

## EVALUASI KINERJA *SEQUENCING BATCH REACTOR* DENGAN MEDIA *BIOBALL* PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BATIK SINTETIS

Kezuya Yiskadini Wirakusuma<sup>1</sup>, Intan Supraba<sup>1\*</sup>, Wiratni Budhijanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No.2, Sendowo, Kec. Mlati, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55284

<sup>2</sup>Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No.2, Sendowo, Kec. Mlati, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55284

\*Email: intan.supraba@ugm.ac.id

### Abstrak

*Limbah cair batik memberikan dampak negatif ke lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik akibat pewarna sintetis yang sulit diuraikan. Pengolahan limbah batik perlu dilakukan sebelum dibuang ke lingkungan, salah satunya secara biologi baik dengan proses anaerobik maupun aerobik. Penelitian ini menggunakan Sequencing Batch Reactor dan media imobilisasi yaitu bioball dengan waktu siklus 6 jam untuk mengetahui efisiensi penyisihan Chemical Oxygen Demand (COD) dan konsentrasi warna. Penelitian dilakukan berdasarkan 2 skenario yaitu tanpa media imobilisasi dan menggunakan media imobilisasi. Penggunaan media bioball sejumlah 30, 50 dan 75 buah. Hasil MLSS untuk tanpa media, dan dengan media bioball sejumlah 30, 50, dan 75 buah adalah 3,75 g/L, 3,44 g/L, 3,20 g/L, dan 2,18 g/L. MLSS semakin menurun akibat adanya penempelan lumpur pada celah-celah bioball. Penambahan bioball membuat kemampuan kualitas pengendapan lumpur meningkat dengan nilai Sludge Volume Index (SVI) baik yaitu SVI<sub>5</sub> 51 ml/g dan SVI<sub>30</sub> 30 ml/g pada jumlah bioball 75 buah. Pengolahan limbah cair dengan cara ini mampu menyisihkan warna hingga 31% dan menyisihkan kadar COD hingga 90% pada penggunaan jumlah bioball 50 buah. Pengolahan limbah cair batik ini tergolong baik dalam penyisihan kandungan COD dan warna pada jumlah media 50 buah bioball.*

**Kata kunci:** bioball, COD, limbah cair batik, pewarna sintetis, sequencing batch reactor

### 1. PENDAHULUAN

Batik adalah identitas Bangsa Indonesia yang diwariskan secara turun-temurun. UNESCO menyatakan bahwa batik Indonesia merupakan salah satu warisan budaya tak benda milik dunia pada bidang “*Masterpieces of the Oral and Intangible Heritage of Humanity*”. Industri batik semakin berkembang, kreatif dan mengikuti tren di masyarakat. Pelaku industri batik didominasi oleh industri kecil dan menengah.

Industri tekstil merupakan salah satu industri penting yang menghasilkan limbah industri dalam jumlah besar (Manzoor & Sharma, 2020). Kekurangan terbesar dari industri tekstil di Indonesia adalah pengolahan limbah yang sangat buruk (Sitanggang, 2017). Peningkatan industri batik akan meningkatkan persoalan lingkungan karena peningkatan produksi batik berbanding lurus dengan banyaknya limbah cair yang dihasilkan akibat kurangnya kesadaran pengolah industri batik untuk melakukan pengolahan limbah cair dari proses pewarnaan batik (Apriyani, 2018). Salah satu industri batik di Yogyakarta menunjukkan bahwa limbah cair hasil pewarnaan batik langsung dibuang tanpa pengolahan terlebih dahulu (Muliasari &

Widiastuti, 2010). Dari sampel penelitian yang dilakukan oleh Kabupaten Pekalongan pada tahun 2020 menunjukkan bahwa 100% pengusaha menggunakan zat pewarna sintesis yang terdiri dari 4 golongan yaitu Naphthol, Remasol, Indigizol, dan reaktif.

Pewarna sintesis memiliki banyak keunggulan, antara lain jenis warna beragam, ketersediaan terjangkau, cerah, stabil, tidak mudah luntur, mudah diperoleh, murah, dan mudah digunakan (Pujilestari, 2015). Pewarna sintesis memberikan berbagai macam warna yang tahan luntur dan cerah, namun penggunaan zat warna sintetis memberikan dampak buruk bagi semua bentuk kehidupan dan bersifat karsinogenik (Manzoor & Sharma, 2020). Kontaminan limbah tekstil terbesar pada dasarnya berasal dari pewarna. Pewarna sangat stabil secara kimia, sehingga sulit untuk terdegradasi secara cepat (Sitanggang, 2017).

Penambahan bahan kimia pada proses pembuatan batik dapat memberikan efek berbahaya jika limbah cair tidak dibuang dengan benar. Jumlah limbah cair batik yang dihasilkan berbeda-beda pada setiap penelitian, tetapi pada umumnya sekitar 80%-95% dari total volume air yang digunakan pada proses

pencelupan akan dibuang sebagai limbah cair (Daud dkk., 2022).

Munculnya industri batik yang pesat di Indonesia memerlukan tindakan pengolahan limbah cair yang cepat dan tepat. Beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengolah limbah cair batik adalah dengan cara kimia, fisika, maupun biologi (Jannah & Muhimmatin, 2019). Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu dengan proses anaerob dan aerob. Proses pengolahan air limbah secara aerob lebih efektif dibandingkan dengan anaerob karena membutuhkan waktu yang lebih efisien dan hasil penurunan kadar COD yang lebih besar hingga 76,59 % (Sianita & Nurchayati, 2015). *Sequencing Batch Reactor* merupakan suatu proses yang dapat berjalan secara aerobik dan anaerobik yang terjadi di dalam satu reaktor batch. Pengolahan limbah cair batik menggunakan hibrid anaerob yang dioperasikan secara batch dengan media *bioball* dapat menurunkan COD sebesar 90,99% (Aliyuddin, 2018).

Penggabungan proses SBR dengan bantuan support media berupa *bioball* yang menjadi media untuk imobilisasi bakteri akan membantu proses penurunan kadar COD dan kandungan pewarna pada pengolahan limbah cair batik. Dalam hal ini, SBR dapat berjalan dalam kondisi anaerobik aerobik yang terjadi dalam satu reaktor batch. Penelitian terdahulu belum mencoba mengaplikasikan teknologi SBR secara anaerob dan aerob dengan menggunakan media *bioball* untuk mengolah limbah cair batik. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *Sequencing Batch Reactor* (SBR) tanpa tambahan media pelekatan bakteri yaitu *bioball* untuk kemudian dibandingkan dengan pengaruhnya jika ada penambahan media pelekatan bakteri, serta melihat hubungannya dengan indikator ORP.

## 2. METODOLOGI

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah *Sequencing Batch Reactor* (SBR) dengan dimensi tinggi reaktor 1 meter dan diameter 9,5 cm dengan dipasang *Oxidation-Reduction Potential* (ORP) untuk memantau reaksi kimia yang terjadi. Alat SBR di laboratorium didesain dengan menggunakan pompa berjumlah 4 buah dengan daya 42 W dan 1 aerator dengan daya 45 W. Aerator berfungsi untuk membantu melarutkan oksigen yang ada di udara ke dalam reaktor sehingga terstimulan di dalam cairan. Pompa

berfungsi untuk membantu memasukkan influen dari tangki ke dalam reaktor maupun mengeluarkan efluen dari reaktor ke tangki menggunakan selang, apabila terjadi *overflow* maka influen akan kembali ke tangki.

Bahan yang digunakan adalah (1) Inokulum berupa lumpur aktif yang berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kali Code yang terdapat di Kelurahan Cokrodiningratan, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta. (2) Substrat berupa limbah artifisial pada tahap aklimatisasi inokulum di reaktor dan limbah batik sintetis yang digunakan berdasarkan dari penelitian Lourenco et al, 2000 yang mana limbah batik sintetis dengan COD  $\pm 750$  mg COD/l dibuat dengan cara menghidrolisis 862 mg/l tepung tapioka, 50 mg remazol red (zat pewarna yang digunakan oleh salah satu industri batik di Yogyakarta), 143 mg/l  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , 760 mg/l  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  dan 915 mg/l  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kandungan nutrisi pada limbah cair batik sintetis

Kandungan Limbah Batik Sintetis	Konsentrasi/ liter	
Tepung tapioka	mg/l	862
Remazol Red	mg	50
$\text{NH}_4\text{Cl}$	mg-N/l	37,47
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	mg-P/l	173,01
$\text{Na}_2\text{HPO}_4$	mg-P/l	199,67

Ada lima tahapan di dalam proses SBR yaitu proses *filling* (memasukkan limbah ke dalam reaktor) selama 1 menit, proses *idle* selama 173 menit, proses aerasi selama 173 menit, proses *settling* selama 15 menit, dan proses *discharge* selama 1 menit.

Pengambilan sampel dilakukan pada influen, sewaktu aerasi, dan efluen pada variasi penelitian penambahan media imobilisasi bakteri.

### Metode Analisis Data

#### Analisis *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran nilai COD dilakukan secara berkala mengikuti metode 5220D *Chemical Oxygen Demand* (COD) APHA, 2017. Sampel yang diukur adalah kandungan dalam influen dan efluen.

### Analisis Warna

Pengukuran warna dilakukan dengan spektrofotometer UV-VIS dengan panjang gelombang  $\lambda_{\max}$ : 540 nm. Sampel yang dianalisis adalah sampel influen dan efluen.

### Analisis MLSS

Pengukuran nilai MLSS dilakukan secara berkala dan mengacu pada 2540D *Total Suspended Solids Dried* at 103-105°C, (APHA, 2017).

### Analisis SVI

Analisis SVI dilakukan secara berkala dan mengikuti metode 2710D Sludge Volume Index (SVI), APHA, 2017.

Parameter-parameter seperti MLSS, MLVSS, COD, konsentrasi warna, dan ORP kemudian dianalisis untuk membandingkan pengaruh media pelekatan mikroorganisme dalam meningkatkan performa SBR dalam pengolahan limbah cair batik.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian diawali dengan tahap proses aklimatisasi inokulum dengan cara menumbuhkan mikroorganisme berupa lumpur aktif hasil pengolahan dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kali Code yang sudah dikembangkan di laboratorium. Inokulum diambil 1/2 liter untuk masing-masing reaktor kemudian diaklimatisasi dengan memberikan feeding berupa limbah artifisial dengan konsentrasi 500-700 mg COD/L.

Untuk hasil analisis awal sebelum menggunakan limbah cair batik sintetis adalah dengan melakukan analisis dengan pengolahan limbah artifisial untuk mengetahui kemampuan pengendapan lumpur yang terjadi. Hasil MLSS dan SVI menggunakan limbah artifisial dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Data analisis awal**

No	MLSS (mg/L)		SVI <sub>5</sub> (mL/g)		SVI <sub>30</sub> (mL/g)	
	A	B	A	B	A	B
1	2540	2580	154	97	114	78
2	3140	2960	127	86	87	66

Ket: Analisa dilakukan pada 2 sampel reaktor berbeda yaitu A dan B dan dilakukan percobaan dengan 2 kali pengambilan sampel.

Dari hasil analisis yang dilakukan dengan melihat kemampuan pengendapan lumpur pada reaktor menunjukkan hasil yang tergolong baik, semakin kecil nilai SVI menunjukkan kinerja

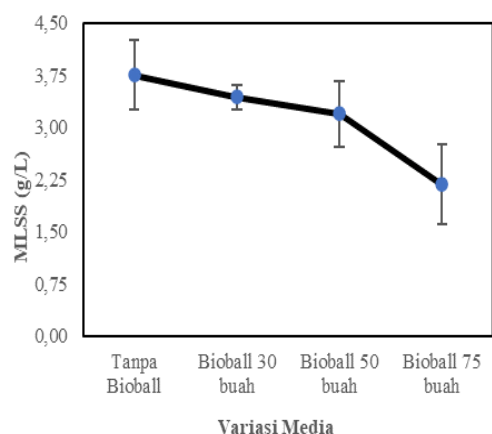
SBR yang baik dalam proses pengolahan limbah (Solomon et al., 2019). Proses penelitian yang dijalankan dilakukan selama 6 jam, karena pada penelitian sebelumnya ditunjukkan bahwa efisiensi penurunan konsentrasi COD dan penurunan warna dengan durasi 6 jam memiliki efisiensi penurunan COD 70-80% (Ananda, 2022).

Penelitian ini menggunakan proses pengolahan limbah cair batik sintetis dengan perbandingan 1:1 untuk proses tanpa aerasi dan dengan aerasi. Penambahan media imobilisasi dilakukan dengan menggunakan media berupa *bioball*. Hal ini dilakukan dengan durasi 6 jam yang mana waktu tanpa aerasi 173 menit dan dengan aerasi 173 menit, serta dilakukan perbandingan menggunakan dua variasi yaitu tanpa *bioball* dan dengan *bioball*. Penelitian dengan *bioball* dilakukan dengan tiga variasi ketinggian atau banyaknya *bioball*. Jumlah *bioball* yang digunakan terdiri dari 30 buah, 50 buah, dan 75 buah untuk mengkaji proses yang optimal dalam pengolahan limbah cair batik sintetis terkait dengan kemampuan dalam penghilangan konsentrasi warna dan kadar COD.

### Konsentrasi Lumpur

*Mixed Liquor Suspended Solid* (MLSS) dipantau selama waktu penelitian. MLSS merupakan kunci dari proses pengolahan limbah cair batik dengan SBR (Alattabi et al., 2017). MLSS yang didapatkan untuk mengetahui konsentrasi lumpur di dalam reaktor.

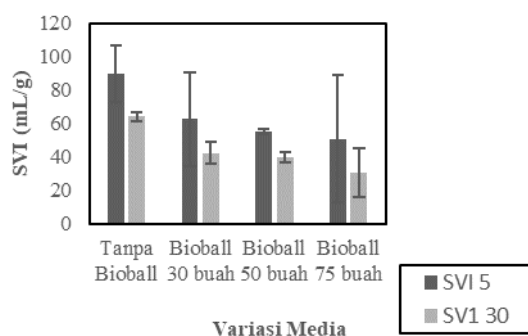
Pengambilan dilakukan dengan mengambil sampel lumpur dalam reaktor pada saat aerasi. Gambar 1 menunjukkan bahwa penambahan media *bioball* pada SBR memengaruhi konsentrasi lumpur di dalam reaktor. Pada operasi pengolahan limbah cair batik sintetis dengan SBR tanpa media *bioball*, konsentrasi lumpur yang dihasilkan dalam reaktor sejumlah 3,75 gr/L. Adanya penambahan *bioball* pada reaktor memengaruhi nilai MLSS saat dilakukan pengambilan sampel. Penambahan *bioball* mengakibatkan penurunan nilai MLSS yaitu untuk jumlah *bioball* 30, 50, dan 75 buah, berturut-turut nilai MLSS adalah 3,44 g/L, 3,20 g/L, dan 2,18 g/L. Penurunan nilai MLSS diakibatkan adanya lumpur yang melekat pada *bioball*. Semakin banyak penambahan *bioball* mengakibatkan nilai MLSS semakin kecil.



Gambar 1. MLSS pada variasi media *bioball*

### Sludge Volume Index (SVI)

Nilai SVI dicari untuk mengetahui kualitas pengendapan lumpur. SVI merupakan indikator terbaik untuk sifat pengendapan lumpur (Solomon et al., 2019). Nilai SVI kurang dari 150 mL/g biasanya menunjukkan sifat pengendapan lumpur yang lebih baik, jika nilai SVI lebih besar dari 150 mL/g biasanya mengindikasikan adanya penggumpalan pada lumpur. Adanya penambahan media juga mempengaruhi nilai SVI dari masing-masing variasi.



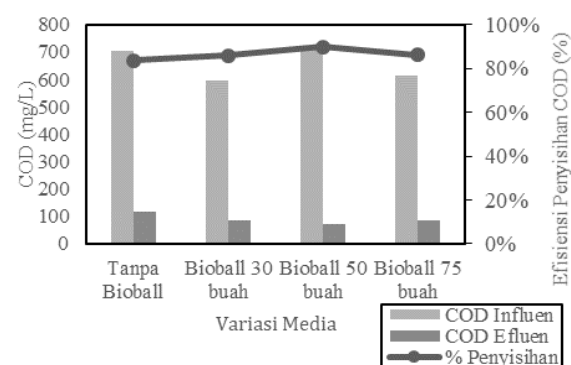
Gambar 2. Nilai SVI pada perbedaan variasi media

Penambahan media sebagai imobilisasi bakteri mengakibatkan adanya pelekatan lumpur pada *bioball* sehingga pertumbuhan mikroorganisme terjadi pada media. Pertumbuhan bakteri pada media akan memengaruhi kualitas pengendapan lumpur. Pada proses aerasi terjadi penambahan oksigen di dalam reaktor sehingga mikroorganisme akan saling bergesekan dan menyebar di dalam reaktor. Lumpur atau mikroorganisme yang tercampur pada saat pengolahan limbah cair batik sintetis menunjukkan nilai *Settled Sludge*

*Volume* (SSV) yang rendah. Mikroorganisme akan berkembang di dalam media maupun yang tidak menempel di media sebagai *imobilisasi*. SSV yang rendah akan mempengaruhi nilai SVI. Nilai SVI yang semakin rendah menunjukkan kualitas pengendapan lumpur yang baik.

### Chemical Oxygen Demand (COD) Removal

Pengolahan limbah cair batik sintetis pada penelitian ini menggunakan SBR yang dioperasikan dengan variasi media. Efisiensi penyisihan COD dihitung dengan mengetahui nilai COD influen dan COD effluen. Gambar 3 menunjukkan nilai COD dan efisiensi penyisihan COD.

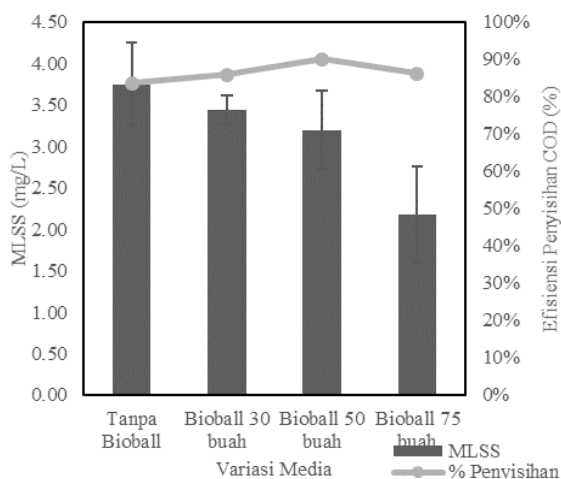


Gambar 3. Efisiensi penyisihan COD

Kemampuan penyisihan COD pada penelitian ini tidak ada perbedaan yang signifikan dari beberapa penerapan adanya penambahan media maupun tidak. Pengolahan limbah cair batik sintetis dengan mengaplikasikan berbagai variasi penggunaan *bioball* dengan waktu kerja 6 jam dapat menghilangkan kandungan COD hingga 85-90% mg/L.

### Pengaruh MLSS pada Efisiensi Penyisihan COD

Pengaruh konsentrasi MLSS pada penyisihan COD ditunjukkan pada Gambar 4, yang mana terjadi perubahan konsentrasi MLSS pada setiap variasi penambahan media. Konsentrasi MLSS pada SBR tanpa ada media *bioball* menunjukkan hasil lebih tinggi yaitu 3,75 g/L dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 84%.



**Gambar 4. Pengaruh konsentrasi MLSS pada penyisihan COD**

Penambahan media *bioball* 30 buah menunjukkan konsentrasi MLSS 3,44 g/L dengan efisiensi penyisihan COD 86%. Untuk jumlah *bioball* 50 buah menunjukkan konsentrasi MLSS yaitu 3,2 g/L dengan efisiensi penyisihan COD 90%. Untuk jumlah *bioball* 75 buah menunjukkan konsentrasi MLSS yaitu 2,18 g/L dengan efisiensi penyisihan COD 86%. Pengaruh konsentrasi MLSS pada penyisihan COD tidak berdampak signifikan. Hasil ini sesuai dengan (Alattabi et al., 2019) yang menemukan bahwa nilai konsentrasi MLSS pada penambahan media *bioball* sebanyak 75 buah yaitu 2,18 ternyata tidak cukup untuk mendegradasi semua bahan organik dalam air limbah influen.

Pada konsentrasi MLSS yaitu 3,2 g/L-3,44 g/L yang terjadi pada variasi media dengan 50 buah *bioball* dan 30 buah *bioball* mampu meningkatkan efisiensi penyisihan COD namun tidak berdampak secara signifikan. Konsentrasi MLSS pada SBR tanpa media imobilisasi yaitu 3,75 g/L dengan efisiensi penyisihan COD sebesar 84%. Nilai konsentrasi antara 3-3,5 g/L menunjukkan hasil efisiensi penyisihan COD yang optimal. Untuk konsentrasi MLSS di atas 3,5 g/L mengurangi efisiensi penyisihan COD. Konsentrasi MLSS yang lebih tinggi mengurangi kinerja SBR sehubungan dengan degradasi organik karena kenaikan konsentrasi MLSS, menurunkan F/M yang pada gilirannya mengurangi aktivitas mikroorganisme (Alattabi et al., 2019).

#### **Oxidation Reduction Potensial (ORP)**

Indikator COD dilihat dari berbagai variasi media *bioball* untuk melihat reaksi yang terjadi

dari semua tahapan proses pengolahan limbah cair batik sintetis dengan SBR. Pada pengolahan yang dilakukan tidak terlepas dari waktu dan tahapan yang dilakukan yaitu tanpa aerasi 180 menit dan aerasi 180 menit.

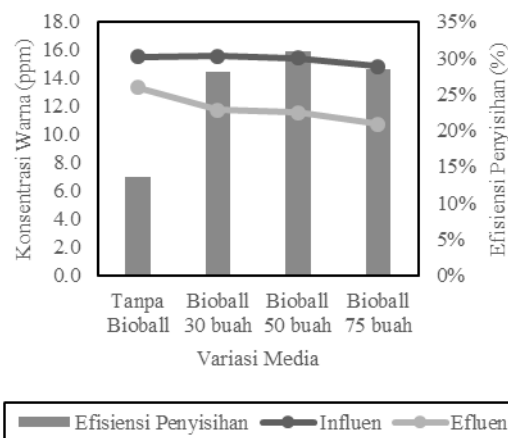
**Tabel 2. Nilai ORP**

Variasi	Positif	Negatif
Tanpa <i>Bioball</i>	179	-264
<i>Bioball</i> 30 buah	142	-477
<i>Bioball</i> 50 buah	152	-489
<i>Bioball</i> 75 buah	210	-567

Reaksi biokimia yang terjadi pada masing-masing variasi media *bioball* menunjukkan hasil reaksi biokimia dalam reaktor pada saat proses idle/ tanpa proses aerasi mengalami proses pembentukan *Hydrogen Sulfide* ( $H_2S$ ), pembuatan VFAs, dan pembentukan metan. Pembentukan metan yang mengeluarkan bau dan hilang pada saat proses aerasi terjadi. Pada saat proses aerasi reaksi biokimia yang terjadi pada reaktor pada semua variasi media *bioball* yang dilakukan mengalami proses nitrifikasi, degradasi cBOD bebas  $O_2$ , penghilangan P secara biological, dan proses denitrifikasi.

#### **Penyisihan Warna**

Kemampuan penyisihan warna pada penelitian ini dilakukan untuk menilai kinerja SBR dengan pengaruh penambahan media *bioball*. Sampel penelitian yang diambil yaitu influen dan efluen.



**Gambar 5. Penyisihan warna pada perbedaan variasi media**

Penyisihan warna pada perbedaan variasi media *bioball* tersebut menunjukkan adanya keberhasilan dalam penggunaan media *bioball* untuk melakukan penyisihan warna limbah cair

batik sintetis pada SBR. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Diora, 2022) menunjukkan bahwa penyisihan warna pada pengolahan limbah cair batik sintetis dengan SBR tanpa ada media *bioball* menunjukkan penyisihan warna sebesar 21,51 % pada waktu proses selama 6 jam. Sama halnya dilakukan pada penelitian ini didapatkan hasil penyisihan warna 16 %. Adanya penambahan *bioball* dengan jumlah yang berbeda-beda menunjukan hasil pada penggunaan 30, 50, dan 75 buah *bioball* yaitu 28%, 31%, dan 28%.

## KESIMPULAN

*Sequencing Batch Reactor* dengan tambahan media *imobilisasi* memberikan penurunan nilai COD dan konsentrasi warna. Efisiensi penyisihan COD tidak ada perbedaan yang signifikan terhadap variasi media. Media *bioball* dengan jumlah 50 buah memberikan hasil yang lebih baik daripada jumlah *bioball* yang lain yaitu penyisihan COD hingga 90% dan penyisihan warna hingga 31%. Indikator ORP dapat melihat proses reaksi biokimia dalam reaktor. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengkaji secara mendalam terkait pengaruh jumlah *bioball* pada *Sequencing Batch Reactor* untuk mengetahui penghilangan warna yang efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alattabi, A. W., Harris, C. B., Alkhaddar, R. M., Hashim, K. S., Ortoneda-Pedrola, M., & Phipps, D. (2017). Improving sludge settleability by introducing an innovative, two-stage settling sequencing batch reactor. *Journal of Water Process Engineering*, 20(August), 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.11.004>
- Alattabi, A. W., Harris, C. B., Alkhaddar, R. M., Ortoneda-Pedrola, M., & Alzeyadi, A. T. (2019). An investigation into the effect of MLSS on the effluent quality and sludge settleability in an aerobic-anoxic sequencing batch reactor (AASBR). *Journal of Water Process Engineering*, 30(August 2017), 100479. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.08.017>
- Aliyuddin, A. & W. P. (2018). Pengolahan Air Buangan Industri Batik Menggunakan Bioreaktor Hibrid Bermedia Bioball. *Ilmiah Teknik Lingkungan*, 8 (2)(2), 78–87.
- Apriyani, N. (2018). Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 3(1), 21–29.
- <https://doi.org/10.33084/mitl.v3i1.640>
- Daud, N. M., Abdullah, S. R. S., Hasan, H. A., Ismail, N. I., & Dhokhikah, Y. (2022). Integrated physical-biological treatment system for batik industry wastewater: A review on process selection. *Science of the Total Environment*, 819, 152931. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.152931>
- Ananda, D. (2022). Evaluasi Waktu Proses Aerobic Granular Sludge - Sequencing Batch Reactor (AGS-SBR) Pada Pengolahan Limbah Cair Batik. Master Thesis. Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Jannah, I. N., & Muhimmatin, I. (2019). Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik menggunakan Mikroorganisme di Kecamatan Cluring Kabupaten Banyuwangi. *Warta Pengabdian*, 13(3), 106–115. <https://doi.org/10.19184/wrtp.v13i3.12262>
- Muliasari, I. G. A. D., & Widiastuti. (2020). Daya Dukung Lingkungan Terkait Pengolahan Limbah Batik Di Kampung Batik Giriloyo, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. *Atrium*, 6(2), 131–139. <https://doi.org/10.21460/atirium.v6i2.129>
- Pujilestari, T. (2015). Review: Sumber Dan Pemanfaatan Zat Warna Alam Untuk Keperluan Industri. *Dinamika Kerajinan Dan Batik: Majalah Ilmiah*, Vol. 32 No, 93–106. <https://media.neliti.com/media/publications/61575-ID-review-sumber-dan-pemanfaatan-zat-warna.pdf>
- Sianita, D., & Nurchayati, I. S. (2015). Kajian Pengolahan Limbah Cair Industri Batik, Kombinasi Aerob-Anaerob dan Penggunaan Koagulan Tawas. *Jurnal Teknik Kimia*, 4, 1–7.
- Sitanggang, P. Y. (2017). Pengolahan Limbah Tekstil Dan Batik Di Indonesia. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(12), 1–10. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1133991>
- Solomon, D., Kiflie, Z., & Van Hulle, S. (2019). Kinetic investigation and optimization of a sequencing batch reactor for the treatment of textile wastewater. *Nanotechnology for Environmental Engineering*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s41204-019-0062-6>