

KOMBINASI PROSES KOAGULASI-FLOKULASI DENGAN SEQUENCHING BATCH REACTOR UNTUK MENURUNKAN KANDUNGAN ORGANIK PADA LIMBAH BATIK

Novirina Hendrasarie, Firra R, Raden Kokoh H, Andika

Program Studi Teknik Lingkungan, UPN "Veteran" Jawa Timur

Jl. Raya Rungkut Madya, Gunung Anyar, Surabaya, Indonesia

Email: novirina@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Limbah batik memiliki kandungan organik dan warna, yang sulit untuk digredasi. Tujuan penelitian ini mengembangkan teknologi Sequencing Batch Reactor (SBR) yang dimodifikasi dengan adsorben dari tempurung kelapa dan bamboo. Konsentrasi limbah batik awal, untuk COD sebesar 1965 mg/L, warna 1603 mg/L, TSS 1140 mg/L. Pelaksanaan penelitian terbagi menjadi dua tahap, yaitu tahap pertama limbah diolah menggunakan proses koagulasi dan flokulasi, selanjutnya tahap dua menggunakan Sequencing Batch Reactor. Pada tahap koagulasi-flokulasi, menggunakan koagulan PAC (Poly Aluminium Chloride). Sedangkan pada tahap dua yang menggunakan SBR, diatur Hydraulic Retention Time (HRT) dan berat adsorben (tempurung kelapa, bamboo dan zeolite). Hasil penelitian, didapatkan proses koagulasi dan flokulasi mampu menurunkan kandungan organik (BOD_5 dan COD) pada kisaran 80%, Total Suspended Solid (TSS) 26% dan warna 55%. Sedangkan pada SBR, didapatkan bahwa penambahan adsorben mengoptimalkan pendegradasian kandungan organik. Didapatkan pada HRT optimal 48 jam, jenis adsorben tempurung kelapa optimal menurunkan kandungan BOD_5 sebesar 93%, COD 93.7% sebesar, TSS 81% mg/L dan warna 81% mg/L.

Kata kunci: kandungan organik dan warna, koagulasi dan flokulasi, sequencing batch reactor (SBR).

ABSTRACT

The organic content and color of batik wastewater make it difficult to grade. The goal of this research was to create a modified Sequencing Batch Reactor (SBR) using adsorbents made from coconut shells and bamboo. The initial concentrations of COD, color, and TSS in batik wastewater were 1965 mg/L for COD, 1603 mg/L for color, and 1140 mg/L for TSS. The research was divided into two stages, with the first stage involving the use of coagulation and flocculation processes, and the second stage involving the use of a Sequencing Batch Reactor. PAC (Poly Aluminum Chloride) coagulant was used for the coagulation-flocculation stage. Meanwhile, the Hydraulic Retention Time (HRT) and the weight of the adsorbent (coconut shell, bamboo, and zeolite) were set in the second stage using SBR. The coagulation and flocculation processes reduced organic content (BOD_5 and COD) by 80 %, total suspended solids (TSS) by 26 %, and color by 55 %, according to the results. In SBR, it was discovered that adding an adsorbent improves the decomposition of organic material. The optimal type of coconut shell adsorbent reduced the level of BOD_5 by 93 %, COD by 93.7 %, TSS by 81 % mg/L, and color by 81 % mg/L at an optimal HRT of 48 hours.

Keywords: *Organic material and color, coagulation and flocculation, sequencing batch reactor (SBR).*

1. PENDAHULUAN

Industri batik merupakan salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan atau pencelupan. Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam proses pewarnaan antara lain zat warna asam, zat warna basa, zat warna direk, zat warna reaktif, zat warna naftol dan zat warna bejana. Setelah proses pewarnaan selesai, akan dihasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat (Retnosari, 2013; Rahmayetty 2018). Biasanya warna air limbah tergantung pada zat warna yang digunakan. Penggunaan bahan kimia tersebut menyebabkan limbah batik memiliki kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan warna yang tinggi (Khusnuryani, 2008; Anisa, 2017). Jika limbah cair dibiarkan terus menerus mengalir ke saluran-saluran pembuangan, sungai, ataupun badan air tanpa diolah maka akan mengganggu lingkungan yaitu timbulnya bau busuk dan kematian organisme air sehingga perlu adanya pengolahan limbah cair batik untuk menurunkan beban pencemaran yang ada.

Proses Koagulasi dapat dilakukan melalui tahap pengadukan antara koagulan dengan air baku dan netralisasi muatan. Netralisasi muatan negatif partikel- partikel padatan dilakukan dengan pembubuhan koagulan bermuatan positif ke dalam air diikuti dengan pengadukan secara cepat (Sekarani dan Hendrasarie, 2020). Flokulasi adalah penyisihan kekeruhan air dengan cara pengumpulan partikel kecil menjadi partikel yang lebih besar. Gaya antar molekul yang diperoleh dari agitasi merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap laju terbentuknya partikel flok (Puspayana, 2013; Pakpahan, 2019). Salah satu faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan proses flokulasi adalah pengadukan secara lambat, keadaan ini memberi kesempatan partikel melakukan kontak atau hubungan agar membentuk penggabungan (Haque, 2017). Pengadukan lambat ini dilakukan secara hati-hati karena flok-flok yang besar akan mudah pecah melalui pengadukan dengan kecepatan tinggi (Said, 2017).

Sequencing Batch Reactor (SBR) merupakan sistem pengolahan lumpur aktif dengan operasi isi (*fill*), *react*, *settle*, dan tuang (*draw*) (EPA, 1999). Sistem pengolahan ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem lumpur aktif (*activated sludge*) konvensional lainnya karena proses equalisasi, pengolahan biologi, pengendapan tahap dua terjadi dalam satu tangki dengan sistem waktu yang berurutan. Sistem operasional SBR terdiri atas lima fase. Dalam penelitian ini, siklus *react* di SBR, ditambahkan penggunaan adsorben bambu dan tempurung kelapa bertujuan untuk mengoptimalkan proses yang ada (Hendrasarie, 2019; Zarfandy, 2019).

Pengolahan air limbah yang menggunakan karbon aktif merupakan proses adsorpsi secara fisika. Terjadi karena gaya *Van der Waals* dimana ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media (Metcalf, 2003).

Penerapan pengolahan limbah dengan menggabungkan proses fisik-kimia dan biologis, dalam hal ini SBR modifikasi penambahan adsorben, bertujuan untuk mengoptimalkan degradasi limbah batik, sehingga diharapkan teknologi ini dapat diterapkan pada industri batik yang memiliki limbah sulit didegradasi.

2. METODE PENELITIAN

Limbah yang digunakan adalah limbah industri batik, di salah satu *home industry* batik yang berada di daerah Jetis, Sidoarjo. Konsentrasi limbah batik awal, rata-rata COD 1965,6 mg/L, BOD₅ 934,7 mg /L, TSS 1140 mg / L, pH 8,7 dan warna 1603 PtCo.

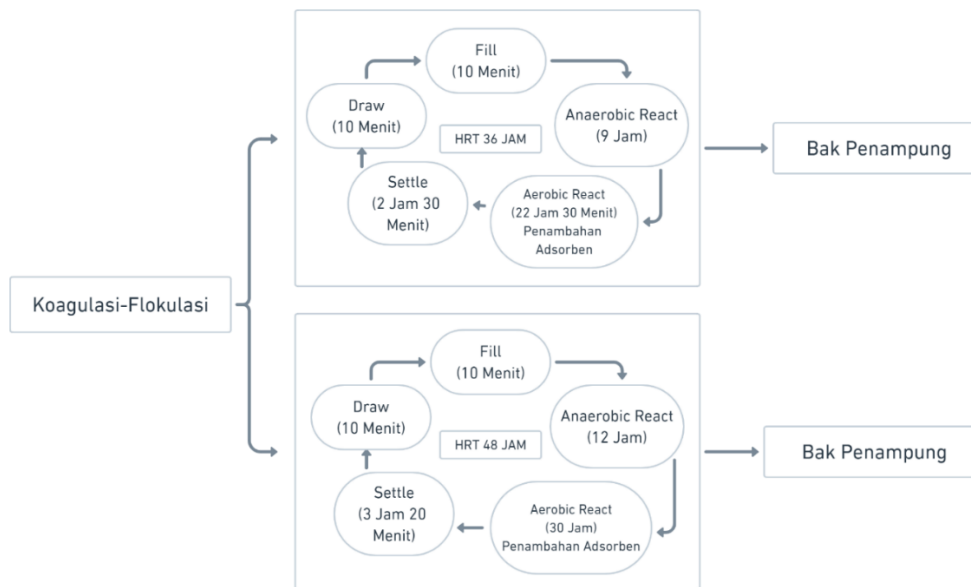
Parameter yang diuji dalam penelitian ini, adalah, berat PAC (*Poly Aluminium Chloride*) sebesar 100 mg/L dan 200 mg/L waktu retensi hidrolis (HRT) di SBR, sebesar 12, 24, 36 dan 48 jam. Parameter uji lain yang lain adalah adsorben yang digunakan adalah berasal dari tempurung kelapa, arang bambu, dan Zeolit, yang diproses menjadi adsorben yang berbentuk *Granular Activated Carbon* (GAC). dengan ukuran partikel sebesar 30 mesh. Spesifikasi tersebut juga sudah sesuai dengan syarat-syarat mutu butiran karbon aktif menurut Standar Nasional Indonesia (SNI).

2.1. Pentahapan Penelitian

Dalam penelitian ini, dilakukan dua tahap penelitian. Penelitian awal dilakukan *seeding* dilanjutkan aklimatisasi. Tujuan dari tahap awal ini adalah agar mikroorganisme dapat beradaptasi secara perlahan dengan air limbah yang akan diolah (Hendrasarie dan Santosa, 2019). Pada proses *seeding* dilakukan pemberian *nutrient* yang dibutuhkan oleh mikroorganisme sebagai bahan makanan agar mikroorganisme cepat tumbuh. *Nutrient* yang diperlukan mikroorganisme berupa rasio C: N: P agar mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang biak dengan maksimal. Perbandingan rasio C: N: P yang di berikan untuk mikroorganisme sebesar 100:5:1 untuk aerob (Sekarani dan Hendrasarie, 2020). Selain itu dianalisa MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solids*) sampai pada 4000 mg/L.

Selanjutnya proses aklimatisasi. Proses aklimatisasi dilakukan selama 2 hingga 4 minggu. Secara umum aklimatisasi dikatakan dapat dihentikan, jika penurunan COD mencapai 50%, maka penelitian dilanjutkan pada tahap dua. Hasil limbah dari tahap aklimatisasi ini, digunakan sebagai lumpur aktif di *Sequencing Batch Reactor* (SBR) yang akan digunakan pada penelitian tahap dua.

Pada tahap dua, adalah tahap penelitian utama. Dengan mekanisme kareja, dimulai dari bak penampung limbah awal, kemudian dialirkan menuju proses koagulasi dan flokulasi, yang selanjutnya limbah dialirkan menuju *Sequencing Batch Reactor* (SBR). Titik sampling penelitian diambil pada *effluent* dari proses koagulasi dan flokulasi dan pada SBR. Mekanisme kerja pada penelitian ini, dijelaskan pada Gambar 1. Mekanisme kerja Koagulasi-Flokulasi dan *Sequencing Batch Reactor*



Gambar-1. Mekanisme Kerja Koagulasi-Flokulasi dan Reaktor SBR 36 dan 48 Jam

Adapun data yang dianalisa dalam penelitian ini meliputi:

- Penghilangan zat pencemar yaitu COD, BOD₅, TSS dan warna pada limbah batik, titik pengambilan sampel pada effluent proses flokulasi dan *sequencing batch reactor* (SBR), dengan mengatur jumlah PAC di proses koagulasi-flokulasi dan mengatur HRT di proses SBR, yang bertujuan mendapatkan dosis PAC dan HRT yang optimal.
- Dilakukan pengamatan DO, suhu dan pH selama proses penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kemampuan Proses Koagulasi dan Flokulasi Dalam Menurunkan Kandungan Organik Limbah Batik

Pada proses koagulasi-flokulasi, dilakukan optimasi dosis koagulan, yang bertujuan mencari dosis optimal, yang untuk menurunkan kandungan organik dan kekeruhan. Proses yang dilakukan dalam proses oksidasi ini, menggunakan sistem jar test. Dosis koagulan yang ditentukan melalui jar test, dengan masing-masing dosis sebesar 50, 100, 120, 150 dan 200 mg/L. Dari hasil penelitian didapatkan, dosis PAC 150 mg/L dan 200 mg/L yang mampu menurunkan TSS sebesar 72%.

Selanjutnya, dilakukan running, untuk menurunkan kandungan organik, yaitu BOD₅ dan COD, Berikut adalah hasil dari proses koagulasi dan flokulasi:

Tabel 1. Hasil Analisa Proses Koagulasi dan Flokulasi

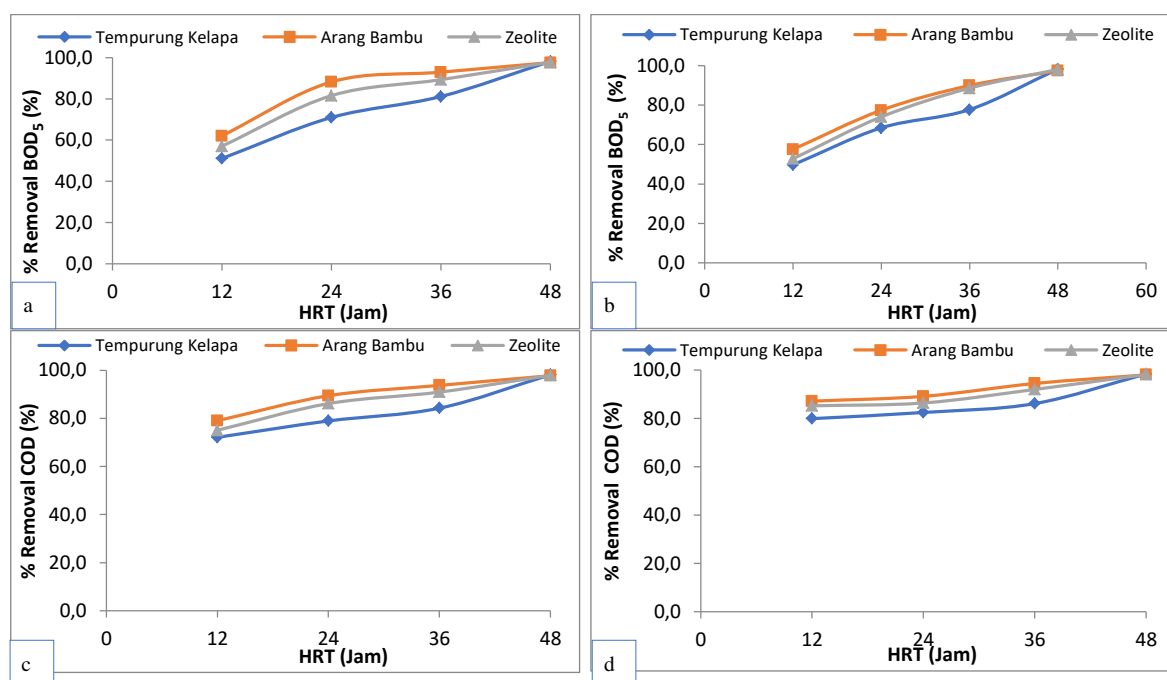
Parameter	Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)	Persen Removal (%)
Koagulan PAC 200 mg/L			
BOD ₅	934,7	85,4	90,80%
COD	1965,6	306,7	84,4%
TSS	1140	840	26,4%
Warna	1603	727	54,64%

Parameter	Influent (mg/L)	Effluent (mg/L)	Persen Removal (%)
Koagulan PAC 150 mg/L			
BOD ₅	934,7	90,7	84,4%
COD	1965,6	357,6	81,8%
TSS	1140	890	21,93%
Warna	1603	745	53,52%

Tabel 1 menunjukkan hasil penyisihan parameter penelitian yang dihasilkan proses koagulasi dan flokulasi. Penyisihan terbesar di dosis koagulan 200 mg/L. Sampel limbah dari hasil penyisihan dengan menggunakan dosis PAC 150 mg/L dan 200 mg/L adalah dosis optimal dalam menurunkan zat pencemar organik BOD₅, COD, TSS dan warna. Dengan menggunakan kedua dosis optimal tersebut, penelitian kemudian dilanjutkan menggunakan pengolahan SBR.

3.2. Kemampuan Karbon Aktif pada SBR dalam Menurunkan Parameter Organik, BOD₅ dan COD

Penelitian ini, menguji kemampuan penambahan adsorben tempurung kelapa, arang bamboo dan arang Zeolite, dalam menurunkan kandungan organik, BOD₅ dan COD. Pada Gambar 2. Pengaruh macam adsorben, untuk menurunkan kandungan organik BOD dan COD. Dari grafik, didapatkan bahwa ketiga jenis variasi karbon aktif yang menerima limbah optimal dari koagulan PAC dengan dosis 200 mg/L, adsorben dari arang bamboo, di HRT 36 jam mampu mendegradasi BOD₅ rata-rata pada kisaran 93%, konsentrasi BOD₅ effluen rata-rata 6 mg/L. Sedangkan, COD sebesar rata-rata pada kisaran 93,7%, konsentrasi COD effluent rata-rata 19.26 mg/L.

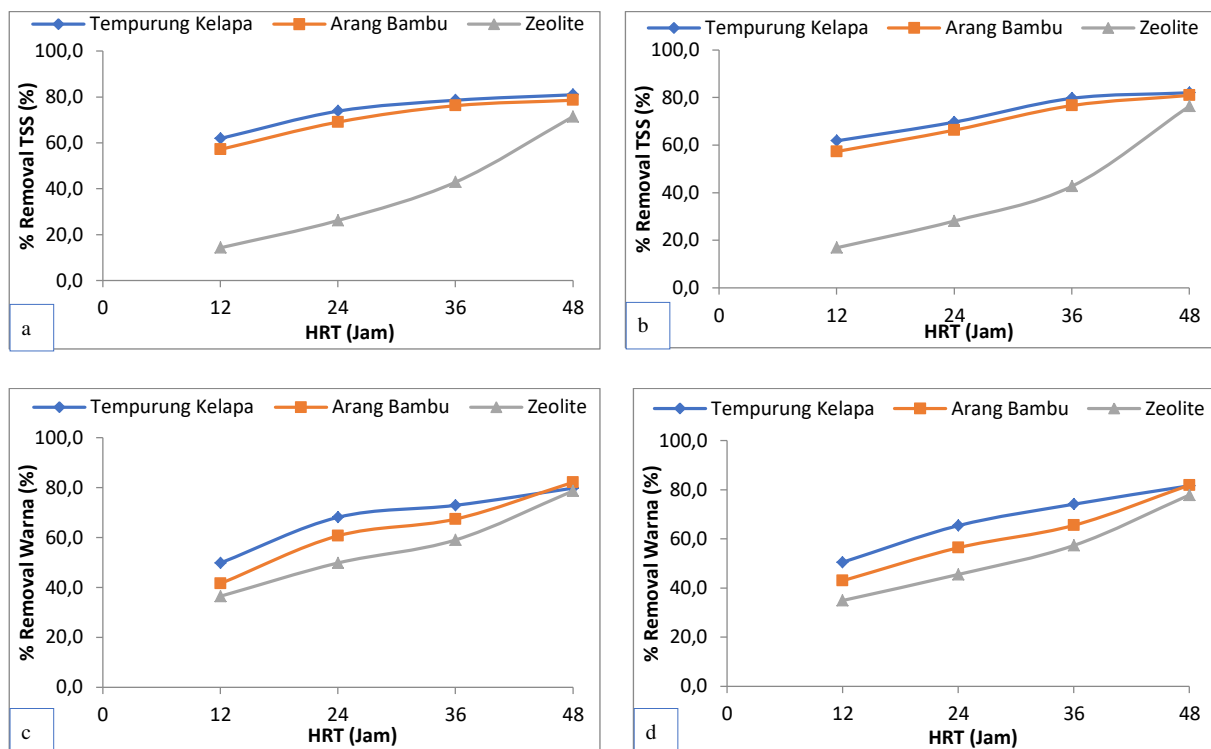


Gambar 2. Pengaruh Adsorben Untuk Menurunkan Kandungan Organik, BOD₅ dan COD, (a) BOD₅ pada PAC 200 mg/L, (b) BOD₅ pada PAC 150 mg/L, (c) COD pada PAC 200 mg/L, (d) COD pada PAC 150 mg/L

Tetapi, jika HRT ditingkatkan menjadi 48 jam, ketiga adsorben mampu menurunkan kandungan organik BOD₅ dan COD, rata-rata mencapai 95%.

3.3. Kemampuan Karbon Aktif pada SBR dalam Menurunkan Parameter Organik, TSS dan Warna

Penelitian ini, menguji kemampuan penambahan adsorben tempurung kelapa, arang bambu dan arang Zeolite, dalam menurunkan kandungan organik, TSS dan Warna. Pada **Gambar 3**. Pengaruh macam adsorben, untuk menurunkan kandungan organik TSS dan Warna. Dari grafik, didapatkan bahwa tempurung kelapa dan arang bamboo, di HRT 36 jam, PAC terbaik 200 mg/L, mampu menurunkan TSS pada kisaran 70%, sedang zeolite yang terendah, pada kisaran 50%. Jika HRT ditingkatkan menjadi 48 jam, prosen removal tertinggi tempurung kelapa (81%), selanjutnya arang bamboo (78.6%), terakhir zeolite (71.4%)



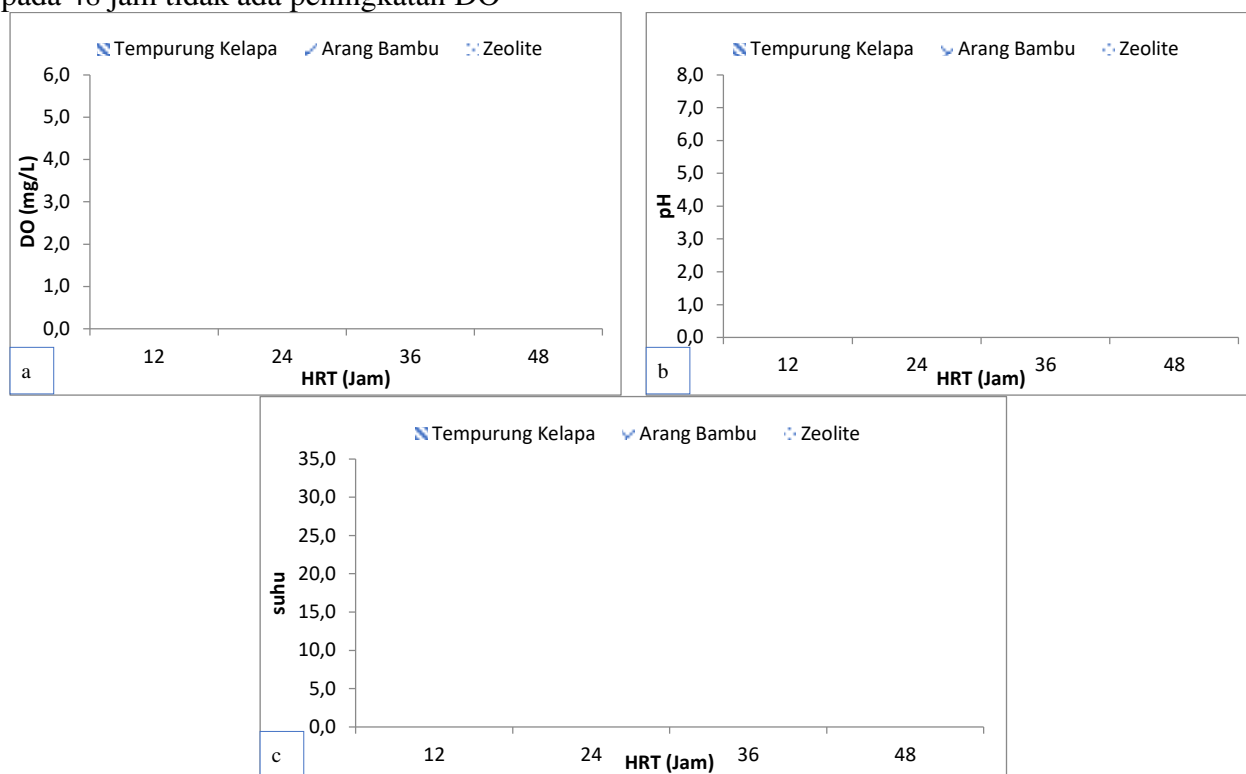
Gambar-3. Pengaruh Adsorben Untuk Menurunkan Kandungan Organik, TSS dan Warna, (a) TSS pada PAC 200 mg/L, (b) BOD₅ pada PAC 150 mg/L, (c) COD pada PAC 2000 mg/L, (d) COD pada PAC 150 mg/L

Untuk menurunkan parameter warna, di HRT 48 jam, di PAC 150 mg/L dan 200 mg/l, kemampuan tempurung kelapa dan arang bambu, mencapai pada rata-rata kisaran 81%, kecuali zeolite pada rata-rata kisaran 78%, sehingga konsentrasi zat warna *effluent* pada kisaran 130 mg/L - 150 mg/L di semua adsorben.

3.4. Karakteristik DO, pH dan Suhu di *Sequencing Batch Reactor*

DO merupakan salah satu parameter yang sangat berpengaruh pada proses pengoperasian SBR. Nilai DO akan menentukan seberapa besar nilai oksigen terlarut dalam reaktor yang berpengaruh terhadap kinerja mikroorganisme dalam reaktor. Pada **Gambar 4.a** Karakteristik

DO pada HRT 36 jam, pada ketiga adsorben menunjukkan DO optimal mencapai 4.9, sedang pada 48 jam tidak ada peningkatan DO



Gambar-4. Karakteristik DO (a), pH (b) dan suhu (c) di SBR berdasarkan variasi HRT dan jenis adsorben

Pada Gambar 4.b. fenomena pH di SBR, di HRT 12 dan 24 jam pH pada kisaran 7.6, jika HRT ditingkatkan yaitu di 36 dan 48 jam, pH pada kisaran 7.2. Hal ini berpengaruh pada kinerja mikroba pendegradasi kandungan organik di SBR. pH pada kisaran 7.2, membuat mikroba mampu meningkatkan degradasi kandungan organik, terbukti pada pembahasan di atas.

Pengamatan pada perubahan suhu di SBR, suhu rata-rata konstan di kisaran suhu 30°C, kecuali di HRT 12 jam yang rata-rata pada kisaran 29°C. Kisaran suhu 30 °C membuat kinerja mikroba semakin meningkat dalam mendegradasi kandungan organik

3.5. Identifikasi Mikroorganisme Tersuspensi di SBR

Identifikasi mikroorganisme dalam reaktor SBR menunjukkan bakteri yang terdapat pada proses SBR ini adalah *Pseudomonas* dan *Bacillus*. Bakteri *Pseudomonas* dan *Bacillus* adalah indikator bakteri aerob (Li, 2008; Bakare, 2017). Hal ini membuktikan pemilihan HRT di siklus aerob (*react*) dan waktu anoxic mampu memberikan oksigen yang mencukupi, sehingga *Pseudomonas* dan *Bacillus* sebagai bakteri dominan pendegradasi kandungan organik.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa proses koagulasi dan flokulasi pada pengolahan limbah batik melalui *jartest* mendapatkan dosis koagulan PAC optimal 200 mg/L, dengan adsorben tempurung kelapa dan arang bambu, pada HRT 48 jam, mampu menurunkan

kandungan BOD₅ hingga mencapai 93%, COD 93.7%, TSS 80% dan warna 81%. Sedangkan karakteristik DO, didapatkan DO optimal mencapai 4.9 di 36 jam, sedang di 48 jam tidak ada peningkatan yang signifikan. DO ini adalah DO optimal bagi bakteri yang teridentifikasi dalam penelitian ini, bakteri aerob *Pseudomonas* dan *Bacillus* mampu berkembang dengan baik. pH di SBR didapatkan pada kisaran 7.2 adalah pH netral dan suhu yang terdeteksi di SBR pada kisaran 30°C, suhu yang memungkinkan mikroba dapat nyaman bekerja untuk mendegradasi limbah organik di limbah batik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Mendikbud RI, atas pendanaan penelitian pada Hibah Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (PDUPT) tahun 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, A., & Herimurti, W. 2017. "Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) dengan Proses Aerobik-Anoksik untuk Menurunkan Konsentrasi Senyawa Organik dan Nitrogen". *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), F361-F366.
- Bakare, B. 2017. "Brewery wastewater treatment using laboratory scale aerobic sequencing batch reactor", *South african journal of chemical engineering*, 24, 128-134.
- Haque, E. A. 2017. *Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit dengan Sistem Lumpur Aktif Model SBR Skala Laboratorium*, (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Hendrasarie, N., dan Santosa, B.A., (2019) "Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Hewan, Menggunakan Rotating Biological Contactor Modifikasi Sludge Zone", *Journal of Research and Technology*, Vol. 5 No. 2
- Hendrasarie, N., Rosariawari, F., Putro, R.K.H., Zarfandi, F. I., 2021. "Addition of Fixed Bed Biofilm in Sequencing Batch Reactor to Remove Carbon-Nitrogen for Apartment Wastewater", *IOP Conf. Series: Materials, Science and Engineering*, 1125
- Khusnuryani, A. 2008. "Mikroba sebagai Agen Penurun Fosfat pada Pengolahan Limbah Cair Rumah Sakit", Dalam *Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi. Yogyakarta*.
- Li, J. 2008. "Nutrient removal from slaughterhouse wastewater in an intermittently aerated sequencing batch reactor". *Bioresource Technology*, 99(16), 7644-7650.
- Moertinah, S., Yuliasuti, R., & Yuliasni, R. 2010. "Peningkatan kinerja lumpur aktif dengan penambahan karbon aktif dalam pengolahan air limbah industri tekstil pewarnaan dengan zat warna indigo & sulfur". *Journal of Industrial Research (Jurnal Riset Industri)*, 4(1).
- Metcalf, E., & Eddy, M. 2003. "Wastewater engineering: Treatment and Reuse". Mic Graw-Hill, USA
- Pakpahan, Susi. 2019. Pengaruh Variasi Laju Alir Udara dan Pengadukan Terhadap Penurunan Konsentrasi Besi dan Mangan pada Air Tanah dengan Menggunakan Bubble Aerator. Skripsi. Departemen Teknik Lingkungan Universitas Sumatera Utara.

- Puspayana, D., & Alia D. 2013. "Pengolahan Limbah Cair Tahu Menggunakan Membran Nanofiltrasi Silika Aliran Crossflow untuk Menurunkan Kadar Nitrat dan Amonium". *Jurnal Teknik Pomits*, 2(2), 2301-9271.
- Retnosari A, Ayu dan Maya Shovitri. 2013. "Kemampuan Isolat *Bacillus* sp. Dalam Mendegradasi Limbah Septik". *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(1), E7-E11.
- Rahmayetty, R., Kanani, N., & Wardhono, E. Y. 2018. "Pengaruh penambahan PLA pada pati terplastisasi gliserol terhadap sifat mekanik blend film". *Prosiding Semnastek*.
- Said, N. I. 2017. "Teknologi Pengolahan Air Limbah". Jakarta: Erlangga.
- Sekarani, F.A., dan Hendrasarie, N 2020. "Reduction of Organic Parameters in Apartment Wastewater using Sequencing Batch Reactor by adding Activated Carbon Powder, Reduction of Organic Parameters in Apartment Wastewater using Sequencing Batch Reactor by adding Activated Carbon Powder", *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 506