

## **Pengolahan Limbah Cair Batik Dengan Metode Filtrasi Menggunakan Variasi Ketebalan Fly Ash dan Waktu Kontak di Desa Binaan PT PLN Nusantara Power UP Rembang**

**Rizqi Arum Wardhani<sup>1,a)</sup> dan Ayu Utami<sup>2)</sup>**

<sup>1,2)</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, UPN “Veteran” Yogyakarta

<sup>a)</sup>Corresponding author: [114200036@student.upnyk.ac.id](mailto:114200036@student.upnyk.ac.id)

### **ABSTRAK**

Batik adalah kain bermotif yang dibuat dengan cara menorehkan lilin (malam) di atasnya. PT PLN Nusantara Power UP Rembang memiliki desa binaan yang didalamnya terdapat industri batik skala rumah tangga yang belum memiliki unit pengolahan limbah. Limbah cair batik langsung dibuang ke lingkungan sehingga dapat berpotensi menyebabkan pencemaran. Desa binaan ini terletak di Desa Sendangasri, Kecamatan Lasem, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah. Limbah hasil *fly ash* yang berasal dari PT PLN Nusantara Power UP Rembang akan digunakan untuk mengolah limbah cair batik. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kualitas limbah cair batik, mengetahui kemampuan *fly ash* dalam menurunkan kadar pencemar limbah cair batik, dan merancang arahan pengelolaan berdasarkan hasil penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode kuantitatif. Pengambilan sampel limbah cair batik dilakukan secara *grab sampling*. Pengujian laboratorium dilakukan pada parameter COD, TSS, Khrom Total, dan pH. Metode eksperimental yaitu dengan percobaan unit filtrasi skala laboratorium dengan variasi ketebalan *fly ash* (0 cm, 10 cm, dan 20 cm) dan variasi waktu kontak (90 menit, 120 menit, dan 180 menit). Hasil penelitian menunjukkan parameter COD dan TSS masih berada di atas baku mutu, yaitu sebesar 4557,5 mg/L dan 227 mg/L. Efisiensi terbesar yang dihasilkan adalah pada ketebalan *fly ash* 10 cm dan waktu kontak 120 menit yang menghasilkan kadar COD dan TSS sebesar 258,3 mg/L dan 45 mg/L. Unit pengolahan yang direkomendasikan adalah unit ekualisasi, unit filtrasi, dan unit *anaerobic baffle reactor* (ABR).

**Kata Kunci:** Filtrasi; *Fly Ash*; Industri Batik; Limbah Cair Batik

### **ABSTRACT**

*Batik is a patterned fabric made by applying wax (malam) onto it. PT PLN Nusantara Power UP Rembang has a fostered village that includes a small-scale household batik industry that does not yet have a waste treatment unit. The liquid waste from batik production is directly discharged into the environment, which has the potential to cause pollution. This fostered village is located in Sendangasri Village, Lasem District, Rembang Regency, Central Java Province. Fly ash waste from PT PLN Nusantara Power UP Rembang will be used to treat batik liquid waste. The aim of this research is to analyze the quality of batik liquid waste, determine the ability of fly ash to reduce pollutant levels in batik liquid waste, and design management guidelines based on the research findings. The method used in this research is quantitative. Batik liquid waste samples were collected through grab sampling. Laboratory tests were conducted on the parameters of COD, TSS, Total Chromium, and pH. The experimental method involved testing a laboratory-scale filtration unit with variations in fly ash thickness (0 cm, 10 cm, and 20 cm) and contact time (90 minutes, 120 minutes, and 180 minutes). The results of the study showed that the COD and TSS parameters were still above the quality standard, at 4557.5 mg/L and 227 mg/L, respectively. The highest efficiency was obtained with a fly ash thickness of 10 cm and a contact time of 120 minutes, resulting in COD and TSS levels of 258.3 mg/L and 45 mg/L. The recommended treatment units are equalization units, filtration units, and anaerobic baffle reactor (ABR) units.*

**Keywords:** Filtration; *Fly Ash*; Batik Industry; Batik Wastewater

## PENDAHULUAN

Batik adalah kain bermotif yang dibuat dengan cara menorehkan malam (lilin) di atasnya dan merupakan salah satu kebudayaan Indonesia. Kecamatan Lasem merupakan daerah yang memiliki banyak industri batik skala rumah tangga di dalamnya. (Maulany N & Masruroh N, 2017). Salah satunya berada di Desa Binaan PT PLN Nusantara Power UP Rembang, yaitu di Desa Sendangasri, Kecamatan Lasem, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah. Proses produksi batik yang ada di Desa Sendangasri masih dilakukan secara tradisional, terdiri dari proses pewarnaan, pelorodan, pencucian, penjemuran, dan pengemasan. Industri batik skala rumah tangga yang ada di Desa Sendangasri ini belum dilengkapi dengan pengolahan sehingga limbah yang dihasilkan akan langsung dibuang ke lingkungan. Hal ini akan menimbulkan pencemaran karena limbah cair batik mengandung zat-zat pencemar yang berasal dari penggunaan malam (lilin) dan penggunaan bahan kimia seperti naftol yang digunakan untuk pewarnaan batik. Pewarna sintetis bersifat karsinogenik dan mengandung logam berat seperti kromium yang berbahaya bagi lingkungan maupun makhluk hidup. Selain itu pewarna sintetis juga akan menurunkan kandungan oksigen yang menyebabkan tingginya nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Pewarna sintetis juga menyebabkan limbah cair batik mengandung nilai *Total Suspended Solid* (TSS) karena warna yang dihasilkan sangat pekat. Jika limbah cair batik mencemari badan air ataupun ekosistem tanah akan menyebabkan penurunan kualitas dan organisme yang ada di air ataupun tanah akan mati karena tidak mampu untuk mendegradasi bahan-bahan kimia (Ramadhani & Khuzaimah, 2023).

PT PLN Nusantara Power UP Rembang dalam proses pengoperasiannya menghasilkan limbah abu batubara dari sisa pembakarannya berupa FABA (*Fly ash Bottom Ash*). Limbah FABA tersebut dimanfaatkan untuk pembuatan batako, *paving block*, dan pot. Sedangkan sisanya akan ditimbun pada landfill. Abu batubara merupakan limbah yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali. Pemanfaatan ini dapat mengurangi timbunan *fly ash* pada landfill sehingga dapat memperpanjang umur landfill. *Fly ash* memiliki kadar silika dan alumina yang tinggi sehingga memungkinkan untuk disintesis menjadi *zeolite like material* (ZLM). Struktur *fly ash* yang mirip dengan zeolit memungkinkan *fly ash* untuk dijadikan sebagai media filter dalam pengolahan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas limbah cair batik industri rumah tangga di Desa Sendangasri, menganalisis kemampuan *fly ash* dalam menurunkan kadar pencemar dalam limbah cair batik, dan membuat arahan pengelolaan berdasarkan penggunaan *fly ash* sebagai media filter dalam unit filtrasi (Sutrisno, dkk, 2014).

## METODE

### Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fly ash* yang berasal dari PT PLN Nusantara Power UP Rembang, ijuk, pasir silika, kerikil, limbah cair batik yang diambil dari desa binaan Sendangasri, dan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Alat yang digunakan yaitu kolom filtrasi berbahan kaca dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 60 cm, botol sampel, ayakan ukuran 50 mesh, gelas beker, gelas ukur, dan oven.

### Metode

Metode pengumpulan data dilakukan dengan survei dan pengamatan lapangan. Metode pengambilan Pengambilan sampel limbah cair batik di Desa Sendangasri ini dilakukan dengan berpedoman pada SNI 6989.59:2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Titik lokasi pengambilan sampel limbah cair batik adalah pada saluran sebelum masuk ke perairan penerima air limbah yang dilakukan dengan cara sesaat (*grab sampling*). Hal ini dilakukan pada air limbah industri yang menggunakan proses kontinyu dan melalui satu saluran pembuangan serta belum terdapat bak ekualisasi. Metode *grab sampling* digunakan dengan asumsi bahwa pengambilan sampel yang dilakukan sudah mewakili dari keseluruhan limbah cair batik. Metode eksperimental dilakukan dengan pengolahan sampel limbah cair batik dengan unit filtrasi skala laboratorium. Pengujian kualitas limbah cair batik baik sebelum dan

sesudah pengolahan dilakukan berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Metode analisis data akan dilakukan dengan analisis deskriptif.

**Tabel 1.** Baku Mutu Air Limbah Batik

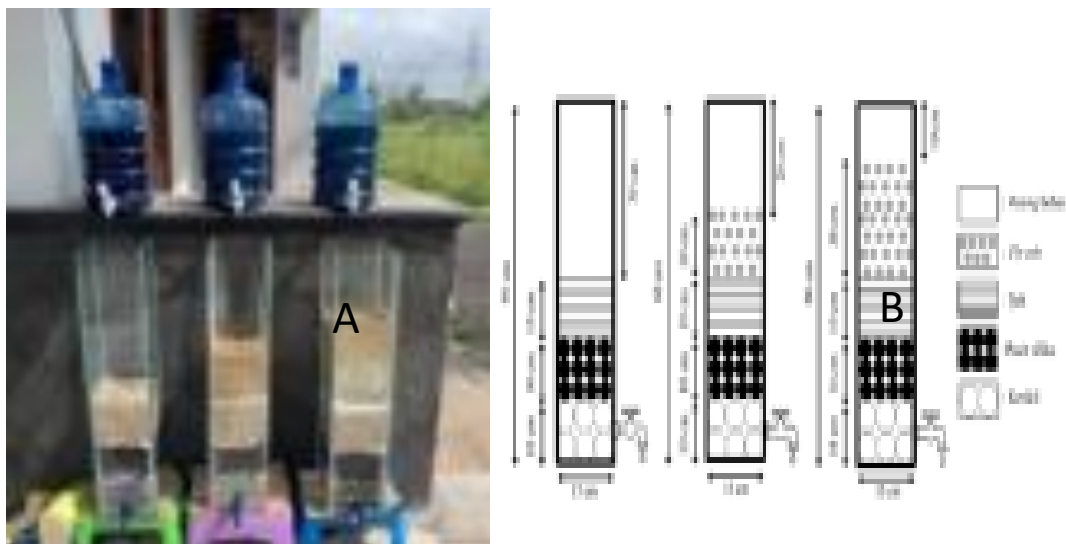
Parameter	Kadar Maks (mg/L)	Metode Uji
COD	150	SNI 06-6989.3-2004
TSS	50	SNI 6989.2-2009
Khrom Total	1	SNI 6989.17-2009
pH	6-9	pH meter

### Persiapan Bahan dan Aktivasi *Fly Ash*

Tahap persiapan bahan yaitu menyiapkan dan mencuci ijuk, pasir silika, dan kerikil agar bersih dari pengotor. *Fly ash* sebanyak 10kg diayak hingga ukuran 50 mesh, kemudian dilakukan aktivasi kimia dengan merendam *fly ash* pada larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2M selama 24 jam. Selanjutnya, mencuci *fly ash* menggunakan aquades hingga mencapai pH 7. *Fly ash* lalu akan diaktivasi secara fisika dengan dipanaskan pada oven dengan suhu 115°selama 3 jam.

### Uji Coba Unit Filtrasi Skala Laboratorium

Terdapat 3 buah kolom filtrasi dengan masing-masing berisi media filter berupa ijuk, pasir silika, dan kerikil dengan ketebalan 10 cm dan terdapat variasi ketebalan *fly ash* yang berbeda (0 cm, 10 cm, dan 20 cm). Kolom filtrasi 1 berisi *fly ash* (0 cm), ijuk, pasir silika, dan kerikil. Kolom filtrasi 2 berisi *fly ash* (10 cm), ijuk, pasir silika, dan kerikil. Sedangkan, kolom filtrasi 3 berisi *fly ash* (20 cm), ijuk, pasir silika, dan kerikil. Selanjutnya, limbah akan dimasukkan ke dalam masing-masing kolom filtrasi dengan volume limbah sebanyak 5 liter tiap kolomnya. Akan dilakukan pengambilan sampel pada waktu 60 menit, 120 menit, dan 180 menit. Kemudian, lakukan pengujian pada parameter COD, TSS, Khrom Total, dan pH. Kolom filtrasi ditunjukkan pada **Gambar 1**.



**Gambar 1** Kolom Filtrasi  
Sumber : Penulis (2024)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kualitas Limbah Cair Batik

Pengujian kualitas limbah cair batik dilakukan melalui uji laboratorium di Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit (BBTKLPP) Yogyakarta. Parameter yang dilakukan pengujian adalah *Total Suspended Solid* (TSS), *Chemical Oxygen Demand* (COD), Khrom Total, dan pH. Pada pengujian ini terdapat satu sampel yang diambil pada outlet limbah cair batik sebelum memasuki saluran pembuangan air. Kondisi fisik pada limbah cair batik yang diambil adalah berwarna biru kehitaman yang pekat serta berbau. Hasil pengujian kualitas limbah cair batik dapat dilihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Kualitas Limbah Cair Batik

Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Hasil Uji Pengolahan	% Target Penurunan
COD	150	4557,5 Perlu Diolah	96,7087
TSS	50	227 Perlu Diolah	77,9736
Khrom Total	1	0,0876 Perlu Diolah	-
pH	6-9	6 Tidak Perlu Diolah	-

Hasil pengujian menunjukkan bahwa parameter COD dan TSS memiliki nilai yang melebihi baku mutu. Nilai COD pada pengujian diperoleh sebesar 4557,5 mg/L yang mana hasil ini melampaui tinggi dari kadar baku mutu seharusnya, yaitu 150 mg/L. Untuk parameter TSS, didapatkan nilai sebesar 227 mg/L. Nilai baku mutu untuk kadar TSS adalah 50 mg/L sehingga nilai TSS yang terkandung dalam limbah cair batik ini masih melebihi baku mutu. Sedangkan, untuk parameter Khrom Total dan pH sudah memenuhi kadar baku mutu. Pengujian parameter Khrom Total memiliki nilai sebesar 0,0876 mg/L dari baku mutu yang ditetapkan sebesar 1 mg/L serta hasil untuk parameter pH memiliki nilai 6 dari baku mutu yang ditetapkan yaitu 6 – 9. COD berkaitan dengan adanya zat organik yang terkandung di dalam limbah cair batik. Semakin tinggi nilai COD menandakan bahwa semakin banyak zat organik dalam limbah cair batik tersebut. Proses produksi pembuatan batik yang paling berpengaruh terhadap tingginya kadar COD adalah pada proses pewarnaan. Industri batik rumah tangga di Desa Sendangasri menggunakan pewarna sintetis dalam produksinya, yaitu naftol dan indigosol. Pewarna sintetis mengandung kromofor (pembawa warna), ausokrom (pengikat warna), serta mengandung senyawa organik tidak jenuh yang sulit terdegradasikan sehingga dapat meningkatkan nilai COD dalam limbah cair batik (Fidiastuti & Lathifah, 2018).

Limbah cair batik memiliki karakteristik berupa warna yang pekat dan keruh. TSS mempengaruhi kekeruhan air karena terdapat partikel yang tidak dapat mengendap. TSS merupakan total padatan tersuspensi berupa zat organik maupun anorganik yang terapung di dalam air. Kadar TSS yang tinggi dalam limbah cair batik disebabkan oleh adanya sisa-sisa dari proses pewarnaan, pelorodan, dan pencucian kain batik. Pada proses tersebut terdapat sisa-sisa malam dan zat tambahan yang ikut dalam air yang digunakan untuk produksi batik. Zat tersebut berupa padatan yang dapat mengendap, terlarut, maupun tersuspensi (Apriyani, 2018).

### Kemampuan *Fly Ash* Dalam Menurunkan Kadar Pencemar Limbah Cair Batik

Hasil evaluasi kualitas limbah cair batik serta evaluasi standar effluen yang dilakukan pada industri batik skala rumah tangga di Desa Sendangasri menunjukkan bahwa terdapat beberapa parameter yang masih melebihi baku mutu, yaitu parameter COD dan TSS. Oleh karena itu, perlu dilakukan adanya arahan pengelolaan agar limbah cair batik yang nantinya akan dibuang tidak mencemari lingkungan dan sudah memenuhi batas baku mutu yang ada.

**Tabel 3.** Kualitas Limbah Cair Batik

Parameter	Limbah Awal	Fly Ash 0 cm			Fly Ash 10 cm			Fly Ash 20 cm			Baku Mutu*
		60'	120'	180'	60'	120'	180'	60'	120'	180'	
COD	4557,5	111 6,3	798, 3	470,8	370,8	258,3	268,3	633,3	360,8	275,8	150
TSS	227	163	130	125	65	45	79	105	61	65	50
Khrom Total	0,0876	0,00 94	0,00 93	0,166 4	0,0876	0,1664	0,0876	0,0876	0,0096	0,0876	1
pH	6	7	8	9	7	7	8	6	6	7	6 – 9

Pengujian unit filtrasi skala laboratorium menunjukkan bahwa nilai COD dan TSS pada masing-masing unit mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya lama waktu kontak. Pengolahan limbah cair batik dengan unit filtrasi menggunakan *fly ash* pada ketebalan 0 cm, 10 cm, maupun 20 cm terbukti dapat menurunkan kadar COD dan TSS walaupun untuk kadar COD belum dapat memenuhi batas baku mutu. Sedangkan, untuk parameter Khrom Total dan pH mengalami fluktuasi namun sudah jauh berada di bawah baku mutu baik sebelum dilakukan pengolahan dan sesudah dilakukan pengolahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa unit filtrasi yang memiliki ketebalan *fly ash* 10 cm secara garis besar menghasilkan kadar pencemar dengan nilai yang lebih rendah jika dibandingkan dengan unit filtrasi dengan ketebalan *fly ash* 0 cm dan 20 cm.

Ketika limbah cair batik mengalami kontak dengan *fly ash* di dalam unit filtrasi, maka kadar COD, TSS, Khrom Total akan tertarik dan terperangkap di dalam pori-pori yang dimiliki *fly ash*. Nilai COD dan TSS juga berpengaruh terhadap satu sama lain. Proses yang terjadi pada *fly ash* berupa adsorpsi atau penyerapan zat pencemar yang terkandung dalam limbah cair batik. Kandungan Si/Al yang tinggi menyebabkan *fly ash* dapat mengadsorpsi kandungan COD, TSS, dan Khrom Total dalam limbah cair batik. Nilai COD dan TSS saling berkaitan, dimana jika nilai COD tinggi maka nilai TSS juga akan tinggi ataupun sebaliknya. Hal ini disebabkan karena COD merupakan sebuah parameter yang menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimia. Senyawa inilah yang akan mempengaruhi kadar TSS dimana semakin banyak zat organik dalam limbah maka akan menyebabkan peningkatan kadar TSS (Putra dkk., 2020). Penggunaan media filter lainnya, seperti ijuk, pasir silika, dan kerikil juga berpengaruh terhadap penurunan kadar zat pencemar dalam limbah cair batik melalui proses penyaringan secara mekanis. Pasir silika dan ijuk berperan sebagai filtran yang dapat menyaring padatan tersuspensi melalui prinsip gravitasi sehingga padatan tersuspensi dapat dipisahkan. Kerikil dalam unit filtrasi berperan untuk menyaring kotoran kasar dan sebagai penyangga untuk menahan pasir agar tidak terbawa aliran hasil dari proses filtrasi.

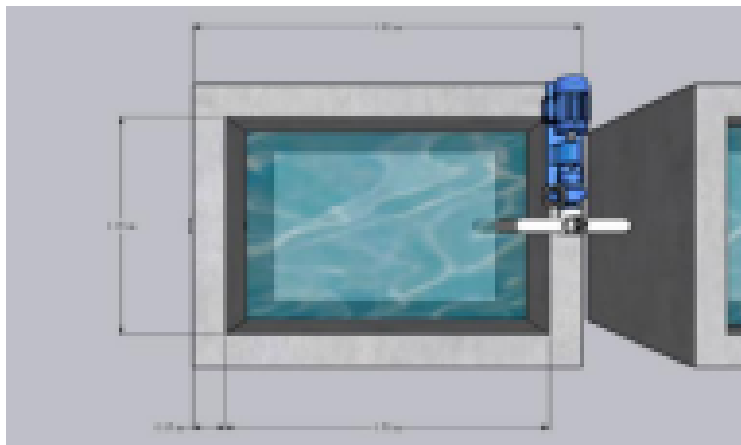
### Arahan Pengelolaan

Pengujian laboratorium mengenai kualitas limbah cair batik pada Desa Sendangasri menunjukkan bahwa masih terdapat parameter yang masih melebihi baku mutu. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu arahan pengelolaan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan oleh limbah cair batik. Arahan pengelolaan yang dilakukan berupa perancangan instalasi pengolahan air limbah. Unit yang

akan dirancang berupa unit filtrasi dengan ketebalan *fly ash* 10 cm dan waktu kontak 120 menit yang memiliki efisiensi tertinggi. Terdapat unit tambahan karena hasil penelitian belum dapat menurunkan kadar COD di bawah baku mutu. Unit yang akan ditambahkan berupa 1 unit bak ekualisasi dan 1 unit bak *anaerobic baffle reactor* (ABR) yang diharapkan akan mampu menurunkan kadar parameter dalam limbah cair batik sehingga sesuai dengan baku mutu. Urutan peletakan unit yang akan dirancang yaitu bak ekualisasi, bak filtrasi, dan yang terakhir adalah bak ABR (*Anaerobic Baffle Reactor*).

### Bak Ekualisasi

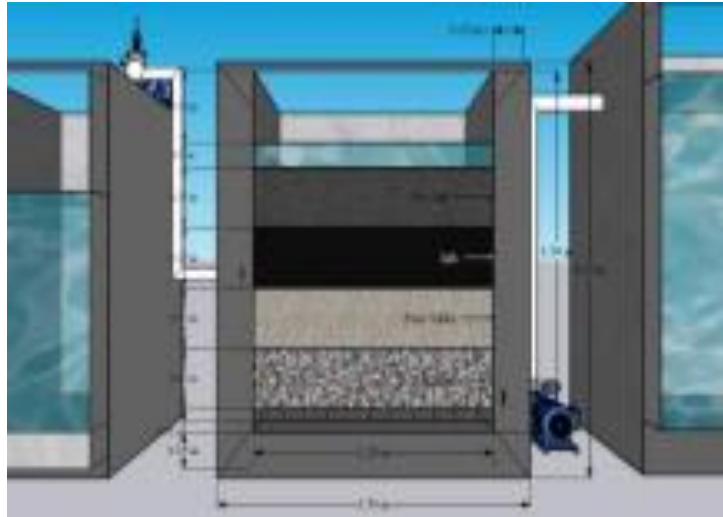
Bak ekualisasi merupakan bak penampung awal limbah cair batik sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut. Bak ekualisasi ini digunakan untuk menampung limbah cair batik yang dihasilkan dari proses pembuatan batik setiap harinya. Tujuan dari adanya bak ekualisasi adalah untuk menjaga fluktuasi dari kuantitas maupun kualitas limbah cair batik. Bak ekualisasi dapat menstabilkan debit air limbah sehingga aliran akan menjadi konstan serta dapat menghomogenkan kandungan bahan organik maupun anorganik dalam limbah cair batik. Berdasarkan pada penelitian sebelumnya, bak ekualisasi terbukti mampu untuk menurunkan kadar pencemar limbah cair batik. Bak ekualisasi mampu menyisihkan nilai COD sebesar 25,18% dan nilai TSS sebesar 61,72% pada waktu tinggal selama 4 jam (Sastrwijaya dkk., 2022).



**Gambar 2** Unit Ekualisasi  
Sumber : Penulis (2024)

### Bak Filtrasi

Bak filtrasi yang akan diaplikasikan pada skala lapangan merupakan hasil dari percobaan skala laboratorium. Media filter yang digunakan adalah *fly ash*, ijuk, pasir silika, dan kerikil dengan ketebalan 10 cm serta menggunakan waktu kontak 120 menit. Metode filtrasi dipilih karena metode ini efektif untuk menurunkan kadar parameter limbah cair batik yang memiliki karakteristik nilai TSS yang tinggi. Selain itu, metode filtrasi ini menggunakan limbah *fly ash* yang memiliki nilai ekonomis karena merupakan limbah yang dihasilkan secara terus-menerus. Bak filtrasi akan diletakkan setelah bak ekualisasi.

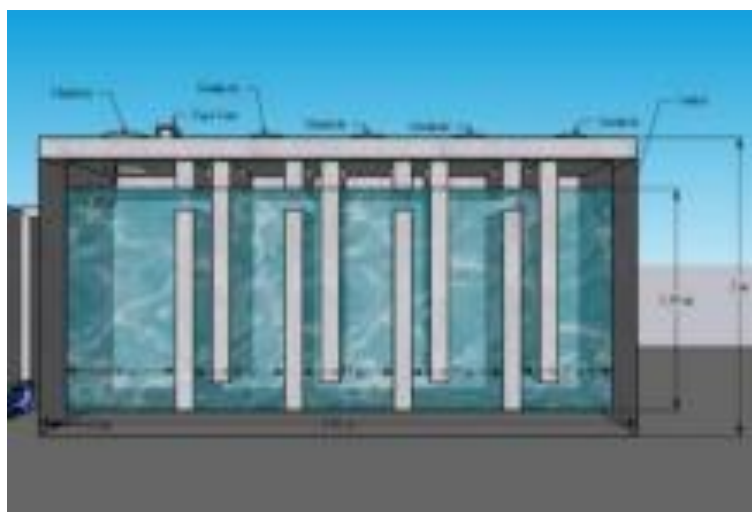


**Gambar 3** Unit Filtrasi  
Sumber : Penulis (2024)

### **Bak Anaerobic Baffle Reactor (ABR)**

*Anaerobic Baffle Reactor (ABR)* merupakan salah satu pengolahan limbah cair yang termasuk dalam pengolahan biologi. ABR dipilih sebagai tambahan pengolahan limbah cair batik pada penelitian ini dikarenakan metode ini efektif dalam menurunkan limbah cair yang memiliki kandungan bahan organik dan padatan yang tinggi. Efisiensi penurunan kadar COD dan TSS yang dapat dicapai oleh ABR ini mencapai 90%.

Penguraian senyawa organik oleh mikroorganisme yang terjadi secara anaerob, terbagi menjadi beberapa proses. Proses pertama yang terjadi adalah hidrolisis. Pada proses hidrolisis ini, bakteri saprofilik akan mengubah senyawa organik yang tidak larut air seperti lemak, protein, dan karbohidrat menjadi bahan organik yang dapat larut dalam air. Kemudian, memasuki proses selanjutnya yaitu proses asidogenik yang mana bakteri akan mengubah senyawa organik larut air menjadi asam organik rantai pendek, seperti asam butirat dan asam amino. Proses yang terakhir adalah proses metanogenesis dimana bakteri metanogenik ini akan mengubah asam organik volatil menjadi gas metan ( $\text{CH}_4$ ) dan karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ).



**Gambar 3** Unit ABR  
Sumber : Penulis (2024)

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengolahan limbah cair batik dengan metode filtrasi menggunakan *fly ash* di Desa Sendangasri, Kecamatan Lasem, Kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah dapat disimpulkan bahwa kualitas limbah cair batik pada lokasi penelitian memiliki 2 parameter yang melebihi baku mutu, yaitu pada parameter COD sebesar 4557,5 mg/L dan parameter TSS sebesar 257 mg/L. Sedangkan untuk parameter Khrom Total (Cr) dan pH sudah memenuhi baku mutu, yaitu untuk parameter Khrom Total (Cr) sebesar 0,0876 mg/L dan parameter pH sebesar 9. *Fly ash* mampu menurunkan kadar pencemar limbah cair batik, namun masih terdapat parameter yang melebihi baku mutu, yaitu parameter COD. Efektivitas unit filtrasi yang tertinggi terdapat pada *fly ash*, ijuk, pasir silika, dan kerikil pada ketebalan 10 cm dan waktu kontak 120 menit. Arah pengelolaan dilakukan dengan perancangan instalasi pengolahan air limbah. Unit yang digunakan adalah bak filtrasi dengan ketebalan media *fly ash* 10 cm dan pada waktu kontak 120 menit. Kadar COD dalam limbah cair batik belum dapat turun hingga di bawah baku mutu sehingga terdapat tambahan unit berupa bak ekualisasi dan bak ABR (*Anaerobic Baffle Reactor*).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada PT PLN Nusantara Power UP Rembang yang telah mengizinkan untuk melakukan penelitian, dosen-dosen Jurusan Teknik Lingkungan dan kampus UPN "Veteran" Yogyakarta. Saya juga ingin berterima kasih kepada kedua orang tua saya yang telah memberikan dukungan penuh dan doa dalam perjalanan penyelesaian artikel ilmiah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Apriyani, N. (2018). Industri Batik: Kandungan Limbah Cair dan Metode Pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 3(1), 21–29.
- Fidiastuti, H., & Lathifah, A. (2018). Uji Karakteristik Limbah Cair Industri Batik Tulungagung: Penelitian Pendahuluan. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek III*, 296–300.
- Mastian, S. A., Apriani, I., & Kadaria, U. (2022). Pengaruh Waktu Kontak Proses Adsorpsi dan Filtrasi Terhadap Perubahan Konsentrasi Besi, Warna, dan pH Pada Air Sumur. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis*, 3(1), 75–82.
- Maulany N, & Masruroh N. (2017). Kebangkitan Industri Batik Lasem Di Awal Abad XXI. *Patrawidya*, 18(1), 1–12.
- Putra, V. G. V., Mohamad, J. N., & Yusuf, Y. (2020). Penerapan Gelombang Plasma dalam Mengurangi Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Limbah Batik Melalui Corona Plasma dan Elektrokoagulasi dengan Metode Variasi. *JURNAL ILMU FISIKA*, 12(2)
- Ramadhani, A., & Khuzaimah, S. (2023). Pemanfaatan Limbah FABA (Fly ash Bottom ash) PLTU Karangandri Sebagai Adsorben Pengolahan Limbah Batik di Desa Kutawaru Cilacap. *Jurnal Rekayasa Bahan Alam dan Energi Berkelanjutan*, 7(2), 25–32.
- Ramadhani, J., Asrifah, R. D., & Wahyuning, I. (2019). Pengolahan Air Lindi Menggunakan Metode Constructed Wetland di TPA Sampah Tanjungrejo, Desa Tanjungrejo, Kecamatan Jekulo, Kabupaten Kudus. *Jurnal Ilmiah Lingkungan Kebumihan*, 1(2), 1–8.
- Sastruwijaya, I. G., Supraba, I., & Ahmad, J. (2022). Evaluasi Kinerja dan Potensi Pemanfaatan Efluen Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Skala Permukiman Berbah. *Jurnal Sains dan*



Teknologi Lingkungan, 14(1), 16–30.

Sutrisno, B., Hidayat, A., Zahrul Mufrodi, dan, Dahlan Yogyakarta, A., & Soepomo Janturan, J. (2014). Modifikasi Limbah Abu Layang menjadi Adsorben untuk Mengurangi Limbah Zat Warna pada Industri Tekstil. *CHEMICA : Jurnal Teknik Kimia*, 1(2), 57– 66.