

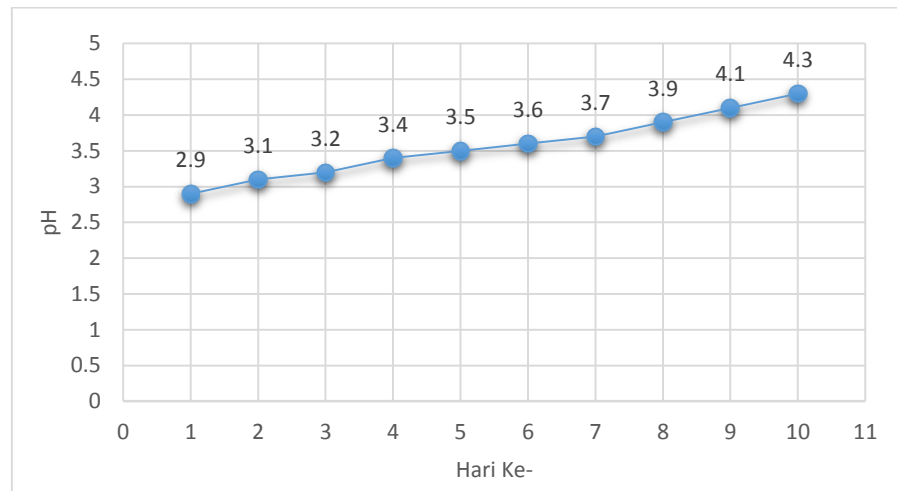
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN ANALISA DATA

4.1. *Seeding* dan Aklimatisasi

4.1.1. *Seeding*

Proses *seeding* dalam penelitian ini dilakukan dengan mengaktifkan mikroorganisme yang terdapat dalam *Effective Microorganisms* (EM4). Proses pengaktifan EM4 dilakukan selama 2-4 hari hingga mencapai pH>4, berbau glukosa, dan terbentuk lapisan putih/lendir (Munawaroh *et. al*, 2013). Pada penelitian ini dalam waktu 4 hari pH belum mencapai pH>4 sehingga proses pengaktifan EM4 dilanjutkan hingga pH mencapai 4,3 dalam waktu 10 hari. Selama proses pengaktifan tersebut dilakukan penambahan glukosa setiap 2 hari sekali sebagai nutrisi bagi mikroorganisme. Berdasarkan **Gambar 4.1** menunjukkan bahwa pH mengalami kenaikan dari hari ke-1 sebesar 2.9 hingga hari ke-10 sebesar 4.3. Peningkatan pH tersebut menunjukkan bahwa EM4 sudah aktif dan dapat digunakan untuk tahap selanjutnya (Munawaroh *et.al*, 2013). Meningkatnya nilai pH pada tahap *seeding* ini karena terjadinya proses fermentasi. Proses fermentasi yang terjadi yaitu pengaktifan bakteri asam laktat (*Lactobacillus sp.*) yang didalamnya terjadi proses glikolisis, karena pada tahap *seeding* dilakukan penambahan gula yang mengakibatkan pemecahan karbohidrat menjadi glukosa yang kemudian diubah menjadi asam laktat dengan bantuan enzim yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat. Hal tersebutlah yang mengakibatkan pH terus mengalami peningkatan menuju kisaran pH pertumbuhan bakteri asam laktat. (Ferdaus *et. al*, 2008)



Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.1 Peningkatan nilai pH pada proses *seeding* (pengaktifan) *Effectiveness Microorganism* (EM4)

4.1.2. Aklimatisasi

Pada penelitian ini proses *seeding* dan aklimatisasi dilakukan dalam satu reaktor yang sama dengan mencampurkan hasil *seeding* dengan air limbah batik kedalam reaktor yang telah terisi media filter *bioball* yang bertujuan untuk mengadaptasikan air limbah dengan *effectiveness microorganism* (EM4) sehingga terbentuk biofilm pada media filter *bioball*. Dalam proses aklimatisasi ini terlihat biofilm terbentuk pada hari ke-1 dan semakin menebal hingga hari ke-18. Hal ini menunjukkan bahwa terbentuknya biofilm pada media filter tersebut terjadi akibat adanya pertumbuhan dan perkembangbiakan bakteri/mikroba diatas suatu media pendukung yaitu *bioball* yang membentuk suatu lapisan lendir. Mekanisme proses yang terjadi adalah transportasi dan adsorpsi cairan substrat/mikroorganisme ke fasa biofilm, reaksi metabolisme sehingga terjadi mekanisme pertumbuhan, kestabilan dan kematian. (Indriyanti, 2003)



Gambar 4.2 Kemasan *Effective Microorganisms* (EM4)



Sumber : Dokumentasi,2018

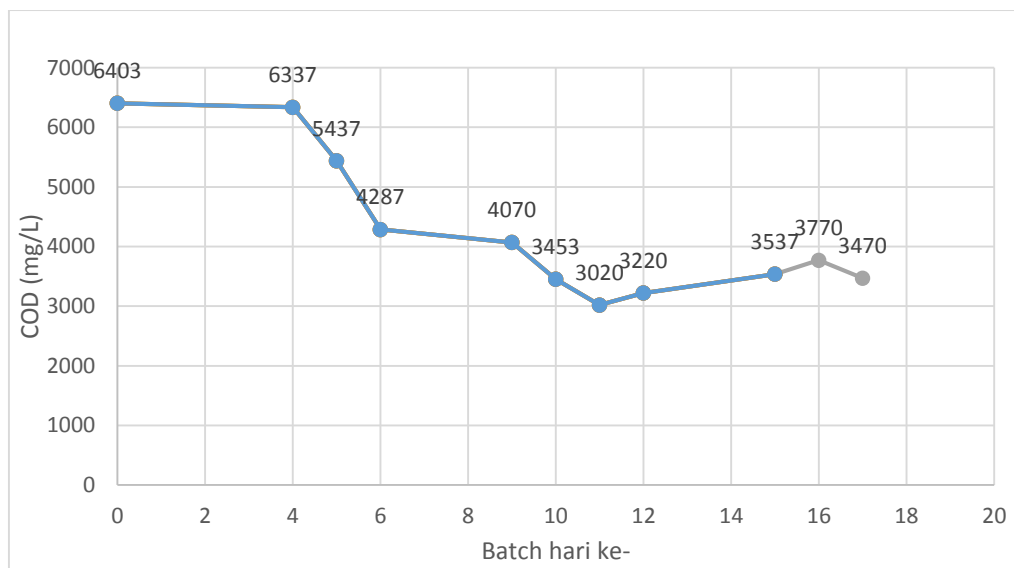
Gambar 4.3 Lapisan biofilm pada tahap *seeding*



Sumber : Dokumentasi,2018

Gambar 4.4 Lapisan biofilm pada tahap aklimatisasi

Untuk mengetahui kemampuan biofilm dalam pengolahan limbah, dalam penelitian ini dilakukan uji salah satu parameter pada tahap aklimatisasi. Parameter yang digunakan adalah parameter COD, pemilihan parameter COD karena COD merupakan indikator pencemar yang dapat menunjukkan banyak sedikitnya zat organik yang terkandung dalam limbah dengan waktu uji yang relatif cepat yaitu ± 3 jam. Selain itu nilai COD yang diukur digunakan sebagai indikator keberhasilan aklimatisasi sekaligus penanda bakteri sudah dalam kondisi *steady state*.

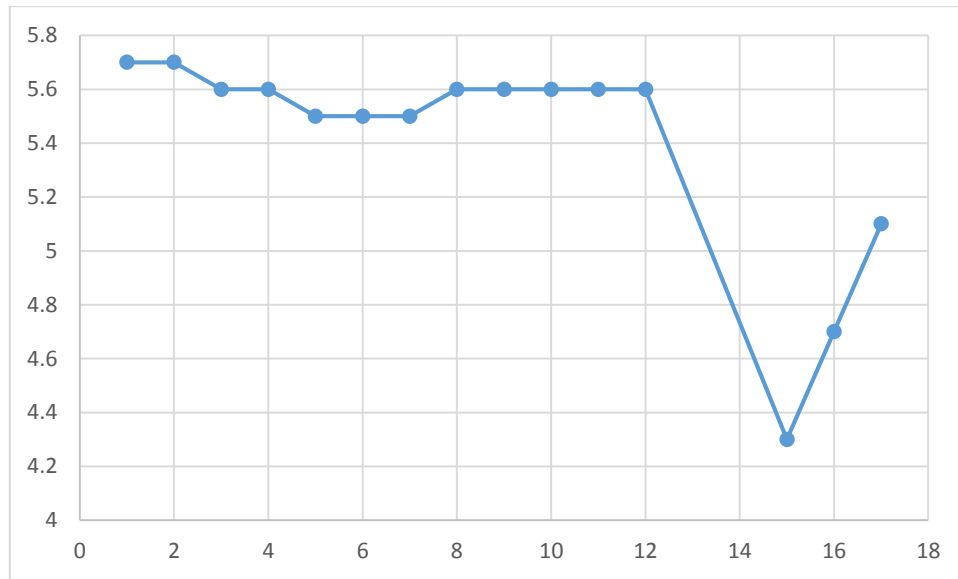


Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.5 Penurunan kadar COD pada tahap aklimatisasi

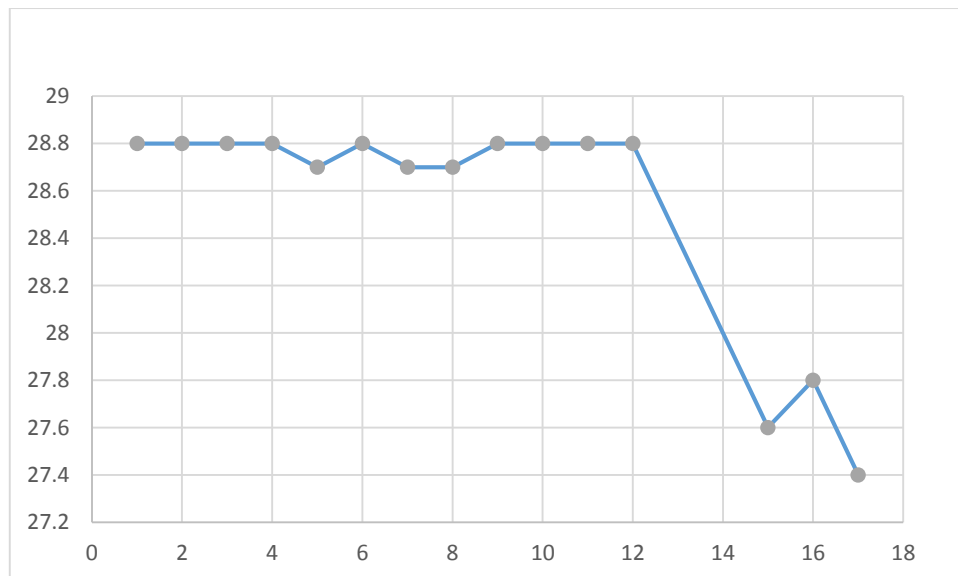
Dalam proses aklimatisasi terlihat penurunan COD terjadi pada hari ke-4, dimana COD awal sebesar 6403 mg/L dan pada hari ke-4 menjadi 6337 mg/L. Penurunan COD hanya sebesar 1% pada hari ke-4 tersebut disebabkan bakteri yang terdapat pada biofilm masih beradaptasi dengan limbah batik sehingga penurunan pada hari ke-4 tidak mengalami penurunan yang signifikan. Pada hari kelima terjadi penurunan COD pada tahap aklimatisasi sebesar 15% dan terus menurun hingga hari ke-17. Pada penelitian ini terlihat sejak hari ke-10 hingga hari ke-17 nilai COD relatif stabil pada kadar COD kisaran 3000 mg/L. Hari ke-10 hingga ke-17 tersebut dijadikan tanda

bahwa bakteri berada dalam keadaan *steady state* dan tidak mengalami fluktuasi lebih dari 10% sehingga dapat dilakukan tahap lanjutan. (Helard,2010)



Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.6 Nilai pH selama tahap aklimatisasi



Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.7 Temperatur pada tahap aklimatisasi

Pada masa aklimatisasi parameter yang diukur selain parameter COD adalah pH dan suhu. Dalam proses aklimatisasi diperlukan suatu kondisi lingkungan yang mendukung untuk tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme secara optimal. (Helard,2010) Selama masa aklimatisasi pH tidak berada pada kondisi optimal pertumbuhan mikroorganisme metanogenesis yaitu pH 6,4-7,4. (Pitriani.,2015) pH limbah selama proses aklimatisasi berada pada kisaran pH 4,3-5,7, dimana pH awal limbah batik sebelum dipindahkan kedalam reaktor memiliki pH 10,2. Penurunan pH tersebut menunjukkan pada tahap aklimatisasi terbentuk terjadi proses hidrolisis dan asidogenesis, reaksi ini terjadi pada kondisi substrat pada pH asam yaitu pH 4-5. Hal inilah yang menyebabkan pH lingkungan menjadi rendah (asam). Pada tahap hidrolisis dan asidogenesis tersebut terjadi penguraian bahan organik kompleks dan bahan organik terlarut diubah menjadi asam organik rantai pendek seperti asam butirat, asam propionat, asam amino, asam asetat, dan asam-asam lainnya oleh bakteri asidogenesis. Tahap aklimatisasi pada penelitian ini merupakan proses anaerob. Selama proses anaerob, berbagai kelompok mikroorganisme bekerjasama untuk mengubah bahan organik melalui reaksi berantai yang melibatkan tahapan hidrolisis, acidogenesis dan acetogenesis, serta metanogenesis. (Batstone *et. al*, 2002) Dengan kondisi pH yang asam tersebut sangat kecil kemungkinan akan tumbuh mikroorganisme metanogenesis hal ini dikarenakan untuk terbentuknya tahap metanogenesis diperlukan kondisi pada pH 6,4-7,4 atau pH netral. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada tahap aklimatisasi pada penelitian ini tidak terbentuk biogas yang dihasilkan oleh mikroorganisme metanogenesis.

pH dan suhu merupakan faktor lingkungan yang mendukung kehidupan pada mikroorganisme. Terlihat pada **Gambar 4.6** dan **Gambar 4.7** menunjukkan bahwa pH dan suhu saling berhubungan. Terlihat pada hari ke-15 pH dan suhu mengalami penurunan yang cukup terlihat pada grafik tersebut. Pada hari ke-15 menunjukkan pH menurun menjadi 4.3 dan meningkat lagi di hari ke-16 menjadi 4.7 dan suhu yang terukur pada hari ke-15 mengalami penurunan menjadi 27.6°C dan pada hari ke-16

sejalan dengan kenaikan pH suhu mengalami kenaikan menjadi 27.8°C. meskipun terjadinya fluktuasi suhu yang terukur pada air limbah berada pada suhu mesofilik yaitu pada kisaran 25-30°C. Adanya perubahan pH dan suhu dalam air limbah menunjukkan bahwa mikroorganisme sedang beradaptasi. Fluktuasi tersebut terjadi akibat asam-asam volatil yang terbentuk pada tahap asidogenesis dapat disangga oleh unsur alkali yang terdaapat pada air limbah. Alkalinitas yang terbentuk pada air limbah berasal dari CO₂ yang bersenyawa dengan air membentuk ion-ion hidrogen dan ion-ion bikarbonat (Utami *et. al*, 2015).

4.2. Karakteristik Awal Limbah Batik Sebelum Pengolahan (Influen)

Karakteristik yang terdapat didalam limbah cair batik dapat digolongkan dalam beberapa sifat yaitu sifat fisika, kimia dan biologi. Namun, untuk industri kecil batik hanya terdiri atas karakter fisika dan kimia. Parameter yang digunakan untuk menunjukkan karakter fisika dalam limbah cair batik adalah zat padat, suhu, warna dan bau. Sedangkan untuk parameter yang digunakan untuk menunjukkan parameter kimia adalah zat kimia organik dan anorganik. (Eskani *et. al.*, 2005) Hal ini sesuai dengan Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah yang menyatakan bahwa baku mutu air limbah untuk kegiatan industri batik terdiri dari beberapa parameter yaitu BOD₅, COD, TDS, TSS, Fenol, Cr, Amonia Total, Sulfida, Minyak dan Lemak Total, Suhu, pH dan Debit limbah paling banyak yang diperbolehkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan beban pencemar sebelum pengolahan dan setelah pengolahan menggunakan reaktor kombinasi anaerob dan aerob. Untuk mengetahui penurunan tersebut perlu diketahui karakteristik limbah cair sebelum adanya pengolahan. Berikut karakteristik awal limbah cair pada industri batik Kampung Batik Giriloyo Bantul dalam **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 Karakteristik limbah cair batik sebelum pengolahan

<i>Parameter</i>	<i>Hasil Analisa (mg/L)</i>	<i>Baku Mutu Perda DIY No 7 Tahun 2016 (mg/L)</i>
<i>BOD₅</i>	501,4	85
<i>COD</i>	3937	250
<i>TSS</i>	1462	60
<i>pH</i>	9,1	6,0-9,0
<i>Suhu</i>	27°C	± 3°C terhadap suhu udara
<i>Warna (PtCo)</i>	2180	-

Sumber: Hasil analisa

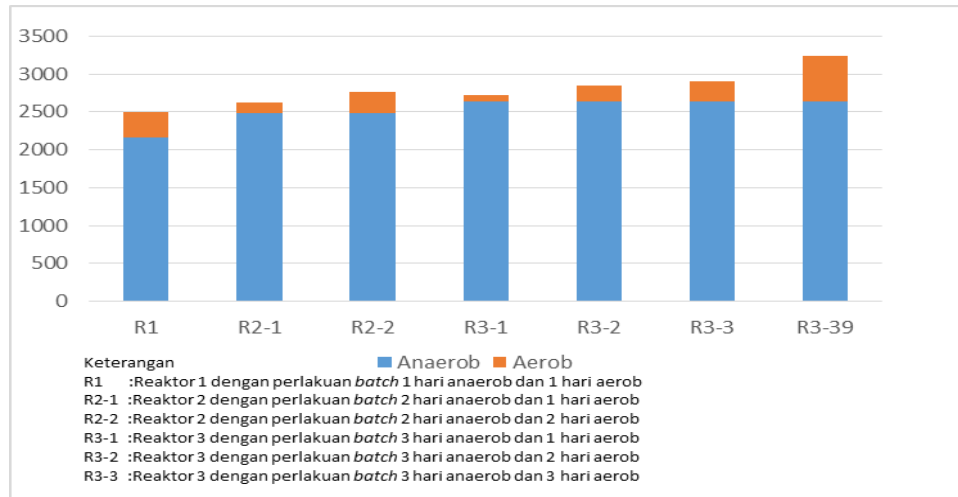
4.3. Analisis Parameter Kualitas Air Setelah Pengolahan (*Effluent*)

Pengolahan limbah yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk menurunkan ataupun menghilangkan senyawa-senyawa kimia atau senyawa organik yang berbahaya dan beracun pada air limbah. Pengolahan yang digunakan merupakan pengolahan biologis yang memanfaatkan suatu mikroorganisme untuk mendegradasi limbah yang mengandung zat pencemar. Jenis pengolahan limbah pada penelitian ini menggunakan cara anaerob dan aerob. Pengolahan anaerob-aerob berurutan merupakan alternatif pengolahan limbah yang efektif untuk meningkatkan kinerja pengolahan limbah dibandingkan jika hanya menggunakan salah satu tahap pengolahan secara konvensional (anaerob atau aerob) (Angelucci *et.al*, 2018). Prinsip proses pengolahan dengan cara mengkombinasikan proses anaerob dan aerob, dimana limbah yang diolah pertama kali melalui proses anaerob terlebih dahulu. Dalam proses anaerob, bahan organik yang terdapat dalam air limbah didegradasi oleh mikroorganisme menjadi biomassa, CH₄, dan CO₂ dalam keadaan tanpa oksigen. Setelah melalui proses anaerob, limbah diolah secara aerob dengan menambahkan supply oksigen ke dalam reaktor. Pada proses aerob terjadi proses dimana bahan organik dalam air limbah didegradasi oleh mikroorganisme dengan bantuan oksigen

(dapat dengan adanya bantuan aerasi) menjadi biomassa, CO₂ dan H₂O. Perubahan hasil degradasi air limbah tersebut tergantung dengan kondisi lingkungan pada saat proses pengolahan limbah berlangsung. Hasil analisis terhadap parameter kualitas air limbah batik dalam penelitian ini yaitu untuk mengetahui besar penurunan dan efisiensi dari limbah batik Kampung Batik Giriloyo ditinjau berdasarkan parameter COD, BOD, TSS dan warna dengan waktu tinggal 1, 2 dan 3 hari menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob.

4.3.1. Analisis Penurunan COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Pengujian kinerja dari reaktor kombinasi anaerob dan aerob dalam penelitian ini masalah satunya adalah parameter COD. Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) digunakan sebagai ukuran derajat pencemaran yang ditimbulkan oleh senyawa-senyawa yang sukar diuraikan oleh mikroorganisme. Di dalam air limbah terdapat jenis zat organik yang tahan terhadap oksidasi secara biologis, akan tetapi dapat diuraikan dengan pereaksi yang bersifat oksidator kuat dalam suasana asam seperti kalium bikromat atau permanganat. (Eskani *et. al*, 2005). Nilai COD dapat menunjukkan kandungan organik air yang mudah diuraikan maupun yang *non-biodegradable* (tidak mudah diuraikan). Berikut ini hasil pengukuran kinerja reaktor kombinasi anaerob dan aerob dalam menurunkan kadar COD.



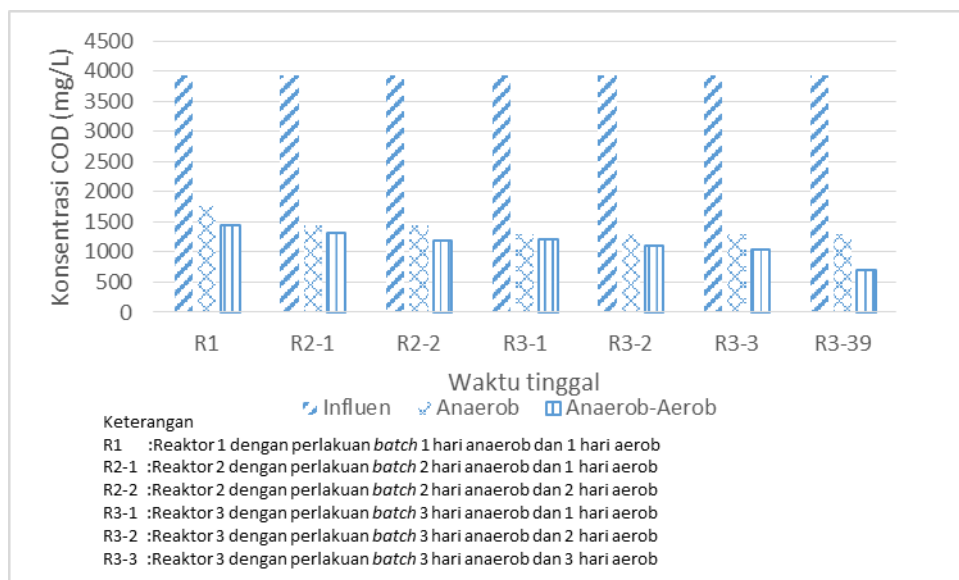
Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.8 Jumlah kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang disisihkan

Dari grafik **Gambar 4.8** terlihat besaran jumlah kadar COD yang dapat disisihkan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob. Secara keseluruhan menunjukkan hasil penurunan COD lebih didominasi oleh reaktor anaerob dibandingkan reaktor aerob. Penurunan menggunakan reaktor aerob tidak mengalami penurunan yang signifikan. Balapure *et. al* (2016) menjelaskan bahwa degradasi COD lebih besar terjadi pada fase anaerobik dibandingkan fase aerobik, pada fase anaerobik bahan organik yang sukar teruraikan didegradasi menjadi metabolit yang lebih sederhana dan metabolit yang bersifat toksik. Secara berturut-turut jumlah kadar COD yang disisihkan pada proses anaerob untuk batch 1 hari sebesar 2167 mg/L, anaerob batch 2 hari 2483 mg/L, dan anaerob batch 3 hari 2643 mg/L.

Balapure *et.al* (2016) juga menjelaskan bahwa pengolahan secara aerob juga dibutuhkan untuk menghilangkan senyawa toksik yang terbentuk pada proses anaerob (amina aromatik) menjadi metabolit non toksik. **Gambar 4.8** menunjukkan penggunaan reaktor aerob yang ditambahkan oksigen kedalam air limbah dengan waktu kontak selama 1 hari, 2 hari dan 3 hari untuk masing-masing reaktor anaerob batch 1, 2 dan 3 hari mengalami penyisihan, meskipun penyisihan tersebut tidak

signifikan dalam mendegradasi COD. Dari pengujian ini menunjukkan waktu tinggal dengan penambahan oksigen tidak mempengaruhi secara signifikan terhadap perubahan penurunan COD. Hal ini dibuktikan dalam penelitian ini dengan waktu kontak selama 39 hari terjadi penurunan hanya sebesar 596 mg/L. Rendahnya penurunan COD pada tahap aerob ini mengindikasikan bahwa beban organik yang dapat disisihkan oleh mikroorganisme yang bersifat aerob tidak mendegradasi bahan organik secara optimal.



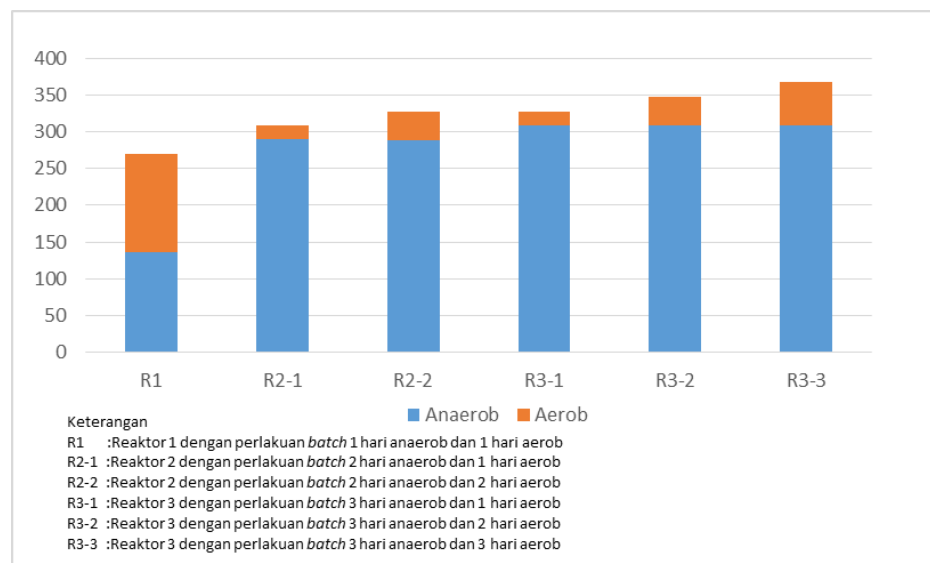
Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.9 Konsentrasi COD

Berdasarkan penelitian ini menunjukkan jika pengolahan yang di kombinasikan antara proses anaerob dan proses aerob akan menurunkan konsentrasi COD yang cukup tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan salah satu proses saja. Penurunan tersebut terlihat dengan adanya waktu tinggal semakin lama, maka penurunan yang terjadi akan semakin besar. Hal ini sesuai dengan Angelucci *et. al* (2018) yang melaporkan bahwa pengolahan anaerob-aerob berurutan dapat meningkatkan kinerja pengolahan dalam mendegradasi polutan organik dan yang bersifat toksik pada air limbah dengan waktu tinggal yang cukup.

4.3.2. Analisis Penurunan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Selain pengujian COD, dalam penelitian ini juga mengukur kemampuan reaktor kombinasi anaerob-aerob dalam menurunkan kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). Zat-zat organik dalam limbah cair tersusun dari unsur-unsur C,H,O dan sedikit unsur S, N yang berpotensi menyerap oksigen. Oksigen yang terdapat dalam air limbah digunakan untuk menguraikan/membongkar senyawa organik. Hal inilah yang menyebabkan oksigen dalam air limbah lama kelamaan berkurang dan meningkatkan nilai BOD dalam air limbah (Eskani *et. al*, 2005). Berikut ini hasil pengukuran kinerja reaktor kombinasi anaerob dan aerob dalam menurunkan kadar BOD.



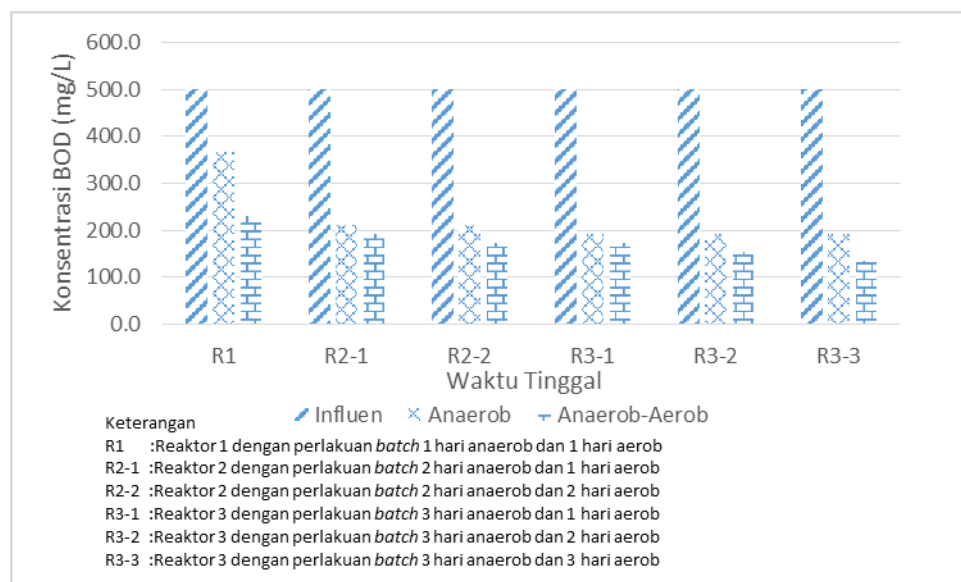
Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.10 Jumlah kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) yang disisihkan

Secara keseluruhan **Grafik 4.10** menunjukkan bahwa pengolahan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob dapat menyisihkan kadar BOD. Penurunan BOD pada batch 1 hari anaerob dan 1 hari aerob mengalami penurunan kadar BOD yang sama. Sedangkan untuk batch 2 hari anaerob dengan aerob 1, dan 2 hari serta batch 3 hari anaerob dengan aerob 1,2, dan 3 hari penurunan BOD didominasi oleh pengolahan

biologis secara anaerob. Terjadi penurunan pada pengolahan secara aerob, akan tetapi penurunan tidak signifikan jika dibandingkan dengan pengolahan anaerob.

Jika dikaitkan dengan COD, COD merupakan parameter air yang menunjukkan semua bahan organik yang mudah diuraikan dan yang sukar diuraikan dalam air limbah. BOD yang tersisihkan merupakan senyawa organik yang bersifat *biodegradable* (mudah teruraikan) oleh mikroorganisme. Oleh sebab itu, efisiensi penyisihan sangat dipengaruhi oleh rasio beban organik/pewarna dan beban mikroorganisme, suhu dan oksigen terlarut yang terdapat dalam air limbah tekstil. (Holkar *et. al.*, 2016) Penelitian ini menunjukkan bahwa hanya 1/8 bagian dari kandungan bahan organik yang terukur pada parameter COD yang dapat disisihkan oleh mikroorganisme.

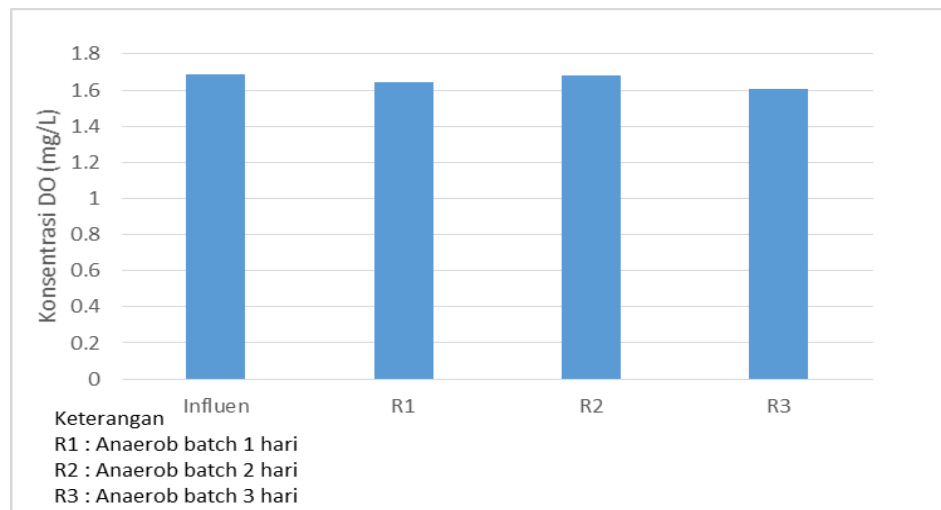


Sumber: Hasil analisa

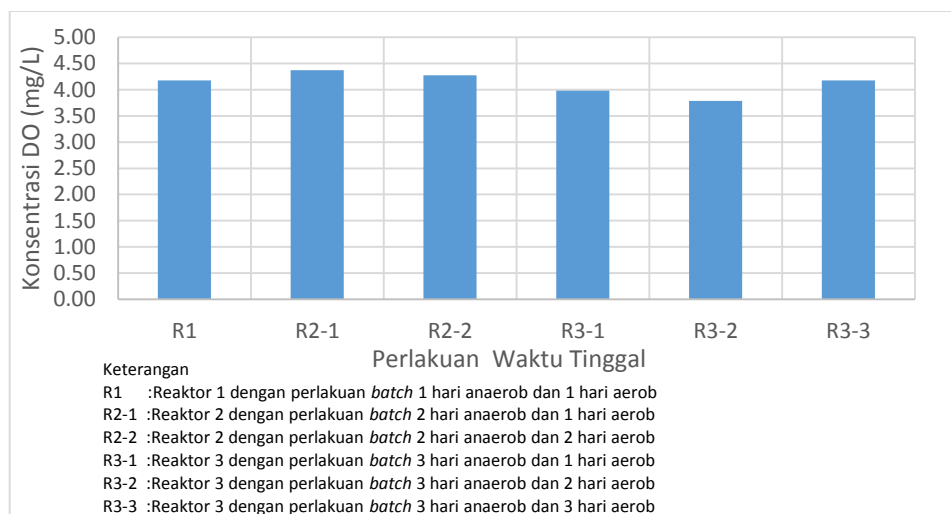
Gambar 4.11 Konsentrasi BOD

Berdasarkan penelitian ini menunjukkan juga bahwa ratio COD dan BOD akan mempengaruhi degradasi senyawa yang terkandung dalam limbah batik. **Gambar 4.11** menunjukkan bahwa penyisihan BOD sebanding dengan COD mengalami penurunan.

Penyisihan BOD lebih besar terjadi pada fase anaerobik dibandingkan fase aerobik. Akan tetapi, Holkar *et. al* (2016) menjelaskan bahwa pengolahan secara kombinasi anaerob-aerob sangat dibutuhkan dalam pengolahan air limbah tekstil, karena perbedaan ratio COD/BOD dalam limbah tekstil memiliki ratio COD lebih tinggi dibandingkan BOD.



Gambar 4.12 Kadar oksigen terlarut pada reaktor anaerob

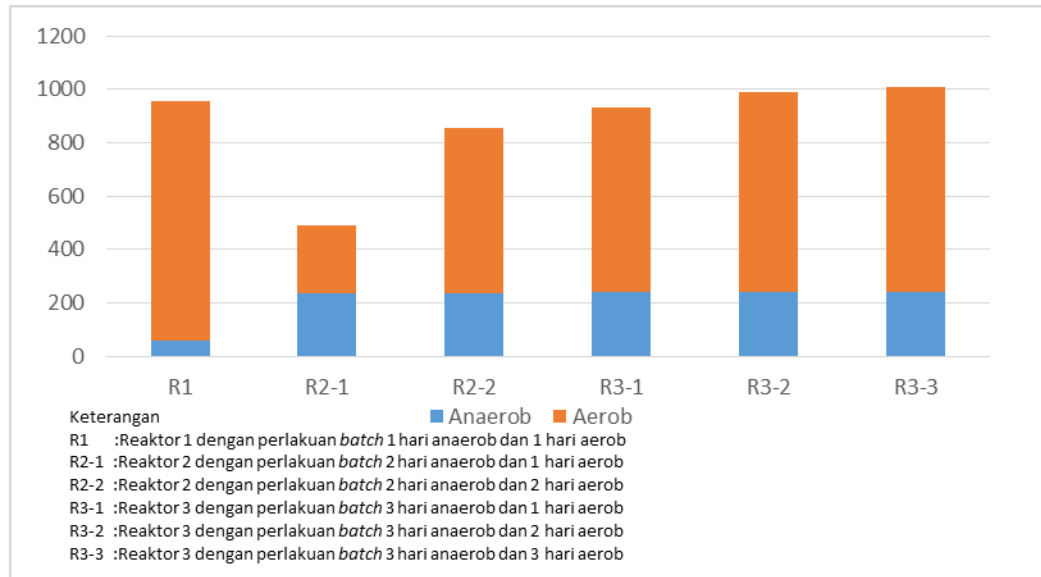


Gambar 4.13 Kadar oksigen terlarut pada pengolahan aerobik

DO (*Dissolved Oxygen*) merupakan oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh semua jasad hidup untuk pernapasan, proses metabolisme, atau pertukaran zat yang kemudian menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan pembiakan (Salmin,2005). Kehadiran oksigen dalam air limbah dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik. Berdasarkan **Gambar 4.13** menunjukkan kadar oksigen pada pengolahan secara anaerob dan aerob mengalami fluktuasi dan berada pada kisaran kadar oksigen < 2 mg/L untuk pengolahan anaerob dan kadar oksigen terlarut 3-4 mg/L untuk pengolahan aerob. Hal inilah yang menyebabkan proses oksidasi pada pengolahan aerobik dalam mengoksidasi bahan organik dan anorganik sangat lambat.

4.3.3. Analisis Penurunan TSS (*Total Suspended Solid*)

Sifat fisik perlu diperhatikan dalam pengolahan air limbah. Salah satu parameter kualitas air secara fisik adalah TSS (*Total Suspended Solid*). Padatan tersuspensi merupakan padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak terlarut, dan tidak dapat mengendap langsung. Industri tekstil menghasilkan air buangan yang mengandung jumlah padatan tersuspensi dalam jumlah yang relatif tinggi. Tingginya nilai TSS (padatan tersuspensi) akan mengurangi penetrasi sinar/cahaya ke dalam air sehingga mempengaruhi regenerasi O_2 secara fotosintesis (Fardiaz,1992). Berikut ini hasil pengukuran kinerja reaktor kombinasi anaerob dan aerob dalam menurunkan kadar TSS.



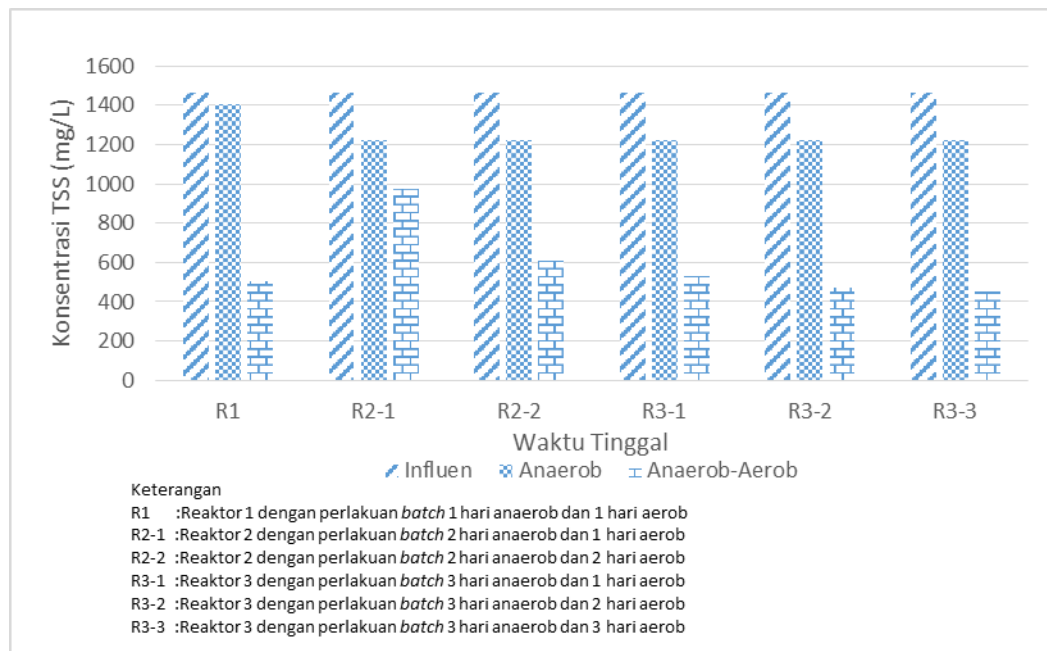
Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.14 Jumlah kadar TSS (*Total Suspended Solid*) yang disisihkan

Berdasarkan Grafik **Gambar 4.14** menunjukkan penurunan TSS didominasi oleh pengolahan secara aerob. Pada penelitian ini selama proses anaerob padatan tersuspensi dapat didegradasi dengan waktu tinggal selama 2 hari. Hal ini dibuktikan pada batch hari ke-1 penurunan hanya sebesar 56 mg/L sedangkan pada pengolahan anaerob penurunan TSS pada hari ke-2 jumlah kadar TSS yang disisihkan sebesar 238 mg/L. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penurunan TSS membutuhkan waktu tinggal yang lebih lama untuk menurunkan kadar TSS. Meskipun dalam pengolahan anaerob penurunan TSS tidak signifikan. Hal ini sesuai dengan Carballera *et. al* (2017) yang menjelaskan bahwa proses degradasi anaerobik sangat lambat dalam penghilangan padatan tersuspensi.

Pengolahan secara aerob menunjukkan penurunan kadar TSS yang cukup tinggi. Hal ini terlihat dari grafik bahwa dengan adanya aerasi pada pengolahan aerob meningkatkan terjadinya penurunan pada TSS. Chazarenc *et. al* (2009) melaporkan aerasi buatan dapat mengurangi akumulasi total padatan yang tidak diinginkan yaitu dengan melakukan penambahan transfer oksigen kedalam limbah. Pada anaerob 1 hari

dan aerob 1 hari terjadi penyisihan yang cukup besar yaitu sebesar 900 mg/L. Sedangkan pada batch anaerob 2 hari dan aerob 1 hari penurunan hanya sebesar 252 mg/L. Perbedaan ini dapat disebabkan karena supply oksigen pada aerator yang digunakan untuk R1 dan R2 berbeda. Dari penelitian menunjukkan dengan waktu tinggal 1 hari sudah dapat menurunkan kadar TSS yang cukup tinggi.



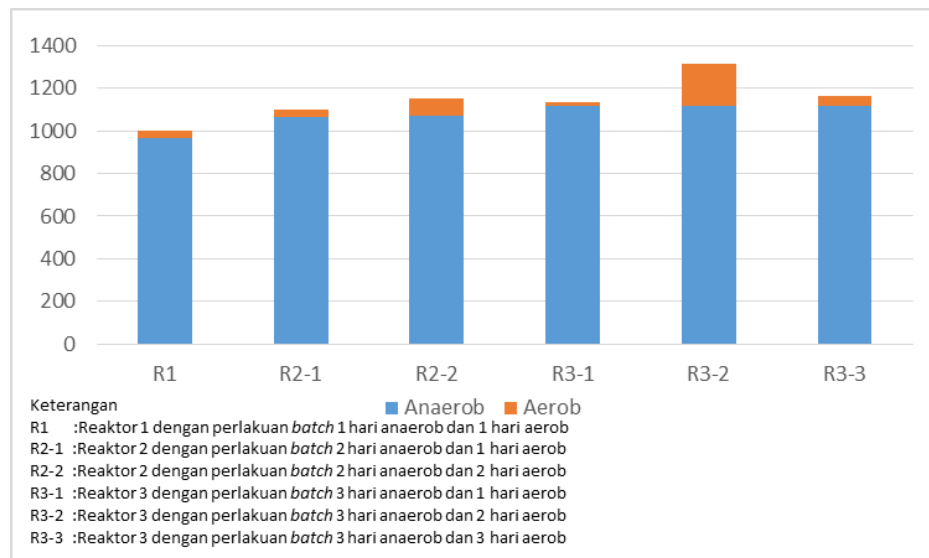
Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.15 Konsentrasi TSS

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan penggunaan kombinasi anaerob-aerob sangat diperlukan dalam mengolah air limbah tekstil. **Gambar 4.15** menunjukkan dengan adanya pengolahan secara anaerob-aerob berurutan akan meningkatkan efisiensi penurunan TSS. Kombinasi anaerob-aerob secara berurutan merupakan dua lingkungan reaksi yang dapat bekerja secara sinergis, dimana tahap aerobik menyelesaikan biodegradasi pada senyawa yang tidak teruraikan di tahap anaerobik. (Tomei *et. al*, 2016)

4.3.4. Analisis Penurunan Warna (PtCo)

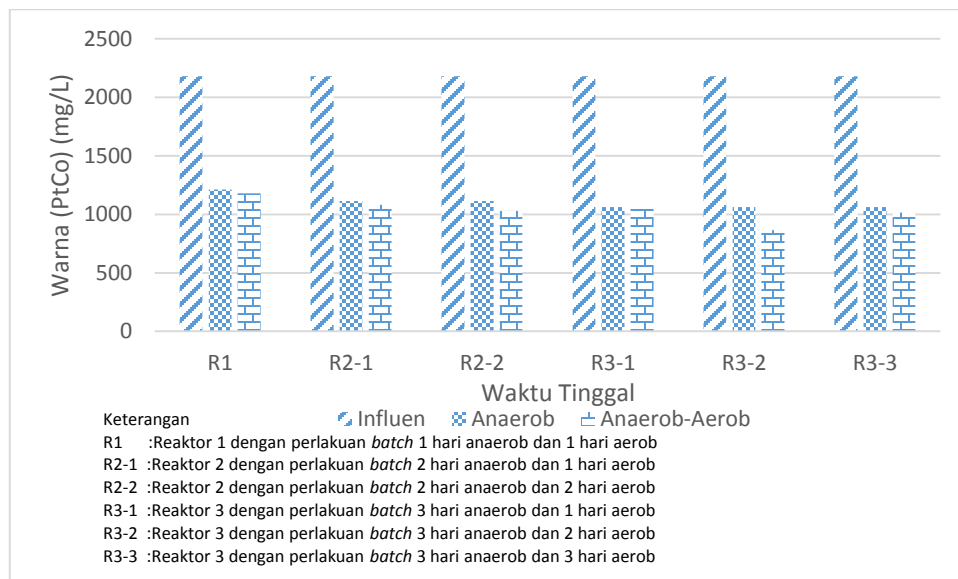
Warna merupakan parameter fisik yang dapat dilihat secara visual oleh mata manusia. Warna dalam air limbah timbul akibat adanya suatu bahan terlarut atau tersuspensi bahkan karena adanya zat pewarna yang terdapat dalam air limbah. Dalam industri tekstil penggunaan zat warna merupakan proses yang sangat penting. Zat warna yang digunakan pada industri batik Kampung Batik Giriloyo merupakan pewarna sintesis. Pewarna sintesis memiliki beberapa efek yang merugikan bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Hal ini disebabkan karena pewarna sintesis mengandung aromatik amina yang bersifat racun, karsinogenik dan mutagenik terlebih lagi jika dalam kondisi anaerob (Hakimelahi *et. al*, 2012). Selain itu senyawa aromatik merupakan senyawa yang sukar terurai (Ginting, 2007). Adanya zat warna dalam ekosistem air juga akan mengurangi fotosintesis karena menghambat penetrasi cahaya ke lapisan yang lebih dalam sehingga akan menurunkan kualitas air (Asad, S and Amoozegar b, 2006). Berikut ini hasil pengukuran kinerja reaktor kombinasi anaerob dan aerob dalam menurunkan kadar Warna (PtCo).



Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.16 Jumlah kadar Warna (PtCo) yang disisihkan

Berdasarkan **Gambar 4.16** menunjukkan bahwa pada R1, R2 dan R3 mengalami peningkatan penurunan jumlah kadar warna yang dapat disisihkan, akan tetapi penurunan dengan perbedaan waktu tinggal tersebut tidak mengalami penurunan yang cukup tinggi. Penurunan warna pada anaerob 1, 2 dan 3 hari secara berturut-turut sebesar 967 mg/L, 1067 mg/L dan 1117 mg/L. Sedangkan penurunan warna pada proses aerob dengan waktu tinggal 1 hari pada R1 mengalami penurunan sebesar 33 mg/L, R2 mengalami peningkatan penurunan pada waktu tinggal 1 dan 2 hari. Dan untuk R3 pada proses aerob hari ke-1 dan ke-2 mengalami peningkatan penurunan berturut-turut sebesar 17 mg/L dan 198 mg/L, pada hari ke-3 penurunan hanya sebesar 48 mg/L. Dengan adanya penambahan *supply* oksigen dengan waktu tinggal yang lebih lama dalam penelitian ini tidak menurunkan kadar warna secara signifikan. Hal ini sesuai dengan Tomei *et. al* (2016) yang menjelaskan bahwa degradasi warna sebagian besar dihapus selama fase anaerobik, dan terjadi penghapusan tambahan pada fase aerobik.



Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.17 Konsentrasi Warna (PtCo)

Berdasarkan **Gambar 4.17** menunjukkan pengolahan anaerob-aerob secara berurutan dapat menurunkan konsentrasi warna (Pt-Co) meskipun penurunannya tidak signifikan dalam menurunkan warna seperti pengolahan anaerob. Secara umum, proses biodegradasi pewarna dalam limbah tekstil oleh mikroba terjadi dalam 2 tahapan yaitu tahap yang pertama, melibatkan pembelahan reduktif obligasi dalam kondisi anaerobik dan menghasilkan pembentukan amina aromatik. Tahap kedua, mikroorganisme aerobik mengubah amina tersebut menjadi senyawa organik asam atau CO₂ dan H₂O (Tan *et. al*, 2000). Hal inilah yang menunjukkan bahwa kombinasi anaerob-aerob secara berurutan merupakan dua lingkungan yang bertindak sinergis dalam pengolahan air limbah batik.

4.4. Efisiensi Penyisihan Menggunakan Reaktor Kombinasi Anaerob-Aerob dengan Sistem Batch

4.4.1. Efisiensi Penyisihan COD (*Chemical Oxygen Demand*)

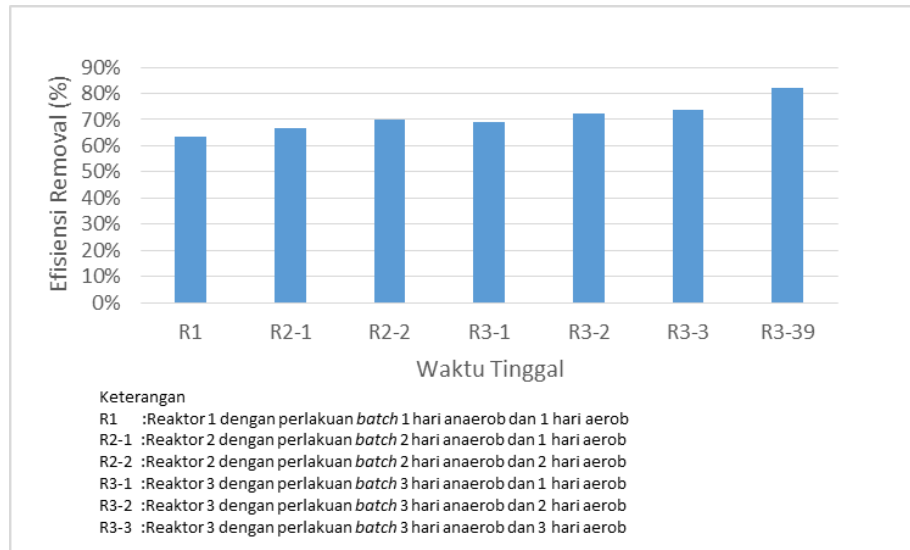
Tingkat penyisihan COD pada pengolahan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob dapat dihitung dengan melihat konsentrasi awal COD dan konsentrasi akhir COD. Efisiensi penyisihan (%) dihitung menggunakan rumus:

$$(\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan : C_{in} = Konsentrasi awal COD

 C_{out} = Konsentrasi akhir COD

Hasil dari efisiensi dapat dilihat dalam **Gambar 4.18** berikut.



Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.18 Efisiensi penyisihan COD

Berdasarkan **Gambar 4.18** efisiensi penyisihan COD menunjukkan peningkatan efisiensi penyisihan BOD pada masing-masing waktu tinggal. Nilai efisiensi penyisihan COD pada R1, R2-1, R2-3, R3-1, R3-2, R3-3, R3-39 berturut-turut yaitu 64%,67%,70%,69%,72%,74% dan 82%. Nilai efisiensi tersebut menunjukkan dengan waktu tinggal yang lebih lama pada reaktor terjadi peningkatan efisiensi penyisihan COD.

4.4.2. Efisiensi Penyisihan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

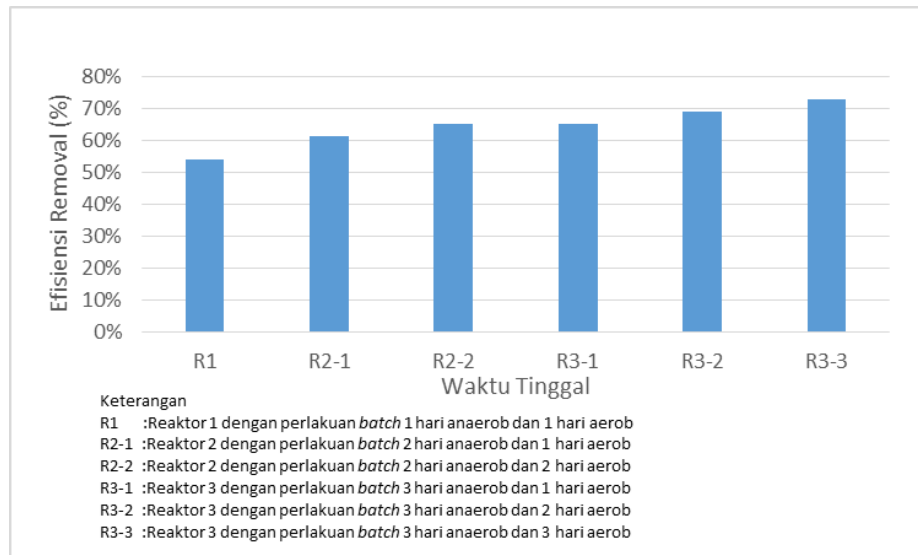
Tingkat penyisihan BOD pada pengolahan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob dapat dihitung dengan melihat konsentrasi awal BOD dan konsentrasi akhir BOD. Efisiensi penyisihan (%) dihitung menggunakan rumus:

$$(\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan : C_{in} = Konsentrasi awal BOD

C_{out} = Konsentrasi akhir BOD

Hasil dari efisiensi dapat dilihat dalam **Gambar 4.19** berikut.



Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.19 Efisiensi penyisihan BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Berdasarkan **Gambar 4.19** menunjukkan bahwa dengan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob diperoleh efisiensi penyisihan BOD pada waktu tinggal yang berbeda-beda dapat menghasilkan efisiensi R1, R2-1, R2-2, R3-1, R3-2, R3-3 berturut-turut sebesar 54%, 62%, 65%, 65%, 69%, dan 73%. Nilai efisiensi tersebut menunjukkan dengan waktu tinggal yang lebih lama pada reaktor tersebut menyebabkan peningkatan efisiensi penyisihan BOD.

4.4.3. Efisiensi Penyisihan TSS (*Total Suspended Solid*)

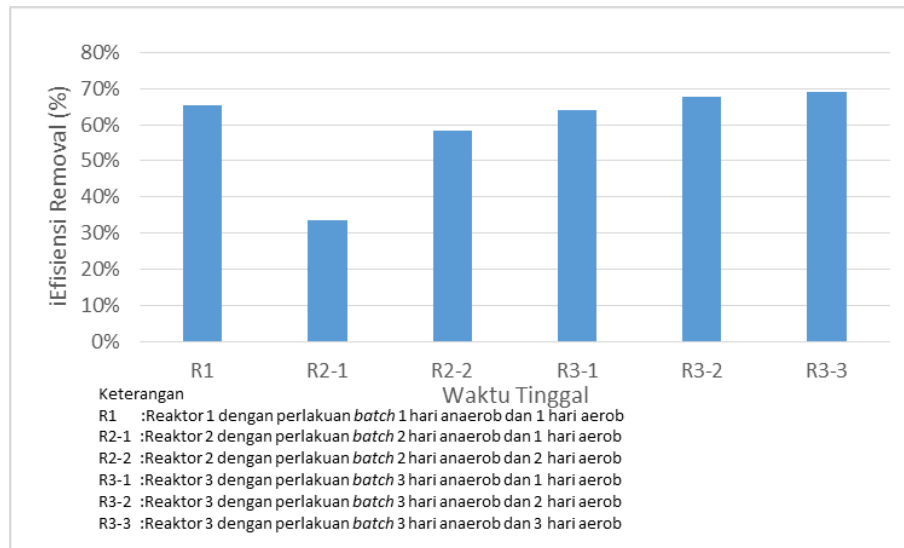
Tingkat penyisihan TSS pada pengolahan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob dapat dihitung dengan melihat konsentrasi awal TSS dan konsentrasi akhir TSS. Efisiensi penyisihan (%) dihitung menggunakan rumus:

$$(\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan : C_{in} = Konsentrasi awal TSS

C_{out} = Konsentrasi akhir TSS

Hasil dari efisiensi dapat dilihat dalam **Gambar 4.20** berikut.



Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.20 Efisiensi penyisihan TSS (*Total Suspended Solid*)

Berdasarkan **Gambar 4.20** menunjukkan bahwa dengan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob diperoleh efisiensi penyisihan TSS pada waktu tinggal yang berbeda-beda dapat menghasilkan efisiensi R1, R2-1, R2-2, R3-1, R3-2, R3-3 berturut-turut sebesar 65%, 34%, 58%, 64%, 68%, dan 69%. Nilai efisiensi tersebut menunjukkan untuk parameter TSS dengan waktu tinggal 1 hari anaerob dan 1 hari aerob memiliki efisiensi yang hampir sama dengan efisiensi dengan waktu tinggal 3 hari anaerob dan 3 hari aerob. Sehingga untuk penyisihan TSS semakin lamanya waktu tinggal air limbah di dalam reaktor tidak mempengaruhi penyisihan TSS secara signifikan.

4.4.3. Efisiensi Penyisihan Warna (PtCo)

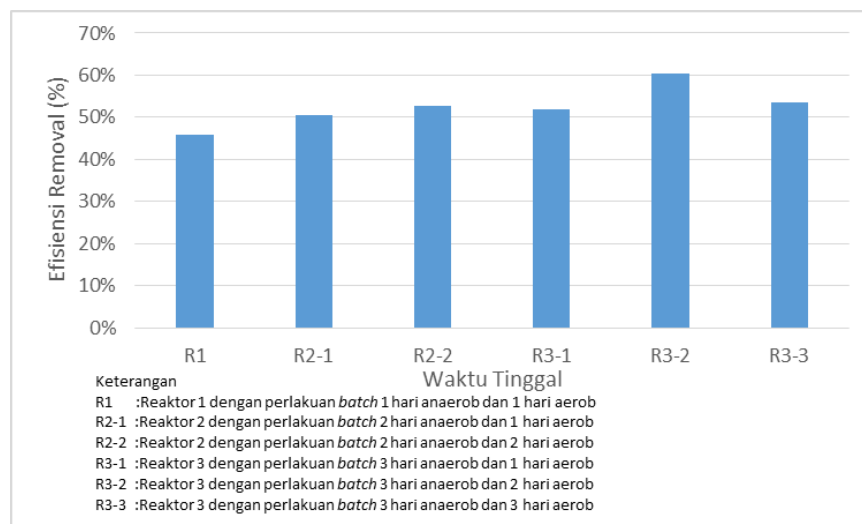
Tingkat penyisihan TSS pada pengolahan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob dapat dihitung dengan melihat konsentrasi awal TSS dan konsentrasi akhir TSS. Efisiensi penyisihan (%) dihitung menggunakan rumus:

$$(\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan : C_{in} = Konsentrasi awal Warna

 C_{out} = Konsentrasi akhir Warna

Hasil dari efisiensi dapat dilihat dalam **Gambar 4.21** berikut.



Sumber: Hasil analisa

Gambar 4.21 Efisiensi penyisihan warna (PtCo)

Berdasarkan **Gambar 4.21** menunjukkan bahwa dengan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob diperoleh efisiensi penyisihan warna pada waktu tinggal yang berbeda-beda dapat menghasilkan efisiensi R1, R2-1, R2-2, R3-1, R3-2, R3-3 berturut-turut sebesar 46%, 50%, 53%, 52%, 60%, dan 53%. Nilai efisiensi tersebut menunjukkan untuk parameter warna dengan waktu tinggal yang berbeda-beda dapat

meningkatkan efisiensi penyisihan warna. Akan tetapi, dalam penelitian ini pada R3-3 mengalami fluktuasi, dimana efisiensi penyisihan mengalami penurunan sebesar 7%.

4.5. Potensi Aplikasi Reaktor Kombinasi Anaerob-Aerob

Berdasarkan penelitian ini karakteristik air limbah batik memiliki kesamaan karakteristik dengan limbah tekstil. Kandungan COD, BOD, TSS dan Warna yang tinggi menjadikan limbah batik sangat berbahaya bagi lingkungan akuatik, menyebabkan terhambatnya fotosintesis pertumbuhan biota akuatik, pengurangan oksigen terlarut, potensi toksisitas terhadap manusia, flora dan fauna. Zat warna pada limbah tekstil juga mencirikan bahwa limbah tekstil mengandung senyawa karsinogenik (Rauf dan Ashraf, 2009).

Tabel 4.2 Karakteristik limbah cair batik setelah pengolahan

<i>Parameter</i>	<i>Hasil Analisa (mg/L)</i>	<i>Baku Mutu Perda DIY No 7 Tahun 2016 (mg/L)</i>
<i>BOD₅</i>	135	85
<i>COD</i>	1037	250
<i>TSS</i>	452	60
<i>pH</i>	8-9	6,0-9,0
<i>Suhu</i>	27°	± 3°C terhadap suhu udara
<i>Warna (PtCo)</i>	1015	-

Sumber: Hasil analisa

Hasil penelitian menunjukkan penggunaan reaktor kombinasi anaerob-aerob dapat menurunkan beban pencemar air seperti COD, BOD, TSS dan Warna dengan efisiensi secara berturut-turut sebesar 74%, 73%, 69%, dan 53%. Pengolahan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob tersebut belum memenuhi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan oleh Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk industri batik. Tidak tercapainya baku mutu untuk limbah industri batik pada penelitian ini dapat diakibatkan oleh mikroorganismenya yang digunakan bukan

bakteri yang sesuai untuk mendegradasi bahan organik maupun anorganik yang terkandung dalam air limbah batik. Meskipun demikian, potensi aplikasi penggunaan reaktor kombinasi anaerob-aerob ini dapat disarankan bagi industri yang bergerak dibidang tekstil terutama industri batik untuk melakukan pengolahan dengan menggunakan sistem pengolahan secara biologis dengan mengkombinasikan kondisi anaerob dan aerob sebelum limbah yang dihasilkan dibuang ke badan air.

Untuk memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan untuk industri batik dengan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob ini perlu dilakukan adanya pre-treatment sebelum limbah diolah menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob. Pre-treatment ini bertujuan untuk membantu memudahkan pengolahan sekunder yaitu secara biologis. Diharapkan untuk pengaplikasian pengolahan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob ini perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai pre-treatment yang efisien dan efektif agar dapat diterapkan bagi industri-industri batik terutama industri batik skala kecil. Dari penelitian ini juga menunjukkan bahwa bakteri yang berasal dari EM4 hanya mampu mereduksi beban pencemar pada limbah batik lebih dari 50% dan didominasi pada pengolahan anaerob. Pada reaktor aerob tidak mengalami penyisihan beban pencemar yang cukup tinggi. Hal ini sesuai dengan penelitian Said (2002) yang menunjukkan bahwa pada tahap aerob penyisihan BOD, COD, TSS dan warna untuk waktu tinggal 3 hari tidak melebihi >5% penyisihannya. Untuk memaksimalkan kinerja dari reaktor diperlukan jenis bakteri yang sesuai dengan kondisi air limbah batik.