

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN  
RISET UNGGULAN DAERAH**

**PENGGUNAAN KEMBALI LIMBAH CAIR BATIK  
MENJADI AIR BERSIH MENGGUNAKAN METODE  
TEKNOLOGI MEMBRAN**

**Tim Peneliti :**

**Nur Laila Rahayu, S.Si, M.Si  
Kiswanto, M.Si.  
Wintah, M.Si.**

**PEMERINTAH KOTA PEKALONGAN  
BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN,  
PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN DAERAH  
TAHUN 2019**

## HALAMAN PENGESAHAN

1. Kegiatan Penelitian : Riset Unggulan Daerah  
- Judul Penelitian : Penggunaan Kembali Limbah Cair Batik Menjadi Air Bersih Menggunakan Teknologi Membran
2. Nomor SPK : 050/2245
3. Waktu Pelaksanaan : 5 (lima) bulan
4. Lokasi Penelitian : Kota Pekalongan
5. Peneliti  
- Ketua Tim : Nur Laila Rahayu,S.Si., M.Si  
- Anggota : 1. Kiswanto., M.Si  
2. Wintah, M.Si
- Sumber Anggaran : APBD Kota Pekalongan  
Besar Anggaran : Rp.24.625.000,-  
*(Dua Puluh Empat Juta Enam Ratus Dua Puluh Lima Ribu Rupiah)*

Mengetahui,  
Kepala Bappeda Kota Pekalongan

Pekalongan, Desember 2019  
Ketua Peneliti

**Ir. Anita Heru Kusumorini, M.Sc**  
Pembina Utama Muda  
NIP. 19650717 199203 2 014

**Nur Laila Rahayu,S.Si., M.Si**  
NIDN: 0626059301

## **KATA PENGANTAR**

Dengan memanjatkan puji syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT, serta atas berkat dan rahmatNya. Akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan akhir penelitian Riset Tematik dengan lancar. Tidak lupa sholawat serta salam selalu tercurah kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW dan para pengikutnya.

Penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada Bappeda Kota Pekalongan yang telah mendanai penelitian ini dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam penelitian ini sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan lancar. Dukungan dari berbagai pihak telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan akhir penelitian ini sehingga penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah Kota Pekalongan
2. Dinas Lingkungan Hidup Kota Pekalongan
3. Dinas Kelautan dan Perikanan Kota Pekalongan
4. Dinas Pariwisata, Kebudayaan, Kepemudaan dan Olahraga Kota Pekalongan

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan penelitian ini masih banyak kekurangan. Sehingga, penulis membutuhkan masukan dan dukungan dari berbagai pihak. Kritik dan saran sangat penulis butuhkan demi kesempurnaan penelitian saat ini dan penelitian yang akan datang.

Pekalongan, Desember 2019

Penulis

## **TIM PELAKSANA PENELITIAN**

### **A. Ketua Peneliti**

1. Nama Lengkap : Nur Laila Rahayu, S.Si., M.Si
2. NIDN : 0626059301
3. Bidang Keahlian : Biologi Konservasi
4. Alamat Rumah : Jalan Margomulyo Nomor 5 RT 04 RW  
008 Arcawinangun, Purwokerto Timur,  
Banyumas
5. Telp/Hp : 081222280845
6. Pendidikan : Magister Ilmu Biologi

### **B. Anggota Peneliti 1**

1. Nama Lengkap : Kiswanto., M.Si
2. NIDN : 0119107602
3. Bidang Keahlian : Pengolahan Limbah Cair
4. Alamat Rumah : Wonorejo RT 02/01 Wonopringgo  
Pekalongan
5. Telp/Hp : 081360400632
6. Pendidikan : Magister Ilmu Lingkungan

### **C. Anggota Peneliti 2**

1. Nama Lengkap : Wintah., M.Si
2. Bidang Keahlian : Biologi Konservasi
3. Alamat Rumah : Wonorejo RT 01/RW 02 Wonopringgo  
Pekalongan
4. Telp/Hp : 085201495665
5. Pendidikan : Magister Ilmu Biologi

## ABSTRAK

Pekalongan merupakan kota batik yang paling terkenal di Indonesia. Kota Pekalongan merupakan salah satu kota di Indonesia yang dinobatkan oleh UNESCO sebagai kota batik yang paling kreatif. Seiring dengan penobatan Kota Batik, muncul permasalahan berkaitan dengan pencemaran limbah batik yang akhirnya merusak lingkungan. Sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah batik yang cepat dan ramah lingkungan. Salah satu alternatifnya adalah pengolahan limbah batik menggunakan teknologi membran. Untuk mengetahui kinerja membran Nanofiltrasi dalam penyisihan warna, COD, BOD, TSS, dan logam Pb digunakan limbah cair batik dengan konsentrasi yang berbeda. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh tekanan (4, 5, dan 6 bar) terhadap Fluks dan tingkat rejeksi dari masing-masing dari setiap parameter. Tekanan optimum membran nanofiltrasi untuk semua parameter adalah 6 bar. Hasil penelitian menunjukkan hasil rejeksi dari zat warna, COD, BOD, TSS dan Pb berturut-turut tanpa pengenceran, 10 kali pengenceran, 20 kali pengenceran, 30 kali pengenceran berturut-turut adalah (98,29%-99,87%), (92,10-100%), (100%), (99,25-100%), (95,25-100%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyisihan warna, COD, BOD, TSS dan logam Pb sudah memenuhi baku mutu untuk tekanan optimum 6 bar sesuai dengan Permen LH No.5 tahun 2004 dan Perda Jateng No.5 Tahun 2012. Potensi teknologi membran Nanofiltrasi dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair batik.

**Kata Kunci** : *Limbah Batik, Nanofiltrasi, tekanan, Warna, COD, BOD, TSS, Pb*

## **ABSTRACT**

*Pekalongan is the most famous batik city in Indonesia. The city of Pekalongan is one of the cities in Indonesia which is crowned by UNESCO as the most creative batik city. Along with the coronation of Batik city, emerging problems related to the pollution of waste batik that ultimately damage the environment. It needs to be done fast and environmentally friendly batik waste processing. One alternative is the processing of batik waste using membrane technology. To know the performance of membrane nanofiltration in color allowance, COD, BOD, TSS, and metal Pb used batik liquid waste with different concentrations. This research was conducted to analyse the influence of pressure (4, 5, and 6 bar) against flux and the degree of windection of each of the parameters. The optimum pressure of membrane nanofiltration for all parameters is 6 bar. The results showed that the results of the rejection of colorants, COD, BOD, TSS and Pb respectively without dilution, 10 times dilution, 20 times dilution, 30 times in successive dilution is (98,29%-99.87%), (92,10-100%), (100%), (99,25-100%), ( 95,25-100%). The results showed that the color allowance, COD, BOD, TSS and Pb Metal had fulfilled the quality standards for the optimum pressure of 6 bar according to Ministry of Environment Regulation No. 5 year 2004 and Local Regulations of Central Java No. 5 year 2012. Potential of membrane nanofiltration technology can be used for the processing of batik liquid waste.*

**Keywords:** *waste batik, nanofiltration, pressure, color, COD, BOD, TSS, Pb*

## DAFTAR ISI

Halaman Pengesahan .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Tim Pelaksana Penelitian.....	iv
Abstrak .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Tabel .....	viii
Daftar Gambar .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	5
C. Tujuan Penelitian.....	5
D. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
A. Zat Warna Tekstil .....	6
B. Karakteristik Limbah Cair .....	6
C. Pengolahan Limbah Tekstil Secara Fisika dan Kimia .....	8
D. Teknologi Membran .....	8
E. Proses-proses Membran .....	8
F. Kerangka Penelitian .....	10
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>11</b>
A. Rencana Penelitian.....	11
B. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	11
C. Ruang Lingkup Penelitian.....	11
D. Penentuan Sumber Data.....	11
E. Variabel Penelitian .....	11
F. Bahan Penelitian.....	11
G. Instrumen Penelitian .....	12
H. Prosedur Penelitian .....	12
I. Pengolahan dan Analisis Data .....	12
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>13</b>
A. Uji Karakteristik Air Limbah Batik.....	13
B. Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Penyisihan Warna, COD, BOD, TSS, dan Pb .....	14
C. Uji Paramater Warna.....	17
D. Uji Paramater COD.....	19
E. Uji Paramater BOD.....	21
F. Uji Paramater TSS.....	22
G. Uji Paramater Pb.....	23
H. Analisis Aplikasi Teknologi Membran di Lapangan.....	24
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>26</b>
A. Simpulan .....	26
B. Saran .....	26
DAFTAR PUSTAKA .....	28
LAMPIRAN .....	32

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik dan Baku Mutu Limbah Cair Industri Tekstil .....	7
Tabel 4.1. Karakteristik Air limbah Batik.....	13
Tabel 4.2 Nilai rejeksi larutan warna konsentrasi 29721,7 mg/l tanpa pengenceran variasi tekanan (4, 5, dan 6 bar) .....	17
Tabel 4.3 Nilai rejeksi larutan warna pengenceran 10 kali dengan konsentrasi 2972,17 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar).....	18
Tabel 4.4 Nilai rejeksi larutan warna batik dengan pengenceran 20 kali dengan konsentrasi 1486,08 mg/l tiap tekanan .....	18
Tabel 4.5 Nilai rejeksi larutan warna batik dengan pengenceran 30 kali dengan konsentrasi 743,04 mg/l tiap tekanan .....	18
Tabel 4.6 Nilai rejeksi COD konsentrasi 12063,33 mg/l tanpa pengenceran dengan variasi tekanan (4,5,dan 6 bar) .....	19
Tabel 4.7 Nilai rejeksi COD pengenceran 10 kali konsentrasi 1206,33 mg/l dengan variasi tekanan (4,5, dan 6 bar).....	19
Tabel 4.8 Nilai rejeksi COD pengenceran 20 kali konsentrasi 603,16 mg/l dengan variasi tekanan (4,5, dan 6 bar) .....	19
Tabel 4.9 Nilai rejeksi COD pengenceran 30 kali konsentrasi 301,58 mg/l dengan variasi tekanan (4,5, dan 6 bar) .....	19
Tabel 4.10 Nilai rejeksi BOD konsentrasi 3739,63 mg/l tanpa pengenceran variasi tekanan (4, 5, dan 6 bar) .....	21
Tabel 4.11 Nilai rejeksi BOD pengenceran 10 kali konsentrasi 373,963 mg/l variasi tekanan (4,5,dan 6 bar) .....	21
Tabel 4.12 Nilai rejeksi BOD pengenceran 20 Kali konsentrasi 186,98 mg/l Variasi tekanan (4,5, dan 6 bar).....	21
Tabel 4.13 Nilai rejeksi BOD pengenceran 30 Kali konsentrasi 93,49 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar) .....	21
Tabel 4.14 Nilai rejeksi TSS konsentrasi 6400 mg/l tanpa pengenceran variasi tekanan (4,5, dan 6 bar) .....	22
Tabel 4.15 Nilai rejeksi TSS pengenceran 10 kali konsentrasi 640 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar).....	22
Tabel 4.16 Nilai rejeksi TSS pengenceran 20 kali konsentrasi 320 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar) .....	22
Tabel 4.17 Nilai rejeksi TSS pengenceran 30 kali konsentrasi 160 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar) .....	22
Tabel 4.18 Nilai rejeksi Pb konsentrasi 3,015 mg/l tanpa pengenceran Variasi Tekanan (4, 5, dan 6 bar).....	23
Tabel 4.19 Nilai rejeksi Pb pengenceran 10 kali konsentrasi 1,515 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar) .....	23
Tabel 4.20 Nilai rejeksi Pb pengenceran 20 kali konsentrasi 1,515 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar) .....	23
Tabel 4.21 Nilai rejeksi Pb pengenceran 30 kali konsentrasi 1,515 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar) .....	23



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kerangka Penelitian.....	10
Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Relative Fluks Larutan Limbah Batik Asli .....	14
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Relative Fluks Larutan Limbah Batik dengan 10 Kali Pengenceran .....	15
Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Relative Fluks Larutan Limbah Batik dengan 20 Kali Pengenceran .....	15
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Relative Fluks Larutan Limbah Batik dengan 30 Kali Pengenceran .....	16
Gambar 4.6 Kurva Standar Parameter Warna .....	17
Gambar 4.7 Kurva standar parameter COD .....	19

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Batik merupakan warisan budaya dunia yang berasal dari Indonesia. Batik Indonesia telah diakui oleh Badan Perserikatan Bangsa Bangsa Urusan Kebudayaan (UNESCO). Pengakuan ini diberikan UNESCO dengan melihat berbagai upaya yang dilakukan oleh bangsa Indonesia, terutama karena penilaian terhadap keragaman motif batik yang penuh makna filosofi mendalam. Disamping itu, pemerintah dan rakyat Indonesia juga dinilai telah melakukan berbagai langkah nyata untuk melindungi dan melestarikan warisan budaya ini secara turun temurun. Pengakuan Unesco, membuat bangsa Indonesia bangga sebagai bangsa yang berbudaya tinggi (Pratiwi, 2010).

Seiring permintaan pasar batik terus meningkat produksinya, sehingga yang terjadi adalah pencemaran limbah industri batik dan tekstil. Industri batik dan tekstil merupakan salah satu penghasil limbah cair yang berasal dari proses pewarnaan. Selain kandungan zat warnanya tinggi, limbah industri batik dan tekstil juga mengandung bahan-bahan sintetik yang sukar larut atau sukar diuraikan. Setelah proses pewarnaan selesai, akan dihasilkan limbah cair yang berwarna keruh dan pekat. Biasanya warna air limbah tergantung pada zat warna yang digunakan. Limbah air yang berwarna-warni ini yang menyebabkan masalah terhadap lingkungan (Agustina *et al.*, 2011)

Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik non-biodegradable, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama lingkungan perairan. Senyawa zat warna di lingkungan perairan sebenarnya dapat mengalami dekomposisi secara alami oleh adanya cahaya matahari, namun reaksi ini berlangsung relatif lambat, karena intensitas cahaya UV yang sampai ke permukaan bumi relatif rendah sehingga akumulasi zat warna ke dasar

perairan atau tanah lebih cepat daripada fotodegradasinya (Al-kdasi 2004).

Limbah tersebut dapat menaikkan kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*). Jika hal ini melampaui ambang batas yang diperbolehkan, maka gejala yang paling mudah diketahui adalah matinya organisme perairan (Al-kdasi, 2004). Oleh karena itu perlu, dilakukan pengolahan limbah industri tekstil yang lebih lanjut agar limbah ini aman bagi lingkungan.

Saat ini berbagai teknik atau metode penanggulangan limbah tekstil telah dikembangkan, di antaranya adalah metode adsorpsi. Namun metode ini ternyata kurang begitu efektif karena zat warna tekstil yang diadsorpsi tersebut masih terakumulasi di dalam adsorben yang pada suatu saat nanti akan menimbulkan persoalan baru. Sebagai alternatif, dikembangkan metode fotodegradasi dengan menggunakan bahan fotokatalis dan radiasi sinar ultraviolet. Metode fotodegradasi akan membuat zat warna terurai menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana dan lebih aman untuk lingkungan. Pengolahan limbah batik dengan proses kimia dan adsorpsi karbon aktif telah dilakukan oleh Setyaningsih (2007). Pengolahan limbah yang dipilih adalah dengan proses kimia dan fisika, hal ini karena tujuan utama dari pengolahan limbah batik adalah penghilangan warna dari limbah batik. Koagulan yang digunakan adalah  $\text{FeSO}_4$  dan  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Hasil penelitian Setyaningsih (2007) didapatkan cara yang paling baik adalah proses koagulasi/flokulasi-sedimentasi-adsorpsi, dengan persen pengurangan warna sebesar 100%. Jenis adsorben yang paling bagus adalah karbon aktif tempurung kelapa, karbon aktif sekam padi, karbon aktif batu bara lokal dan karbon aktif batu bara impor.

Metode oksidasi dengan menggunakan bahan-bahan pengoksidasi dengan teknik *advanced oxidation processes (AOPS)* telah dikembangkan dengan menggunakan radikal bebas hidroksi. AOPS proses menggunakan kombinasi ozone ( $\text{O}_3$ ), hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) and

radiasi sinar UV. Teknik ini sangat baik untuk mengurangi warna limbah tetapi tidak mampu menurunkan angka COD (Ahmet *et al.*, 2003; Lidia *et al.*, 2001; Staniskaw *et al.*, 1999; Tzitzi *et al.*, 1994).

Beberapa metode konvensional yang digunakan untuk mengolah limbah tekstil adalah kombinasi dari proses biologi, fisika dan kimia (Acher dan Rosenthal, 1977; Brown dan Hamburger, 1987). Karena limbah tekstil biasanya dihasilkan dalam skala besar maka beberapa metode tersebut menjadi tidak menguntungkan. Metode baru yaitu penggunaan ozon dan photooksidasi telah juga dikembangkan untuk mengolah limbah tekstil (Tratnyek dan Hoigne, 1991; Tratnyek *et al.*, 1994). Metode ozonasi dan photooksidasi memerlukan biaya yang sangat tinggi dan sukar jika diterapkan untuk masyarakat. Metode elektrokimia merupakan metode yang sukses untuk mengolah beberapa limbah cair industri (Matis, 1980), termasuk limbah zat warna dari industri tekstil (Sheng dan Peng, 1994). Dalam makalah ini peneliti menemukan metode baru untuk mengolah limbah batik dengan menggunakan metode elektrolisis dengan anoda dan katoda platinum (Pt). Pt merupakan logam inert yang sangat baik sebagai elektrokatalis dan tahan terhadap kondisi larutan. Metode ini merupakan metode yang efektif, selektif, ekonomis, bebas polutan dan sangat sesuai untuk menghancurkan senyawa-senyawa organik. Hasil akhirnya adalah air dan gas karbon dioksida.

Pengolahan limbah cair batik merupakan upaya untuk mengurangi pencemaran air. Penelitian ini mencoba mengolah limbah cair batik menggunakan teknologi membran. Mengingat Kota Pekalongan sentral industri batik terbesar di Indonesia. Limbah cair batik menjadi persoalan adalah pencemaran air. Teknologi ini lebih mudah perawatannya dan sangat tepat diterapkan untuk masyarakat. Saat ini jumlah IPAL Komunal di Kota Pekalongan masih sedikit belum sebanding dengan jumlah industri batik skala rumah tangga. Dari data BLH, ada sebanyak 1.050 unit usaha, dan menurut data Disperindagkop dan UMKM, persebaran usaha batik berada di 16 sentra. Namun, jumlah IPAL komunal batik

baru ada tiga dengan kapasitas yang juga dianggap belum mampu menampung seluruh limbah produksi yang dihasilkan dari unit usaha batik di lingkungan IPAL berada. Sehingga sebagian besar pengusaha batik masih membuang limbah batik langsung ke sungai tanpa ada treatment terlebih dahulu. Akibat pembuangan limbah batik ke sungai akan menyebabkan pencemaran lingkungan yang berat.

Limbah cair yang dihasilkan industri tekstil jika di buang ke daerah perairan akan menyebabkan terganggunya ekosistem akuatik. Oleh sebab itu perlu diterapkan teknologi pengolahan limbah yang baik. Teknologi pengolahan limbah secara kimia dan fisika cukup efektif untuk menghilangkan warna, akan tetapi ada beberapa kekurangan yaitu biaya mahal, pemakaian bahan kimia yang tidak sedikit dan menimbulkan lumpur yang banyak. Saat ini teknologi pengolahan limbah tekstil yang berkembang adalah pengolahan limbah secara biologi, yaitu dengan memanfaatkan mikroorganisme untuk mendegradasi molekul zat warna tekstil yang memiliki struktur kompleks menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana (Manurung *et al.*, 2004).

Dalam rangka pengendalian pencemaran lingkungan oleh limbah industri, Pemerintah Republik Indonesia mengeluarkan Kep Men LH No. 51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah industri. Perundang-undangan tersebut mewajibkan setiap usaha atau kegiatan melakukan pengolahan limbah sampai memenuhi persyaratan baku mutu air limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Untuk mengetahui apakah hasil degradasi limbah cair batik menggunakan teknologi membran telah memenuhi persyaratan baku mutu tersebut, maka dilakukan pengujian yang meliputi uji BOD<sub>5</sub>, COD, TSS, pH, dan warna. Berdasarkan hal tersebut di atas, dalam penelitian ini akan dikaji kondisi optimum degradasi limbah tekstil menggunakan teknologi membran serta kualitas hasil degradasi limbah tekstil yang meliputi COD, BOD<sub>5</sub>, TSS, pH, warna dan logam berat.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimanakah kondisi optimum degradasi limbah cair batik menggunakan teknologi membran?
2. Bagaimanakah kualitas hasil degradasi limbah pencelupan tekstil dengan menggunakan teknologi membran jika dilihat dari parameter COD, BOD5, TSS, pH, warna dan logam berat?

## **C. Tujuan Penelitian**

### **1. Tujuan umum**

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar kemampuan teknologi membran untuk mendegradasi limbah cair batik.

### **2. Tujuan Khusus**

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

- 1) Untuk menentukan kondisi optimum degradasi limbah cair pencelupan tekstil menggunakan teknologi membran.
- 2) Untuk menentukan kualitas hasil degradasi limbah pencelupan tekstil dengan menggunakan teknologi membran dilihat dari parameter COD, BOD5, TSS, pH, warna dan logam berat.

## **D. Manfaat Penelitian**

Memberikan informasi mengenai kondisi optimum degradasi limbah tekstil menggunakan teknologi membran dan sekaligus mengetahui kualitas hasil degradasi dilihat dari parameter COD, BOD5, TSS, pH, dan warna serta sebagai kajian dalam penelitian lebih lanjut.

Manfaat praktis dalam penelitian ini adalah:

- 1) Memberikan informasi tentang penggunaan teknologi membran untuk mendegradasi limbah pencelupan limbah cair batik menjadi air bersih.
- 2) Memberikan sumbangan ilmiah terhadap bidang teknologi pengendalian limbah cair industri tekstil.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Zat Warna Tekstil**

Limbah tekstil banyak mengandung bahan-bahan yang berbahaya bila di buang ke lingkungan, terutama daerah perairan seperti sungai, danau maupun laut. Sebagian besar bahan yang terdapat dalam limbah tekstil adalah zat warna, terutama zat warna sintetik. Zat warna sintetik merupakan molekul dengan sistem elektron terdelokalisasi dan mengandung dua gugus yaitu kromofor dan auksokrom. Kromofor berfungsi sebagai penerima elektron, sedangkan auksokrom sebagai pemberi elektron yang mengatur kelarutan dan warna. Gugus kromofor yang penting yaitu gugus azo ( $-N=N-$ ), gugus karbonil ( $-C=O$ ), gugus etilen ( $-C=C-$ ), dan gugus nitro ( $-NO$  beberapa gugus auksokrom yang penting adalah  $-NH_2$ ,  $-COOH$ ,  $-SO_3H$  dan  $-OH$  (Ramachandran *et al.*, 2009 dalam Fajrudin *etal.*, 2016) . Saat ini, terdapat bermacam-macam jenis zat warna sintetik yang penggunaannya disesuaikan dengan jenis serat yang akan dicelup, ketahanan warna yang dikehendaki, faktor-faktor teknis dan ekonomis lainnya.

Pemeriksaan zat warna ditentukan dengan membandingkan secara visual warna dari sampel dengan larutan standart warna yang diketahui konsentrasinya. Menurut Allaerts dan Sumerti, (1987), dalam metode standart warna digunakan larutan Platina-Cobalt dengan satuan mg/I-PtCo. Air limbah yang baru dihasilkan biasanya berwarna abu-abu apabila senyawa-senyawa organik yang ada mulai pecah oleh bakteri. Oksigen terlarut dalam limbah direduksi sampai menjadi nol dan warnanya berubah menjadi hitam (gelap).

#### **B. Karakteristik Limbah Cair**

Kandungan zat-zat pencemar dalam limbah tekstil tergantung pada proses yang dilakukan yaitu proses pemintalan benang, penenunan dan pencelupan. Pemintalan benang adalah proses pembuatan benang

dari serat dari kapas, serat poliester atau bahan lainnya. Penenunan adalah penyusunan benang menjadi kain. Kain hasil penenunan selanjutnya mengalami proses pencelupan untuk meningkatkan nilai komersial kain.

Proses pencelupan kain pada dasarnya meliputi penghilangan kanji (*desizing*), pelepasan wax (*ouring*), pengelantangan (*bleaching*), *mercerizing* dan pencelupan (*dyeing*). *Desizing* merupakan penghilangan sisa-sisa bahan seperti pati dan polivinil alkohol. Proses *desizing* dapat menggunakan asam atau enzim. *Scouring* merupakan penghilangan pengotor-pengotor alami yang terdapat pada kain melalui proses saponifikasi pada pH tinggi. Sabun atau detergen ditambahkan selama proses *scouring* untuk mengendapkan kalsium, magnesium maupun besi yang terdapat pada kain. *Bleaching* merupakan penghilangan zat warna alami pada kain yang tidak diinginkan. *Mercerising* adalah pengolahan kain menggunakan larutan alkali pekat yang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan serat mengikat zat warna dan penampakan kain yang lembut (Sunarto, 2008). Secara garis besar tahapan dalam produksi tekstil disajikan pada Gambar 2.1.

Karakteristik limbah cair yang dihasilkan industri tekstil sangat erat hubungannya dengan bahan-bahan yang digunakan dalam tahapan proses pembuatan tekstil. Karakteristik dan baku mutu limbah cair industri tekstil disajikan seperti pada Tabel 2.1. di bawah ini.

**Tabel 2.1 Karakteristik dan Baku Mutu Limbah Cair Industri Tekstil**

Parameter	Satuan	Kadar maksimum menurut Kepmen LH No. 51/MENLH/10/1995
Biochemical oxygen demand (BOD)	Mg/L	60,0
Chemical oxygen demand (COD)	Mg/L	150,0
Total suspended solid (TSS)	Mg/L	50,0
pH	-	6,0-9,0
Warna	Pt-Co	-

(Sumber : KepMen LH No. 51/MENLH/10/1995)



### **C. Pengolahan Limbah Tekstil Secara Fisika dan Kimia**

Pengolahan limbah tekstil dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi. Proses fisika yang digunakan dalam pengolahan limbah adalah proses penyaringan dan adsorpsi. Penyaringan merupakan proses pemisahan padat-cair melalui suatu alat penyaring, sedangkan proses adsorpsi dilakukan dengan

penambahan adsorben seperti zeolit, karbon aktif, serbuk gergaji. Pengolahan limbah cair dengan cara adsorpsi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ukuran partikel, pH dan lama waktu kontak antara adsorben dengan bahan pencemar (Mattioli *et al.*, 2002). Pengolahan limbah secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap (koloid), logam-logam berat, dan zat organik beracun dengan menambahkan bahan kimia tertentu (Manurung *et al.*, 2004).

Salah satu contoh pengolahan limbah secara kimia adalah koagulasi. Prinsip koagulasi adalah penambahan koagulan seperti  $MgSO_4$  pada limbah sehingga terjadi interaksi antara bahan pencemar dengan koagulan membentuk endapan atau  $Al_2(SO_4)_3$ .

### **D. Teknologi Membran**

Membran merupakan suatu lapisan tipis yang bersifat permeable atau semipermeable yang menghalangi unsur unsur dengan ukuran tertentu untuk melewatinya. Membran menjadi penghalang yang mengontrol transportasi molekul molekul sehingga terbentuklah permeal yang terbebas dari molekul molekul pengotor. Performa suatu membran ditentukan oleh dua faktor sederhana yaitu fluks (kecepatan aliran permeal) dan selektivitas membrane (Hughes., 1992). Membran proses termasuk mikrofiltrasi (MF), ultrafiltrasi (UF), nanofiltrasi (NF) dan reverse osmosis (RO) telah menjadi alat penting dalam pengelolaan air, karena lebih efisiensi telah terbukti dari teknis dan ekonomis, serta ekologi untuk beberapa waktu sekarang. Hal ini sebagian didasarkan pada hasil yang diperoleh selama operasi sistem reverse osmosis yang

dikembangkan pada hari-hari awal teknologi ini untuk desalinasi air laut, dengan proses ini menjadi salah satu tonggak paling penting dalam sejarah teknologi membran menghasilkan paten yang diberikan untuk pertama spiral-luka-elemen pada tahun 1964 (Cheryan, 1998).

Proses membran yang digunakan saat ini untuk berbagai pose yang berbeda, tapi terutama untuk mengatasi kelangkaan air dan untuk mencegah polusi air, dimana pilihan jenis proses harus terhenti sebagai langkah utama atau dalam kombinasi dengan teknologi-teknologi lainnya tergantung pada jenis komponen atau kontaminan, kembali spectively, dipisahkan dari air untuk diperlakukan, dan persyaratan kualitas yang dikenakan untuk air yang dihasilkan. Oleh karena itu, dalam kasus ini dan karena penggunaan multifungsi teknologi membran, pengolahan air jangka dipandang terdiri kedua bidang pengelolaan air konvensional yang fokus dan longgar didasarkan pada topik cluster air minum kualitas air dan kota dan industri air limbah (Peters, 2010).

#### **E. Proses-Proses Membran**

Secara definitif, membran dapat diartikan sebagai lapisan tipis semipermeabel yang berada diantara dua fasa dan berfungsi sebagai media pemisah selektif. Perpindahan massa melalui membran terjadi jika suatu gaya dorong (*driving force*) diberikan pada komponen dalam umpan (Wenten, 2015). Proses-proses berbasis membran dapat diklasifikasikan berdasarkan gaya dorongnya, antara lain :

##### **Perbedaan tekanan**

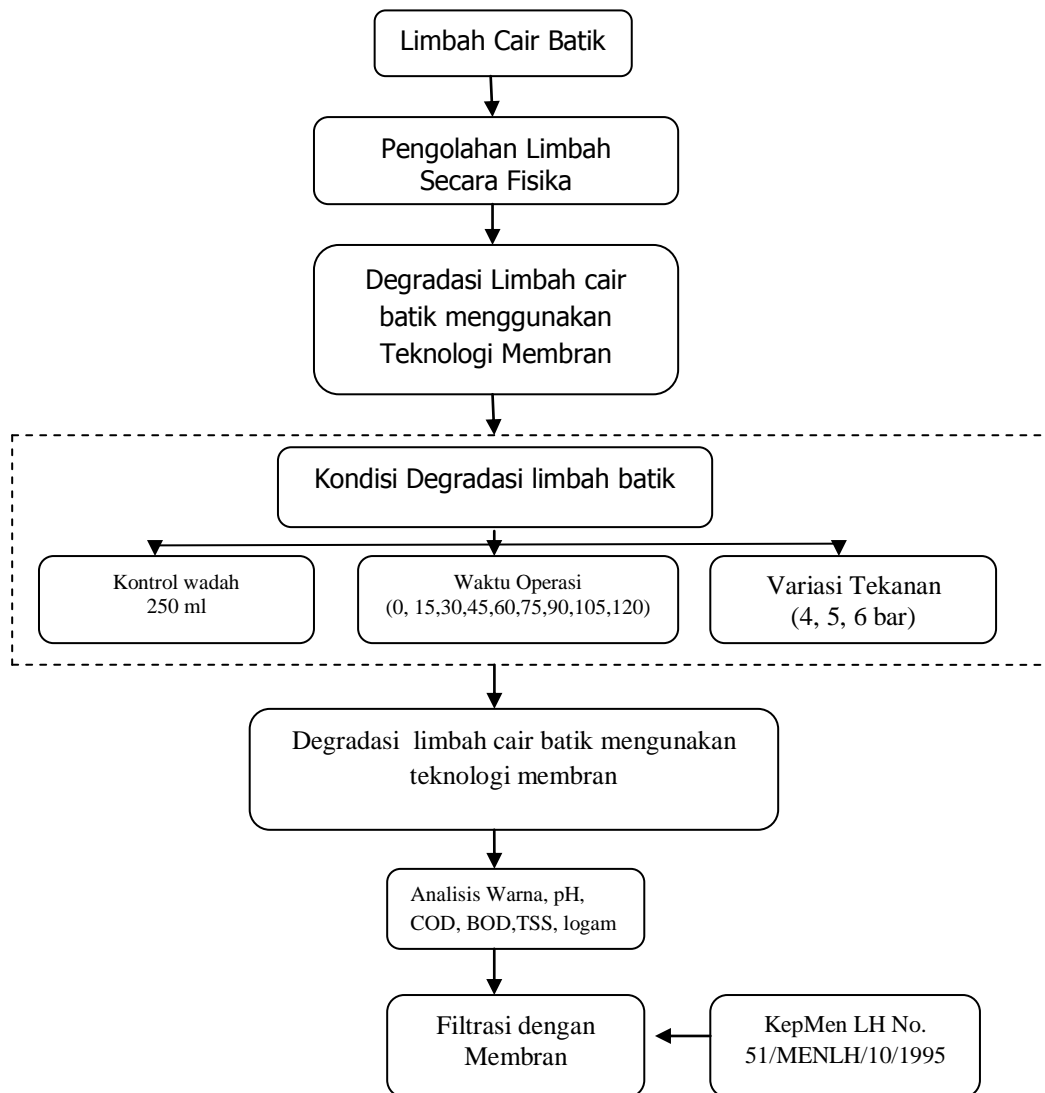
Mikrofiltrasi (MF) Mikrofiltrasi mengacu pada proses filtrasi yang menggunakan membran berpori untuk memisahkan partikel tersuspensi dengan diameter antara 0,1 dan 10  $\mu\text{m}$  (Mulder, 1996).

Ultrafiltrasi (UF) Ultrafiltrasi adalah varian dari filtrasi membran dimana tekanan hidrostatis memaksa cairan menembus membran semipermeabel. Padatan tersuspensi dan pelarut dengan berat molekul tinggi tertahan, sedangkan airdan pelarut dengan berat molekul rendah melewati membran ( Mulder, 1996).

Nanofiltrasi (NF) adalah proses filtrasi membran yang relatif baru yang seringkali digunakan dengan air dengan jumlah total padatan terlarut yang sedikit seperti air permukaan dan air tanah, dengan tujuan untuk *softening* (penyisihan kation polivalen) dan penyisihan produk samping desinfektan seperti zat organik alam dan sintetis (Mulder, 1996).

Reverse osmosis(RO)(osmosis balik) adalah sebuah metode filtrasi yang mampu menyisihkan banyak jenis molekul dan ion besar dari larutan dengan memberikan tekanan pada larutan yang berada pada salah satu sisi membran selektif (Mulder, 1996).

## F. Kerangka Penelitian



**Gambar 2.1 Kerangka Penelitian**

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Rancangan Penelitian**

Penelitian ini termasuk dalam *True Experiment*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL).

#### **B. Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Lab Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dari bulan Juli 2019 sampai dengan bulan November 2019.

#### **C. Ruang Lingkup Penelitian**

Penelitian ini mengkaji kondisi degradasi limbah cair tekstil, yaitu sebelum pengolahan dan sesudah proses pengolahan menggunakan teknologi membran berdasarkan parameter pH, warna, COD, BOD<sub>5</sub>, TSS dan kandungan logam berat.

#### **D. Penentuan Sumber Data**

Subjek penelitian ini adalah membran nanofiltrasi Nf270 sedangkan objek dalam penelitian ini adalah limbah cair batik.

#### **E. Variabel Penelitian**

Variabel yang diukur atau diamati dalam penelitian ini adalah kualitas hasil degradasi limbah cair dilihat dari parameter pH, warna, COD, BOD<sub>5</sub>, TSS dan logam berat limbah batik sebelum dan sesudah menggunakan membran.

#### **F. Bahan Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: limbah cair batik yang diambil dari industri rumah tangga di Banyuurip Ageng Kota Pekalongan dan membran yang di pesan dari Lab MeR-C UNDIP Semarang, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O, buffer fosfat, NaOH, kloramfenikol, aluminium foil, kalium permanganat, aquades.

Sebelum digunakan, seluruh peralatan dan media tumbuh disterilisasi dengan cara di autoklaf pada suhu 120°C selama 15 menit.

## **G. Instrumen Penelitian**

Alat dan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah labu Erlenmeyer, gelas kimia, labu ukur, gelas ukur, neraca analitik, Stirer, batang pengaduk, pipet tetes, corong, pipet ukur dan filler, kaca arloji, cawan petri, tabung reaksi, pH-meter.

## **H. Prosedur Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap, yaitu tahap persiapan dan pelaksanaan. Pada tahap persiapan dilakukan dengan menyiapkan alat dan bahan, serta serta preparasi dengan teknologi membran. Kemudian dilanjutkan ke tahap pelaksanaan yaitu filtrasi limbah cair batik menggunakan teknologi membran.

## **I. Pengolahan dan Analisis Data**

Analisis data dilakukan melalui tahapan analisis waktu tinggal, tekanan, waktu, laju alir terhadap parameter zat warna, logam berat, pH, TSS, COD dan BOD dengan teknologi membran. Kemudian hasil dari hasil laboratorium di analisis menggunakan Komputerisasi Program Exel.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Uji Karakteristik Air Limbah Batik

Uji karakteristik dilakukan untuk mengetahui kandungan pada air limbah home industri batik . Hasil uji karakteristik air limbah dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4.1. Karakteristik Air limbah Batik**

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi	Baku Mutu
1.	pH	-	10,1	6,0-9,0*
2.	Temperatur	°C	29,7	38**
3.	Konduktivitas	us		-
4.	Warna	Skala Pt-Co (TCU)	29721,7	50***
5.	Minyak dan Lemak	Mg/L	30	3,0*
6.	TSS	Mg/L	8420	50*
7.	Kekeruhan	NTU		25*
8.	COD	Mg/L	12063,33	150*
9.	BOD <sub>5</sub>	Mg/L	3739,53	60*
10.	Pb	Mg/L	3,015	

Sumber :

\*)Peraturan Menteri LH No.05 Tahun 2014

\*\*\*) Peraturan Daerah Provinsi Jawa tengah No. 5 Tahun 2012

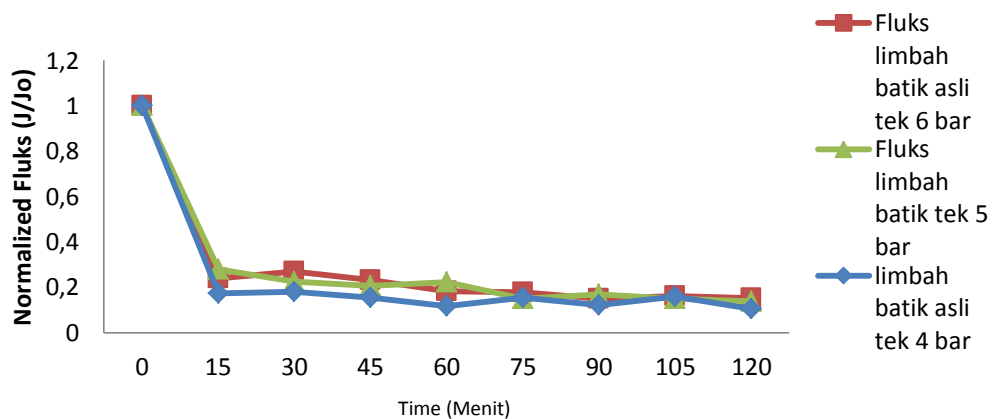
\*\*\*\*) Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416/IX Tahun 1990

Dari tabel 4.1. diketahui bahwa seluruh parameter melebihi baku mutu dan bersifat basa. Hal ini sesuai dengan pernyataan Purwaningsih (2008), bahwa cemaran warna bervariasi jenisnya dan pada umumnya limbah batik cair bersifat basa, serta memiliki kadar organik yang tinggi yang disebabkan oleh sisa-sisa pembatikan. Konsentrasi pada hasil uji karakteristik dijadikan acuan dalam membandingkan dengan Peraturan Menteri LH No. 05 Tahun 2014 dan Peraturan Daerah Provinsi Jawa tengah No. 5 Tahun 2012 serta Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 416/IX Tahun 1990. Selanjutnya limbah asli di saring dengan kertas saring dengan pengenceran 0 kali, 10 kali, 20 kali, dan 30 kali. Tujuan dari pengenceran ini untuk mengetahui kinerja membran nanofiltrasi dalam menyisihkan masing-masing parameter. Untuk satuan warna sendiri menggunakan Pt-Co dimana memiliki nilai yang sama dengan TCU (*True Clour Unit*).

Hal Ini seperti yang disampaikan dalam Ratnayaka *et al.* (2009), bahwa warna dapat dinyatakan dalam Hazen Units, dimana memiliki nilai yang sama dengan TCU ataupun Skala Pt-Co. Hargesheimer *et al.*, (2002), warna dapat dinyatakan dalam TCU ataupun skala Pt-Co. Satu TCU memiliki nilai yang sama dengan 1 Pt-Co.

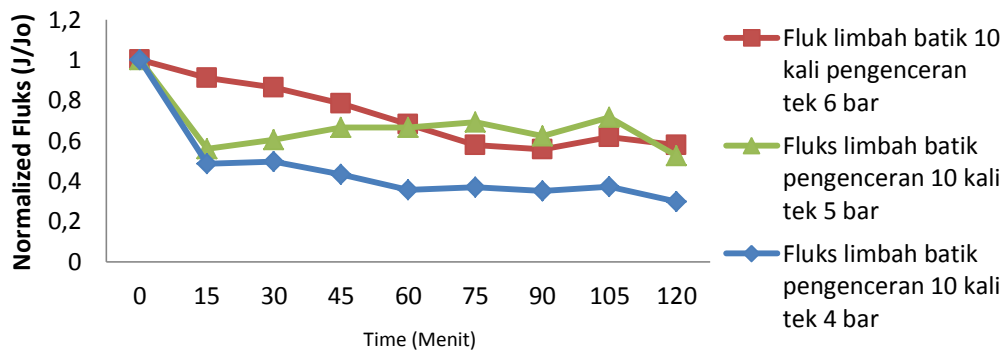
## B. Pengaruh Tekanan Operasi Terhadap Penyisihan Warna, COD, BOD, TSS, dan Pb

Limbah cair batik asli disaring dengan kertas saring kemudian diukur konsentrasi warna dengan alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 450 nm - 460 nm untuk dilihat absorbansinya. Limbah asli batik kemudian diuji dengan alat filtrasi membran nanofiltrasi dengan tekanan 4, 5, dan 6 bar.



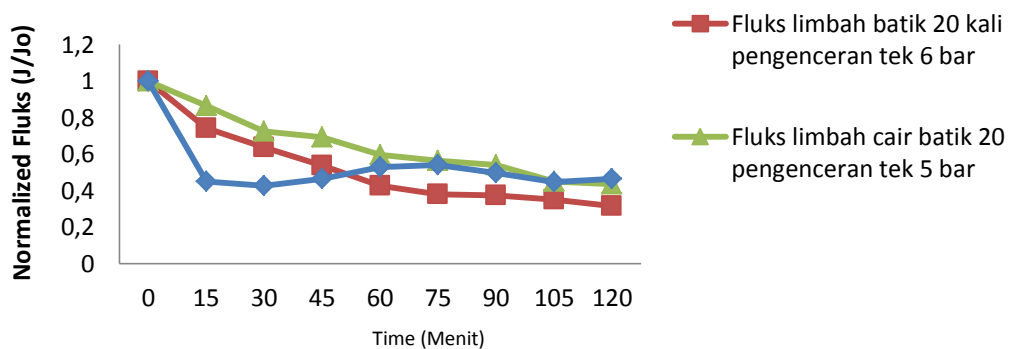
**Gambar 4.2 Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Relative Fluks Larutan Limbah Batik Asli**

Gambar 4.2 menunjukkan profil fluks ternormalisasi yang secara umum menurun secara signifikan seiring berjalannya waktu. Penurunan fluks paling tajam terjadi pada 15 menit pertama untuk semua tekanan (4, 5, dan 6 bar). Setelah itu penurunan cenderung stabil sampai 120 menit. Penurunan fluks ini diakibatkan oleh fouling dan konsentrasi polarisasi. Almazan *et al.* (2015), mengatakan bahwa konsentrasi polarisasi terjadi akibat akumulasi solut yang tertahan pada permukaan membran sehingga mengakibatkan penurunan fluks.



**Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Relative Fluks Larutan Limbah Batik dengan 10 Kali Pengenceran**

Pada Grafik 4.3 profil fluks ternormalisasi terjadi penurunan 15 menit pertama pada tekanan 4 dan 5 bar pada 10 kali pengenceran. Pada tekanan 6 bar terjadi penurunan secara konsisten sampai 90 menit pertama. Berbeda halnya dengan tekanan 5 bar terjadi kenaikan sampai menit ke 75 selanjutnya mengalami penurunan 90 menit pertama sampai 120 menit. Penurunan fluks ini terjadi karena adanya fouling (Schafer *et al*, 2004) dan Konsentrasi Polarisasi (Almazan *et al*, 2015) pada permukaan membran.

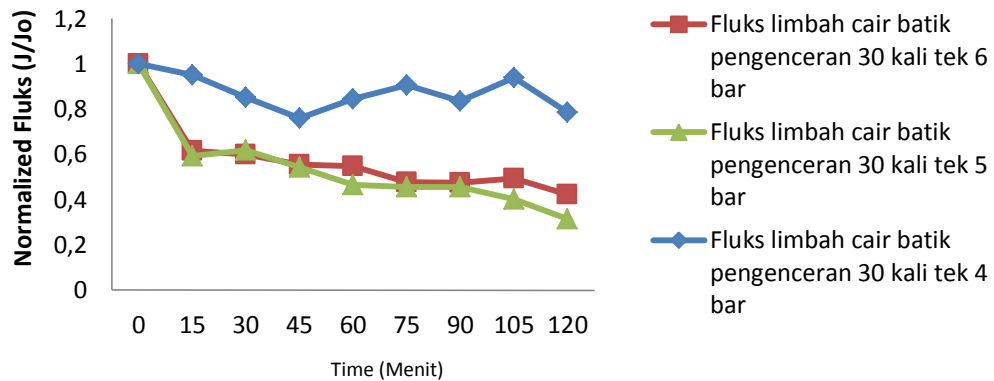


**Gambar 4.4 Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Relative Fluks Larutan Limbah Batik dengan 20 Kali Pengenceran**

Pada Grafik 4.4 profil fluks ternormalisasi di atas terjadi penurunan pada tekanan 6 bar dan 5 bar pada secara konsisten hingga 120 menit. Pada 20 kali pengenceran terjadi penurunan fluks paling tajam terjadi pada menit 15 menit untuk tekanan 4 bar pada 15 menit



pertama. Berbeda halnya dengan tekanan 4 bar yang terjadi kenaikan pada menit ke 45 sampai menit ke 75 selanjutnya mengalami penurunan hingga menit ke 120. Penurunan fluks ini terjadi karena adanya fouling (Schafer *et al*, 2004) dan Konsentrasi Polarisasi (Almazan *et al*, 2015) pada permukaan membran.



**Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Tekanan Terhadap Relative Fluks Larutan Limbah Batik dengan 30 Kali Pengenceran**

Pada Grafik 4.5 profil fluks ternormalisasi diatas terjadi penurunan pada tekanan 6 bar dan 5 bar pada 15 menit pertama secara konsisten hingga menit ke 120. Pada 30 kali pengenceran justru fluks tertinggi terjadi pada tekanan 4 bar. Pada tekanan 4 bar terjadi penurunan secara tajam pada 45 menit pertama. Penurunan fluks ini karena adanya proses terdeposisinya partikel pada permukaan membran yang membentuk lapisan gel yang mengakibatkan pengecilan pori membran sehingga partikel-partikel yang berukuran besar akan lebih banyak tertahan di permukaan membran (Lopes, 2005).

Pada gambar grafik 4.2 - 4.5 dapat dilihat semakin tinggi tekanan maka nilai relative fluksnya semakin besar. Peningkatan tekanan dapat menyebabkan peningkatan *driving force* pada permukaan membran. Adanya *driving force* umpan mampu melawan resistensi dari permukaan membran, sehingga relative fluks yang dihasilkan akan semakin besar (Tang and Chen, 2002). Sedangkan menurut Bhattacharyya *et al.*, (2014), kenaikan tekanan juga menyebabkan

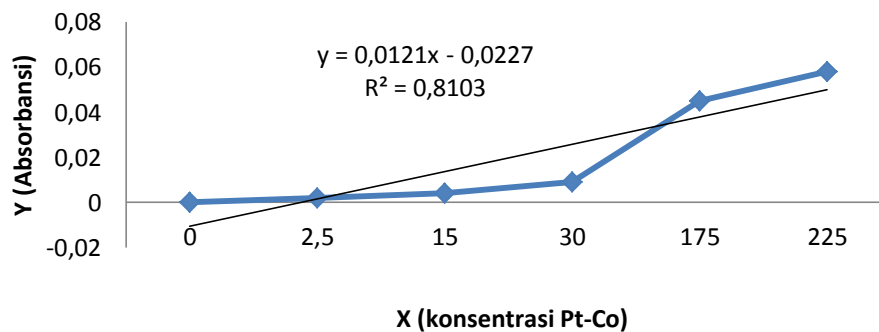
proses polarisasi konsentrasi berjalan lebih lambat, sehingga fluks yang dihasilkan semakin baik.

Pada gambar 4.2 - 4.5 ditemukan kenaikan fluks di beberapa titik, kenaikan suhu larutan umpan seiring berjalannya waktu menyebabkan pori membran melebar, sehingga nilai fluks meningkat. Hal yang sama juga disampaikan oleh Dang *et al.*, (2014).

Menurut Aoni *et al.* (2012) apabila fluks larutan lebih rendah dibandingkan fluks aquades, dapat dikatakan bahwa terjadi polarisasi konsentrasi dan fouling pada permukaan membran sehingga fluks yang dihasilkan semakin rendah. Adanya polarisasi konsentrasi dan nilai fluks yang semakin rendah menandakan adanya proses penyisihan zat warna.

### C. Uji Parameter Warna

Konsentrasi warna dapat diketahui menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 450 nm – 465 nm sesuai dengan SNI-6989-80-2011. Kurva standar parameter warna dapat dilihat garfik 4.6.



**Gambar 4.6 Kurva Standar Parameter Warna**

**Tabel 4.2 Nilai rejeksi larutan warna konsentrasi 29721,7 mg/l tanpa pengenceran variasi tekanan (4, 5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	29721,7	29721,7	29721,7
Konsentrasi Akhir	367,8	307,66	102,4
Tingkat Rejeksi	98,76%	98,96%	99,65%

**Tabel 4.3 Nilai rejeksi larutan warna pengenceran 10 kali dengan konsentrasi 2972,17 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	2972,17	2972,17	2972,17
Konsentrasi Akhir	48,68	50,66	34,4
Tingkat Rejeksi	98,36%	98,29%	99,84%

**Tabel 4.4 Nilai rejeksi larutan warna batik dengan pengenceran 20 kali dengan konsentrasi 1486,08 mg/l tiap tekanan**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	1486,08	1486,08	1486,08
Konsentrasi Akhir	18,03	14,16	9,40
Tingkat Rejeksi	98,78%	99,04%	99,367%

**Tabel 4.5 Nilai rejeksi larutan warna batik dengan pengenceran 30 kali dengan konsentrasi 743,04 mg/l tiap tekanan**

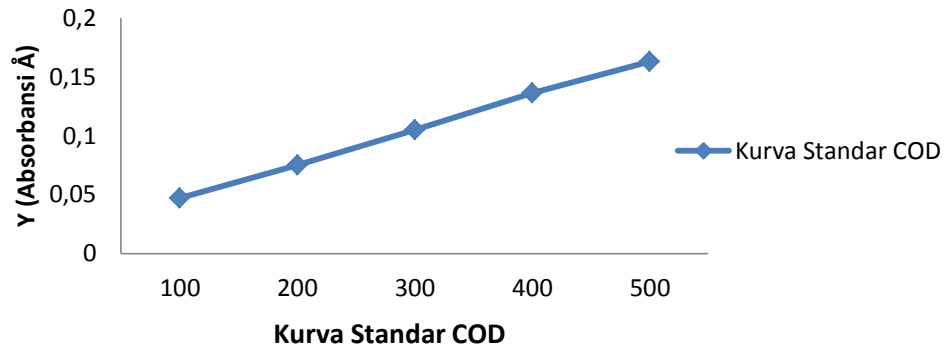
	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	743,04	743,04,08	743,04
Konsentrasi Akhir	3,04	1,15	0,90
Tingkat Rejeksi	99,59%	99,84%	99,87%

Pada tabel 4.3 - 4.6 dapat dilihat bahwa tekanan tidak mempengaruhi nilai rejeksi secara signifikan, karena persen rejeksi memiliki nilai hampir sama. Proses penyisihan pada zat warna menunjukkan tingkat rejeksi untuk semua tekanan operasi mencapai 98,36-99,87%. Penyisihan warna ini terjadi secara sieving mechanism/size exclusion. Proses rejeksi zat warna dapat terjadi karena zat warna memiliki berat molekul 602,59 g/mol (Arlabs *et al.*, 2012), dimana berat molekul tersebut lebih besar dari pori membran Nonofiltrasi NF 270 yaitu 180 Da. Hal yang sama juga disampaikan oleh Wang, *et al.* (2007), bahwa apabila ukuran partikel lebih besar dari pori membran maka proses penyisihan dapat terjadi.

Hasil persen sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Aoni, *et al.* (2012), bahwa rejeksi warna lebih dari 98% pada seluruh kisaran tekanan. Hasil rejeksi sesuai dengan penelitian Zaghbani *et al.*(2009) yaitu rejeksi warna lebih dari 90%. Dari tabel 4.3-4.6 dapat dilihat bahwa tekanan 6 bar merupakan tekanan dengan persen rejeksi tertinggi, sehingga pada tekanan 6 bar kemudian divariasikan dengan konsentrasi warna .

#### D. Uji Parameter COD

Konsentrasi COD dapat diuji sesuai dengan SNI-06-6989 3-2004. Kurva standar parameter warna dapat dilihat gambar 4.3.



**Gambar 4.7 Kurva standar parameter COD**

Limbah cair batik asli disaring dengan kertas saring kemudian diukur konsentrasi COD dengan alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 450 nm- 460 nm untuk dilihat absorbansinya. Limbah asli batik kemudian diuji dengan alat filtrasi membran nanofiltrasi dengan tekanan 4, 5, dan 6 bar. Dari hasil pengujian didapatkan nilai COD sebesar 12063,33 mg/l.

**Tabel 4.6 Nilai rejeksi COD konsentrasi 12063,33 mg/l tanpa pengenceran dengan variasi tekanan (4,5,dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	12063,33	12063,33	12063,33
Konsentrasi Akhir	876,4	953,33	802,7
Tingkat Rejeksi	92,73%	92,1%	93,34%

**Tabel 4.7 Nilai rejeksi COD pengenceran 10 kali konsentrasi 1206,33 mg/l dengan variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	1206,33	1206,33	1206,33
Konsentrasi Akhir	76,2	83,33	70,2
Tingkat Rejeksi	93,68%	93,09%	94,18%

**Tabel 4.8 Nilai rejeksi COD pengenceran 20 kali konsentrasi 603,16 mg/l dengan variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	603,16	603,16	603,16
Konsentrasi Akhir	1,12	0,71	0,12
Tingkat Rejeksi	99,81%	99,88%	99,98%

**Tabel 4.9 Nilai rejeksi COD pengenceran 30 kali konsentrasi 301,58 mg/l dengan variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	301,58	301,58	301,38
Konsentrasi Akhir	0	0	0
Tingkat Rejeksi	100%	100%	100%

Dari hasil penelitian yang ditampilkan pada Tabel 4.7-4.9 menunjukkan tingkat rejeksi untuk parameter COD pada semua tekanan operasi mencapai 92,1-100%. Penelitian juga selaras dengan penelitian Madaeni (2004) bahwa COD dapat disisihkan mencapai 85-98%. Hal ini karena ukuran pori membran nanofiltrasi yang dinyatakan dalam *Molecular Weight Cut Off* (MWCO) berpengaruh dalam penyisihan parameter COD.

Rejeksi parameter COD lebih tinggi dibandingkan membran mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Boussu, 2007) bahwa semakin kecil ukuran pori maka tingkat rejeksi parameter COD akan meningkat. Kejadian ini dikarenakan zat organik yang berukuran lebih besar dibandingkan pori membran akan tertahan pada pori membran sehingga kandungan zat organik dalam permeat berkurang.

Faktor lain yang mempengaruhi tingkat rejeksi parameter COD adalah tekanan. Kenaikan tingkat rejeksi pada membran Nanofiltrasi semakin tinggi tekanan mengakibatkan semakin cepatnya terbentuk fouling pada permukaan dan struktur membran sehingga dapat memperkecil ukuran pori membran dan meningkatkan kemampuan membran untuk merejeksi parameter COD (Widyasmara, 2013).

Tingkat rejeksi mengalami penurunan seiring dengan penambahan tekanan dapat dikarenakan pada saat penambahan tekanan, proses terjadinya pengecilan pori pada permukaan dan pori membran menjadi terhambat sehingga menurunkan kinerja membran dalam proses pengayakan (*sieving mechanism*) (Syarfi, 2007).

## E. Uji Parameter BOD

Limbah cair batik asli disaring dengan kertas saring kemudian diukur konsentrasi BOD sesuai SNI-06-6989 3-2004. Hasil dari pengujian BOD pada limbah batik diuji hasilnya sebesar 3739,63 mg/l. Selanjutnya hasil dari uji BOD dilanjutkan dengan filtrasi menggunakan membran nanofiltrasi 270 dengan tekanan 4, 5, dan 6 bar.

**Tabel 4.10 Nilai rejeksi BOD konsentrasi 3739,63 mg/l tanpa pengenceran variasi tekanan (4, 5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	3739,63	3739,63	3739,63
Konsentrasi Akhir	876,4	953,33	802,7
Tingkat Rejeksi	92,73%	92,1%	93,34%

**Tabel 4.11 Nilai rejeksi BOD pengenceran 10 kali konsentrasi 373,963 mg/l variasi tekanan (4,5,dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	373,96	373,69	373,69
Konsentrasi Akhir	0	0	0
Tingkat Rejeksi	100%	100%	100%

**Tabel 4.12 Nilai rejeksi BOD pengenceran 20 Kali konsentrasi 186,98 mg/l Variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	186,98	186,98	186,96
Konsentrasi Akhir	0	0	0
Tingkat Rejeksi	100%	100%	100%

**Tabel 4.13 Nilai rejeksi BOD pengenceran 30 Kali konsentrasi 93,49 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	93,49	93,49	93,49
Konsentrasi Akhir	0	0	0
Tingkat Rejeksi	100%	100%	100%

Dari hasil penelitian yang ditampilkan pada Tabel 4.11 - 4.13, menunjukkan tingkat rejeksi yang dihasilkan pada parameter BOD pada semua tekanan operasi mencapai 92,11-100%. Membran Nanofiltrasi dalam penyisihan BOD mekanisme pemisahan yang terjadi secara sieving mechanism dan charge exclusion. Menurut Boussu (2007) bahwa semakin kecil ukuran pori membran maka tingkat rejeksi akan

meningkat. Pada pori membran yang kecil akan menahan bahan organik sehingga kandungan zat organik dalam permeat berkurang.

Faktor lain yang mempengaruhi tingkat rejeksi parameter BOD adalah tekanan. Tingkat rejeksi yang menurun seiring dengan penambahan tekanan dapat dikarenakan pada saat penambahan tekanan, proses terjadinya pengecilan pori pada permukaan dan pori membran menjadi terhambat sehingga menurunkan kinerja membran dalam proses pengayakan (*sieving mechanism*) (Syarfi,2007).

#### F. Uji Parameter TSS

Konsentrasi TSS limbah batik cair dapat diketahui menggunakan kertas saring sesuai dengan SNI 06-698-9-3-2004. Setelah dilakukan pengujian TSS di ketahui hasilnya sebesar 6400 mg/l. Selanjutnya dilakukan filtrasi menggunakan membran Nanofiltrasi dengan tekanan 4, 5, dan 6 bar.

**Tabel 4.14 Nilai rejeksi TSS konsentrasi 6400 mg/l tanpa pengenceran variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	6400	6400	6400
Konsentrasi Akhir	4,75	0,18	0,182
Tingkat Rejeksi	100%	100%	100%

**Tabel 4.15 Nilai rejeksi TSS pengenceran 10 kali konsentrasi 640 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	640	640	640
Konsentrasi Akhir	0	0	0
Tingkat Rejeksi	100%	100%	100%

**Tabel 4.16 Nilai rejeksi TSS pengenceran 20 kali konsentrasi 320 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	320	320	320
Konsentrasi Akhir	0	0	0
Tingkat Rejeksi	100%	100%	100%

**Tabel 4.17 Nilai rejeksi TSS pengenceran 30 kali konsentrasi 160 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	160	160	160
Konsentrasi Akhir	0	0	0
Tingkat Rejeksi	100%	100%	100%

Dari hasil penelitian terlihat pada tabel 4.15 - 4.17, Membran nanofiltrasi 270 mampu menyisihkan TSS dengan tingkat rejeksi mencapai 100% pada semua tekanan operasi dengan pengenceran 10 kali, 20 kali, dan 30 kali. Sesuai dengan hasil penelitian Ortega (2008), tingkat rejeksi NF270 terhadap TSS mencapai 100%.

Kualitas permeat selanjutnya dibandingkan dengan baku mutu Perda Jateng No. 5 Tahun 2012. Dari semua parameter yang diuji pada tiga tekanan operasi, dihasilkan kualitas permeat yang memenuhi baku mutu untuk parameter TSS.

### G. Uji Parameter Pb

Konsentrasi Pb dapat diketahui menggunakan AAS dengan SNI-06-6989-3-2004. Setelah dilakukan pengujian Pb diketahui hasilnya sebesar 3,015 mg/l. Selanjutnya dilakukan filtrasi menggunakan membran Nanofiltrasi dengan tekanan 4, 5, dan 6 bar.

**Tabel 4.18 Nilai rejeksi Pb konsentrasi 3,015 mg/l tanpa pengenceran Variasi Tekanan (4, 5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	3,015	3,015	3,015
Konsentrasi Akhir	0,158	0,13	0,16
Tingkat Rejeksi	95,02%	95,68%	94,69%

**Tabel 4.19 Nilai rejeksi Pb pengenceran 10 kali konsentrasi 1,515 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	1,515	1,515	1,515
Konsentrasi Akhir	0	0	0
Tingkat Rejeksi	100%	100%	100%

**Tabel 4.20 Nilai rejeksi Pb pengenceran 20 kali konsentrasi 1,515 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	0,7575	0,7575	0,7575
Konsentrasi Akhir	0	0	0
Tingkat Rejeksi	100%	100%	100%

**Tabel 4.21 Nilai rejeksi Pb pengenceran 30 kali konsentrasi 1,515 mg/l variasi tekanan (4,5, dan 6 bar)**

	4 Bar	5 Bar	6 Bar
Konsentrasi Awal	0,3787	0,3787	0,3787
Konsentrasi Akhir	0	0	0
Tingkat Rejeksi	100%	100%	100%



Dari hasil penelitian terlihat bahwa pada tabel 4.19 - 4.21, hasil rejeksi yang dihasilkan pada parameter TSS pada semua tekanan operasi mencapai 94,69-100%.

Mekanisme pemisahan Pb pada membran Nanofiltrasi juga terjadi karena interaksi elektrostatik antara ion dan permukaan membran. Menurut Tu (2013), ketika membran dikontakkan dengan ion logam, densitas muatan permukaan membran menjadi positif. Membran Nanofiltrasi yang memungkinkan membuat membran bermuatan positif, negatif, atau netral. Pemisahan berdasarkan ukuran pori juga berperan dalam pemisahan Pb. Proses membran nanofiltrasi dapat menghilangkan padatan tersuspensi, bahan organik alami, bakteri, virus, garam dan ion divalen yang terkandung dalam air. Nanofiltrasi beroperasi pada tekanan yang lebih rendah dari *reverse osmosis*, antara 50-150 psi (Seungkw, 1997).

Limbah dari industri tekstil memiliki sejumlah kontaminan berupa padatan terlarut, BOD, COD, pH tinggi dan juga warna yang sangat kuat. Nanofiltrasi melakukan pemisahan komponen organik dengan berat molekul rendah (200-1000 g/mol) dan garam divalen cukup besar sebagai pengaruh dari pelunaka (Suminar, 2015).

#### **H. Analisis Aplikasi Teknologi Membran di Lapangan**

Analisis aplikasi membran di lapangan pada instalasi pengolahan air limbah batik dapat dilakukan dengan aspek pengukuran dimensi. Pengukuran dimensi dilakukan dengan cara perhitungan luas permukaan membran yang dibutuhkan dari hasil nilai fluks optimum pada membran yang telah didapatkan pada skala laboratorium dengan beban air limbah kondisi sebenarnya.

Jumlah kapasitas air limbah batik per 100 liter. Berdasarkan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012. Volume limbah cair batik maksimum yaitu 100 L/hari. Perencanaan membran bioreaktor ini akan digunakan sebagai pengganti bak pengendap II dengan prinsip kerja Molecular sieving pada nilai fluks tertinggi 64,73

L/m<sup>2</sup>. Jam. Berdasarkan data yang telah diketahui dapat dihitung ukuran dimensi membran reaktor yaitu sebagai berikut:

- Luas permukaan membran yang dilewati aliran feed pada penelitian yaitu ; 0,0013847M<sup>2</sup>
- Jumlah limbah cair batik : 100 liter
- Nilai Fluks (J) : 64,734 L/M<sup>2</sup>.jam
- Luas Membran : 0,0013847 m<sup>2</sup>
- Volume : 0,00747 Liter
- Fluks : 
$$\frac{Volume}{LuasMembran \times waktu}$$
  

$$: \frac{0,00747}{0,0013847 \times 0,08333}$$
  
 :64,734 L/m<sup>2</sup>.jam

Jadi untuk luas membran 1 m<sup>2</sup> dengan dengan operasi kinerja 8 jam per hari dengan tekanan optimum 6 bar didapatkan hasil sebagai berikut;

$$64,734 \text{ L/m}^2. \text{ jam} \times 8 \text{ jam} = 517,8736 \text{ L/m}^2$$

Untuk penelitian selanjutnya dalam pengolahan limbah cair batik perlu dilakukan pre treatment terlebih dahulu sebelum menggunakan teknologi membran nanofiltrasi Nf 270.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

- 1) Tingkat rejeksi warna limbah cair batik tanpa pengenceran, 10 kali pengenceran, 20 kali pengenceran, 30 kali pengenceran berturut-turut yaitu (98,76%-99,65%), (98,29%-99,84%), (98,78%-99,36%), (99,59%-99,87%).
- 2) Tingkat rejeksi COD pada limbah cair batik tanpa pengenceran, 10 kali pengenceran, 20 kali pengenceran, 30 kali pengenceran berturut-turut yaitu (92,10%-93,34%), (93,09%-94,18%), (99,81%-99,98%), (100%).
- 3) Tingkat rejeksi BOD pada limbah cair batik tanpa pengenceran, 10 kali pengenceran, 20 kali pengenceran, 30 kali pengenceran memiliki hasil yang sama yaitu 100%.
- 4) Tingkat rejeksi TSS pada limbah cair batik tanpa pengenceran, 10 kali pengenceran, 20 kali pengenceran, 30 kali pengenceran berturut-turut yaitu (99,25%-99,97%), (100%), (100%), (100%).
- 5) Tingkat Rejeksi Pb pada limbah cair batik tanpa pengenceran, 10 kali pengenceran, berturut-turut yaitu (95,02%-99,97%), (100%), (100%), (100%).
- 6) Tidak hanya pada parameter (warna, COD, BOD, TSS, dan Pb), namun membran Nanofiltrasi juga mampu menetralkan pH air limbah cair batik yang semula 10,1 menjadi 7 (Netral).
- 7) Membran nanofiltrasi mampu menyisihkan ion organik, ion anorganik mencapai 90 -100% pada limbah cair batik sehingga hasil olahan dapat dijadikan air bersih kembali.

#### **B. Saran**

- 1) Penelitian ini perlu ditindaklanjuti untuk diaplikasikan dilapangan dalam pembuatan sebuah model pengolahan limbah cair batik dan aplikasinya dilapangan.

- 2) Perlu adanya program pendampingan home industri batik dalam pengolahan limbah batik berbasis Home Industri Bersih.
- 3) Perlu ada perencanaan pengolahan limbah batik secara komunal dan pemanfaatan kembali sehingga dapat digunakan kembali sebagai air bersih.
- 4) Perlu sinergisitas unsur pentahelix yaitu peran pemerintah, akademisi, asosiasi, komunitas, dan media.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acher, A.J dan Rosenthal, I. 1977. Dye-Sensitized-Photo-Oxidation: A new approach to the treatment of organic matter in sewage effluents. *Wat. Res.*11: 557–562.
- Agustina, T.E., Nurisman, E., Prasetyowati, Haryani, N., Cundari, L., Novisa, A., dan Khristina, O. 2011. Pegolahan Air Limbah Pewarna Sintetis dengan Menggunakan Reagen Fenton. In *Prosiding Seminar Nasional A VoER ke-3* (pp. 26–27).
- Ahmet, B., Ayfer, Y., Doris, L., Nese, N., dan Antonius, K. 2003. Ozonation of high strength segregated effluents from a woolen textile dyeing and finishing plant, *Dyes and Pigments*, 58: 93-98.
- Al-Kdasi, A., Idris, A., Saed, K. dan Guan, C.T. 2004. Treatment of textile wastewater by advanced oxidation processes. *Global Nest the Int. J.* 6: 222-230.
- Almazan, J.E., Dondiz, E.M.R., Rajal, V.B., Vidaurre, E.F.C. 2015. Nanofiltration of Glucose : Analysis of Parameters and Membrane Characterization. *Journal of Chemical Engineering Research and Design.* 94: 485-493.
- Aouni, A., Fersi, C., Cuartas-Urbe, B., Bes-Pia, A., Alcaina-Miranda, M.I., Dhahbi, M. 2012. Reactive dyes rejection and textile effluent treatment study using ultrafiltration and nanofiltration processes. *Journal of Desalination* 297, 87-96.
- Arlabs Ltd. 2012. Solubilised Brown Vat 5. <http://www.worlddyevariety.com/vatdyes/solubilised-vat-brown-5.html>. Diakses pada tanggal 12 Juni 2016.
- Boussu, K. 2007. Applicability of Nanofiltration in Carwash Industry. *Separation and Purification Technology* 54:139-146.
- Brown, D dan Hamburger, B. 1987. The degradation of dyestuffs. investigation of their ultimate degradability. *Chemosphere* 16: 1539–1553.
- Dang, Bhattacharyya, Williams, M.E., Ray, R.J., and McCray, S.B. 2014. In: *Membrane handbook*, W.S. Winston Ho and K.K. Sirkar, eds. Van Nostrand Reinhold, New York.

- Fajrudin, A., Supartono, dan Woro Sumarn. 2016. Pengaruh Konsentrasi Asam Nitrat Dan Temperatur Kalsinasi PadaReaktivasiSpent Bleaching Earth. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 5 (3): 202-205.
- Hargesheimer, E.E., Conio, O., Popovicova, J., Proaqua, C. 2002. Online Monitoring for Drinking Water Utilites. *American Water Works Association*.
- Hughes, S. 1992. *Industrial Membran Separation Technology*. Blackie Academic And Professional. Glasgow.
- Kepmen LH No. 51/MENLH/10/1995
- Lidia, S., Claudia, J., dan Santosh, N.K. 2001. A comparative study on oxidation of disperses dyes by electrochemical process, ozone, hypochlorite and fenton reagent, *Water Research*, 35: 2129–2136.
- Lopes, C.N., Petrus, J.C.C., dan Riella, H.G. 2005. Color and COD Retention by Nanofiltration membranes. *Journal of Desalination*. 172, 77-83.
- Cheryan, M.N.R. 1998. Membrane Processing Of Oily Streams. *Wastewater Treatment And Waste Reduction*. *Journal Of Membrane Science* 151: 13-28.
- Mulder, M. 1996. *Basic Principle Of Membrane Technology*. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Madaeni, S.S and Mansourpanah, Y. 2004. Screening Membranes for COD Removal From Dilute Wastewater. *Journal of Desalination*. 197: 23-32.
- Manurung, R., Rosdanelli., dan Irvan, H. 2004. Perombakan Zat Warna AzoReaktif secara Anaerob-Aerob. Tersedia pada <http://www.library.usu.ac.id/download/ft/tkimia-renita> 2.
- Matis, K.A. 1980. Treatment of industrial liquid wastes by electro-floatation. *Wat. Pollut. Control* 19: 136–142.
- Mattioli, D., Malpei, F., Bortone, G., and Rozzi, A. 2002. *Water Minization and Reuse In Textile Industry: Analysis, Technologies And Implementation*. IWA Publishing, Cornwall, UK.
- Ortega, L.M., Lebrun, R., Blais, J.F., and Ausler, R. 2008. Removal of Metal Ions From An Acidic Leachate Solution by Nanofiltration Membranes. *Journal of Desalination*. 227: 204-216.

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012

- Peraturan Menteri Kesehatan Nomor: 416/MEN.KES/PER/IX/1990. Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air.
- Peraturan Menteri Lingkungan Republik Indonesia Hidup No 5 Tahun 2014. Baku Mutu Air Limbah.
- Peters, T. 2010. Membrane Technology For Water Treatment. Chem. Eng. Technol. 33 (8): 1233–12408.
- Pratiwi, Y. 2010. Penentuan tingkat pencemaran limbah industri tekstil berdasarkan Nutrition Value Coeficient Bioindikator. Jurnal Teknologi, 3(2):129–137.
- Purwaningsih, I. 2008. Pengolahan Limbah Cair Industri Batik CV. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta Dengan Metode Elektrokoagulasi Ditinjau dari Parameter Chemical Oxygen Demand (COD) Dan Warna. Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Ratnayaka, D.D., Brandt, M.J., and Johnson, M. 2009. Water Supply. Butterworth-Heinemann.
- Setyaningsih, H. 2007. Pengolahan limbah batik dengan proses kimia dan adsorpsi karbon aktif. Tesis Program Pasca Sarjana UI. Jakarta.
- Seungkwon, H. 1997. Menachem Elimelech, Chemical and Physical Aspect of natural organic matter (NOM) fouling of nanofiltration membrane. Journal of membrane science 132: 159-181.
- Schafer, A.I., Andritsos, N., Karabellas, A.J., Hoek, E.M.V., Schneider, R., dan Nystrom, M. 2004. Fouling in Nanofiltration in : Nanofiltration – Principles and Applications, Schafer, A.I., Waite T.D., Fane A.G. (Eds). Elsevier, Chapter 20: 169-239.
- Sheng, H and Peng, C.F. 1994. Treatment of textile wastewater by electrochemical method. Wat. Res. 28: 277–282.
- Suminar, S.D. 2015. Nanofiltrasi Sebagai “Best Available Technology” Untuk Pengolahan Air, Bandung Institute Of Technology. Bandung.
- Sunarto. 2008. Teknologi Pencelupan dan Pencapan Jilid I. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Staniskaw, L and Monika, G. 1999. Optimization of Oxidants Dose for Combined Chemical and Biological Treatment of Textile Wastewater. Water Research, 33: 11-16.
- Syarfi, S.H. 2007. Rejeksi Zat Organik Air Gambut Dengan Membran Ultrafiltrasi. Sains dan Teknologi 6: 1-4.

- Tang, V and Chen. 2002. Nanofiltration of Textile Wastewater for Water Reuse. *Journal of Desalination* 143: 11-20.
- Tratnyek, P.G dan Hoigne, J. 1991. Oxidation of substituted phenols in the environment: AQSAR analysis of rate constants for reaction with singlet oxygen. *Environ. Sci. Technol.* 25:1596–1604.
- Tratnyek, P. G., Elovitz, M.S., dan Colverson, P. 1994. Photo effects of textile dye wastewater: Sensitization of single oxygen formation, oxidation of phenols and toxicity to bacteria. *Environ. Toxicol. Chem.* 13: 27–33.
- Tu, N.P. 2013. Role of Charge Effect During Membrane Filtration. Disertasi. Universiteit Gent. Belgia.
- Tzitzis, M., Vayenas D.V., and Lyberatos, G. 1994. Pretreatment of Textile Industry Wastewaters
- Wang, Kai Yu, T., Chung, R. and Rajagopalan. 2007. Novel Polybenzimidazole (PBI) Nanofiltration Membranes for the separation of Sulfate and Chromate from High Alkalinity Brine to Facilitate the Chlor-Alkali Process. *Industrial and engineering chemistry research*, 46 (5): 1572-1577.
- Wenten, I.G. 2015. Teknologi Membran: Prospek Dan Tantangannya. Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung.
- Widyasmara, M., Kusuma D., dan Cindika. 2013. Potensi Membran Mikrofiltrasi dan Ultrafiltrasi Untuk Pengolahan Limbah Cair Berminyak. *Teknologi Kimia dan Industri UNDIP*, 2 (2): 295-30.
- Zaghbani, Narjess, A., Hafiane, and Dhabbi, M. 2009. Removal of Eriochrome Blue Black R from Wastewater Using Micellar-Enhanced Ultrafiltration. *Laboratoire Eau et Technologies Membranaires. Tunisia. Journal of Hazardous Materials*, 168 (2):1417-1421.



## LAMPIRAN



Gbr 1. Diskusi Kelompok



Gbr 2. Perizinan Penelitian



Gbr 3. Pengambilan sampel limbah batik



Gbr 4. Uji Laboratorium



Gbr 5. Limbah batik sebelum filtrasi



Gbr 6. Limbah batik setelah filtrasi

