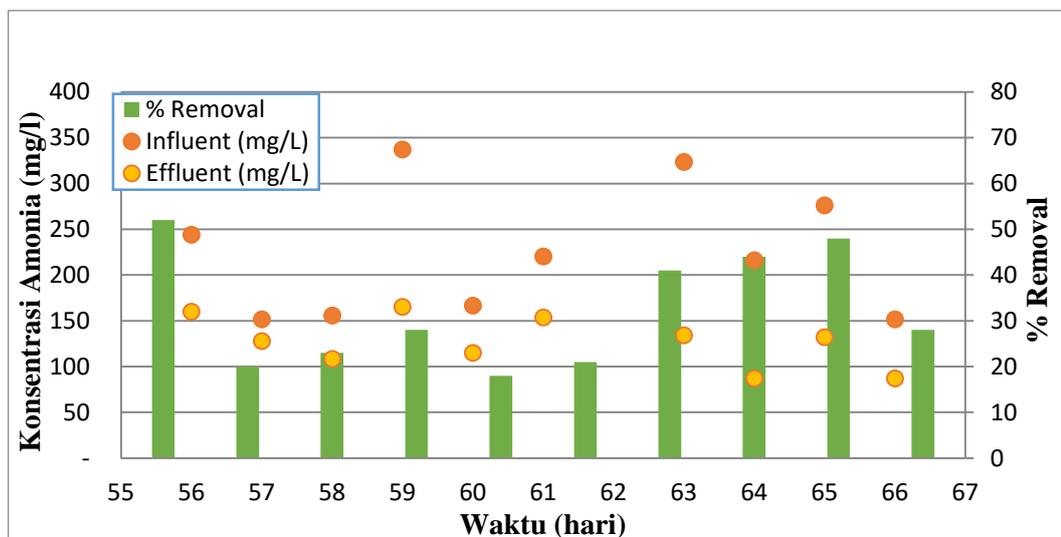
**Gambar 4.15** Grafik Pengukuran Kadar BOD Tiap Kompartemen Pada Reaktor 1

Hasilnya menunjukkan pengurangan kadar BOD paling banyak terjadi pada kompartemen 2 yaitu sebesar 50%, hal ini disebabkan karena pendistribusian air pada kompartemen 2 lebih merata dibandingkan kompartemen 1 dan 3. Pada kompartemen 1 pengurangan kadar BOD sebanyak 33% sedangkan pada kompartemen 3 sudah tidak ada pengurangan kadar BOD karena reaktor sudah mencapai batas maksimum penurunan kadar BOD.

Dari hasil yang di dapatkan kedua reaktor mampu menurunkan kadar BOD pada air olahan IPAL Komunal Mendiro, akan tetapi kadar BOD dari *effluent* reaktor tersebut masih di atas ambang batas yang di tetapkan yaitu 30 mg/L sesuai dengan baku mutu air limbah domestik sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.68 Tahun 2016 sehingga masih berbahaya apabila langsung dibuang ke lingkungan.

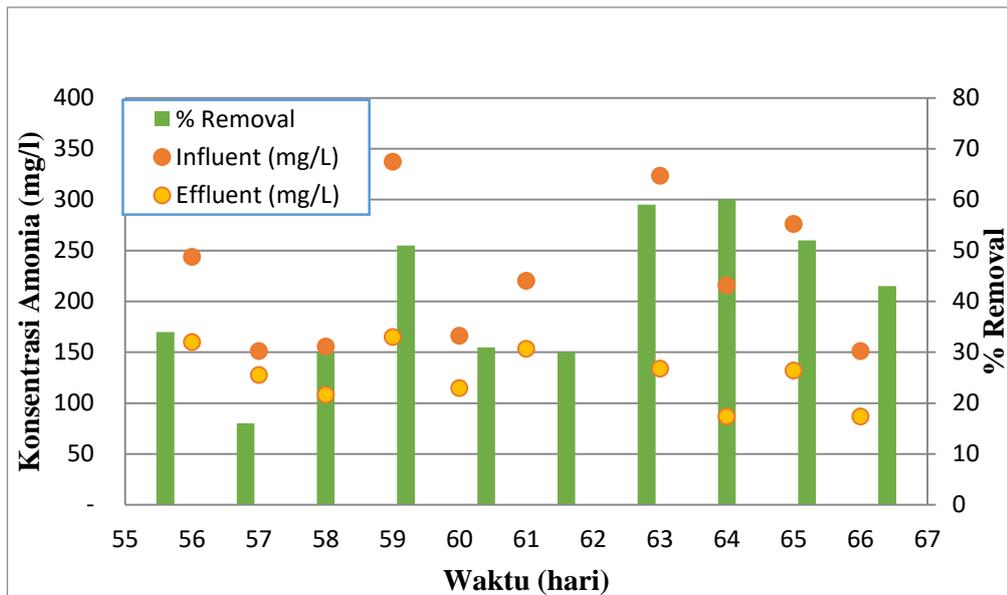
#### 4.4.2 Analisa Amonia

Pengukuran kadar Amonia pada saat running dilakukan sebanyak 10 kali. Pada running awal pengurangan kadar amonia belum cukup besar, namun secara umum terus mengalami peningkatan pada hari-hari selanjutnya Data hasil uji Amonia dapat dilihat pada **Lampiran 10**.Berikut adalah grafik hasil uji kadar Amonia pada reaktor 1 dan 2:



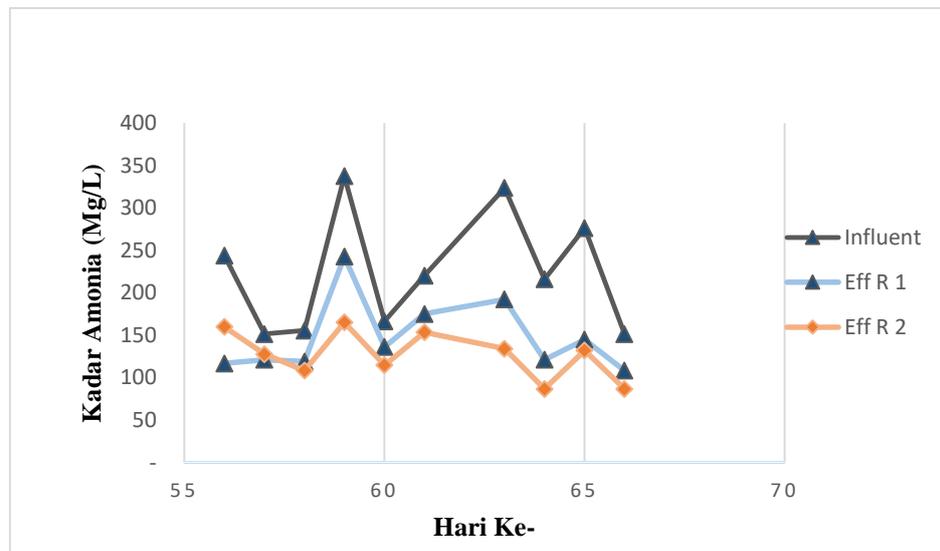
**Gambar 4.16** Grafik Kadar Removal Amonia Pada Reaktor 1

Dari **Gambar 4.16** dapat dilihat reaktor 1 mampu menurunkan kadar Amonia pada air olahan IPAL Komunal Mendiro, dimana dari hasil pengujian reaktor 1 mampu menurunkan kadar Amonia hingga 52% atau menurunkan kadar Amonia dari 244 mg/L menjadi 117 mg/L pada hari ke-56.



**Gambar 4.17** Grafik Kadar Removal Amonia Pada Reaktor 2

Dari **Gambar 4.17** dapat dilihat reaktor 2 juga mampu menurunkan kadar Amonia pada air olahan IPAL Komunal Mendiro. Dari hasil pengujian reaktor 2 mampu menurunkan kadar Amonia sebesar pada reaktor 60% atau menurunkan kadar Amonia dari 216 mg/L menjadi 87 mg/L pada hari ke 64.



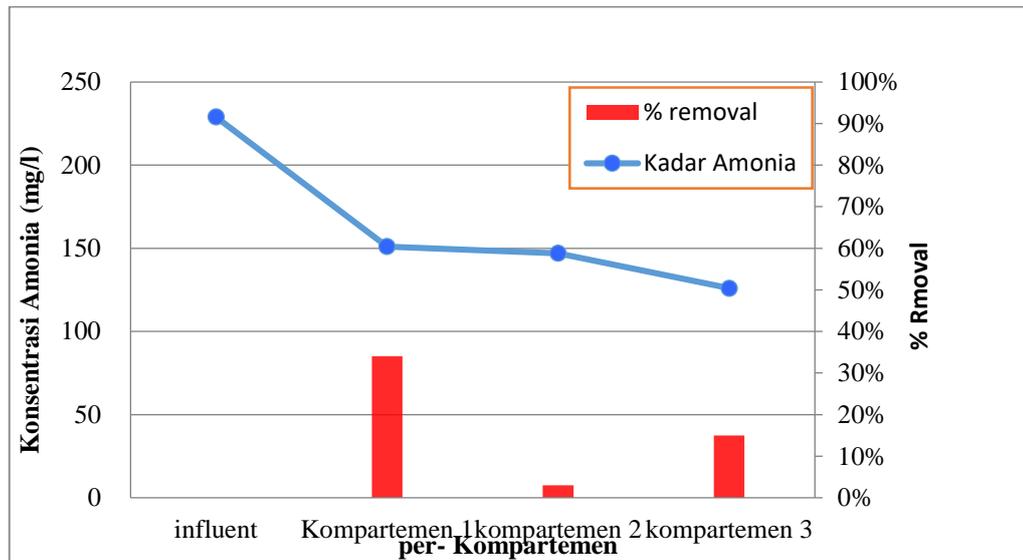
**Gambar 4.18** Grafik Perbandingan Kadar Removal Amonia Pada Reaktor 1 dan 2

Dari **Gambar 4.18** di atas dapat dilihat reaktor 2 menurunkan kadar Amonia jauh lebih bagus di bandingkan dengan reaktor 1.

Pengukuran kadar Amonia juga dilakukan di tiap kompartemen pada salah satu reaktor. Berikut data hasil pengukuran BOD tiap kompartemen pada reaktor 1. Pemilihan pengujian pada reaktor 1 dikarenakan pompa pada reaktor 2 sering mati pada beberapa hari terakhir yang ditakutkan akan berpengaruh pada hasil pengujian. Berikut data hasil pengujian kadar BOD tiap kompartemen pada reaktor 1.

**Tabel 4.2** Pengukuran Kadar Amonia Tiap Kompartemen Pada Reaktor 1

Sampel	Absorbansi	Kadar Amonia	% Removal
In	0,168	229	
Komp. 1	0,132	151	34%
Komp. 2	0,13	147	3%
Komp. 3	0,12	126	15%



**Gambar 4.19** Grafik Pengukuran Kadar Amonia Tiap Kompartemen Pada Reaktor 1

Dari hasil pengujian di dapatkan pengurangan kadar Amonia paling besar terjadi pada kompartemen 1 yaitu sebesar 33%, pengurangan kadar amonia pada kompartemen 2 hanya berkurang 3% dan pada kompartemen 3 sebanyak 15%. Dapat dikatakan bahwa tiap kompartemen mampu menurunkan kadar amonia pada air limbah.

Dari hasil yang di dapatkan reaktor mampu menurunkan kadar Amonia pada air olahan IPAL Komunal Mendiro, akan tetapi kadar Amonia dari *effluent* reaktor tersebut masih di atas ambang batas yang di tetapkan yaitu maksimal 10 mg/L sesuai dengan baku mutu air limbah domestik sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.68 Tahun 2016 sehingga masih berbahaya apabila langsung dibuang ke lingkungan.

#### 4.5 Kualitas Air Olahan Reaktor

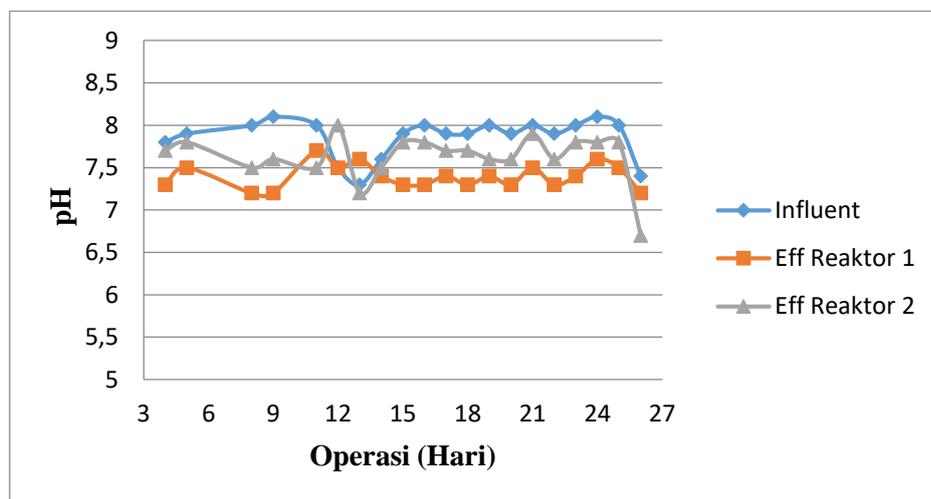
Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian tertentu terhadap air tersebut. Pengujian yang dilakukan antara lain uji kimia, fisik, biologi atau uji kenampakan (bau dan warna). Pengelolaan kualitas air merupakan upaya dalam memelihara air sehingga tercapai kualitas air yang diinginkan sesuai peruntukannya

agar menjamin kondisi air tetap dalam kondisi alaminya. Data pengukuran kualitas air olahan dapat dilihat pada **Lampiran 11**.

#### 4.5.1 Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman pada air limbah dari *influent* dan *effluent* pada setiap reaktor. pH memiliki peran yang cukup besar dalam pengurangan polutan pada air limbah dikarenakan pada umumnya bakteri dapat berkembang dengan baik pada pH netral maupun basa.

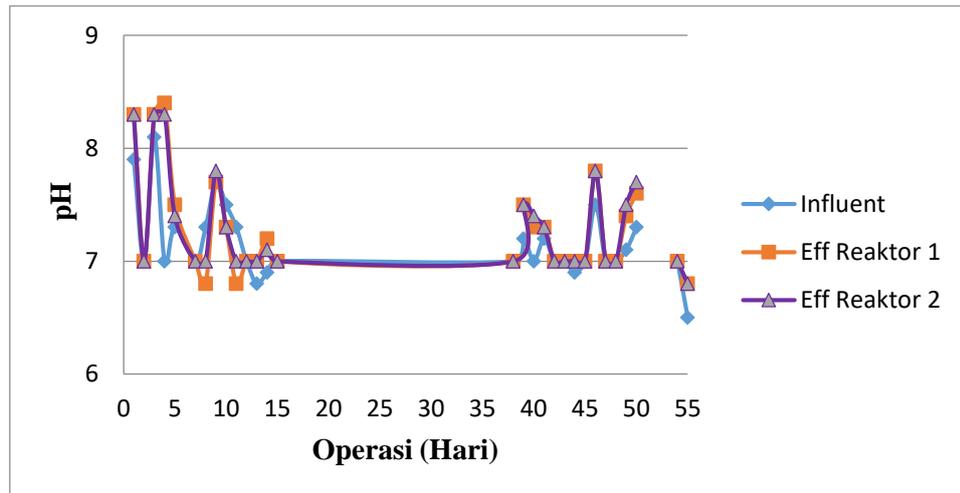
Pada pengujian pH ini digunakan indikator pH universal dan pH meter, sehingga hasil yang di dapat kurang akurat pada saat menggunakan indikator pH universal.



**Gambar 4.20** Grafik Konsentrasi Nilai pH Pada Aklimatisasi dengan Media Serat Tanaman Luffa

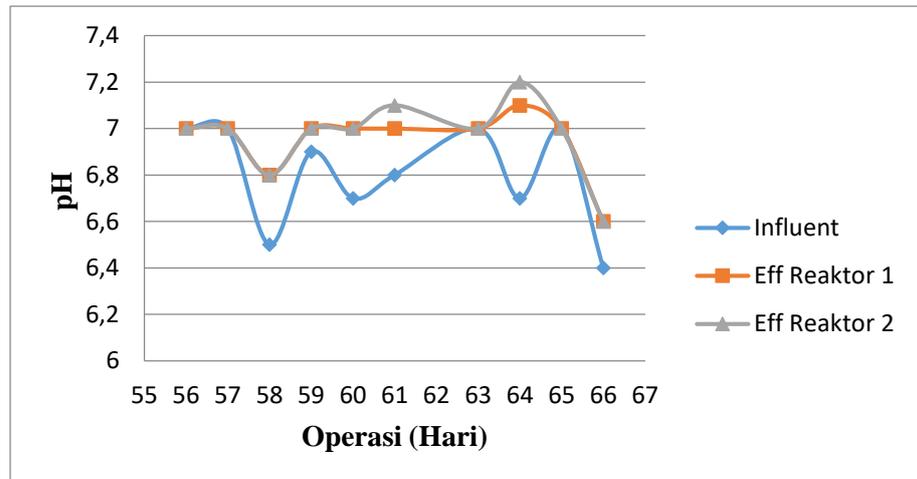
Dari hasil pengujian didapatkan bahwa nilai pH dari *influent* dengan media penyangga serat tanaman luffa berkisar antara 7,3 sampai 8,1, rentang pengukuran pH pada *effluent* reaktor 1 yaitu 7,2 - 7,6 , sedangkan pada reaktor 2 yaitu berkisar antara 6,7 – 8. Nilai pH pada *effluent* dari reaktor cenderung mengalami penurunan ke arah asam. Rata-rata nilai pH pada reaktor 2 lebih tinggi dibandingkan dengan reaktor 1, namun perbedaannya tidak terlalu signifikan. Kenaikan pH ini mempengaruhi tingkat pembusukan pada serat tanaman luffa, yang di tandai dengan tumbuhnya jamur.

Beberapa mikroorganisme khususnya kapang ataupun khamir dapat memecah asam secara alamiah. Oleh karena itu dapat mengakibatkan kenaikan pH yang cukup memungkinkan tumbuhnya spesies pembusuk yang sebelumnya terhambat pertumbuhannya (Buckle *et.al*1987)



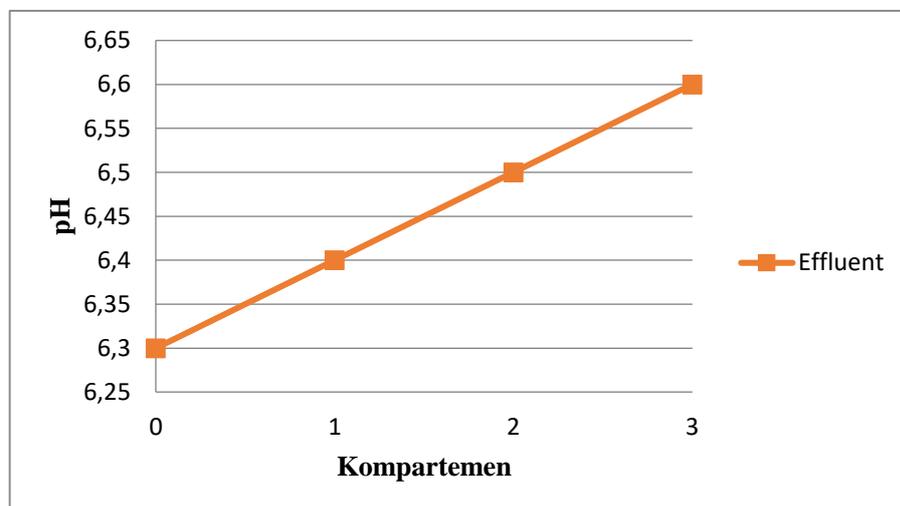
**Gambar 4.21** Grafik Konsentrasi Nilai pH Pada Aklimatisasi dengan Media Bioball

Nilai pH pada saat aklimatisasi dengan media bioball menunjukkan tingkat keasaman pada *influent* dan *effluent* reaktor masih pada batas normal. Berbeda dengan saat aklimatisasi menggunakan media serat tanaman luffa nilai pH pada *effluent* reaktor umumnya sedikit meningkat dari *influent*.



**Gambar 4.22** Grafik Konsentrasi Nilai pH Saat Running

Hasil pengukuran pH pada saat running reaktor menunjukkan hasil pH netral. Nilai pH pada *influent* air limbah lebih rendah dibandingkan dengan *effluent* dari reaktor 1 dan 2. Pengukuran pH pada inlet berkisar antara 6,4-7, sedangkan pada outlet reaktor 1 dan 2 berkisar antara 6,6-7,2



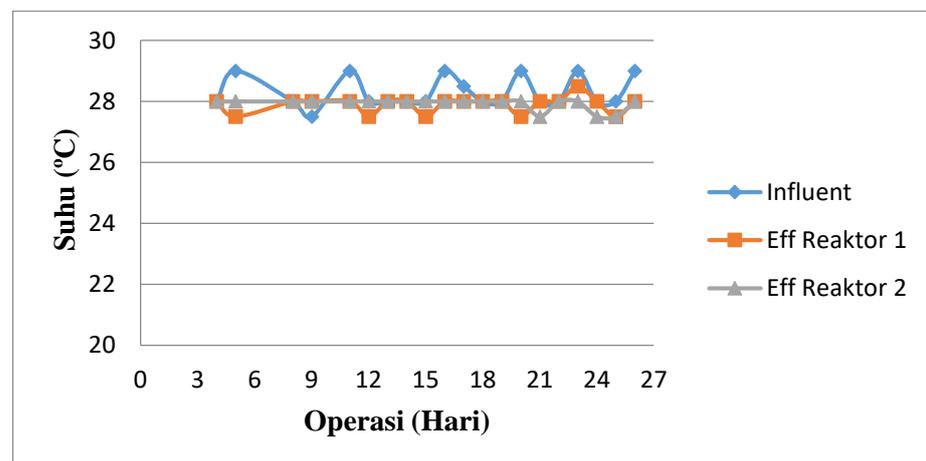
**Gambar 4.23** Grafik Hubungan Nilai pH dan Kompartemen Reaktor 1

Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai pH semakin meningkat menuju keadaan basa pada tiap kompartemen. Nilai pH masih menunjukkan angka netral yaitu berkisar antara 6,3 sampai 6,5.

#### 4.5.2 Suhu

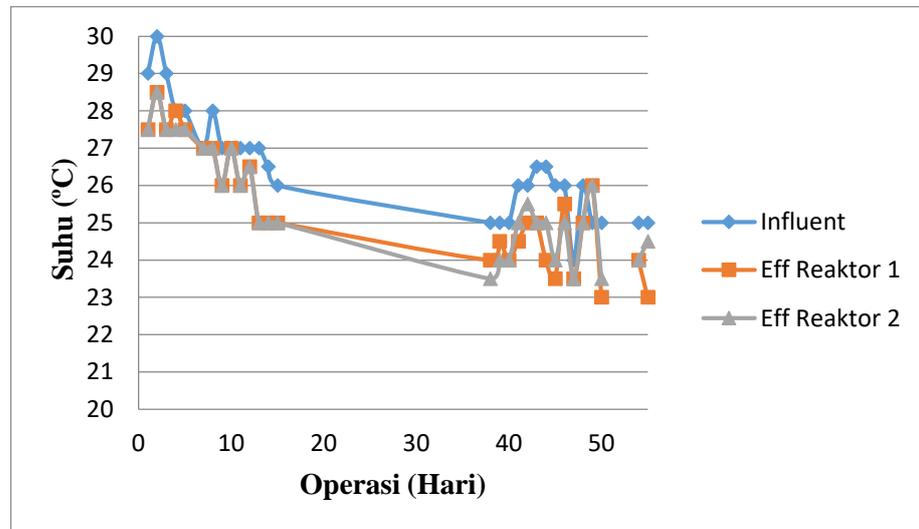
Pengukuran suhu dilakukan sebagai variabel kontrol dalam menguji BOD dan Amonia pada reaktor. Umumnya jika suhu air limbah turun maka aktifitas mikroorganisme juga akan berkurang. Tetapi, karenadi dalam proses biofilm substrat maupun enzim dapat terdifusi sampai ke bagian dalam lapisan biofilm dan juga lapisan biofilm bertambah tebal, maka pengaruh penurunan suhu (suhu rendah) tidak begitu besar.

Pengukuran suhu dilakukan setiap hari karena suhu sangat berperan penting dalam kelangsungan hidup mikroorganisme. Suhu optimum untuk bakteri nitrifikasi termasuk nitrobacteria dan Nitrosomonas adalah 30°C (Biton, 1994).



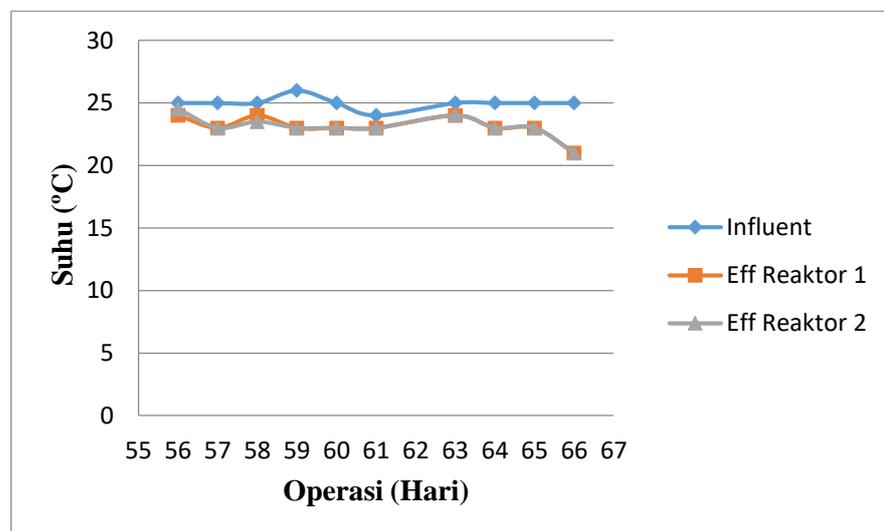
**Gambar 4.24** Grafik Suhu Saat Aklimatisasi dengan Media Serat Tanaman Luffa

Pada grafik diatas suhu pada *influent* lebih tinggi dari pada suhu pada *effluent* di kedua reaktor. Suhu dapat turun hingga  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ . Suhu pada saat aklimatisasi dengan menggunakan media penyangga serattanaman luffa cukup tinggi yaitu sekitar 27-29 °C.



**Gambar 4.25** Grafik Suhu Saat Aklimatisasi dengan Media Bioball

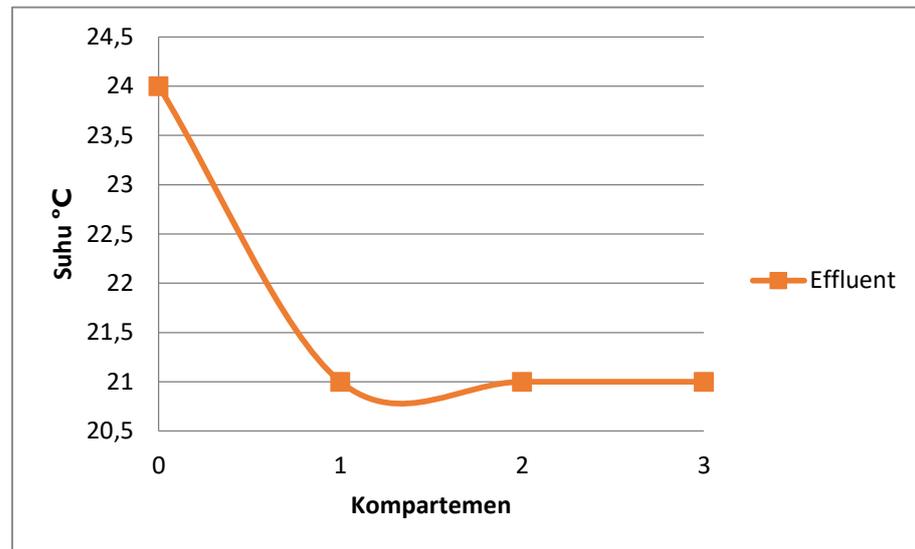
Pada saat aklimatisasi dengan media penyangga bioball grafik suhu diatas menunjukkan suhu pada *influent* lebih tinggi dari pada suhu pada *effluent* di kedua reaktor. Suhu dapat turun hingga  $\pm 2,5^{\circ}\text{C}$ . Suhu pada inlet semakin menurun mengikuti suhu udara sekitar.



**Gambar 4.26** Grafik Suhu Saat Running Reaktor

Grafik suhu pada saat running menunjukkan hal yang sama yaitu suhu pada inlet lebih tinggi dibandingkan suhu pada outlet. Penurunan suhu dari inlet hingga 3°C pada outlet reaktor.

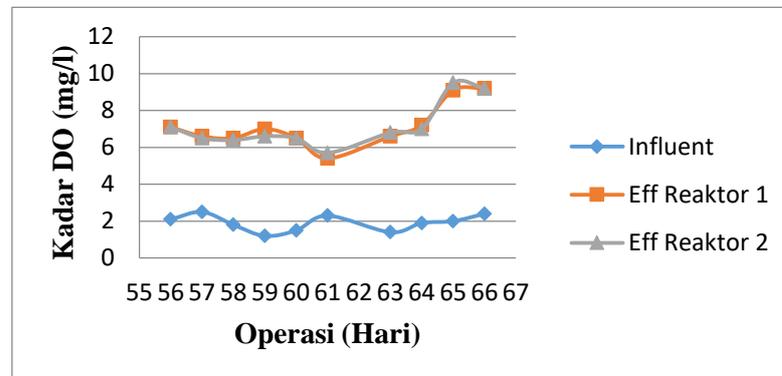
**Gambar 4.27** Grafik Hubungan Suhu dan Kompartemen Reaktor 1



Dari grafik dapat dilihat bahwa nilai suhu menurun pada outlet reaktor. Suhu pada tiap kompartemen reaktor stabil. Penurunan suhu terjadi hingga 3°C dan dapat dikatakan bahwa reaktor mampu menurunkan suhu air limbah.

#### 4.5.3 Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*)

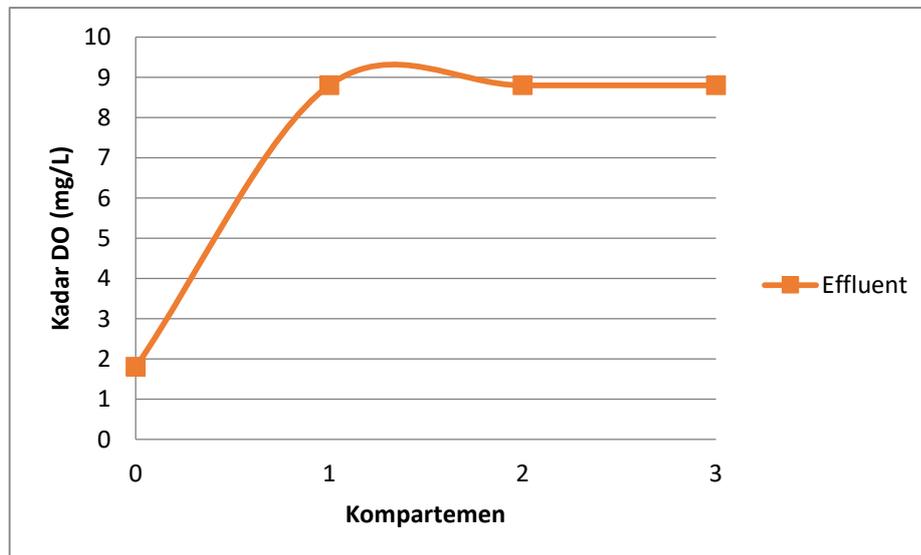
Pengukuran konsentrasi DO dilakukan pada inlet dan outlet reaktor. Pengukuran DO ini dimaksudkan sebagai variabel kontrol dalam pengujian kadar BOD dan Amonia. Dimana dengan adanya data pengukuran DO maka akan diketahui apakah reaktor dapat memenuhi kebutuhan oksigen bagi mikroorganisme yang berperan dalam pengurangan zat pencemar seperti BOD dan Amonia pada air limbah. Berikut adalah grafik hasil pengukuran DO :



**Gambar 4.28** Grafik Konsentrasi DO Saat Running Reaktor

Rendahnya konsentrasi DO pada inlet diakibatkan oleh pencemaran air yang mengandung bahan organik oleh karena itu organisme air terganggu. Konsentrasi DO mengalami peningkatan setelah keluar dari reaktor.

Peningkatan konsentrasi DO menyatakan bahwa kualitas air yang dihasilkan lebih bagus. Semakin besar nilai DO pada air menyatakan bahwa tingkat pencemaran air semakin rendah.



**Gambar 4.29** Grafik Hubungan Konsentrasi DO dan Kompartemen Reaktor 1

Hasil pengukuran konsentrasi DO menunjukkan bahwa reaktor 1 dapat menaikkan kadar DO pada air limbah, hal ini disebabkan salah satunya karena

reaktor mengalami proses aerasi. Namun kadar DO tidak mengalami peningkatan dari kompartemen 1 sampai kompartemen 3.

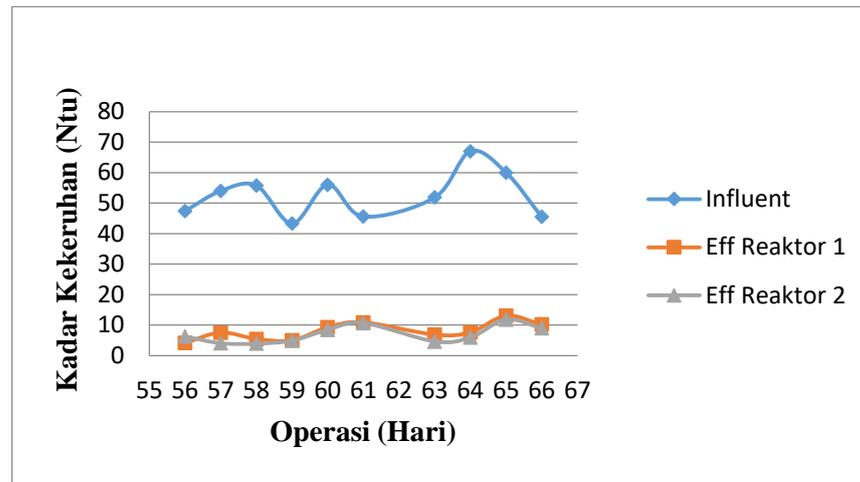
#### 4.5.4 Kekeruhan (*Turbidity*)

Pengukuran kekeruhan dilakukan sebagai variabel kontrol dalam pengukuran BOD dan Amonia pada reaktor. Kekeruhan air disebabkan karena air mengandung banyak partikel yang tersuspensi yang memberikan warna yang berlumpur dan kotor. Bahan-bahan yang menyebabkan kekeruhan ini meliputi tanah liat, lumpur, bahan-bahan organik yang tersebar dari partikel-partikel kecil yang tersuspensi.



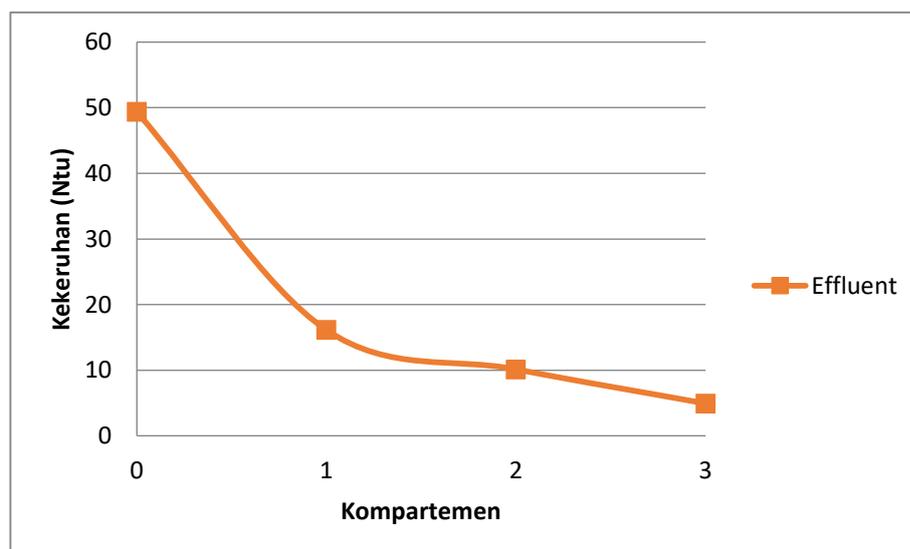
**Gambar 4.30**Perbandingan Kekeruhan Pada Inlet, Effluent R.1 dan Effluent R.2  
(Kiri ke Kanan)

Kekeruhan pada air merupakan satu hal yang harus dipertimbangkan dalam menilai kualitas air karena kekeruhan tersebut akan mengurangi segi estetika, menyulitkan dalam upaya penyaringan, dan akan mengurangi efektivitas usaha desinfeksi. Dapat dilihat pada Gambar 4.28 diatas bahwa reaktor mampu menurunkan kadar kekeruhan pada air limbah. Berikut grafik hasil uji kekeruhan :



**Gambar 4.31** Grafik Konsentrasi Kekeruhan Saat Running Reaktor

Nilai kekeruhan pada inlet cukup tinggi hingga mencapai 67 Ntu pada inlet reaktor. Pengurangan kadar kekeruhan pada reaktor cukup bagus hingga  $<5$  Ntu. Namun pengurangan kekeruhan mengalami penurunan pada akhir proses running yang disebabkan reaktor yang kotor karena banyaknya partikel yang menempel pada reaktor dan ikut luruh bersama air. Partikel tersebut membuat air hasil olahan menjadi keruh. Performa reaktor dalam mengurangi kadar kekeruhan semakin menurun.



**Gambar 4.32** Grafik Hubungan Konsentrasi Kekeruhan dan Kompartemen Reaktor 1

Hasil pengukuran konsentrasi kekeruhan menunjukkan bahwa reaktor 1 dapat menurunkan nilai kekeruhan pada air limbah, hal ini disebabkan karena partikel halus yang terbawa air menempel pada media penyangga dan atau mengendap pada dasar reaktor. Hal ini juga dapat berdampak buruk pada reaktor, dikarenakan partikel yang mengendap pada dasar reaktor seringkali menyebabkan penyumbatan yang menghalangi jalan keluar air sehingga media menjadi kering pada bagian yang tidak terkena air tersebut. Kadar kekeruhan mengalami penurunan yang sangat bagus dari setiap kompartemen 1 sampai kompartemen 3.

#### **4.6 Aplikasi Reaktor**

Reaktor yang digunakan untuk menurunkan kadar pencemar BOD dan Amonia ini menggunakan sistem *Down Flow Hanging Sponge* (DHS) hasil modifikasi sederhana dalam skala laboratorium.



**Gambar 4.33** Aplikasi Reaktor

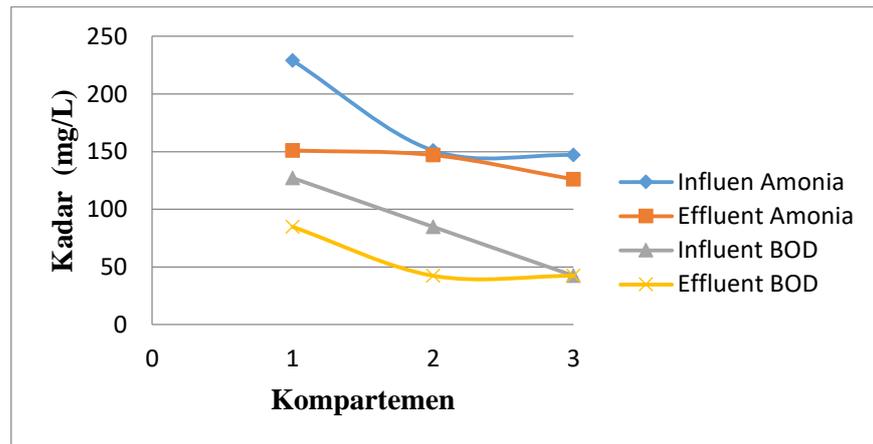
Pengaplikasian reaktor dalam mengurangi beban pencemar pada air olahan IPAL Komunal Mendiroidengan serat tanaman luffa belum maksimal karena media mengalami pembusukan, sedangkan dengan menggunakan media bioball hasil yang di dapat sudah cukup bagus.

Dengan menggunakan media penyangga bioball kedua reaktor menurunkan kadar pencemar seperti BOD hingga 67% pada reaktor 1 dan 2 di hari yang sama. Pengurangan kadar Amonia hingga 52% pada reaktor 1 dan 60% pada reaktor 2 di hari yang berbeda.

Pengukuran konsentrasi removal BOD dan Amonia pada reaktor juga dilakukan dengan mengukur konsentrasi pengurangan pada tiap kompartemen di salah satu reaktor. Pengujian dilakukan pada reaktor 1. Data pengukuran kadar amonia dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.3** Uji BOD dan Amonia Tiap Kompartemen Reaktor 1

Kompartmentemen	Kadar BOD (mg/L)		Kadar Amonia (mg/L)	
	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
1	229	151	127,13	84,76
2	151	147	84,76	42,38
3	147	126	42,38	42,38



**Gambar 4.34** Grafik Penurunan Konsentrasi BOD dan Amonia Tiap Kompartmentemen Reaktor 1

Pengurangan kadar BOD dan Amonia pada reaktor tidak stabil, dimana mengalami fluktuasi tergantung keadaan reaktor. Saat running terjadi masti listrik sehingga menurunkan kadar removal pada reaktor. Persebaran air yang tidak merata dan debit yang tidak stabil juga mengakibatkan terjadinya fluktuasi removal BOD dan Amonia.

Namun penurunan kadar BOD dan amonia masih belum memenuhi baku mutu air limbah domestik yang telah di tetapkan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.68 Tahun 2016. Pada baku mutu air limbah domestik tersebut ditetapkan bahwa kadar maksimum yang diperbolehkan dibuang pada badan air untuk kadar BOD adalah 30 mg/L sedangkan untuk Amonia adalah 10 mg/L. Hasil yang di dapat masih jauh di atas baku mutu dan belum layak dibuang ke lingkungan karena dapat meyebabkan pencemaran pada badan air penerima. Perlu adanya modifikasi reaktor untuk memperbaiki kualitas air olahan.

#### 4.7 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Performa Reaktor

Performa reaktor semakin menurun, hal ini disebabkan karena terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja reaktor antara lain dapat dilihat pada **Tabel 4.4.**

**Tabel 4.4** Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Performa Reaktor

No	Faktor	Masalah	Solusi
1	Kualitas media penyangga	Penggunaan serat tanaman luffa sebagai media penyangga tidak optimal dalam menurunkan kadar pencemar organik pada air limbah (COD) karena media tersebut memiliki titik jenuh yang mengubah struktur media. Media serat tanaman luffa mengalami pembusukan dengan cepat karena terus terkontak dengan air yang ditandai dengan tumbuhnya jamur pada media. Faktor tumbuhnya jamur pada media ini dapat diakibatkan oleh banyak hal, antara lain terbawanya bibit jamur dari udara disekitar reaktor atau bibit jamur pada lumpur aktif saat proses <i>seeding</i> berlangsung. Proses pembusukan ini juga berpengaruh pada penurunan pH menjadi lebih asam ( <i>acid</i> ) karena proses pembusukan melepaskan asam.	Mengganti media penyangga
2	Mati listrik	Air tidak dapat terdistribusikan sehingga media menjadi kering. Media yang kering mengakibatkan mikroorganisme tidak mendapatkan suplai makanan dan biofilm tidak terbentuk atau menghilang. Jika mikroorganisme tidak mendapatkan suplai makanan maka menyebabkan mikroorganisme mati. Matinya mikroorganisme tersebut menurunkan kadar removal beban pencemar karena tidak ada yang mengurai beban pencemar tersebut.	Memastikan agar listrik tetap menyala
3	Wadah pendistribusian air yang kurang memadai	Hal tersebut menyebabkan pada beberapa bagian media tidak terkena air yang menyebabkan media kering dan tidak terbentuk biofilm.	Modifikasi wadah pendistribusian air

No	Faktor	Masalah	Solusi
4	Penyumbatan ( <i>Clogging</i> )	Terjadinya penyumbatan ( <i>clooging</i> ) akibat dari lumpur/partikel yang terbawa bersama air. Penyumbatan ini juga berpengaruh terhadap pendistribusian air. Karena adanya penyumbatan, air tertahan pada kompartemen yang mengakibatkan air tidak dapat keluar dan meluap. Kompartemen setelahnya tidak mendapatkan suplai air sehingga media menjadi kering.	Melakukan pembersihan secara berkala
5	Pompa	Pompa tidak bisa menatur debit air yang keluar, sehingga hanya digukan katup/kran untuk mengatur debit air. Kapasitas pompa yang kurang memadai sehingga pengaturan debit air yang keluar tidak stabil. Pompa yang digunakan sering mati yang disebabkan karena penyumbatan pada pompa akibat lumpur/pasir dari air limbah.	Mengganti pompa yang dapat mengatur debit
6	Lumut	Selang dan reaktor yang ditumbuhi lumut mengakibatkan air olahan reaktor menurun kualitasnya karena meningkatkan beban pencemar pada air limbah.	Mengganti selang dan melakukan pembersihan pada reaktor
7	Fluktuasi beban pencemar	Air limbah yang digunakan tidak stabil kualitasnya. Beban pencemar dari air limbah hasil pengolahan IPAL Komunal Mendoer terkadang sangat tinggi dan terkadang rendah. Fluktuasi beban pencemar pada air ini mengakibatkan mikroorganisme yang digunakan untuk mengurai zat pencemar menjadi <i>shock</i> sehingga tidak dapat bekerja secara optimal.	Untuk pengujian skala lab sebaiknya menggunakan limbah buatan agar dapat dikontrol kadar pencemarnya

#### 4.8 Penelitian Terdahulu

Pada beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan tentang penggunaan luffa dan bioball sebagai media penyangga dalam pengolahan air limbah. Dalam upaya mencari pengolahan air limbah yang lebih efisien dalam mengurangi beban pencemar maka terus dilakukan modifikasi mengenai teknologi pengolahan air limbah.

Penelitian mengenai penggunaan luffa sebagai media penyangga salah satunya dilakukan oleh Jose dkk (2008). Penelitian ini menggunakan luffa sebagai media *submerged attached growth* pada sistem reaktor UASB (*Upward Flow Anaerobic Sludge Blanket*) dan SBR (*Sequencing Batch Reactor*). Dari hasil penelitian tersebut *Luffa Cylindrica* menunjukkan kinerja yang sangat baik sebagai substrat padat untuk pengembangan agregasi biofilm yang mampu memetabolisme senyawa organik dan anorganik yang teradsorpsi di dalamnya, terutama untuk nitrifikasi. Efisiensi nitrifikasi bervariasi dalam kisaran 82 - 95% dengan rata-rata 88%. Sedangkan pada penelitian dengan menggunakan sistem *tray bioreactor* pertumbuhan terlekat dengan media luffa tidak berhasil dilakukan karena media mengalami pembusukan pada tahap aklimatisasi. Hasil penelitian penggunaan luffa sebagai media penyangga dengan menggunakan sistem UASB dan SBR lebih bagus dikarenakan media dapat terkontak dengan air secara merata, sistem aerasi juga dapat terkontrol dengan baik.

Penelitian dengan menggunakan bioball sebagai media penyangga juga sudah banyak dilakukan, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Permatasari dkk (2017). Penelitian ini dilakukan untuk mengolah efluen air limbah dengan pengolahan lanjutan menggunakan biofilter aerobik dengan media bioball. Proses *seeding* dan aklimatisasi dilakukan dalam 4 minggu. Efluen ditampung dalam tong air 150 L dengan menggunakan pompa submersible. Efluen diolah di dalam reaktor berbentuk gelas dengan kapasitas 36 liter. Reaktor ini menggunakan aerator akuarium. Reaktor dioperasikan terus menerus dengan variasi waktu retensi 4 jam, 8 jam, 12 jam, 18 jam, dan 24 jam dan juga variasi rasio Carbon: Nitrogen: Phosphor = C: N: P, 100: 5: 1, 100: 8: 1, 100: 10: 1, 100: 12: 1, 100: 15: 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa varian waktu retensi optimum adalah 24 jam dan

rasio C: N: P adalah 100: 10: 1 menghasilkan efisiensi penyisihan terbesar yaitu 87,33% untuk BOD dan 82, 5% untuk Amonia, 79,1% Nitrat, 92% Nitrit, 84,82% Minyak dan Gemuk. Sedangkan penelitian dengan menggunakan sistem *tray bioreaktor* pertumbuhan terlekat hanya mampu menurunkan kadar BOD sebesar 67% dan Amonia sebesar 60%. Hasil dari penelitian sebelumnya lebih bagus karena disebabkan oleh variasi HRT yang lebih banyak dan lebih lama. Penelitian dengan menggunakan *tray bioreaktor* pertumbuhan terlekat hanya menggunakan HRT 4 jam sehingga hasilnya kurang optimal.

