



Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat

Volume 1 No.2

JUNI 2021

ISSN : 2774-454X(Online)



Pemberdayaan UKM Batik Kabupaten Jember dalam Pengelolaan Limbah Cair dengan Metode *Green Technology*

Bekti Palupi^{1,2 *}, Istiqomah Rahmawati^{1,2)}, Atiqa Rahmawati^{1,2)}, Gregah Pangayoman Hartono Putro¹⁾, dan Arfian Alwi Firmansyah¹⁾

¹Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²Research Center for Biobased Chemical Product, Universitas Jember

*) *Corresponding author*: bekti.palupi@unej.ac.id

(Received: 31 May 2021 • Revised: 22 June 2021 • Accepted: 28 June 2021)

Abstract

The increase in the amount of batik production has an impact on the environment due to the liquid waste produced during the batik-making process. The use of water in the batik-making process is 25-50 m³ per meter of cloth. Batik production in Indonesia is around 500 million meters per year, so it requires 25 million m³ of water which is equivalent to the necessity of clean water for 2500 households. The clean water supply becomes batik liquid waste with a large volume, a cloudy color, and a strong odor. Batik liquid waste contains high pH, Biological Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), and Total Suspended Solid (TSS). The solutions given to overcome these problems are (1) counseling on the chemical content, impacts, and dangers of batik industrial waste on the environment and human life around the industrial area, (2) counseling/dissemination of methods that can be applied to batik industrial waste, (3) Extension/socialization of the use and maintenance of appropriate technology for waste processing machines as a solution to reducing pollution of batik factory waste in the environment, (4) The handover of appropriate technology in the form of green technology for batik waste management tools.

Abstrak

Peningkatan jumlah produksi batik memberikan dampak terhadap lingkungan karena limbah cair yang dihasilkan selama proses pembuatan batik. Penggunaan air dalam proses pembuatan batik rata-rata 25-50 m³ per meter kain. Produksi batik di Indonesia sekitar 500 juta meter per tahun sehingga membutuhkan air 25 juta m³ yang setara dengan kebutuhan air bersih untuk 2500 rumah tangga. Persediaan air bersih tersebut menjadi limbah cair batik dengan volume yang besar, warna yang keruh, dan bau yang menyengat. Limbah cair batik memiliki kandungan pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi. Solusi yang diberikan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah (1) penyuluhan mengenai kandungan kimia, dampak dan bahaya limbah industri batik terhadap lingkungan dan kehidupan manusia di sekitar kawasan industri, (2) penyuluhan/sosialisasi metode-metode yang dapat diaplikasikan untuk menangani limbah industri batik, (3) Penyuluhan/sosialisasi penggunaan dan perawatan teknologi tepat guna mesin pengolah limbah batik sebagai solusi mengurangi pencemaran limbah batik pada lingkungan hidup, (4) penyerahan teknologi tepat guna berupa *green technology* alat pengelolaan limbah batik.

Keywords: *Batik waste, Reztis Batik, green technology, batik waste treatment equipment*

PENDAHULUAN

Batik merupakan salah satu warisan budaya Indonesia yang sudah diakui oleh UNESCO dan setiap tanggal 2 Oktober diperingati sebagai Hari Batik Nasional. Desa Tegalsari, Kecamatan Ambulu, Kabupaten Jember merupakan salah satu daerah yang melestarikan batik sebagai produk unggulan daerah. Beberapa warganya memiliki usaha batik. Pembuatan batik ini dipelopori oleh Ibu Lestari Kusumawati, pendiri sekaligus pemilik Reztis Batik. Reztis Batik berdiri pada akhir tahun 2012. Pada awal dirintis, Reztis Batik hanya memiliki 2 karyawan, tetapi sekarang sudah memiliki 20 karyawan. Pemasaran batik produksi Reztis Batik tidak hanya sebatas di Jember saja, tetapi juga sudah merambah ke Banyuwangi dan beberapa kota lain melalui *reseller* dan penjualan secara *online* baik instagram maupun facebook. Peningkatan jumlah produksi batik tentunya berbanding lurus dengan limbah yang dihasilkan. Apalagi pewarna yang digunakan masih dominan dengan pewarna kimia dan sebagian kecil pewarna alami. Isu lingkungan dengan adanya limbah batik tentunya bukan hal yang baru lagi. Tidak sedikit para pengusaha batik yang fokus pada produksi, namun lalai dalam mengelola limbahnya agar tidak mencemari lingkungan. Limbah dari produksi batik di Reztis Batik dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Limbah Produksi Batik di Reztis Batik. (a) Limbah di Kolam Pencucian Batik, (b) Filtrasi Sederhana Menggunakan Ijuk dan Net Jaring

Seiring dengan meningkatnya animo masyarakat terhadap batik, maka produksi batik pun meningkat. Tidak sedikit instansi yang ada di Indonesia, khususnya Pulau Jawa menjadikan batik sebagai seragam dinas. Peningkatan jumlah produksi batik ini memberikan dampak terhadap lingkungan karena limbah cair yang dihasilkan selama proses pembuatan batik. Penggunaan air dalam proses pembuatan batik rata-rata 25-50 m³ per meter kain [1]. Produksi batik di Indonesia sekitar 500 juta meter per tahun sehingga membutuhkan air 25 juta m³ yang setara dengan kebutuhan air bersih untuk 2500 rumah tangga. Persediaan air bersih tersebut menjadi limbah cair batik dengan volume yang besar, warna yang keruh, dan bau yang menyengat [1].

Limbah cair batik memiliki kandungan pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi [2]. Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 [3], baku mutu air limbah yang diizinkan memiliki kadar BOD sebesar 60 mg/L, COD sebesar 159 mg/L, dan TSS sebesar 50 mg/L.

Limbah cair batik agar tidak mencemari lingkungan harus dikelola dengan baik. Apabila pengelolaan limbah dilakukan sesuai konsep Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), maka air limbah batik tidak akan mencemari lingkungan. Limbah batik yang sudah dikelola dengan baik akan memiliki pH, *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), dan *Total Suspended Solid* (TSS) sesuai dengan batas standar yang diizinkan sehingga tidak mencemari air sumur warga maupun air tanah yang ada di sekitar industri batik.

Berdasarkan analisis situasi dan kondisi lingkungan diatas, ada beberapa persoalan terkait pengelolaan batik seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Persoalan di Industri Batik Ambulu

No.	Tinjauan	Persoalan
1	Pengetahuan tentang pengelolaan limbah batik	Sebagian besar pengusaha batik masih fokus pada masalah produksi, sedangkan pengetahuan tentang dampak limbah yang dihasilkan selama proses produksi masih kurang.
2	Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	Minimnya pengetahuan pelaku usaha batik mengenai IPAL sehingga sebagian besar industri belum memiliki IPAL yang memadai dan masih membuang limbah langsung ke selokan.
3	Dana Pembuatan IPAL	Pelaku usaha batik menganggap bahwa pengelolaan limbah membutuhkan biaya yang besar, padahal sistem IPAL dapat dibuat dengan metode yang sederhana dan biaya yang terjangkau.

METODE

Untuk mengatasi permasalahan yang telah diuraikan akan ditawarkan solusi yang memungkinkan untuk diterapkan sesuai dengan kondisi dan potensi masyarakat Kelompok Industri Batik di Ambulu. Secara umum solusi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Penyuluhan mengenai kandungan kimia, dampak dan bahaya limbah industri batik terhadap lingkungan dan kehidupan manusia di sekitar kawasan industri
 Penyuluhan mengenai bahaya limbah industri batik serta kandungan kimia yang terdapat dalam limbah sangat penting untuk diberikan kepada pengrajin batik dan warga sekitar industri batik. Penyuluhan akan dilaksanakan dengan mengundang kelompok industri batik Ambulu dan warga sekitar. Informasi tentang penyuluhan bahaya limbah industri batik terhadap lingkungan nantinya diharapkan bisa membuat para pengrajin batik dan masyarakat sekitar paham pentingnya melestarikan lingkungan dan mengerti dampak yang ditimbulkan dari industri batik.
2. Penyuluhan/sosialisasi metode-metode yang dapat diaplikasikan untuk menangani limbah industri batik. Metode yang ditawarkan yaitu metode pengolahan limbah yang dapat mengurangi kadar pencemar sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Beberapa metode yang ditawarkan yaitu metode secara fisik kimia, metode fitoremediasi, dan metode secara biologis. Dari sosialisasi ini diharapkan kelompok industri batik Ambulu dan masyarakat sekitar memahami metode-metode yang dapat digunakan untuk mengolah limbah batik agar tidak mencemari lingkungan terutama air tanah.

Karakteristik limbah cair industri kecil batik digolongkan dalam dua sifat yaitu karakteristik fisika dan kimia. Karakteristik fisika meliputi zat padat, suhu, warna dan bau, sedangkan karakteristik kimia yaitu zat organik dan anorganik. Pengolahan limbah batik industri kecil salah satunya yaitu dengan metode fisik. Metode pengolahan limbah secara fisik salah satunya dilakukan dengan cara penyaringan atau filtrasi [4]. Pengolahan limbah batik secara fisik dilakukan dengan proses filtrasi secara horizontal maupun vertikal. Dalam proses filtrasi disusun beberapa bahan seperti pasir kuarsa, serbuk arang, sekam padi, dan zeolit. Penyusunan bahan filtrasi setebal masing-masing 8 cm terbukti dapat mengurangi kadar pH, COD, tembaga, dan sianida yang terkandung dalam limbah batik [5]. Penelitian yang lain menyebutkan bahwa bahan filtrasi ampas tebu dan sekam padi dapat menurunkan kadar pH dan konduktivitas air limbah batik, sedangkan arang bambu menurunkan kadar BOD, COD dan TDS air limbah industri batik [6].

3. Penyuluhan/sosialisasi penggunaan dan perawatan teknologi tepat guna mesin pengolah limbah batik sebagai solusi mengurangi pencemaran limbah batik pada lingkungan hidup

Pada tahapan ini dilakukan sosialisasi tentang cara penggunaan alat serta perawatan alat pengolah limbah batik. Tentunya alat yang digunakan merupakan alat yang sebelumnya sudah disepakati bersama antara pengrajin batik dan tim pengabdian. Teknologi/alat yang disepakati meliputi beberapa aspek seperti dana pembuatan alat, operasional alat, perawatan serta lahan yang memadai. Air limbah yang telah diolah, selanjutnya dianalisis untuk mengetahui apakah air hasil pengolahan limbah sudah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Apabila sudah sesuai dengan baku mutu, maka teknologi/alat siap untuk digunakan sebagai alat pengolahan limbah industri batik.

4. Penyerahan teknologi tepat guna berupa alat pengelolaan limbah batik

Tim pengabdian akan memberikan alat pengelolaan limbah batik kepada kelompok industri batik Ambulu. Pemberian alat ini dilakukan agar limbah batik tidak mencemari lingkungan terutama air tanah yang ada di sekitar kawasan industri. Desain alat ini terdiri 4 bak yaitu bak koagulasi dan flokulasi, bak sedimentasi, bak filtrasi, dan bak absorpsi. Pada saat penyerahan alat pengolahan limbah akan dilakukan pengoperasian alat dan akan dihadiri oleh pemilik usaha batik di daerah industri batik Ambulu. Simulasi pengoperasian alat akan dilakukan oleh tim dosen Teknik Kimia dan akan disimulasikan kembali oleh salah satu perwakilan pemilik usaha batik Ambulu.

Metode yang paling cocok untuk diterapkan dan paling ekonomi dalam mengelola limbah batik yaitu metode secara kimia dan fisik [7]. Pada metode secara kimia, air limbah akan ditambahkan koagulan dan flokulan untuk pembentukan flok, pada proses ini akan disertai dengan pengadukan serta pengendapan di akhir proses. Setelah proses pengendapan, air limbah akan dialirkan ke bagian pengolahan fisik, yaitu dengan melewati air pada penyaringan berlapis yang terdiri dari pasir kuarsa, serbuk arang bambu, sekam padi, dan batu zeolit. Air limbah yang keluar dari proses fisik ini diharapkan sudah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan, atau dapat menggunakan indikator ikan hias untuk mengetahui air hasil pengolahan sudah aman untuk dibuang ke lingkungan.

Pelaksanaan Program Pengabdian Kemitraan (PPK) dengan Kelompok Industri Batik di Ambulu akan dilaksanakan dalam beberapa tahapan. Berdasarkan hasil diskusi dengan mitra terkait permasalahan yang dihadapi mitra masyarakat sasaran, kegiatan pengabdian

masyarakat ini menggunakan metode sosialisasi, pelatihan penggunaan alat, pendampingan dan evaluasi. Tahapan-tahapan tersebut meliputi:

1. Penyuluhan/sosialisasi mengenai kandungan kimia, dampak dan bahaya limbah industri batik terhadap lingkungan dan kehidupan manusia.
2. Penyuluhan/sosialisasi terkait metode-metode yang dapat diaplikasikan dalam menangani limbah industri batik beserta produk dan efek sampingnya.
3. Penyuluhan/sosialisasi terkait penggunaan dan perawatan Teknologi Tepat Guna Mesin Pemisah Limbah Batik sebagai solusi pencemaran limbah batik pada lingkungan hidup.
4. Penyerahan Teknologi Tepat Guna Mesin Pemisah Limbah Batik dan praktik penggunaan teknologi dengan masyarakat mitra.
5. Kontrol proses

Sosialisasi yang dilakukan meliputi materi, tujuan dan peserta dapat dilihat dalam Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 2. Materi Sosialisasi dan Pembekalan Kegiatan Pengabdian Masyarakat

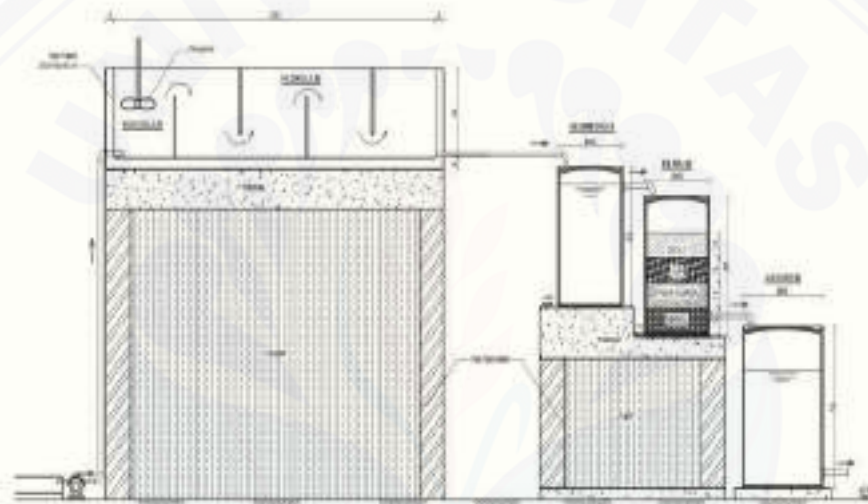
No.	Jenis Materi Pembekalan	Tujuan Pemberian Materi	Peserta
1	Penyuluhan/sosialisasi mengenai kandungan kimia, dampak dan bahaya limbah industri batik terhadap lingkungan dan kehidupan manusia.	Untuk masyarakat mengetahui kandungan kimia, dampak dan bahaya limbah industri batik terhadap lingkungan dan kehidupan manusia.	Kelompok industri batik Ambulu serta masyarakat sekitar
2	Penyuluhan/sosialisasi terkait metode-metode yang dapat diaplikasikan dalam menangani limbah industri batik beserta produk dan efek sampingnya.	Untuk masyarakat mengetahui metode-metode yang dapat diaplikasikan dalam menangani limbah industri batik beserta produk dan efek sampingnya.	Kelompok industri batik Ambulu serta masyarakat sekitar
3	Penyuluhan/sosialisasi terkait penggunaan dan perawatan Teknologi Tepat Guna Mesin Pemisah Limbah Batik sebagai solusi pencemaran limbah batik pada lingkungan hidup.	Untuk masyarakat menggunakan dan merawat Teknologi Tepat Guna Mesin Pemisah Limbah Batik sebagai solusi pencemaran limbah batik pada lingkungan hidup.	Kelompok industri batik Ambulu serta masyarakat sekitar

Setelah dilakukan sosialisasi dan evaluasi, langkah selanjutnya adalah penerapan Teknologi Tepat Guna Mesin Pemisah Limbah Batik. Berdasarkan hasil diskusi antara tim dan kelompok masyarakat mitra, dapat diambil kesimpulan bahwa Kelompok Industri Batik Ambulu membutuhkan teknologi tepat guna yang memiliki kemampuan untuk mengolah limbah batik yang dihasilkan selama proses pembuatan batik sehingga dua permasalahan

yang diangkat dalam program pengabdian ini yakni efisiensi proses produksi kain batik dan permasalahan lingkungan yang berkaitan dengan adanya limbah industri pabrik dapat teratasi.

Adanya proses pemisahan yang dilakukan menggunakan prinsip filtrasi dengan memanfaatkan penggunaan multi biofilter diharapkan dapat menjadi solusi terkait permasalahan pengolahan limbah industri batik di Industri Batik Ambulu. Media filtrasi yang sering digunakan untuk proses filtrasi yaitu zeolit, pasir kuarsa, ijuk, dan kerikil. Zeolit mempunyai struktur sel berpori dan memiliki sisi aktif yang dapat mengikat kation yang dapat bertukar, sehingga dengan struktur inilah zeolit dapat melakukan pertukaran ion. Zeolit

dapat menyerap ion-ion logam yang menyebabkan kesadahan air. Zeolit juga banyak digunakan dalam proses pengolahan limbah, zeolit juga mampu menyerap beberapa logam seperti Cr, Ni, Pb, Zn, Ca, Mg, Cd, Cu dan Hg. Pasir silika juga merupakan jenis adsorben yang digunakan dalam pengolahan limbah. Penggunaannya biasanya sebagai media tunggal atau ganda. Ijuk berfungsi sebagai media media penyekat anatar media satu dengan media lain agar tidak tercampur, sedangkan krikil berfungsi sebagai media penyaring dari suspensi atau padatan air limbah [8]. Rancangan Teknologi Tepat Guna Mesin Pemisah Limbah Batik tertera pada Gambar 2 [7]. Proses sebelum dan sesudah penerapan Teknologi Tepat Guna Mesin Pemisah Limbah Batik pada Industri Batik Ambulu tertera pada Gambar 3.



Gambar 2. Rancangan Teknologi Tepat Guna Mesin Pemisah Limbah Batik



Gambar 3. Kondisi proses sebelum dan sesudah penerapan Teknologi Tepat Guna

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Penyuluhan 1 dilakukan dengan pemberian materi tentang kandungan kimia, dampak dan bahaya limbah industri batik terhadap lingkungan dan kehidupan manusia. Kegiatan ini diikuti oleh pegawai Rehti's Batik Ambulu. Berhubung sedang masa pandemi Covid-19. Penyuluhan kedua dilaksanakan pada saat penyerahan alat. Dokumentasi kegiatan dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5. Selain penyuluhan, tim pengabdian juga melakukan cek lokasi untuk menyesuaikan ukuran alat filtrasi yang akan dipasang untuk pengelolaan limbah batik sekaligus peletakkannya seperti pada Gambar 6.



Gambar 4. Diskusi dengan Ketua Asosiasi Pembatik Ambulu



Gambar 5. Kegiatan Penyuluhan 1



Gambar 6. Cek Lokasi untuk Menentukan Ukuran dan Tempat Peletakan Alat

Kegiatan Penyuluhan 2 dilaksanakan dengan pemberian materi tentang cara penggunaan alat, perawatan alat, praktik langsung menggunakan alat filtrasi serta juga diadakan serah terima alat. Kegiatan ini diikuti oleh pemilik serta perwakilan pegawai ReztisBatik Ambulu. Dokumentasi kegiatan dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

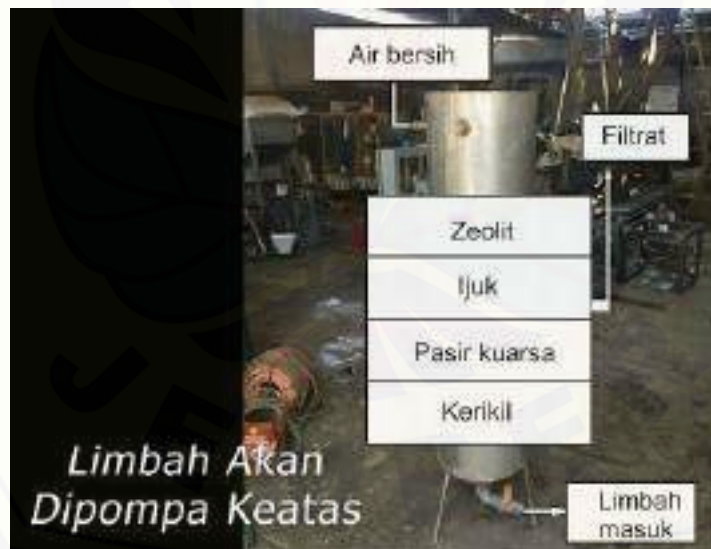


Gambar 7. Sosialisasi Penggunaan Alat dan Perawatan Alat



Gambar 8. Kegiatan Penyuluhan 2

Alat filtrasi dibuat dengan diameter 40 cm dan tinggi 1 m. Di dalam bak filtrasi terdapat 4 filter yang berisi zeolit, ijuk, pasir kuarsa, dan kerikil. Proses pembuatan alat sudah mencapai 75%. Alat yang sudah dibuat dapat dilihat pada Gambar 9, sedangkan proses serah terima dan uji coba alat dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 9. Alat Filtrasi



Gambar 10. Uji Coba dan Serah Terima Alat Filtrasi

Penerapan alat filtrasi pada limbah batik Rezti’s Batik Ambulu menghasilkan peningkatan kualitas limbah batik. Limbah batik yang difiltrasi menggunakan alat filtrasi lebih jernih dibandingkan dengan limbah batik sebelum difiltrasi. Perbedaan kualitas limbah sebelum dan sesudah proses filtrasi tertera pada Gambar 11. Penggunaan alat filtrasi secara kuantitatif juga menurunkan konsentrasi zat warna limbah. Hasil analisis dengan menggunakan spektroskopi UV-VIS menunjukkan penurunan intensitas serapan zat warna pada panjang gelombang 430 nm sebesar 63,19 %. Hasil uji BOD, COD, dan Cr di Dinas Lingkungan Hidup Banyuwangi dapat dilihat pada Tabel 3. Berdasarkan hasil tersebut, penerapan alat filtrasi pada pengolahan limbah batik merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan kualitas lingkungan hidup.

Tabel 3. Hasil Uji Kandungan BOD, COD, dan Cr

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu (Permen LHK P.16/MENLHK/SETJEN/KUM 1/4/2019)	Hasil Uji	Keterangan
1	BOD	mg/L	60	< LD	$LD \leq 2,502$
2	COD	mg/L	150	23,04	
3	Chromium (Cr)	mg/L	1,0	< LD	$LD \leq 0,04185$



a



b

Gambar 11. Hasil filtrasi limbah batik (a. sebelum filtrasi; b. sesudah filtrasi)

KESIMPULAN

Kesimpulan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah mitra mendapatkan tambahan pengetahuan tentang pengelolaan limbah batik serta penggunaan alat filtrasi dapat menjadi solusi bagi pengrajin batik dalam mengelola limbah batik. Kandungan BOD, COD, dan Cr dalam limbah batik setelah proses filtrasi berturut-turut adalah $< LD$, 23,04 mg/L, dan $< LD$, dengan tingkat intensitas serapan zat warna sebesar 63,19 % sehingga limbah tersebut sudah aman dibuang ke lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada LP2M Universitas Jember yang telah memberikan Hibah Program Pengabdian Kemitraan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Indrayani, "Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Sebagai Salah Satu Percontohan IPAL Batik di Yogyakarta," *Ecotrophic*, vol. 12, no. 2, pp. 173-184., 2018.
- [2] H. Rohasliney and N. S. Subki, "A Preliminary Study on Batik Effluent in Kelantan State: A Water Quality Perspective," *ICCBES*, pp. 274-276., 2011.
- [3] Kementrian Lingkungan Hidup, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah," [Online]. Available: <http://neo.kemenperin.go.id/files/hukum/17%20Permen%20LH%20th%202014%20No.%2005%20Baku%20Mutu%20Air%20Limbah.pdf>.. [Accessed 24 Maret 2020].
- [4] N. I. Eskani, C. I. De and Sulaeman, "Efektivitas Pengolahan Air Limbah Batik dengan Cara Kimia dan Biologi," *Centre for handicraft and batik*, 2018.
- [5] R. Framika and M. . A. Koosdaryani, "Penyaringan Horizontal sebagai Pelengkap Bagunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Batik," *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 2354-8630., 2014.
- [6] Koosdaryani, M. Masykuri, E. Purwanto and Suranto, ". 2019. Batik Industry Wastewater Treatment Using Fito Remediation of Water Hyacinth with Adsorbent consist of Organic Waste Bagasse, Rice Husks and Bamboo Charcoal.," in *IOP Conf. Series : Material Science and Engineering*, 2019.
- [7] M. M. Sari, S. Hartini and Sudarno, "Pemilihan Desain Instalasi Pengelolaan Air Limbah Batik yang Efektif dan Efisien dengan Menggunakan Metode Life Cycle Cost (Studi Kasus di Kampung Batik Semarang)," *J@TI Undip*, vol. 10, no. 1, pp. 27-32, 2017.
- [8] T. Murniati and Muljadi, "Pengolahan Limbah Batik Cetak Dengan Menggunakan Metode Filtrasi- Elektrolisis untuk Menentukan Efisiensi Penurunan Parameter COD, BOD, dan Logam Berat (Cr) Setelah Perlakuan Fisika-Kimia," *Ekuilibrum*, vol. 12, no. 1, p. 27 – 36., 2013.