

PENURUNAN KADAR BOD, COD, TSS, DAN WARNA LIMBAH INDUSTRI KAMPUNG BATIK GIRILOYO MENGGUNAKAN REAKTOR KOMBINASI ANAEROB-AEROB

Rifia Tri Yuana Dewi^[1], Any Juliani^[2], Awaluddin Nurmiyanto^[3]

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta

Email : 14513093@students.uii.ac.id^[1], any.juliani@uui.ac.id^[2], awaluddin@uui.ac.id^[3]

Abstrak

Industri batik menghasilkan limbah cair organik dengan volume yang besar, berwarna pekat, berbau, BOD, COD, dan TSS yang tinggi. Salah satu pengolahan limbah secara sederhana untuk menurunkan polutan pencemar yang terdapat pada limbah batik yaitu menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob. Tujuan penelitian ini mengetahui penggunaan dan efisiensi kinerja dari reaktor kombinasi anaerob-aerob dalam menurunkan polutan pencemar pada limbah batik di Kampung Batik Giriloyo Bantul. Perombakan pada tahap anaerob menggunakan bakteri yang berasal dari *Effective Microorganisms* (EM4) sedangkan pada tahap aerob effluen dari tahap anaerob diberikan penambahan oksigen kedalam reaktor. EM4 sebelum digunakan untuk perombakan parameter COD, BOD, TSS dan warna dikembangkan dan diadaptasikan dengan media filter *bioball* selama 27 hari untuk membentuk lapisan biofilm. Perombakan limbah batik menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob dengan sistem *batch* ini dilakukan selama 3 hari pada kondisi anaerob dan 3 hari pada kondisi aerob yang selanjutnya dianalisis parameter COD, BOD, TSS dan warna. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penurunan COD, BOD, TSS, dan warna setelah dilakukan pengolahan selama 3 hari pada kondisi anaerob dan 3 hari pada kondisi aerob secara berturut-turut sebesar 74%, 73%, 69% dan 53%.

Kata Kunci : *Effective Microorganism* (EM4), *bioball*, limbah batik, reaktor kombinasi anaerob-aerob

Abstract

*The increasing batik industry has caused a decline in environmental quality. The batik industry produces large volumes of organic wastewater, high in color, odor, BOD, COD, and high TSS. One simple waste treatment to reduce pollutant load found in batik wastewater is using anaerobic-aerobic combination reactor. The purpose of this study is to determine the use and performance efficiency of anaerobic-aerob combination reactors in reducing pollutants in batik wastewater in Kampung Batik Giriloyo Bantul. Batik wastewater that is used comes from Kampung Batik Giriloyo, renovation at the anaerobic stage using bacteria derived from *Effective Microorganisms* (EM4) while in the aerobic stage the effluent from the anaerobic stage is given the addition of oxygen to the reactor. EM4 before being used for parameter removal of COD, BOD, TSS and color was seed and acclimatization to *bioball* filter media for 27 days to form a biofilm layer. Batik wastewater reform using anaerobic-aerobic combination reactor with this batch system was carried out for 3 days in anaerobic conditions and 3 days in aerobic conditions which were then analyzed for COD, BOD, TSS and color parameters. The results showed the efficiency of reducing COD, BOD, TSS, and color after processing for 3 days in anaerobic conditions and 3 days in aerobic conditions respectively by 74%, 73%, 69% and 53%. Thus, the use of anaerobic-aerobic combination reactors using bacteria derived from EM4 that has been adapted to batik waste can be applied to the waste treatment of the batik industry.*

Keywords: Effective Microorganism (EM4), bioball, batik wastewater, combination anaerobic-aerob reactor

PENDAHULUAN

Kampung batik Giriloyo Bantul merupakan sentral industri pembelajaran batik di Daerah Istimewa Yogyakarta. Dahulunya, terdapat pengolahan limbah di Kampung batik Giriloyo yang dilakukan secara sederhana. Pengolahannya berupa bak penampungan berbentuk sumur, di dalam pengolahan tersebut terjadi proses penyaringan menggunakan arang dan serabut kelapa untuk mendegradasi beban pencemar yang terdapat pada limbah batik. Saat ini, pengolahan limbah batik tidak berjalan lagi, sehingga *effluent* dari pengolahan limbah langsung dibuang ke lingkungan. Hal ini dikhawatirkan dapat menyebabkan pencemaran baik di ekosistem maupun pencemaran pada tanah dan air tanah.

Upaya yang dilakukan untuk mengendalikan dampak negatif dari pencemaran akibat limbah cair industri batik yaitu dengan melakukan pengolahan yang efektif serta efisien. Mengingat hal tersebut, maka perlu adanya alternatif pengolahan limbah untuk industri batik yang dapat diaplikasikan bagi industri batik dengan mudah. Sastrawidana *et. al* (2009) dan Said (2002) menjelaskan penggunaan sistem kombinasi anaerobik-aerobik untuk pengolahan limbah industri tekstil menggunakan pertumbuhan terlekat (*attached growth*) mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan menggunakan proses pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth*). Sistem tersebut juga memberikan efisiensi perombakan limbah yang tinggi dan dapat menghilangkan senyawa organik (BOD,COD), zat tersuspensi, serta warna dengan hasil yang cukup baik. Dengan mempertimbangkan adanya kemiripan kualitas limbah, sistem tersebut juga potensial untuk digunakan pada pengolahan limbah batik.

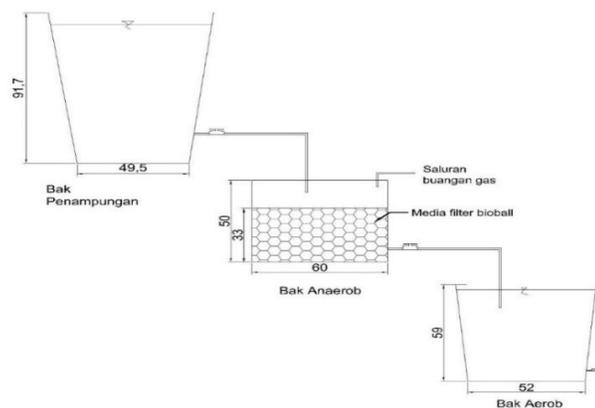
Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan air limbah pada industri batik menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob untuk mengetahui kemampuannya dalam menurunkan BOD, COD, TSS, warna (Pt-Co) pada limbah batik. Dengan pengolahan menggunakan reaktor tersebut, diharapkan

penelitian ini akan memberikan manfaat sebagai alternatif pengolahan limbah industri terutama limbah industri batik secara sederhana yang memiliki efisiensi penurunan polutan yang tinggi kedepannya.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah batik yang berasal dari Kampung Batik Giriloyo Bantul. Proses Anaerob menggunakan mikroorganisme yang berasal dari Effective Microorganisms type 4 (EM4) dan proses aerob menggunakan aerator sebagai penambahan supply oksigen untuk membantu proses pengolahan. Penelitian ini menggunakan proses biofilm, yaitu melekatnya mikroorganisme pada media filter (*bioball*) (*attached growth*). Dalam pengoperasian reaktor ini menggunakan sistem *batch*. Prinsip dari reaktor *batch* yaitu reaktor diisi dengan reaktan dan disimpan selama waktu tertentu yang kemudian dilihat perubahan kualitasnya pada selang waktu tertentu. Tahapan awal pada penelitian ini yakni melakukan persiapan bak penampungan limbah batik dengan kapasitas 150 Liter. Reaktor anaerob kapasitas 180 Liter yang telah dipasangkan media filter (*bioball*) sebanyak 1600 buah serta reaktor aerob kapasitas 80 liter yang ditambahkan supply oksigen menggunakan aerator.



Gambar 1 Desain Reaktor Kombinasi Anaerob-aerob (satuan cm)

Prosedur Penelitian

Tahap persiapan untuk membentuk lapisan biofilm pada media *bioball*, dilakukan tahap *seeding* dan aklimatisasi. *Seeding* merupakan proses pengembangbiakan mikroorganisme, proses pengembangbiakan dilakukan pada mikroba yang berasal dari EM4. Tahapan *seeding* pada EM4 dilakukan pada reaktor anaerob yang telah dimasukkan media *bioball* sebanyak 1600 buah dengan cara fermentasi. Proses fermentasi dilakukan dengan cara mencampurkan 2 liter EM4 dan 40 liter air serta penambahan cairan gula setiap 2 hari sekali sebanyak 10 sdm. Proses fermentasi dilakukan secara anaerob dalam reaktor anaerob. Tujuan fermentasi ini untuk mengembangbiakan mikroorganisme yaitu bakteri asam laktat yang ditandai dengan terbentuknya lapisan putih dan berbau glukosa serta peningkatan nilai pH > 4 (Munawaroh *et. al*, 2013).

Setelah proses *seeding*, dilakukan tahap aklimatisasi. Tahap aklimatisasi bertujuan untuk mengadaptasikan mikroba yang sudah aktif dengan limbah batik agar dapat terbiasa dengan kondisi limbah batik sehingga dapat terjadi proses perombakan senyawa kompleks yang terkandung dalam limbah batik menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pada tahap aklimatisasi dilakukan pengujian nilai COD setiap harinya sebagai parameter keberhasilan tahap aklimatisasi, selain nilai COD pembentukan biofilm menjadi tolak ukur keberhasilan tahap aklimatisasi. Tahapan aklimatisasi dilakukan dengan mengalirkan air limbah batik pada bak penampungan menuju reaktor anaerob secara *downflow* dengan debit $0.003 \text{ m}^3/\text{jam}$ selama 24 jam. Tujuan mengalirkan air limbah selama 24 jam agar mikroba yang telah diaktifkan pada tahap *seeding* tidak mengalami *shocked*.

Selanjutnya setelah proses *seeding* dan aklimatisasi selesai, langkah selanjutnya adalah *running* air limbah dengan waktu tinggal 3 hari. Pengambilan sampel dilakukan setelah di *batch* selama 1, 2 dan 3 hari di bak anaerob, kemudian dialirkan ke bak aerob dan diaerasi selama 1, 2 dan

3 hari. *Effluent* hasil pengolahan anaerobik maupun aerobik dianalisis parameter warna, BOD, COD, dan TSS. Adapun tahapan *running* air limbah batik menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob dengan sistem *batch* dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1 Tahapan Running

Data	Anaerob	Aerob	Jumlah Sampel
R1	1 Hari	1 Hari	Duplo (2 sampel)
R2-1	2 Hari	1 Hari	Duplo (2 sampel)
R2-2		2 Hari	
R3-1	3 Hari	1 Hari	Duplo (2 sampel)
R3-2		2 Hari	
R3-3		3 Hari	

Keterangan :

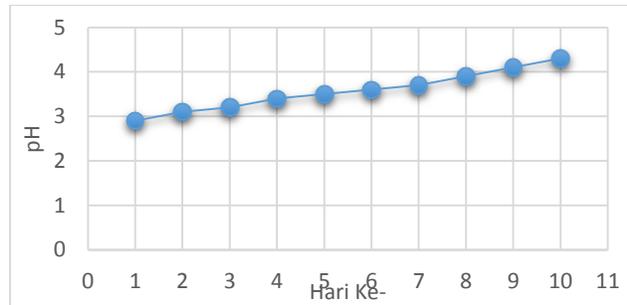
- R1 :Reaktor 1 dengan perlakuan *batch* 1 hari anaerob dan 1 hari aerob
- R2-1 :Reaktor 2 dengan perlakuan *batch* 2 hari anaerob dan 1 hari aerob
- R2-2 :Reaktor 2 dengan perlakuan *batch* 2 hari anaerob dan 2 hari aerob
- R3-1 :Reaktor 3 dengan perlakuan *batch* 3 hari anaerob dan 1 hari aerob
- R3-2 :Reaktor 3 dengan perlakuan *batch* 3 hari anaerob dan 2 hari aerob
- R3-3 :Reaktor 3 dengan perlakuan *batch* 3 hari anaerob dan 3 hari aerob

HASIL DAN PEMBAHASAN

Seeding

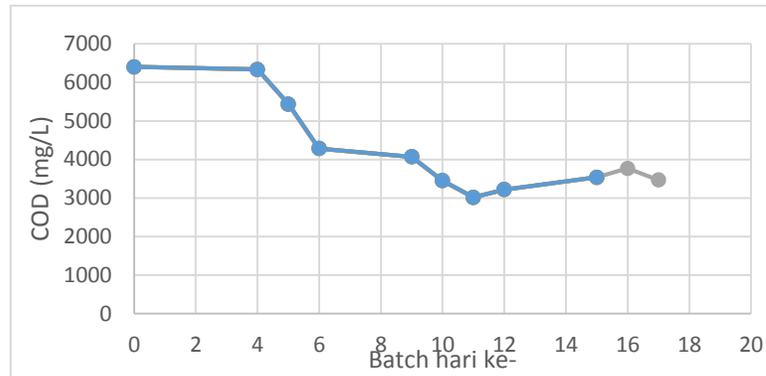
Berdasarkan **Gambar 2** menunjukkan bahwa pH mengalami kenaikan dari hari ke-1 sebesar 2.9 hingga hari ke-10 sebesar 4.3. Peningkatan pH tersebut menunjukkan bahwa EM4 sudah aktif dan dapat digunakan untuk tahap selanjutnya (Munawaroh *et.al*, 2013). Meningkatnya nilai pH pada tahap *seeding* ini karena terjadinya proses fermentasi. Proses fermentasi yang terjadi yaitu pengaktifan bakteri asam laktat (*Lactacillus 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)



Gambar 2 Peningkatan nilai pH pada proses *seeding* (pengaktifan) *Effectiveness Microorganism* (EM4) Aklimaatisasi

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. 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).



Gambar 3 Penurunan kadar COD pada tahap aklimatisasi

Karakteristik Awal Limbah Batik Sebelum Pengolahan (Influen)

Tabel 2 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

Analisis Parameter Kualitas Air Setelah Pengolahan (*Effluent*)

Chemical Oxygen Demand (COD)

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-

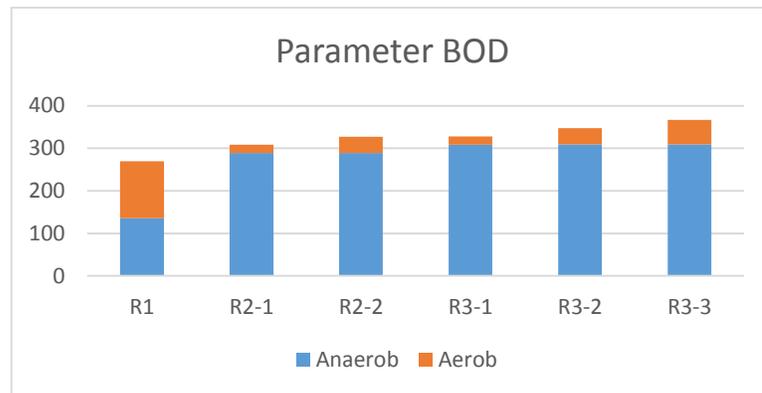
turut jumlah kadar COD yang disisihkan pada proses anaerob untuk batch 1 hari sebesar 2167 mg/L, anaerob batch 2 hari 2483 mg/L, dan anaerob batch 3 hari 2643 mg/L.



Sumber: Hasil analisa

Gambar 6 Jumlah kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang disisihkan *Biochemical Oxygen Demand (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. Hal tersebut terjadi karena 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.

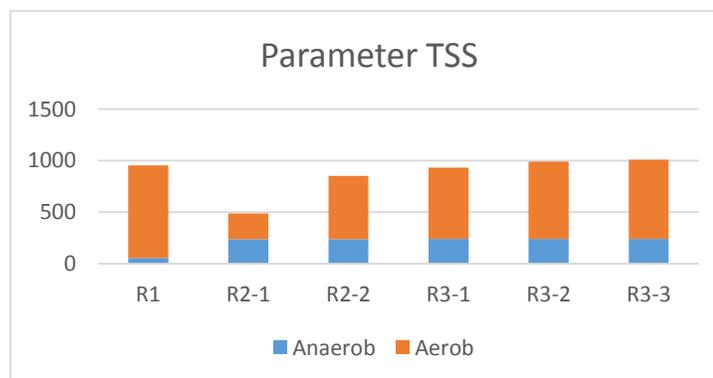


Sumber: Hasil analisa

Gambar 7 Jumlah kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) yang disisihkan

Total Suspended Solid (TSS)

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.

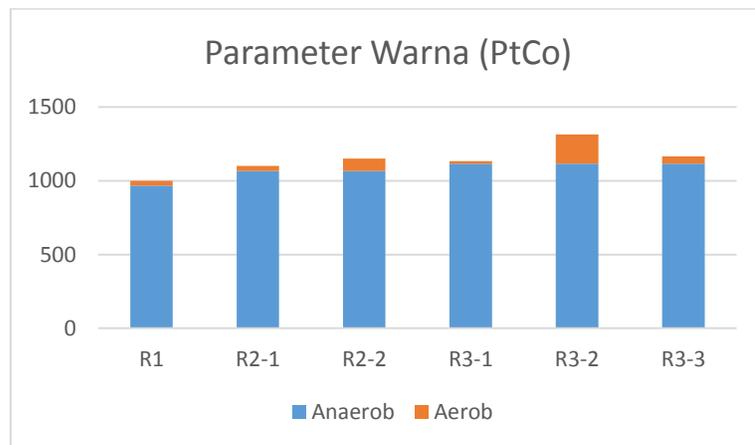


Sumber: Hasil analisa

Gambar 8 Jumlah kadar TSS (*Total Suspended Solid*) yang disisihkan

Warna (PtCo)

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 9 Jumlah kadar Warna (PtCo) yang disisihkan

Efisiensi Penyisihan Menggunakan Reaktor Kombinasi Anaerob-Aerob dengan Sistem Batch

Chemical Oxygen Demand (COD)

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.

Biochemical Oxygen Demand (BOD)

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.

Total Suspended Solid (TSS)

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%.

Warna (PtCo)

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%.

KESIMPULAN

1. Secara keseluruhan, penggunaan reaktor kombinasi anaerob-aerob dalam menurunkan parameter COD, BOD, dan warna didominasi oleh proses anaerob. Sedangkan parameter TSS penurunannya didominasi oleh proses aerob. Akan tetapi, jika di kombinasikan pengolahan secara anaerob-aerob akan menurunkan parameter COD, BOD, TSS dan Warna yang cukup besar.
2. Efisiensi penyisihan optimum menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob dalam menurunkan parameter COD, BOD, TSS dan warna berturut-turut yaitu R3-3 sebesar 74%, R3-3 sebesar 73%, R3-3 sebesar 69%, dan R3-2 sebesar 60%.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menambahkan waktu tinggal atau pengaruh faktor lain yang berkaitan dengan fluktuasi kadar parameter yang diuji.
2. Diperlukan pre-treatment sebelum limbah dimasukkan kedalam reaktor, agar effluen dapat memenuhi baku mutu air limbah terutama limbah industri batik.
3. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya dapat mengaplikasikan pertumbuhan biofilm pada bak aerob dan penggunaan jenis bakteri yang sesuai dengan air limbah batik, sehingga meningkatkan efisiensi penyisihan pada reaktor kombinasi anaerob-aerob.

DAFTAR PUSTAKA

- Balasure, K shama., Kunal Jain., Nikl Bahatt dan Data Madamwar. 2016. **Exploring Bioremediation Strategis to Enhance The Mineralization of Textile Industrial Wastewater though Sequential Anaerob-Microaerophilic.** *International Biodeterioration dan Biodegradation* Nomor 16 Halanan 97-105.
- Carbelleira, T., I Ruiz., dan M. Soto. 2017. **Aerobic and Anaerobic Biodegradability of Accumulated Solids in Horizontal Subsurface Flow Constructed Wetlands.** *International Biodeterioration & Biodegradation* Nomor 119 Halaman 396-404.
- Ferdaus, Fani., Malani Okta Wijayanti., Ery Susiani Retno Ningtyas., dan Weni Irawati. 2008. **Pengaruh pH, Konsentrasi Substrat, Penambahan Kalsium Karbonat, dn Waktu Fermentasi Terhadap Perolehan Asam Laktat dari Kulit Pisang.** *Widya Teknik Volume 7* Nomor 1 Halaman 1-14
- Helard, Denny. 2007. **Pengaruh Variasi Rasio Waktu Reaksi terhadap Waktu Stabilisasi pada Penyisihan Senyawa Organik dari Air Buangn Pabrik Minyak Kelapa Sawit dengan Sequencing Batch Reaktor Aerob.** Departemen Teknik Lingkungan Universitas Andalas.
- Holkar, R Chandrakant., Ananda J Jadhav., Dipak V Pinjani dan Naresh Nahamuni. 2016. **A critical review on Textile Wastewater Treatment: Possible Approach.** *Journal of Environmental Management* Nomor 182 Halaman 351-366.
- Munawaroh, Ulum., Mumu Ssutisno, dan Kancitra Pharmawati. 2013. **Penyisihan Parameter Pencemar Lingkungan pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Effectif Mikroorganisme 4 (EM4) serta Pemanfaatannya.** *Jurnal Institut Teknologi Nasional Volume 1* Nomor 2

Said, Nusa Idaman. 2002. **Pengolahan Air Limbah Industri Kecil Tekstil dengan Proses Biofilter Anaerob-Aerob Tercelup Menggunakan Media Plastik Sarang Tawon.** *Jurnal Teknologi Lingkungan* **Volume 2** Nomor 2 Halaman: 124-136.

Sastrawidana, I Dewa K, Bibiana W Lay, Anas Miftah Fauzi dan Dwi Andreas Santosa. 2009. **Pengolahan Limbah Tekstil Sistem Kombinasi Anaerobik-Aerobik Menggunakan Biofilm Bakteri Konsorsium dari Lumpur Limbah Tekstil.** *Ecotrophic*.3 (2):55-60 ISSN: 1907-5626

Tomei, Concetta M., Domenica Musca Angelucci., dan Andrew J Baugulis. 2016. **Sequential Anaerobic-Aerobic Decolourization of A Real Textile Wastewater in A Two Phase Partitioning Bioreactor.** *Science The Total Environment* Nomor 573 Halaman 585-593