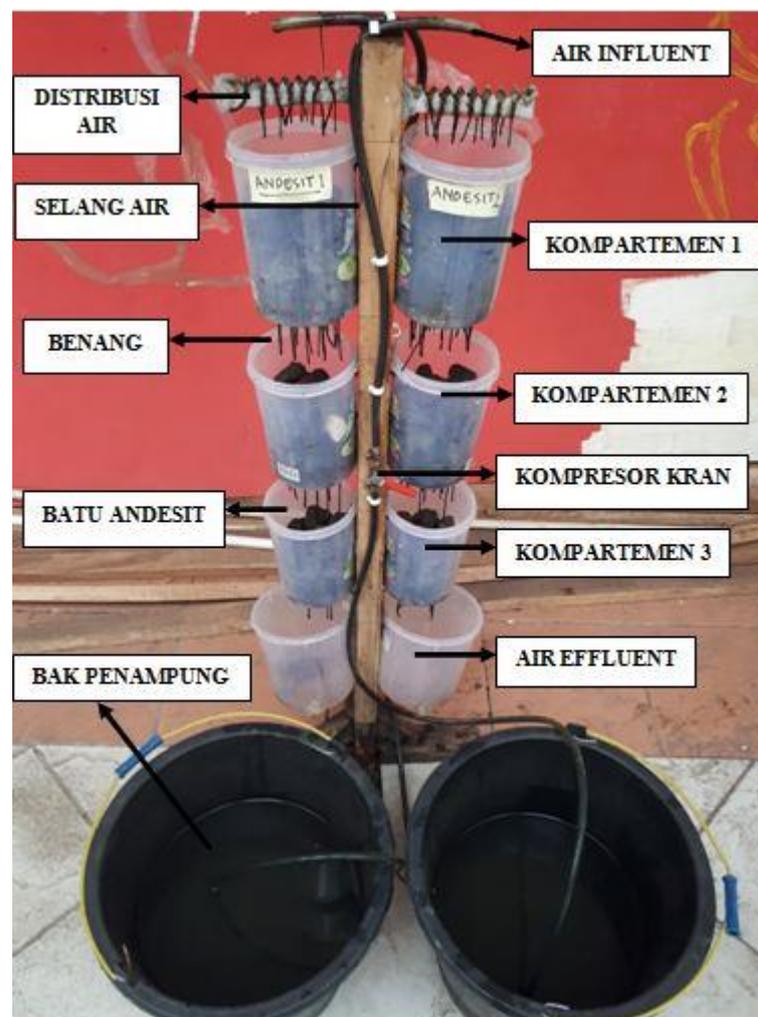


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tray Bioreactor

Tray bioreactor yang dipergunakan dalam penelitian ini dirancang dengan skala laboratorium dan sederhana. Gambar dan bagian-bagian dalam *tray bioreactor* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4 1Tray Bioreactor dengan Skala Laboratriu

Tray bioreactor yang digunakan dalam pengolahan air limbah terdiri dari 2 unit reaktor, dimana setiap unit terdiri dari 3 buah kompartemen. Air limbah

yang mengalir dari influent ke bagian kompartemen reaktor disalurkan melalui selang air berukuran $\frac{1}{4}$ inch. Debit air yang diolah oleh reaktor diatur oleh kompresor kran, dan untuk pendistribusian air ke dalam reaktor agar dapat merata dipergunakan benang wol sehingga air dapat menyebar lebih merata didalam reaktor. Pada bagian kompartemen 1, agar air limbah menyebar merata dipergunakan wadah kecil dari seng aluunium yang diberi benang sampingnya. Sehingga air influen akan tertampung sementara pada wadah alumunium sebelum penuh dan kemudian metetes melalui benang wol yang telah dipasang. Sedangkan untuk bak penampung air influent dipergunakan ember dengan ukuran 30 liter.

4.2 Seeding dan Aklimatisasi

Sebelum menggunakan batu andesit sebagai media penyangga untuk proses pertumbuhan terlekat dalam *tray bioreactor* , Hal yang harus dilakukan yaitu proses *seeding* dan aklimatisasi pada batu andesit. *Seeding* dan aklimatisasi menjadi proses penting yang menunjang pembentukan biofilm pada media penyangga batu andesit.

4.2.1 Seeding

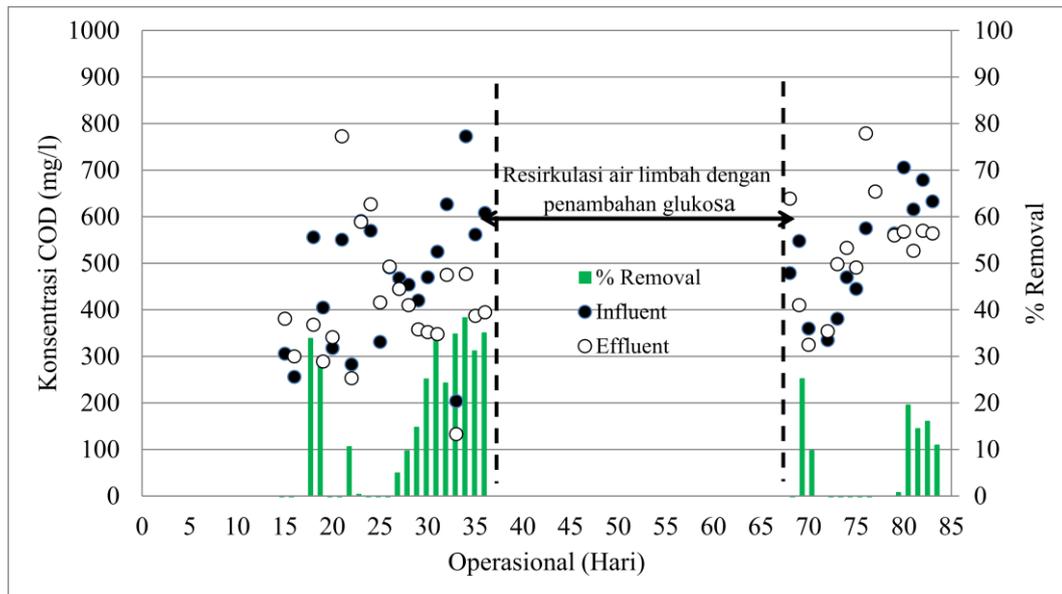
Sebelum tahap aklimatisasi dilakukan, terlebih dahulu harus dilakukan proses *seeding* pada media yang akan dijadikan sebagai media pertumbuhan terlekat (*biofim*). Dijelaskan oleh Herlambang (2005) bahawa fungsi dari dilakukannya *seeding* terhadap media penyangga yang digunakan adalah untuk mengembangbiakkan mikroorganisme agar dapat tumbuh dan melekat pada media. Media pertumbuhan terlekat yang yang digunakan dalam penelitian ini yaitu batu andesit yang diperoleh disekitar gunung merapi Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.



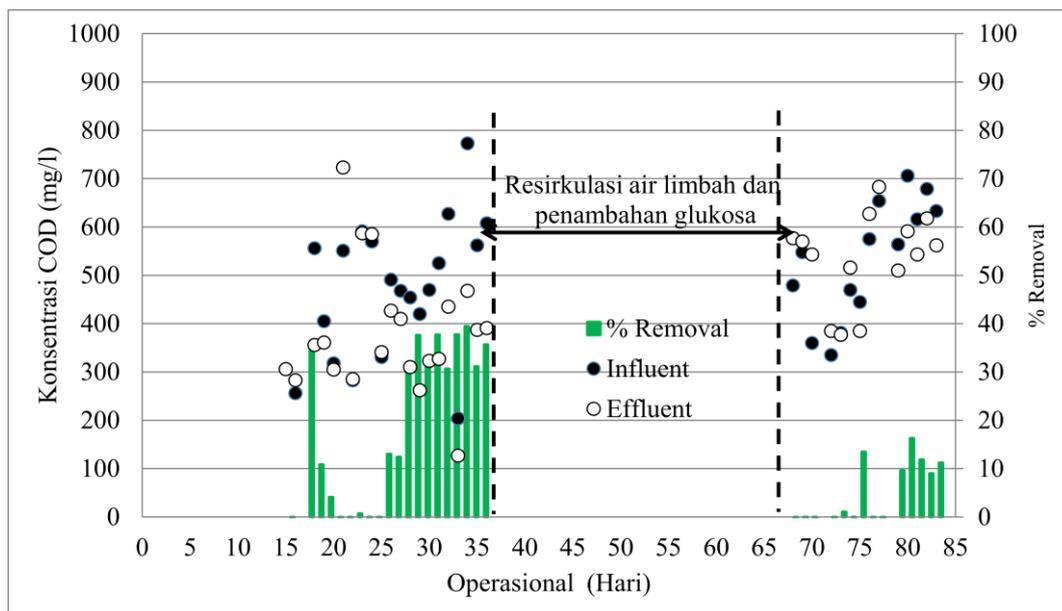
Gambar 4 2 Proses Seeding Media Batu Andesit

4.2.2 Aklimatisasi

Setelah dilakukan *seeding*, hal selanjutnya yang dilakukan yaitu tahap aklimatisasi. Dimana tahap aklimatisasi ini memiliki tujuan yaitu untuk penyesuaian mikroorganisme yang melekat pada batu andesit agar dapat tumbuh dan berkembang pada media batu sehingga akan mengakibatkan timbulnya lapisan biofilm yang berperan pada pengolahan air limbah yang melewati atau kontak dengan permukaan media batu andesit. Pengamatan biofilm dapat dilihat secara langsung dari terbentuknya lapisan lendir pada batu andesit. Proses aklimatisasi ini berlangsung selama 84 hari dan air limbah dialirkan secara kontinyu pada *tray bioreactor*. Pada saat proses aklimatisasi, pengecekan konsentrasi penurunan kadar COD selalu di uji. Hal tersebut agar diketahui apakah biofilm sudah mulai terbentuk atau belum. Adapun hasil dari pengujian konsentrasi COD pada kedua reaktor dapat dilihat pada gambar grafik berikut ini.



Gambar 4 3 Penurunan COD pada Proses Aklimatisasi Reaktor 1



Gambar 4 4 Penurunan COD pada Proses Aklimatisasi Reaktor 2

Efisiensi kedua reaktor dalam meremoval konsentrasi COD dalam air limbah dapat dilihat pada gambar diatas. Aklimatisasi dimulai pada saat operasi hari ke 1 sampai dengan hari ke 84. Namun pada hari ke 37 sampai hari ke 67 tidak dilakukan pengujian efisiensi tiap reaktor dalam meremoval COD. Pengujian tidak dilakukan dikarenakan waktu libur akademik. Namun proses

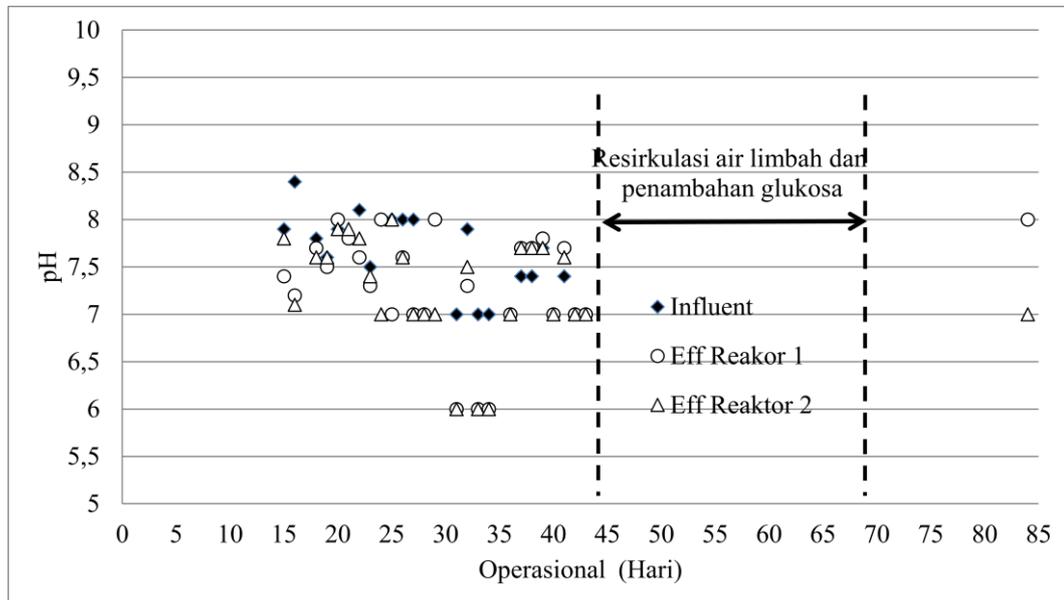
aklimatisasi tetap dijalankan dengan penambahan cairan gula kedalam air limbah sebanyak 1 kg yang dilarutkan dalam 1,5 liter air kemudian dicampur dengan 25 liter air limbah. Selama penambahan gula pada air limbah yang dilewatkan dilakukan secara resirkulasi dengan menggunakan influent air yang sama setiap harinya tanpa pengisian dan penggantian air limbah baru tiap harinya. Oleh sebab itu Penambahan gula dalam air limbah bertujuan agar mikroorganisme yang ada pada media tidak kekurangan makanan dan masih bisa hidup dan berkembang.

Performa reaktor dalam meremoval kandungan COD pada air limbah mengalami kondisi yang kurang stabil dikarenakan persentase removal yang mengalami naik dan turun. Pada reaktor 1 removal tertinggi COD yaitu sebesar 38,29% sedangkan pada reaktor 2 removal tertinggi COD yaitu sebesar 39,46%.

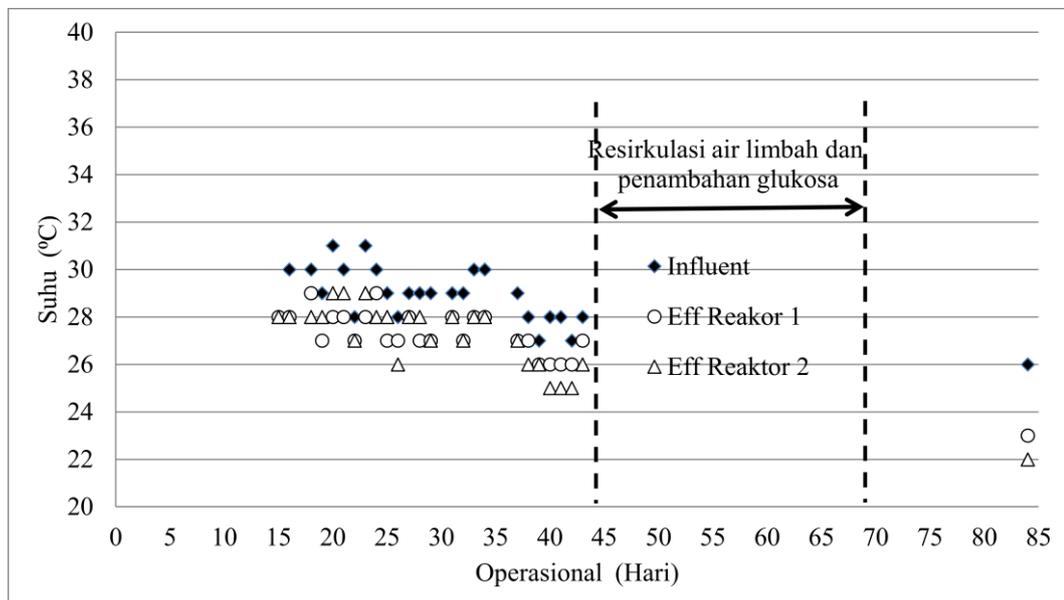
Persentase removal COD pada saat aklimatisasi pada kedua reaktor mulai bagus pada saat operasi hari ke 30 sampai 36 dengan rata-rata persen removal reaktor 1 dan 2 yaitu sebesar 31,76% dan 38,98%. Namun setelah penambahan cairan gula pada air limbah pada saat dilakukan resirkulasi performa dari kedua reaktor menjadi kurang baik yaitu hampir tidak dapat meremoval konsentrasi COD dalam air limbah. Hal tersebut dikarenakan terlalu banyaknya gula yang ditambahkan pada saat air limbah pada reaktor dijalankan secara resirkulasi sehingga performa dari reaktor atau mikroorganisme yang tumbuh pada media batu andesit menjadi kurang baik. Banyaknya endapan pada reaktor akibat penambahan gula menjadikan nilai COD tidak teratur.

Pembersihan kedua reaktor dilakukan dalam upaya meningkatkan atau mengembalikan performa reaktor menjadi lebih baik lagi. Pembersihan reaktor dilakukan dengan memindahkan dan merendam kembali media batu andesit dari dalam reaktor kedalam wadah yang berisi air limbah effluent IPAL Komunal Mendiro selama 1 jam. Wadah reaktor yang kotor dan terdapat banyak endapan serta cacing dibersihkan agar bersih dan dapat menunjang kinerja reaktor dengan baik lagi. Performa reaktor setelah dibersihkan mengalami peningkatan kembali. Dimana sebelum dibersihkan hampir tidak dapat meremoval COD bahkan COD mengalami peningkatan telah mampu meremoval COD kembali. Namun performa reaktor tidak lebih bagus dari sebelumnya. Hal tersebut

dikarenakan kedua reaktor hanya dapat meremoval COD selama masa aklimatisasi kurang dari 20% yang sebelumnya kedua reaktor mampu meremoval COD lebih dari 30%.



Gambar 4 5 pH pada Saat Tahap Aklimatisasi



Gambar 4 6 Suhu pada Tahap Aklimatisasi

Selain itu pengamatan pH dan suhu juga diamati pada saat aklimatisasi. Pada penelitian ini nilai suhu dan pH ini tidak di kontrol sehingga mengikuti kondisi lingkungan disekitarnya. Pada saat aklimatisasi nilai phtidak

mengalami kenaikan atau penurunan yang signifikan. Untuk nilai rata-rata pH influent yaitu 7,9. Sedangkan untuk nilai rata-rata pH pada effluent reaktor 1 dan 2 berturut-turut yaitu 7,6 dan 7,5. Namun pada suhu terjadi penurunan dari influent ke effluent. Dari data diatas dapat diketahui bahwa rata-rata suhu influent pada saat aklimatisasi yaitu 29°C. Sedangkan rata-rata suhu pada effluent reaktor 1 dan 2 yaitu 27°C. Penurunan suhu ada air limbah kemungkinan dikarenakan sistem tray yang ada pada reaktor. Sehingga air limbah berkontak langsung dengan oksigen yang mengakibatkan turunnya suhu sebelum dan sesudah air limbah mengalami proses pengolahan.

Selain melakukan pengujian kemampuan reaktor dalam meremoval COD selama proses aklimatisasi untuk mengetahui apakah kondisi reaktor telah *steady state* atau dalam kondisi tunak. Hal yang diperhatikan selama proses aklimatisasi yaitu pembentukan lapisan biofilm pada media batu andesit sebagai media pertumbuhan terlekat pada *tray bioreactor*. Pembentukan lapisan biofilm pada permukaan batu andesit dilakukan dengan pengamatan visual secara langsung. Biofilm pada permukaan batu andesit mulai terlihat jelas pada operasional hari ke 18. Lapisan biofilm pada kedua reaktor dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 4 7 Lapisan Biofilm pada Reaktor 1



Gambar 4 8 Lapisan Biofilm pada Reaktor 2

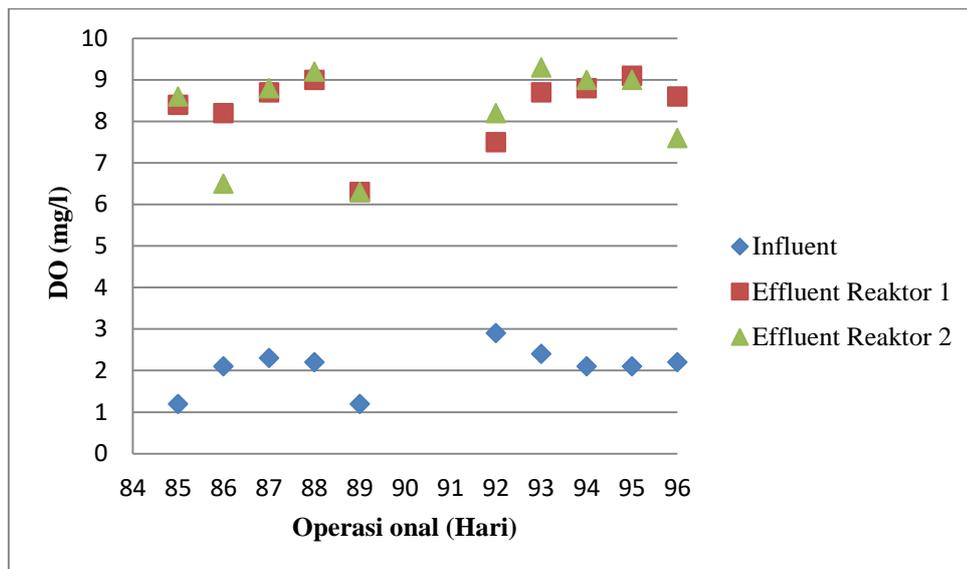
Pembentukan lapisan biofilm pada batu andesit di setiap reaktor dan kompartemen tidak merata. Terdapat batu yang memiliki lapisan biofilm yang tebal dan ada yang tidak tebal. Hal tersebut dikarenakan aliran dari air limbah yang tidak merata mengenai batu andesit. Sehingga hal tersebut berpengaruh terhadap proses pembentukan lapisan biofilm yang kurang merata.

4.3 Kualitas Air

Pada dasarnya kualitas air olahan dapat dilihat dari beberapa parameter pada air limbah. Dalam penelitian ini, kualitas air limbah yang diuji yaitu *Dissolved Oxygen* (DO), *Turbidity* (Kekeruhan), *Puissance d'Hydrogen* (pH) dan *Temperature* (Suhu). Pengecekan kualitas air ini hanya dilakukan pada saat reaktor telah dijalankan (*running*). Pengecekan kualitas air ini dilakukan selama 12 hari pada saat reaktor sudah di *running* dengan 10 kali pengujian pada saat *running*.

4.3.1 Dissolved Oxygen (DO)

Salah satu parameter yang menentukan kualitas air yaitu kandungan nilai DO dalam air. Nilai konsentrasi oksigen terlarut (DO) diukur menggunakan alat DO Meter. Data nilai DO dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar grafik dibawah ini.



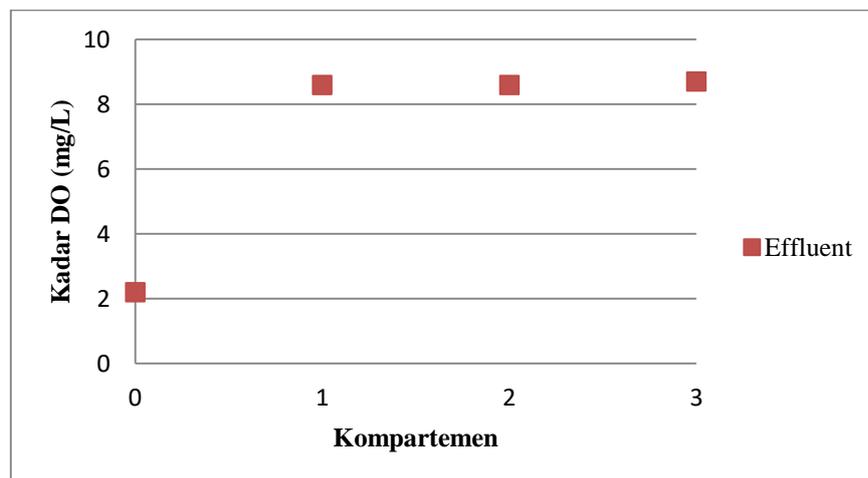
Gambar 4 9 Konsentrasi nilai DO Saat *Running*

Konsentrasi nilai DO atau oksigen terlarut pada air limbah setiap harinya berbeda beda. Hal tersebut dikarenakan setiap hari reaktor mengolah air limbah baru yang diambil setiap harinya di Effluent IPAL Komunal Mendirol. Nilai pada air influent reaktor berada pada kisaran 1,2 - 2,9 mg/l dengan rata-rata nilai DO yaitu 2,07 mg/l. Sedangkan nilai DO pada Effluent Reaktor 1 berkisar antara 6,3 - 9,1 mg/l dengan rata-rata nilai DO yaitu 8,33 mg/l, Sedangkan pada reaktor 2 berkisar antara 6,5 – 9,2 mg/l dengan nilai rata-rata DO yaitu 8,25 mg/l.

Dari gambar grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai DO mengalami penambahan konsentrasi dari influent ke effluent. Meningkatnya nilai DO air limbah setelah melewati reaktor salah satunya disebabkan oleh sistem *tray* pada reaktor. Adanya kontak udara terhadap air limbah menjadikan konsentrasi jumlah oksigen terlarut dalam air limbah menjadi bertambah. Hal tersebut tentu berdampak positif karena nilai DO meningkat setelah melalui proses pengolahan. Pengujian Konsentrasi DO juga dilakukan bukan hanya pada influent dan effluent reaktor, tetapi juga di influent dan effluent masing-masing reaktor.

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi konsentrasi DO dalam air limbah. Faktor-faktor tersebut diantaranya seperti suhu, kekeruhan dan SS. Dijelaskan oleh Komarawidjaja (2007) bahwa turunya DO pada air limbah dikarenakan kenaikan ion terlarut, suhu air, kekeruhan dan SS. Tentu saja

pernyataan itu bisa dibuktikan dalam penelitian ini, dimana semakin rendah DO air limbah maka kandungan TSS dan tingkat kekeruhan air limbah semakin tinggi. Sebaliknya jika kekeruhan dan kandungan TSS mengalami penurunan, maka DO akan mengalami peningkatan di dalam air limbah.



Gambar 4 10 Konsentrasi DO tiap Kompartemen Reaktor 1

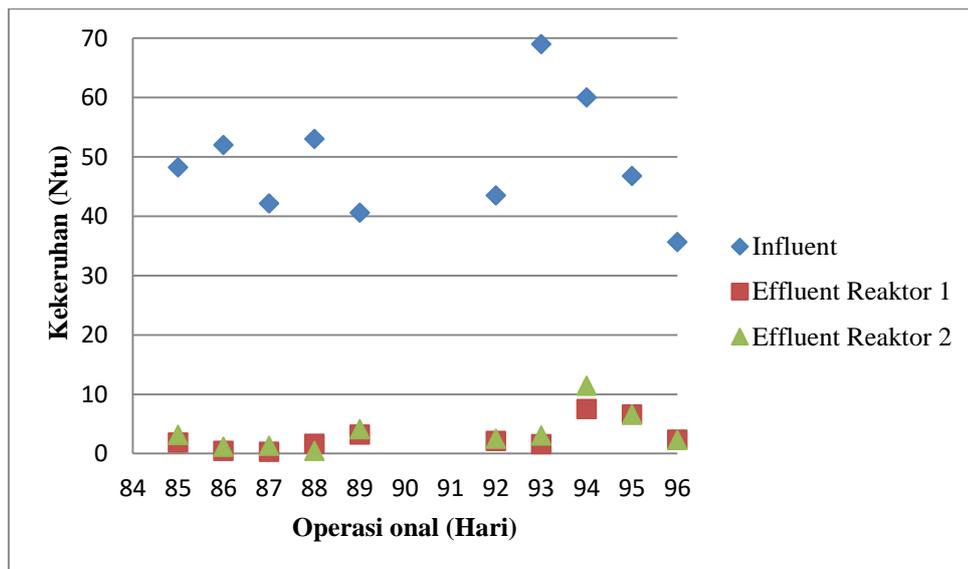
Pengujian Konsentrasi DO dilakukan tiap kompartemen, namun Kompartemen yang di uji merupakan kompartemen dari reaktor 1 yang berjumlah 3 kompartemen. Dari gambar grafik diatas dapat diketahui bahwa konsentrasi DO sudah mulai bertambah tinggi ketika melewati kompartemen 1. Dimana influent memiliki nilai DO 2,2 mg/l dan effluent pada kompartemen 1, 2 dan 3 secara berturut-turut bernilai 8,6 mg/l; 8,6 mg/l dan 8,7mg/l. Dapat dilihat dengan jelas terjadi peningkatan kadar oksigen terlarut dalam air limbah setelah melewati tiap kompartemen yang ada pada reaktor.

Dari hasil pengujian DO baik setiap influent dan effluent tiap reaktor maupun setiap kompartemen, dapat disimpulkan bahwa terjadi peningkatan jumlah oksigen terlarut dalam air limbah setelah melewati proses pengolahan pada *tray bioreactor*. Sehingga kualitas air akan bertambah baik setelah terjadi peningkatan konsentrasi nilai DO.

4.3.2 Turbidity (Kekeruhan)

Nilai kekeruhan atau turbiditas juga dapat dijadikan sebagai tolak ukur kualitas air. Semakin tinggi kekeruhan pada air tentunya menandakan bahwa

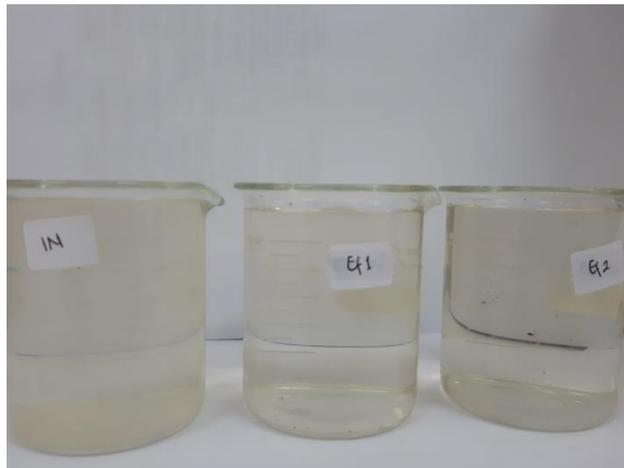
kualitas air tersebut tidak baik dan tidak cocok sebagai tempat hidup biota air ataupun untuk dimanfaatkan oleh makhluk hidup. Dalam melakukan pengujian nilai kekeruhan terhadap air limbah, dilakukan pengukuran menggunakan alat *turbidity meter*. Pengukuran nilai kekeruhan dilakukan selama 10 kali selama *running* dengan data seperti pada gambar grafik berikut ini.



Gambar 4 11 Konsentrasi Nilai Kekeruhan Saat *Running*

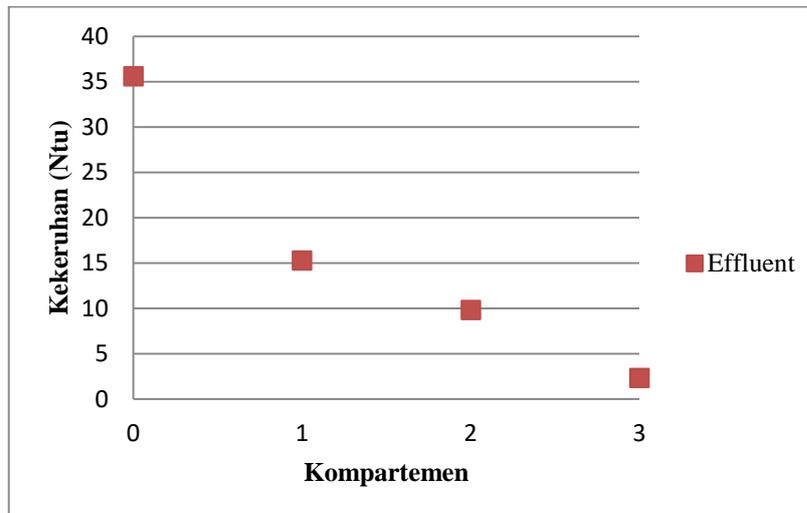
Dilihat pada gambar grafik diatas bahwa konsentrasi nilai kekeruhan dari influent ke effluent mengalami penurunan. Hal tersebut tentu saja menjadikan kualitas air sebelum dan setelah diolah menjadi meningkat jika dilihat dari nilai kekeruhan. Dapat dilihat bahwa konsentrasi kekeruhan pada air limbah influent berkisar antara 35,66 – 69 Ntu dengan rata-rata nilai kekeruhan di influent sebesar 49,09 Ntu. Sedangkan pada air effluent reaktor 1 dan 2 setelah melewati proses pengolahan pada *tray bioreactor* mengalami penurunan konsentrasi kekeruhan, yaitu pada reaktor 1 nilai kekeruhan berkisar antara 0,29 – 7,53 Ntu dengan rata-rata kekeruhan yaitu 2,76 Ntu. Sedangkan pada effluent reaktor 2 nilai kekeruhan berkisar antara 0,45 – 11,45 Ntu dengan rata-rata nilai kekeruhan sebesar 3,60 Ntu. Dilihat dari data tersebut dapat diketahui bahwa air limbah yang telah melewati proses pengolahan pada *tray bioreactor* mengalami peningkatan kualitas air berupa berkurangnya nilai kekeruhan pada air limbah yang telah diolah.

Pada dasarnya kekeruhan pada air salah satunya dapat dipicu oleh kandungan bahan atau padatan tersuspensi baik itu yang berasal dari organik ataupun berasal dari anorganik. Dalam penelitian ini diperoleh hasil bahwa semakin tinggi kandungan TSS maka semakin tinggi nilai kekeruhan. Apabila nilai TSS berkurang setelah melewati proses pengolahan, maka data nilai kekeruhan yang di hasilkan akan semakin rendah juga.



Gambar 4 12Perbedaan Kekeruhan pada Influent dan Effluent Air Limbah

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa air limbahyang belum diolah yaitu influent terlihat memiliki kekeruhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan air limbah yang telah melewati pengolahan pada reaktor. Air limbah yang telah diolah terlihat lebih jernih dibandingkan yang belum diolah.



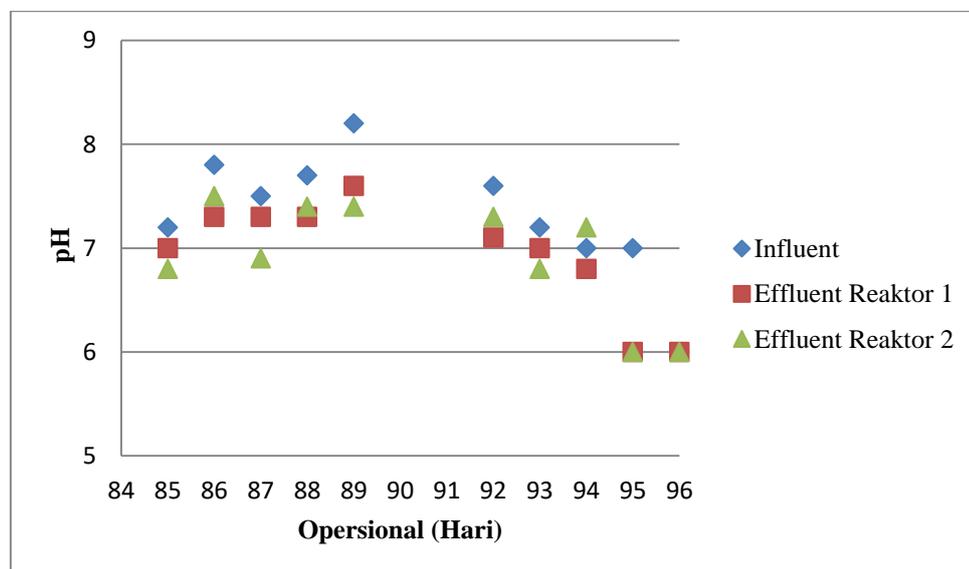
Gambar 4 13 Konsentrasi Kekeruhan tiap Kompartemen Reaktor 1

Pengecekan konsentrasi nilai kekeruhan dilakukan tiap kompartemen juga perlu dilakukan agar mengetahui performa atau kemampuan tiap kompartemen dalam mengurangi konsentrasi kekeruhan air limbah yang telah melalui proses pengolahan dalam reaktor. Dapat diketahui dari gambar grafik bahwa konsentrasi nilai kekeruhan mulai berkurang setelah melewati kompartemen 1 dan terus menerus berkurang. Dimana dapat diketahui bahwa influent air limbah yang belum melewati proses yaitu bernilai 35,6 Ntu. Sedangkan setelah melalui prse pengolahan pada kompartemen pada tiap kompartemen, nilai kekeruhan air limbah semakin menurun dimana effluent air limbah pada kompartemen 1, 2 dan 3 secara berturut-turut menjadi 15,28 Ntu; 9,8 Ntu dan 2,33 Ntu. Hal tersebut berarti penurunan nilai kekeruhan tiap kompartemen mengalami penambahan.

Tentu saja dengan menurunnya nilai kekeruhan pada air limbah setelah mengalami proses pengolahan akan meningkatkan kualitas air limbah dari segi nilai kekeruhan. Hal tersebut tentu akan berpengaruh nantinya terhadap biota air yang hidup di air ataupun berpengaruh terhadap makhluk hidup yang ikut memanfaatkan air tersebut.

4.3.3 Puissance d'Hydrogen (pH)

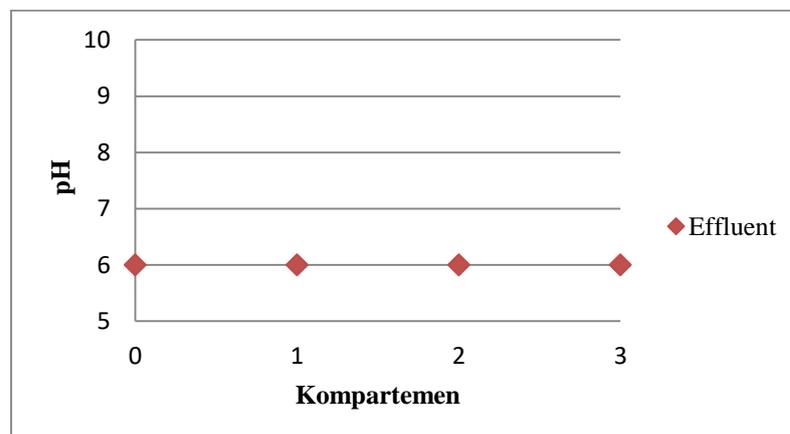
Nilai pH pada air perlu untuk diketahui, hal tersebut tentu saja dikarenakan karena pH sangat mempengaruhi kondisi dan kualitas dari air. Nilai pH yang baik berkisar antara 6-9. Nilai pH akan dapat mengidentifikasi sifat dari air limbah apakah memiliki sifat asam atau basa. Sifat asam apabila nilai pH dibawah 7 dan basa apabila nilai diatas 7. Pada pengecekan pH ini dilakukan menggunakan kertas indikator pH dan pH meter dengan pengujian selama 10 kali pada saat *running* reaktor. Konsentrasi nilai pH dapat dilihat pada gambar grafik berikut ini.



Gambar 4 14 Konsentrasi nilai pH Saat Running

Didapat dari gambar grafik diatas bahwa nilai pH pada air limbah influent berkisar antara 6-8,2. Sedangkan pada air limbah effluent yang telah melewati proses pengolahan nilai pH berkisar antara 6-7,6. Dari data diatas dipat diketahui bahwa *tray bioreactor* tidak dapat secara signifikan menaikkan ataupun menurunkan nilai pH. Namun nilai pH yang mengalami penurunan disebabkan oleh adanya tray dalam pengolahan air limbah ini. Sistem tray pada dasarnya dapat membuat nilai pH mendekati normal. Nilai pH juga dilakukan pengecekan pada setiap kompartemen pada setiap reaktor.

Didapatkan dari data diatas bahwa nilai pH pada air limbah mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak teraur. Hal tersebut tentu sangat mempengaruhi kualitas air yang dihasilkan baik itu ditinjau dari segi parameter COD, TSS, DO, Suhu dll. Dijelaskan oleh Komarawidjaja (2007) bahwa nilai pH yang stabil akan membantu proses pengolahan biologis secara optimal. Namun sebaliknya apabila nilai pH tidak stabil maka pengolahan biologis yang terjadi juga kurang maksimal. Jika dihubungkan dengan penjelasan diatas maka pada penelitian ini kenaikan dan penurunan konsenrasi COD ataupun TSS belum stabil. Hal tersebut berarti kenaikan dan penurunan pH yang menjadi salah satu faktor penyebabnya.



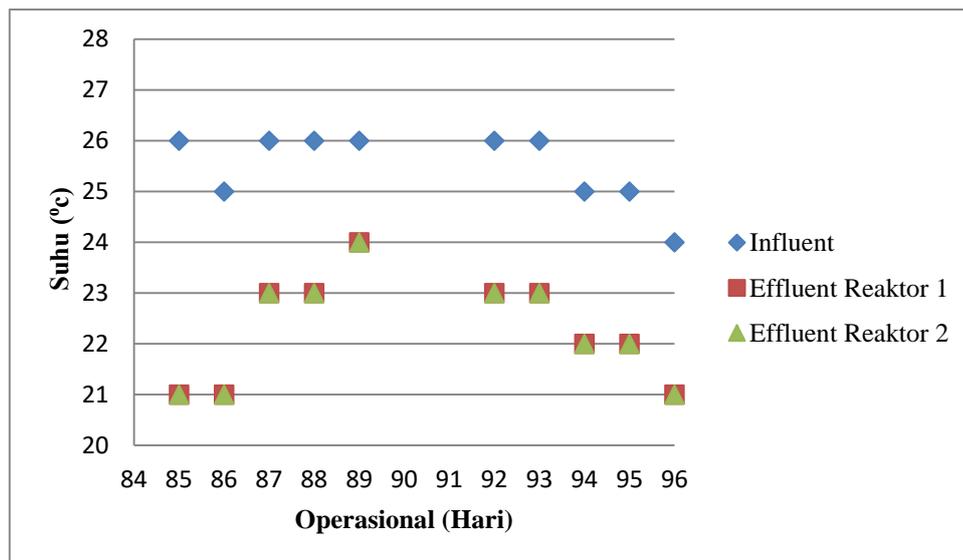
Gambar 4 15 Nilai pH pada tiap Kompartemen Reaktor 1

Dilihat dari gambar grafik bahwa tidak terdapat perubahan pH yang signifikan pada saat pengecekan pH tiap kompartemen. Nilai pH pada setiap kompartemen baik influent ataupun effluent pada saat pengecekan tidak mengalami kenaikan ataupun penurunan. Hal tersebut dapat berarti bahwa reaktor tersebut masih kurang mampu dalam menetralkan pH pada air limbah yang telah melewati proses pengolahan dari ketiga kompartemen.

4.3.4 *Temperature (Suhu)*

Suhu merupakan salah satu indikator yang menentukan kualitas air limbah. Diketahui bahwa suhu yang air limbah tentunya berbeda dengan suhu air bersih. Air limbah pada umumnya memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan air bersih. Suhu yang baik yaitu tidak terlalu panas dan tidak terlalu dingin,

agar biota air dapat bihup dan berkembang. Pengecekan suhu ini dilakukan selama 10 kali pada masa *running* dengan alat pengukur suhu yaitu *thermometer*. Adapun kualitas air berdasarkan nilai suhu air limbah sebelum dan sesudah melewati proses dalam reaktor dapat dilihat pada gambar grafik berikut ini.



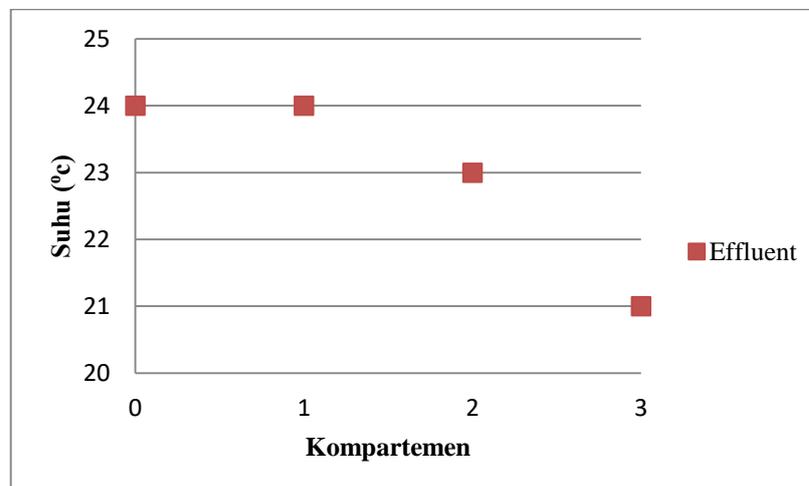
Gambar 4 16 Konsentrasi nilai Suhu saat *Running*

Nilai suhu pada air limbah influent dan effluent setiap harinya berbeda-beda. Hal tersebut dikarenakan dilakukan penggantian air limbah setiap harinya untuk diolah di reaktor. Dilihat dari data yang ada bahwa nilai suhu pada influent air limbah berkisar antara 24-26°C dengan nilai rata-rata suhu sebesar 25,5 °C. Sedangkan pada air limbah effluent baik reaktor 1 ataupun reaktor 2 yang telah melewati proses pengolahan pada reaktor, nilai suhu menunjukkan angka yang sama yaitu berkisar antara 21-24 °C dengan rata-rata nilai suhu yaitu 22,3 °C.

Jika dilihat dari data yang telah diperoleh, dapat diketahui bahwa *tray bioreactor* ini dapat menurunkan suhu air limbah namun tidak terjadi penurunan suhu yang signifikan. Hal tersebut tentu saja dikarenakan air limbah yang telah mengalami kontak dengan udara atau oksigen pada saat melewati sistem tray. Sistem tray memiliki kemampuan untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air. Sehingga air yang memiliki suhu tinggi tentu akan mengalami penurunan suhu apabila kadar oksigennya juga tinggi. Pengecekan suhu tiap

kompartemen juga dilakukan agar mengetahui performa tiap kompartemen terhadap suhu air limbah setelah melewati pengolahan.

Proses biodegradasi yang terjadi pada limbah cair akan berjalan dengan baik pada kisaran 30°C. Dimana dari penelitian ini diketahui bahwa pada saat proses running suhu influent cenderung lebih dingin. Sehingga performa *ray bioreactor* dalam penyisihan COD dan TSS tentu akan berpengaruh. Dimana pada suhu yang relatif lebih dingin, penyisihan COD ataupun TSS relatif kecil. Sehingga suhu dapat menjadi salah-satu faktor yang mempengaruhi proses biologis yang terjadi pada saat pengolahan limbah.



Gambar 4 17 Nilai Suhu tiap Kompartemen pada Reaktor 1

Setelah dilakukan pengecekan terhadap nilai suhu di setiap kompartemen yang ada pada reaktor 1 didapatkan hasil bahwa nilai suhu pada air limbah yang diolah mengalami penurunan setelah melewati setiap kompartemen pada *tray bioreactor*. Pada kompartemen 1 tidak terjadi adanya penurunan suhu, jadi suhu influent dan effluent memiliki nilai sama yaitu 24 °C. Pada kompartemen 2 terdapat penurunan suhu dari 24 °C menjadi 23 °C. Penurunan terbesar suhu terdapat pada kompartemen 3 yaitu dari 23 °C menjadi 21 °C. Sehingga dari influent awal sampai effluent pada kompartemen 3 terjadi penurunan suhu sebesar 3 °C. Dari adanya penurunan di tiap kompartemennya dapat disimpulkan bahwa penggunaan sistem *tray bioreactor* pada penelitian ini relatif dapat menurunkan suhu air limbah.

4.4 Performa Reaktor

Tujuan dari penelitian ini salah satunya adalah mengetahui performa atau kinerja dari *tray bioreactor* menggunakan batu andesit sebagai media penyangga dalam penyisihan COD dan TSS dalam air limbah yang berasal dari IPAL Komunal. Oleh sebab itulah perlu dilakukan pengujian atau pengecekan konsentrasi COD dan TSS baik sebelum ataupun setelah melewati proses pengolahan pada *tray bioreactor* dengan menggunakan batu andesit sebagai media pertumbuhan terlekat.

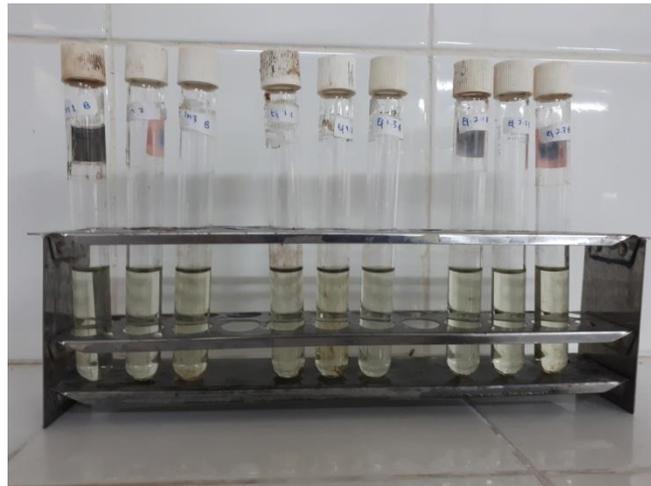
Pengecekan atau pengujian performa dari reaktor terhadap penyisihan COD dan TSS dilakukan setelah proses aklimatisasi. *Running* dilakukan setelah sebelumnya telah dilakukan aklimatisasi selama 84 hari. Sehingga *running* baru dimulai di hari ke 85 sampai hari ke 96. Pada saat *running* debit atau laju aliran air limbah yang digunakan yaitu sama dengan aklimatisasi yaitu sebesar 0,0000125 m³/menit. Itu berarti waktu tinggal atau waktu kontak air limbah pada media batu andesit di dalam reaktor yaitu 4 jam.

Selama proses *running*, reaktor dioperasikan selama 24 jam secara terus-menerus. Air limbah yang dipergunakan atau diolah setiap harinya oleh reaktor selalu diisi dan diganti dengan air limbah yang baru. Penggantian atau pengisian air limbah yang baru ke bak influent dilakukan setiap pagi hari sekitar pukul 07.00-08.00 WIB. Sampling untuk pengujian konsentrasi COD dan TSS baik di influent, effluent ataupun di tiap kompartemen dilakukan secara langsung setelah influent air limbah diisi dengan limbah baru. Hal tersebut bertujuan agar tidak ada faktor-faktor yang mengganggu proses sampling jika air limbah langsung diuji pada saat sampling dilakukan. Karena air limbah yang tidak fresh tentunya akan berpengaruh pada banyak faktor lain nantinya.

4.4.1 Performa Reaktor Terhadap Penyisihan COD

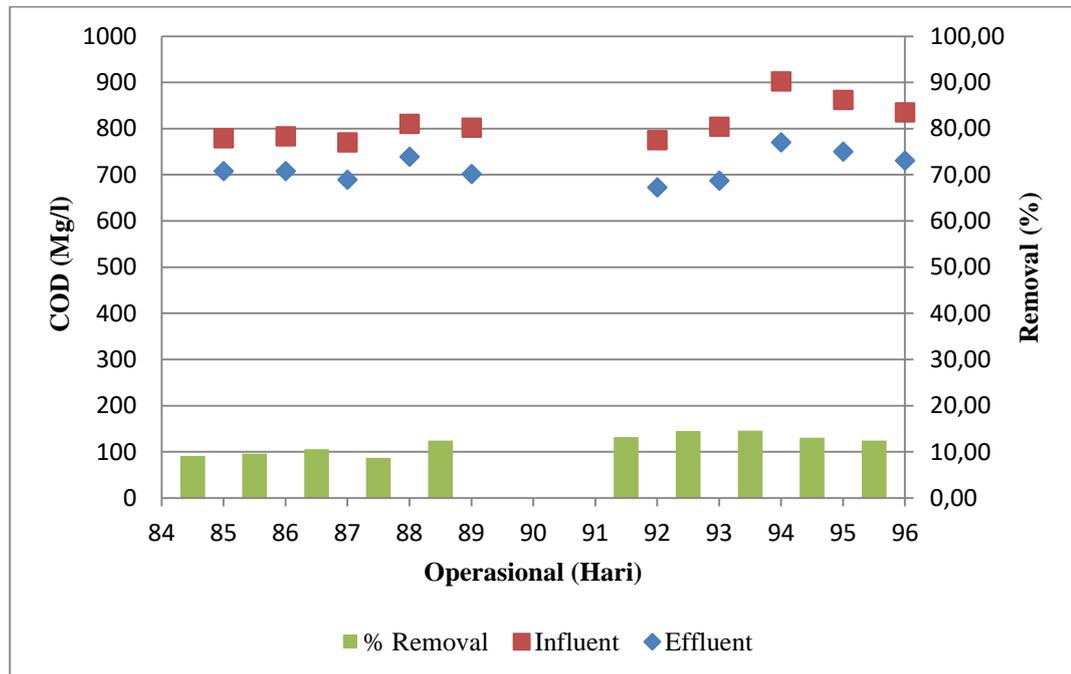
Telah dijelaskan sebelumnya *Chemical Oxygen Demand* (COD) yaitu jumlah oksigen kimiawi yang diperlukan dalam mendegradasi atau menguraikan bahan organik secara kimia yang berada didalam air. COD menjadi salah satu parameter kimia penting yang dapat dijadikan sebagai indikator penentu dari

kualitas air. Pengujian COD untuk mengetahui performa batu andesit yang dijadikan sebagai media penyangga untuk pertumbuhan terlekat dalam sistem *tray bioreactor* ini dilakukan selama *running* reaktor dilakukan. Waktu *running* reaktor yaitu dimulai setelah dilakukan aklimatisasi yaitu pada hari ke 85 sampai hari ke 96.

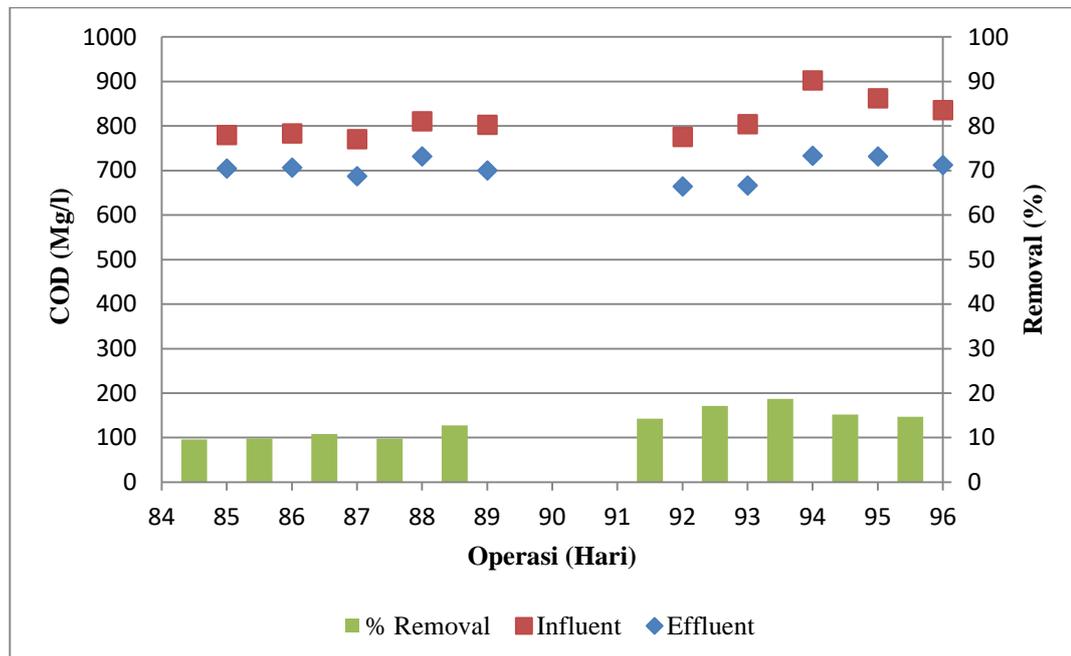


Gambar 4 18 Pengujian COD secara spektrofotometri dengan refluks tertutup

Gambar diatas merupakan pengujian COD yang dilakukan dengan metode spektrofotometri dengan menggunakan refluks tertutup. Dari pengecekan tersebut nantinya akan diketahui performa reaktor dalam penyisihan konsentrasi COD pada air limbah.



Gambar 4 19 Konsentrasi COD Reaktor 1 pada Saat *Running*



Gambar 4 20 Konsentrasi COD Reaktor 2 pada Saat *Running*

Dari gambar grafik diatas diketahui bahwa kandungan atau konsentrasi COD pada air limbah influent yang akan diolah memiliki konsentrasi yang berbeda-beda dikarenakan air limbah influent yang setiap harinya diganti dan

diambil dari air limbah effluent IPAL Mendiro, Sleman. Konsentrasi COD di Influent berada dikisaran antara 770–902 mg/l. Konsentrasi nilai COD terendah di Influent yaitu pada operasional ke 87 hari yaitu sebesar 770 mg/l dan tertinggi pada operasional ke 94 hari yaitu 902 mg/l. Namun konsentrasi COD di influent rata-ratanya sebesar 812,2 mg/l. Pada gambar juga dapat diketahui terjadi penurunan konsentrasi COD dari influent ke effluent baik itu pada reaktor 1 ataupun reaktor 2. Pada reaktor 1 konsentrasi COD berada pada kisaran 673-770 mg/l dengan rata-rata konsentasi COD pada effluent reaktor 1 yaitu 715,15 mg/l. sedangkan pada reaktor 2 konsentrasi COD berada pada kisaran 664-733 mg/l dengan rata-rata konsentrasi COD pad efluent Reaktor 2 yaitu yaitu 703,4 mg/l.

Terjadi penurunan konsentrasi COD dari air limbah pada influent dan effluent kedua reaktor setelah air limbah melewati proses pengolahan pada masing-masing reaktor. Turunnya konsentrasi COD pada air limbah inlet dan outlet ini disebabkan oleh adanya penguraian atau degradasi bahan-bahan organik yang ada di dalam air limbah. Penguraian yang terjadi pada air limbah yang telah melalaui proses pengolahan dikarenakan adanya kontak air limbah dengan batu andesit yang berperan sebagai media penyangga untuk pertumbuhan terlekat dalam sistem *tray bioreactor*. Adanya lapisan biofilm yang terbentuk pada batu andesit menandakan bahwa terdapat mikroorganisme yang melekat pada batu. Mikroorganisme yang berada pada biofilm dan melekat pada media batu andesit akan memecah atau mendegradasi kandungan-kandungan organik dalam air limbah.

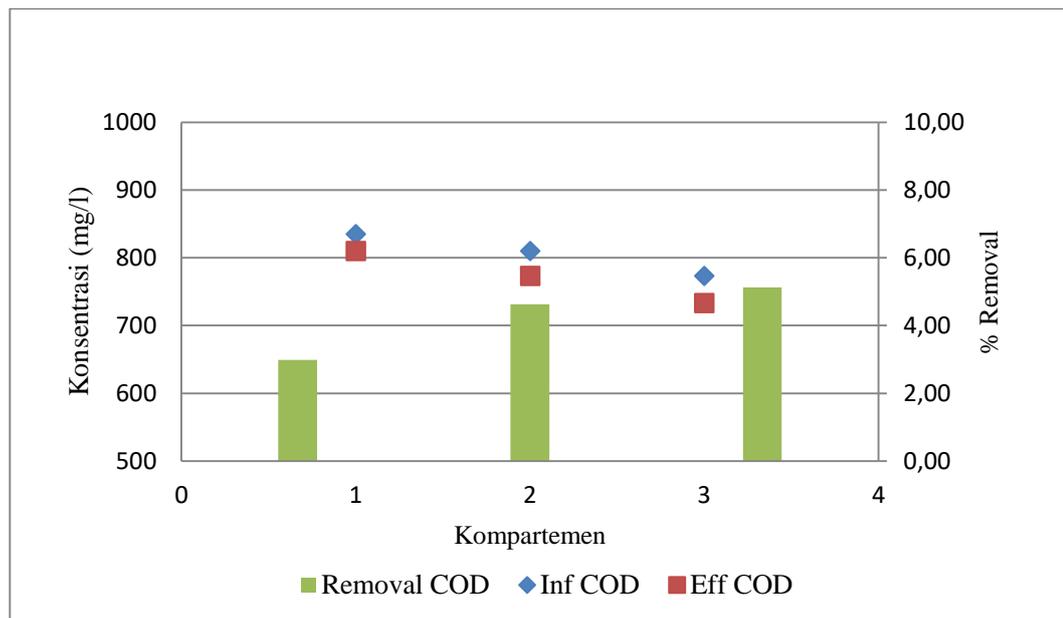
Dijelaskan oleh Ritman & McCarty (2001) pada dasarnya suatu pengolahan air dengan menggunakan media penyangga sebagai tempat pertumbuhan melekat atau biofilter baik itu dengan sistem aerob ataupun anaerob sebgaiian besar proses degradasi atau pemecahan senyawa atau bahan-bahan organik terjadi pada lapisan biofilm ada media yang mengalami kontak dengan air limbah. Oleh sebab itu dengan adanya lapisan biofilm pada permukaan batu andesit ini menyebabkan kemampuan media dalam penyisihan COD dengan sistem *tray bioreactor*. Saat konsentrasi COD pada influent dan effluent kedua reaktor sudah diketahui, maka dari data tersebut pula akan diketahui persentase

removal COD pada kedua reaktor. Persentase removal kedua reaktor dalam penyisihan COD dapat dilihat pada gambar grafik berikut ini.

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa reaktor 1 dapat meremoval konsentrasi COD mulai dari 8,74-14,56% dengan rata-rata kemampuan removal yaitu sebesar 11,82%. Sedangkan pada reaktor 2 memiliki kemampuan dalam meremoval COD yaitu mulai dari 9,63-18,72% dengan rata-rata kemampuan removal sebesar 13,23%. Dilihat dari gambar tersebut bahwa reaktor mengalami penurunan performa dalam meremoval kadar COD pada hari ke 95 dan 96 setelah konsentrasi influent COD yang dioah sudah mulai tinggi secara terus menerus, yaitu pada kadar diatas 800 mg/l.

Dari data tersebut dapat dikatakan kemampuan tertinggi *tray bioreactor* yang menggunakan batu andesit sebagai media penyangga untuk pertumbuhan terlekat yaitu sebesar 18,72%. Pada saat aklimatisasi penurunan konsentrasi COD pada reaktor dapat dilakukan hingga 39,46% namun pada saat running mengalami penurunan tingkat removal yaitu hanya mampu meremoval setinggi 18,72%. Penurunan terjadi diakibatkan rusaknya atau berkurangnya performa reaktor akibat penambahan gula yang terlalu berlebihan ke dalam influent air limbah yang akan dialirkan dalam reaktor.

Selain dilakukan pengecekan konsentrasi COD pada influent dan Effluent dilakukan pula pengujian konsentrasi COD pada setiap kompartemen yang ada pada reaktor. Pengujian tiap kompartemen ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan setiap kompartemen dalam meremoval konsentrasi COD setelah melewati proses pengolahan.



Gambar 4 21Konsentrasi COD Tiap Kompartemen pada Reaktor 1

Setelah dilakukan pengecekan konsentrasi COD pada setiap kompartemen didapatkan data seperti pada gambar. Konsentrasi COD pada influent kompartemen 1, 2 dan 3 secara berurutan yaitu sebesar 835 mg/l, 810 mg/l dan 773 mg/l. Sedangkan untuk konsentrasi air pada effluent kompartemen 1, 2 dan 3 secara berurutan yaitu sebesar 810 mg/l, 773 mg/l dan 733 mg/l. Dari data tersebut diketahui telah terjadi penurunan konsentrasi nilai COD dari influent sampai di effluent. Data tersebut juga menunjukkan terjadinya peningkatan removal di setiap reaktor. Adapun peningkatan removal dari kompartemen 1, 2 dan 3 yaitu secara berturut-turut sebesar 2,99%; 4,63% dan 5,12%. Dari gambar grafik tersebut diketahui bahwa peningkatan efisiensi persen removal tiap kompartemen dikarenakan semakin rendahnya konsentrasi COD pada influent yang diolah. Dapat disimpulkan dari data tersebut bahwa semakin rendah konsentrasi COD yang diolah, maka semakin tinggi pula kemampuan kompartemen untuk mengurangi konsentrasi COD.

Pada dasarnya pengelolaan air limbah yang dilakukan dengan biofilm memiliki prinsip kerja dimana senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam air limbah akan terdifusi atau terurai ke dalam lapisan biofilm yang terdapat dan melekat pada permukaan media, dalam hal ini media yang digunakan yaitu batu

andesit. Dijelaskan oleh (Purba, 2012) bahwa secara bersamaan oksigen terlarut dalam air limbah turut berperan dalam proses penguraian bahan-bahan atau senyawa organik pada air limbah, dimana senyawa tersebut diuraikan oleh mikroorganisme pada lapisan biofilm yang kemudian diubah menjadi biomassa. Oleh sebab itulah makin tinggi konsentrasi oksigen terlarut dalam air maka makin bagus pula kemampuan reaktor dalam meremoval COD dan makin bagus pula kualitas air apabila kadar oksigen terlarutnya tinggi.

4.4.2 Performa Reaktor Terhadap Penyisihan TSS

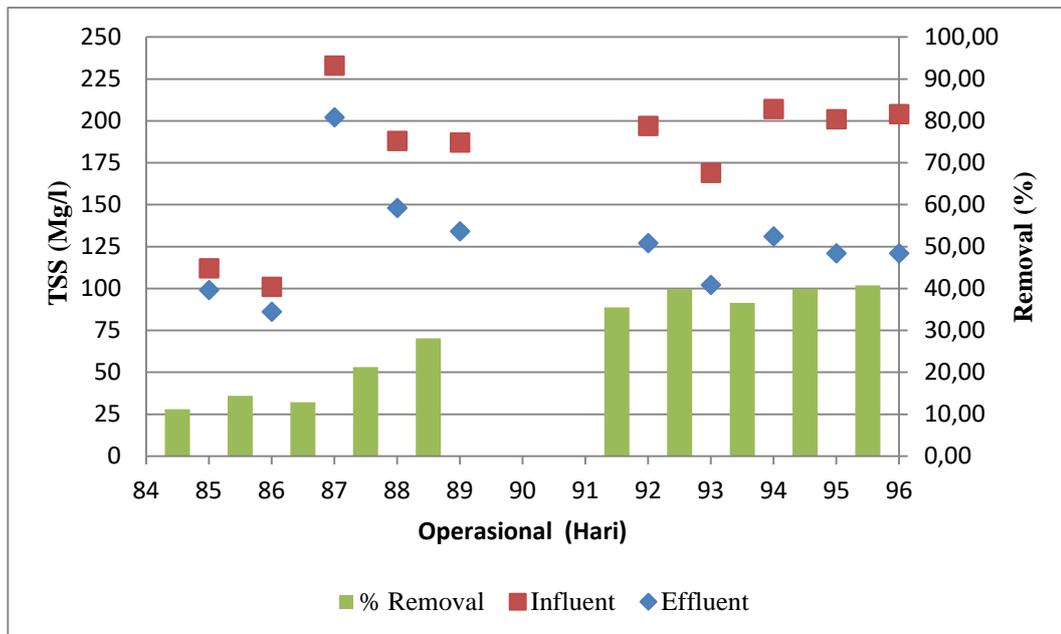
Selain melakukan pengecekan performa *tray bioreactor* untuk penyisihan COD pada saat *running*, parameter lain yang juga diuji untuk mengetahui performa reaktor dengan media penyangga batu andesit yaitu TSS. *Total Suspended Solid* atau biasa (TSS) yaitu jumlah padatan terlarut yang ada dalam air baik itu berupa dari komponen biotik ataupun komponen abiotik. Pengujian TSS juga dilakukan pada saat *running* yaitu pada operasional reaktor pada hari ke 85 sampai hari ke 96.



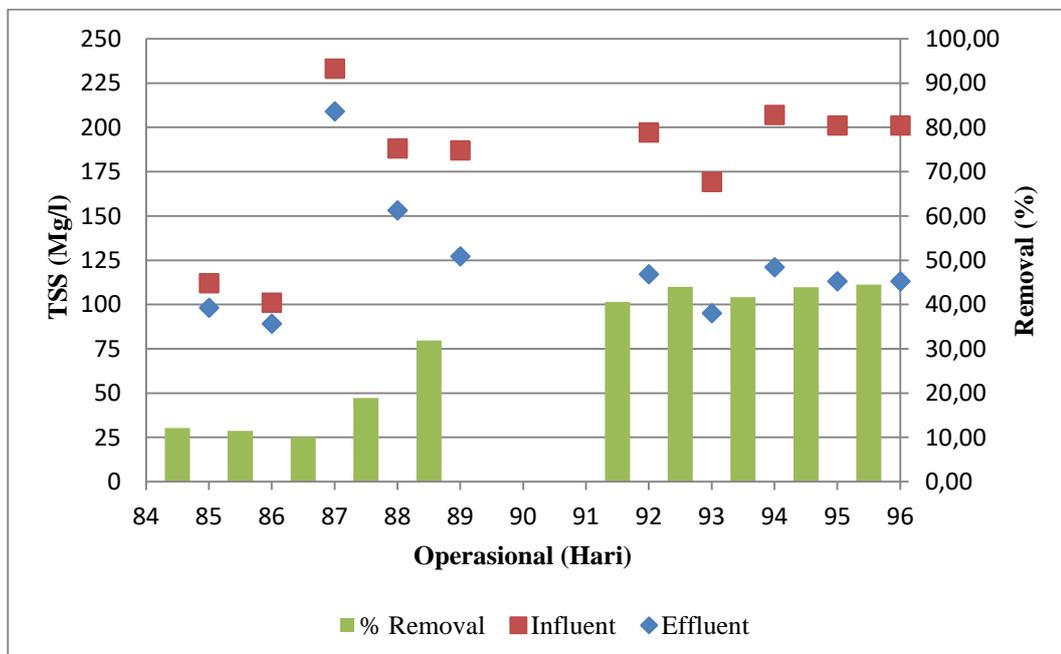
Gambar 4 22 TSS pada Kertas Saring dari Air Influent dan Effluent

Dapat dilihat dari gambar diatas bahwa konsentrasi TSS yang banyak tersaring oleh kertas saring terdapat pada influent air limbah yang belum diolah. Namun sebaliknya air limbah yang telah melewati proses pengolahan memiliki

kandungan TSS yang lebih sedikit. Pengurangan kandungan TSS pada air limbah tersebut bisa dilihat secara langsung pada air limbah yang sudah disaring dan dioven pada suhu 105°C seperti ada gambar.



Gambar 4 23 Konsentrasi TSS Reaktor 1 Saat *Running*



Gambar 4 24 Konsentrasi TSS Reaktor 2 Saat *Running*

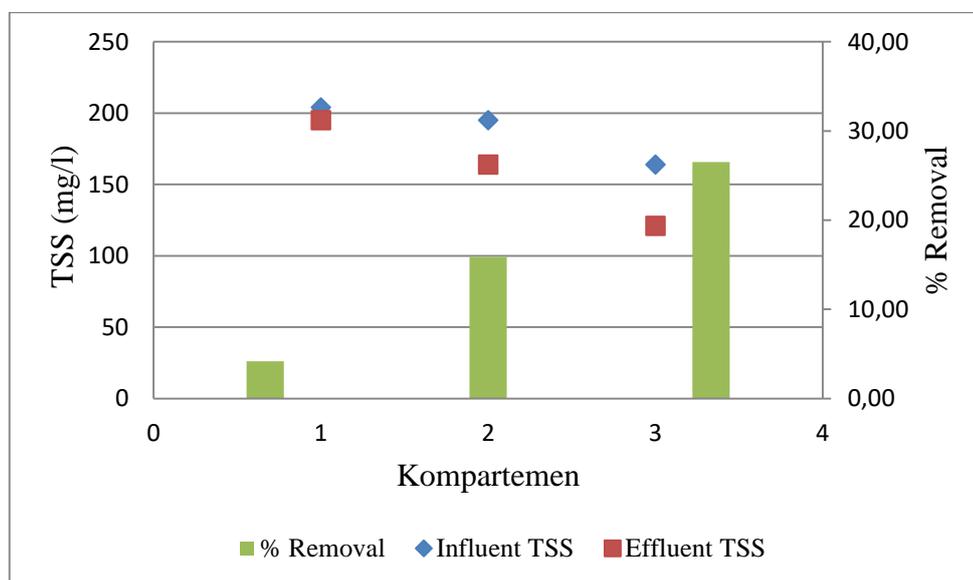
Dapat dilihat pada gambar grafik diatas bahwa konsentrasi nilai TSS tidak sama dan cenderung naik turun. Konsentrasi TSS yang berbeda-beda setiap harinya dikarenakan air limbah yang diisi dan diganti setiap harinya. Dari gambar tersebut diketahui bahwa konsentrasi TSS pada influent yaitu berkisar antara 101-233 mg/l dengan rata-rata konsentrasi TSS yaitu sebesar 179,9 mg/l. Dimana nilai konsentrasi TSS influent terendah yaitu pada operasional ke 86 dan tertinggi pada operasional hari ke 87. Pada gambar juga diketahui bahwa terjadi penurunan konsentrasi TSS setelah air mengalami proses pengolahan di Reaktor 1 dan 2. Adapun konsentrasi TSS pada effluent reaktor 1 yaitu berkisar antara 86-202 mg/l dengan rata-rata TSS sebesar 127,1 mg/l. Sedangkan pada reaktor 2, konsentrasi TSS pada effluent berkisar antara 89-209 mg/l dengan rata-rata konsentrasi TSS effluent yaitu sebesar 123,5 mg/l.

Dari data pada gambar diketahui bahwa telah terjadi penurunan konsentrasi TSS pada air limbah setelah melewati proses pengolahan pada reaktor 1 dan reaktor 2. Salah satu faktor yang menyebabkan turunnya konsentrasi nilai TSS pada influent dan effluent air limbah yaitu dikarenakan oleh faktor penggunaan bifilter yang sebagai sistem pengolahan air limbah yang diterapkan pada *tray bioreactor* dengan media penyangga berupa batu andesit. Dijeaskan juga oleh Zahra (2015) bahwa salah satu dari banyaknya faktor yang dapat mempengaruhi penyisihan TSS pada pengelolaan air limbah yaitu adanya filtrasi yang terdapat pada biofilter. Padatan terlarut yang ada pada air limbah terdegradasi atau diubah menjadi bentuk yang lebih sederhana lagi oleh biofilm yang terdapat pada batu andesit yang digunakan sebagai media pertumbuhan terlekat dalam sistem *tray bioreactor*.

Performa *tray bioreactor* dengan menggunakan batu andesit sebagai media pertumbuhan melekat mengalami kenaikan dapat digunakan sebagai alternatif penyisihan konsentrasi TSS. Jika dilihat dari gambar grafik persentase removal, diketahui jika reaktor memiliki kemampuan terendah dalam melakukan penyisihan TSS yaitu sebesar 10,11 % dan kemampuan tertinggi dalam meremoval TSS sebesar 44,47%. Peningkatan kemampuan *tray bioreactor* dalam penyisihan reaktor terus mengalami peningkatan mulai pada operasional di hari ke 88, namun

sempat mengalami penurunan pada operasional hari ke 94 dikarenakan konsentrasi TSS di influent yang lebih besar dibandingkan dengan 4 hari sebelumnya lalu erforma kembali meningkat pada hari ke 95.

Selain COD, pengecekan perkompartemen juga dilakukan untuk mengetahui konsentrasi dan persentase setiap kompartemen dalam penyisihan konsentrasi TSS pada air limbah yang melewati *tray bioreactor*. Hal tersebut perlu diketahui agar performa tiap kompartemen yang ada pada reaktor dapat diketahui efisiensi penyisihan TSS pada air limbah.



Gambar 4 25 Konsentrasi TSS tiap Kompartemen Reaktor 1

Setelah dilakukan pengecekan konsentrasi TSS pada setiap kompartemennya didapatkan data yaitu untuk nilai influent kompartemen 1, 2 dan 3 secara berturut yaitu 204 mg/l, 195 mg/l dan 164 mg/l. Sedangkan pada setiap effluent kompartemen 1, 2 dan 3 memiliki konsentrasi TSS berurutan yaitu sebesar 195 mg/l, 164 mg/l dan 121 mg/l. Dari data tersebut diketahui bahwa terjadi penurunan konsentrtrasi influent ke effluent pada setiap kompartemennya. Dari gambar grafik diatas juga diketahui terjadi peningkatan persentase removal pada setiap kompartemnya. Adapun persentase removal dari kompartemen 1, 2 dan 3 secara berturut yaitu sebesar 4,18%; 15,905 dan 26,52%. Dilihat dari persen removal setiap kompartemen, dapat disimpulkan bahwa dari kompartemen 1, 2 hingga 3 selalu mengalami peningkatan persen removal TSSnya. Jika dilihat dari

data diketahui bahwa peningkatan persentase removal TSS tiap kompartemen dikarenakan nilai konsentrasi TSS di influent kompartemen 1, 2 dan 3 yang mengalami penurunan. Sehingga makin kecil nilai konsentrasi TSS yang terkandung dalam air limbah yang diolah maka semakin besar pula kemampuan *tray bioreaktor* dalam menyisihkan TSS.

4.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Performa Reaktor

Dalam penelitian ini diketahui bahwa tingkat penurunan Kekeruhan, Suhu, Ph, COD dan TSS masih mengalami naik turun dan belum bisa stabil. Begitupun juga untuk DO atau oksigen terlarut belum terjadi penambahan yang stabil disetiap harinya. Tentunya hal-hal tersebut tentu saja dipengaruhi oleh beberapa faktor. Performa *tray bioreaktor* menjadi tidak konstan dikarenakan masih mengalami performa yang naik turun. Faktor-faktor yang diduga mempengaruhi performa atau kinerja *tray bioreaktor* yang menggunakan penyangga batu andesit sebagai media pertumbuhan terlekat diantaranya distribusi air, pompa, selang air dan penyebaran biofilm.

1. Distribusi Air Limbah

Distribusi air limbah yang dimaksud disini yaitu penyebaran air limbah ke setiap media batu andesit dalam reaktor yang kurang merata. Distribusi air limbah yang paling kurang merata terutama yaitu terdapat pada kompartemen 1 pada kedua reaktor. Air limbah hanya dapat disebarkan di daerah pertengahan kompartemen sehingga batu andesit yang mengalami kontak dengan aliran air limbah juga hanya pada bagian tengah kompartemen. Hal tersebut mengakibatkan batu andesit yang terdapat pada pinggir kompartemen kurang dialirin oleh air limbah sehingga lebih kering atau sedikit mengandung biofilm dibandingkan kompartemen 2 dan 3.

Penyebaran distribusi air limbah yang kurang merata disetiap kompartemennya inilah yang menjadi pemicu naik dan turunnya performa dari reaktor dalam penyisihan berbagai parameter terutama COD dan TSS. Distribusi air yang kurang merata inilah yang akan mempengaruhi

langsung pembentukan biofilm pada permukaan batu andesit. Karena pada dasarnya semakin sering air limbah mengalami kontak dengan batu andesit maka kemungkinan semakin tebal pula lapisan biofilm yang terbentuk pada permukaan batu andesit.

Pada penelitian ini digunakan benang wol dan wadah dari aluminium untuk pendistribusian air agar merata. Namun penggunaan benang wol dan wadah aluminium masih belum dapat mendistribusikan air dengan merata secara maksimal. Pada kompartemen pertama agar penyebaran air dapat merata solusi lain yang dapat diterapkan yaitu dengan penambahan alat dengan sistem kerja seperti sprinkler agar aliran air dapat tersebar merata pada bagian reaktor.

2. Pembentukan dan Penyebaran Biofilm

Pembentukan dan penyebaran biofilm yang ada pada permukaan batu andesit sebagai media penyangga pertumbuhan terlekat untuk *tray bioreactor* tidak terlepas dari distribusi air limbah di dalam reaktor. Setelah dilakukan pengamatan setiap harinya diketahui bahwa penyebaran dan pembentukan biofilm pada permukaan batu andesit tidak merata. Tidak semua permukaan batu andesit memiliki biofilm yang tebal. Batu andesit dalam reaktor ada yang memiliki lapisan biofilm yang tebal, sedang dan bahkan ada permukaan batu andesit yang seperti tidak terdapat lapisan biofilm apabila dilihat secara langsung.

Lapisan biofilm pada permukaan batu andesit yang tidak merata ini menjadi salah satu faktor naik dan turunnya performa reaktor yang tidak stabil. Seperti diketahui bahwa selain dikarenakan sistem biofilter dan tray, biofilm adalah faktor penting lain yang mempengaruhi penyisihan parameter air limbah yang telah melewati pengolahan dalam reaktor. Mikroorganisme yang terdapat pada biofilm yang membantu menguraikan atau mendegradasi senyawa atau bahan-bahan organik dalam air limbah. Itu berarti penyebaran biofilm yang kurang merata pada permukaan batu andesit juga mengakibatkan penyebaran mikroorganisme yang dapat mendegradasi air limbah kurang merata juga.

Agar pembentukan dan penyebaran biofilm dapat merata pada seluruh bagian permukaan batu andesit, tentu saja yang perlu diperhatikan harus meratanya aliran air limbah di dalam reaktor. Berarti hal tersebut berhubungan dengan peralatan pendukungnya seperti selang air, kompresor selang dan pompa yang berperan untuk mendistribusikan air limbah dalam reaktor. Oleh sebab itu pengecekan peralatan pendukung tersebut harus sering dilakukan dan dibersihkan apabila sudah mengalami penurunan performa.

3. Pompa Air Limbah

Pompa air disini merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi naik dan turunnya performa dari *tray bioreactor*. Pompa air menjadi permasalahan yang lebih sering terjadi dibandingkan faktor yang lainnya. Beberapa kali pompa mati dan tidak bisa mengalirkan air limbah pada saat proses aklimatisasi. Pompa mati ini diakibatkan oleh aliran listrik yang mati dan terkadang diakibatkan oleh pompa yang mengalami penyumbatan sehingga kurang bekerja maksimal dalam mengalirkan air limbah ke dalam reaktor.

Diakibatkan seringnya permasalahan yang terjadi pada pompa saat proses aklimatisasi inilah yang menyebabkan selama proses aklimatisasi didapat data yang kurang stabil. Pada saat aklimatisasi dilakukan, pompa mati sebanyak dua kali yaitu pada pengoperasian reaktor hari ke 11 dan 27 (3 Mei dan 19 Mei 2018) dikarenakan listrik yang mati. Hal tersebut menyebabkan air limbah tidak dapat mengalir ke dalam reaktor. Tentunya hal tersebut sangat berpengaruh pada proses pembentukan biofilm yang menjadi kurang stabil.

Pengecekan pompa air harus sering dilakukan agar performa reaktor tidak menurun. Karena apabila pompa mengalami permasalahan hal tersebut tentu mengakibatkan air limbah yang akan diolah tidak dapat mengalir dengan maksimal. Pompa yang digunakan juga hendaklah dapat diatur sesuai dengan debit limbah yang dialirkan agar semakin memudahkan dalam melakukan pengolahan air limbah.

4. Selang Air Limbah

Selang yang digunakan untuk mengalirkan air limbah juga sering mengalami masalah. Permasalahan yang sering terjadi pada selang yaitu kotorannya bagian dalam selang. Bagian dalam selang akan semakin ditumbuhi oleh lumut berwarna hijau atau terkadang terdapat endapan didalamnya. Sehingga mengakibatkan aliran air limbah atau debit air limbah terkadang suka berubah melambat.

Solusi yang dilakukan untuk mengatasi bagian dalam selang yang kotor yaitu melakukan penggantian selang air apabila dirasa selang air sudah kotor dan dirasa harus dilakukan penggantian. Penggantian selang air dilakukan dengan tujuan agar dapat mengalirkan air limbah kembali dengan baik dan sesuai debit yang diinginkan. Pada penelitian ini dilakukan penggantian selang sebanyak dua kali yaitu pada operasional hari ke 26 dan 71 (18 Mei dan 01 Juli 2018).

Setelah dilakukan pembersihan atau penggantian selang aliran air akan mengalir secara normal kembali. Oleh sebab itulah kondisi selang menjadi faktor yang dapat mempengaruhi performa dari *tray bioreactor* menggunakan batu andesit sebagai media penyangga. Karena selang yang kotor mengakibatkan sering terjadi penyumbatan pada aliran air yang tentunya hal tersebut dapat berpengaruh pada proses pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme yang ada dalam biofilm pada permukaan batu andesit. Sehingga nantinya penyebaran distribusi air ataupun biofilm menjadi kurang merata akibat aliran air yang tidak baik saat bagian dalam selang kotor dan mengalami penyumbatan.

5. Penambahan larutan gula (glukosa)

Penambahan larutan gula sebanyak 1 kg yang dilarutkan dalam air limbah pada saat waktu libur akademik menjadi salah satu penyebab turunnya performa dari *tray bioreactor*. Penambahan gula pada air limbah yang dialirkan kedalam reaktor dengan sistem resirkulasi memicu turunnya performa. Pada saat penambahan larutan gula pada air limbah maka terjadi yang disebut *shock loading rate*, dimana beban pengolahan

yang diolah dalam reaktor terlalu tinggi. Tentu saja hal tersebut mengakibatkan terpengaruhnya mikroorganisme yang ada berada pada biofilm untuk mendegradasi bahan organik dalam air limbah. Mikroorganisme mengalami penurunan kualitas atau bahkan kematian saat mengolah air limbah dengan beban yang terlalu besar. Oleh sebab itulah terjadi penurunan performa dalam penyisihan TSS dimana hanya dapat meremoval kurang dari 20%, yang sebelumnya mampu meremoval lebih dari 30%.

Namun untuk mengembalikan performa reaktor, dilakukan pembersihan reaktor dari endapan-endapan yang diduga berasal dari air limbah yang mengandung gula. Merendam kembali media dalam air limbah dan kemudian memasukkan kembali media dalam reaktor yang telah dibersihkan untuk kemudian dialirkan limbah secara normal kembali. Seharusnya jumlah larutan gula yang ditambahkan harus disesuaikan dengan kebutuhan.

Faktor-faktor diatas yang telah dijelaskan tentunya memiliki ketergantungan satu sama lainnya. Dimana apabila salah satu faktor tersebut mengalami gangguan atau kendala, tentunya akan berdampak pada yang lainnya. Terutama akan berdampak langsung kepada distribusi atau penyebaran air limbah dalam reaktor yang diolah serta pembentukan dan perkembangan biofilm ada permukaan batu andesit yang memiliki peran salah satunya untuk meremoval parameter-parameter pada air. Oleh sebab itu perlu untuk diperhatikan agar faktor-faktor yang mempengaruhi performa reaktor dapat dijaga dan diperhatikan dengan baik agar pengolahan air dapat berjalan secara maksimal.

4.6 Perbandingan Performa dengan Penelitian Terdahulu

Ada banyak penelitian yang telah dilakukan tentang penggunaan batuan sebagai media penyangga atau media pertumbuhan terlekat dalam pengolahan air limbah. Semakin banyaknya permasalahan yang muncul terkait air limbah, tentu saja penelitian mengenai cara mengatasi permasalahan air limbah tersebut juga akan semakin berkembang. Berikut akan dibandingkan penelitian ini dengan 2

penelitian sebelumnya yang juga menggunakan batuan sebagai media pertumbuhan terlekat untuk mengolah air limbah.

Penelitian yang dilakukan oleh Edwin, dkk (2014). Hasil dari penelitian ini yaitu kinerja *biosand filter* yang menggunakan media batu andesit sebagai bahan dasar untuk melakukan removal itu mampu untuk meremoval konsentrasi COD yang terdapat pada air tanah dangkal yang telah melewati pengolahan pada reaktornya. Tingkat efisiensi penyisihan COD pada reaktor ini yaitu mampu meremoval hingga 65% -70%.

Penelitian yang dilakukan ini sama-sama menggunakan media batu andesit sebagai bahan utama dalam reaktor untuk meremoval kandungan COD pada air. Namun pada penelitian yang dilakukan ini hanya mampu meremoval COD paling tinggi saat aklimatisasi yaitu 39,46% dan pada saat running hanya mampu sebesar 18,72%. Jika dibandingkan walaupun sama-sama menggunakan batu andesit pada kedua penelitian ini namun sistem reaktor dan air limbah yang digunakan berbeda. Pada penelitian ini menggunakan sistem tray bioreactor dengan air yang diolah yaitu air limbah, sedangkan pada penelitian yang dilakukan Edwin (2014) menggunakan sistem biosand filter dengan air yang diolah air tanah dangkal. Pada penelitian yang dilakukan Edwin (2014) air tanah yang diolah memiliki konsentrasi COD tidak lebih dari 200 mg/l. Sedangkan pada penelitian kali ini air limbah yang digunakan memiliki konsentrasi COD Diatas 200 mg/l.

Jika dibandingkan dengan penelitian Edwin (2014) kemampuan *tray bioreactor* dalam meremoval COD lebih kecil dibanding dengan *Biosand Filter*. Hal tersebut jika diperhatikan bisa dipengaruhi oleh beban pengolahan *tray bioreactor* ini lebih besar dibanding beban pengolahan yang diterima *biosand filter*. Oleh sebab itu kemampuan removal Batu andesit pada *tray bioreactor* lebih kecil dibanding kemampuan removal batu andesit pada *Biosand Filter*. Namun dapat disimpulkan dari kedua penelitian ini bahwa batu andesit dapat digunakan sebagai media pertumbuhan terlekat untuk teknologi pengolahan air.

Penelitian lainnya yang menggunakan batuan sebagai media biofilter pernah dilakukan oleh Zahra (2015). Pada penelitian yang dilakukan tersebut media yang digunakan yaitu kerikil dan batuan alam. Dimana pengolahan air

dilakukan dengan proses biofilter aerobik menggunakan aliran *down flow* dengan sistem *intermitten*. Pada penelitian ini kemampuan removal reaktor dalam penyisihan COD dan TSS secara berurutan yaitu sebesar 92,95% dan 95% dengan waktu tinggal yang digunakan yaitu 8 jam.

Perbedaan penelitian yang dilakukan Zahra (2015) dengan penelitian ini yaitu dari media batuan yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan media dari batu andesit. Selain itu sistem reaktor dan waktu tinggal limbah yang digunakan juga berbeda. Penelitian ini memiliki reaktor dengan sistem *tray bioreaktor* dengan waktu tinggal air limbah yaitu 4 jam. Dilihat dari segi removal *tray bioreaktor* pada penelitian ini mampu meremoval konsentrasi pada saat aklimatisasi dan running secara berturut-turut hingga 39,46% dan 18,72%. Sedangkan untuk TSS reaktor ini mampu meremoval hingga 44,47%. Dilihat dari kedua penelitian tersebut, maka bisa diambil kesimpulan yaitu perbedaan persentase removal air limbah pada reaktor dikarenakan sumber air limbah yang berbeda, media yang digunakan sebagai media pertumbuhan terlekat berbeda, sistem reaktor yang berbeda dan waktu tinggal yang juga berbeda.

Namun dapat ditarik kesimpulan dari penelitian ini, penelitian Edwin (2014) dan penelitian Zahra (2015) bahwa media batu dapat digunakan sebagai media untuk pertumbuhan terlekat. Dimana media batu diaplikasikan pada suatu sistem reaktor dengan fungsi dan tujuan sama yaitu mengolah air limbah.

4.7 Aplikasi Reaktor

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini yaitu *tray bioreaktor* dengan media batu andesit sebagai media pertumbuhan terlekat dibuat dengan konsep yang sederhana. Reaktor yang digunakan memiliki skala laboratorium dimana volume total satu reaktor hanya 3 liter. Satu reaktor terdiri dari 3 kompartemen dengan masing-masing kompartemen memiliki volume 1 liter. Reaktor yang dirancang ini hanya mampu mengolah air limbah sebanyak 18 liter sehari dengan waktu tinggal atau waktu kontak air limbah dengan batu andesit dalam reaktor yaitu 4 jam.

Pada penelitian ini didapatkan hasil jika *tray bioreactor* yang dirancang secara sederhana ini sudah mampu melakukan penyisihan konsentrasi terutanya COD dan TSS. Namun air limbah yang telah diolah dalam reaktor ini masih belum memenuhi baku mutu PermenLKH Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. Oleh sebab itu perlu dilakukan penyempurnaan teknologi ini apabila ingin diaplikasikan di lapangan atau kehidupan sehari-hari.

Ada beberapa hal yang harus diperbaiki dan dikembangkan apabila reaktor ini diaplikasikan ke lapangan atau kehidupan nyata agar semakin menunjang performa yang dimiliki oleh *tray bioreactor* ini. Hal-hal yang perlu diperhatikan atau dikembangkan meliputi beberapa hal berikut ini.

1. Letak *Tray Bioreactor* pada Unit Pengolahan

Tray bioreactor pada penelitian ini lebih cocok diletakkan pada post treatment atau pengolahan pada tahap paling akhir. Dimana sebelumnya air limbah telah melalui proses pengolahan sebelumnya pada unit pengolahan lain. Reaktor diletakkan pada *post treatment* dikarenakan, reaktor kurang cocok untuk dijadikan unit pengolahan utama. Reaktor ini kurang dapat mengolah air dengan konsentrasi atau beban pengolahan yang tinggi.

2. Debit dan Waktu Tinggal pada Saat Pengolahan

Untuk pengaplikasian *tray bioreactor* ini debit air limbah yang diolah harus disesuaikan dengan debit air limbah yang dihasilkan pada suatu daerah. Perencanaan jumlah debit yang diolah harus direncanakan dan dihitung sebaik mungkin. Selain itu waktu tinggal atau waktu kontak harus lebih lama apabila ingin diaplikasikan di lapangan. Waktu tinggal pada penelitian ini yaitu 4 jam namun masih belum maksimal dalam meremoval parameter air. Perlu adanya waktu tinggal yang lebih lama dikarenakan semakin lama waktu tinggal atau waktu kontak air limbah dengan mikroorganisme yang ada pada biofilm. Maka kemungkinan besar makin tinggi juga performa reaktor untuk removal.

3. Ukuran dan Jumlah Tray pada *Tray Bioreactor*.

Ukuran reaktor juga harus diperhatikan apabila ingin mengaplikasikannya di lapangan. Tentunya ukuran reaktor harus disesuaikan dengan banyaknya debit yang diolah serta waktu tinggal yang digunakan. Selain itu jumlah kompartemen atau jumlah tray juga harus diperhatikan. Pada penelitian ini didapatkan data semakin banyak tray yang digunakan maka performa reaktor akan semakin baik dalam meremoval parameter air. Dalam penelitian ini jumlah tray yaitu 3 namun masih belum dapat melakukan penyisihan hingga memenuhi baku mutu. Oleh sebab itu perlu adanya penambahan tray jika dirasa beban pengolahannya terlalu tinggi, jumlah tray bisa lebih dari 3 tray. Makin banyak jumlah tray maka performa dari reaktor juga akan semakin meningkat.

Hal-hal tersebut perlu untuk diperhatikan agar *tray bioreaktor* ini dapat diaplikasikan di lapangan. Adanya pengembangan teknologi agar sesuai dengan limbah yang diolah tentu saja akan menjadikan performa *tray bioreaktor* akan semakin baik dan bisa diaplikasikan di lapangan atau kehidupan nyata.