



TUGAS AKHIR - RE 184804

STUDI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PENCUCIAN JEANS DENGAN METODE FISIK

RAHMANIA MAULIDA ARISSUNARSO
0321144000095

Dosen Pembimbing
Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph. D.
19620816 199003 1 004

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

STUDI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PENCUCIAN JEANS DENGAN METODE FISIK

RAHMANIA MAULIDA ARISSUNARSO
0321144000095

Dosen Pembimbing
Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph. D.
19620816 199003 1 004

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

**STUDY OF WASTEWATER TREATMENT FOR
JEANS WASHING INDUSTRY USING
PHSYCAL METHOD**

**RAHMANIA MAULIDA ARISSUNARSO
0321144000095**

Supervisor

**Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph. D.
19620816 199003 1 004**

**ENVIRONMENTAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil, Environmental and Geology Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019**

**LEMBAR PENGESAHAN
STUDI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PENCUCIAN JEANS
DENGAN METODE FISIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RAHMANIA MAULIDA ARISSUNARSO
NRP 0321144000095

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.
NIP 19620816 199003 1 004



STUDI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PENCUCIAN JEANS DENGAN METODE FISIK

Nama Mahasiswa : Rahmania Maulida Arissunarso
NRP : 032114410000095
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.

ABSTRAK

Industri pencucian *jeans* adalah salah satu industri tekstil yang fokus mencuci dan melarutkan celana *jeans* setelah pewarnaan. Air limbah dari proses pencucian *jeans* sebagian besar langsung dibuang ke badan air atau sungai, sehingga akan mencemari lingkungan. Perlakuan sederhana diperlukan untuk mengurangi beban polutan pada air limbah cuci *jeans* yang dapat diterapkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penurunan beban polutan dalam air limbah setelah diolah menggunakan media filter dan membran.

Jenis media filter dan membran juga akan ditentukan. Langkah melakukan penelitian ini adalah studi literatur dan desain media filter dan membran. Variabel yang dikaji dalam penelitian ini adalah varian media filter, laju filtrasi, dan jenis membran. Parameter yang diamati adalah COD, TSS, Total Krom, Warna, dan Pb.

Secara keseluruhan, pemrosesan pengolahan pada pencucian air limbah jeans dengan menggunakan karbon aktif atau antrasit sebagai media filter dengan membran memberikan hasil yang cukup baik. Untuk penerapan pada industri rumah tangga, filter media antrasit dan membran ultrafiltrasi dengan kecepatan 5 m/jam menunjukkan hasil penurunan nilai COD, TSS, warna, total krom, dan Pb sebesar 99,71%; 97,06%; 95,89%; 20,87%; 15,38% masing-masing.

Kata Kunci: air limbah pencucian jeans, filtrasi, membran

STUDY OF WASTEWATER TREATMENT FOR JEANS WASHING INDUSTRY USING A PHSYCAL METHOD

Student Name : Rahmania Maulida Arissunarso
NRP : 032114410000095
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D.

ABSTRACT

The jeans washing industry is one of the textile industries that focuses on washing and dissolving jeans after coloring. Waste water from the jeans washing process are mostly directly disposed of in water bodies or rivers, so that it will pollute the environment. A simple treatment is needed to reduce the load of pollutant on jeans washing wastewater which can be applied. The purpose of this study is to determine the decrease in load of pollutant in waste water after it is treated using filter media and membrane.

The type of filter media and membrane will also be determined. The step of doing this study are literature studey and design of the filter media and membrane. The monitored variables in this study are variate of filter media, filtration rate, and type of membrane. The parameters which observed are COD, TSS, Chrome, Colour, and Pb.

Overall, the processing of treatment on jeans washing wastewater by using an activated carbon or anthracite as media filter with a membrane produces quite good results. For home industry application, anthracite filter media and ultrafiltration membrane with a filtration rate of 5 m/hr show that the removal of the COD, TSS, Colour, Total Chrome, and Pb are 99,71%; 97,06%; 95,89%; 20,87%; 15,38%, respectively.

Keywords: jeans washing wastewater, filtration, membrane

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb,

Puji syukur kepada Allah SWT atas rahamt, ridho, serta hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "**Pengolahan Air Lmbah Pencucian Jeans dengan Metode Fisik**" sebagai persyaratan kelulusan di Departemen Teknik Lingkungan. Pada penyusunan tugas akhir ini, penulis menyampaikan terima kasih dan rasa hormat atas segala bantuan yang telah diberikan kepada:

1. Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, ME., PhD selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberi ilmu, arahan, dan saran dalam proses penyelesaian tugas akhir.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc., Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng., Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, MT., dan Bu Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD selaku dosen pengarah tugas akhir yang telah memberikan saran dan masukan kepada penulis.
3. Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng selaku dosen wali, terima kasih atas dukungan dan nasihat yang diberikan.
4. Pak Hadi, Pak Edi, dan Pak Affan selaku laboran yang telah memfasilitasi penelitian ini.
5. Orang tua serta keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, serta nasihat.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan 2014 atas kerja sama serta dukungannya.

Penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk perbaikan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Wassalamualaikum wr.wb.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Ruang Lingkup	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Karakteristik Air Limbah Jeans	5
2.2 Zat Warna.....	7
2.3 Sedimentasi.....	9
2.4 Saringan Pasir Cepat (<i>Rapid Sand Filter</i>)	9
2.4.1 Kriteria Desain	10
2.4.2 Hasil Pengolahan Rapid Sand Filter.....	11
2.4.3 Mekanisme Kerja Rapid Sand Filter	12
2.5 Media Filter.....	13
2.5.1 Jenis Media Filter	14
2.5.2 Karakteristik Media	15
2.5.3 Hidrolika Filtrasi	18
2.6 Membran	19
2.6.1 Definisi Membran.....	19

2.6.2 Jenis-jenis Membran.....	20
2.6.3 Fluks dan Rejeksi Membran	24
2.6 Pompa	25
2.6.1 Jenis-jenis Pompa	25
2.6.2 Tekanan pada Pompa	26
2.6.3 Head Total Pompa.....	26
2.7 Penelitian Terdahulu.....	28
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1 Kerangka Penelitian	31
3.2 Ide Penelitian.....	31
3.3 Studi Literatur	31
3.4 Uji Pendahuluan	34
3.4.1 Uji Karakterisasi Air Limbah.....	34
3.4.2 Penentuan Panjang Gelombang Warna	34
3.4.3 Penentuan Waktu Filter Beroperasi	35
3.5 Penelitian Utama	35
3.5.1 Lokasi Sampling	35
3.5.2 Variasi Variabel.....	35
3.5.3 Pelaksanaan Penelitian	36
3.6 Hasil dan Pembahasan.....	39
3.7 Kesimpulan dan Saran	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Uji Karakteristik Awal Limbah	41
4.2 Pengaruh Jenis Media Filter	42
4.2.1 Pengaruh pada Parameter COD.....	42
4.2.2 Pengaruh pada Parameter TSS	46
4.2.3 Pengaruh pada Parameter Warna	49
4.2.4 Pengaruh pada Parameter Total Krom	52
4.2.5 Pengaruh pada Parameter Pb	54
4.3 Pengaruh Jenis Membran.....	59

4.3.1 Fluks Membran.....	59
4.3.2 Nilai Rejeksi Membran.....	63
4.3.3 Pengaruh pada Parameter COD	70
4.3.2 Pengaruh pada Parameter TSS	72
4.3.3 Pengaruh pada Parameter Warna.....	75
4.3.4 Pengaruh pada Parameter Total Krom.....	78
4.3.5 Pengaruh pada Parameter Pb	80
4.5 Kinerja Sistem Gabungan Filter dan Membran.....	82
4.5.1 Pengaruh pada Parameter COD	83
4.5.2 Pengaruh pada Parameter TSS	85
4.5.3 Pengaruh pada Parameter Warna.....	88
4.5.4 Pengaruh pada Parameter Total Krom.....	92
4.5.5 Pengaruh pada Parameter Pb	93
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	99
5.1 Kesimpulan.....	99
5.2 Saran.....	99
Daftar Pustaka.....	101
LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN REAKTOR.....	106
LAMPIRAN 2 UJI PENDAHULUAN.....	117
1. Uji Pendahuluan	117
1.1 Uji Karakterisasi Air Limbah.....	117
1.2 Penentuan Panjang Gelombang Warna	117
1.3 Penentuan Waktu Filter Beroperasi.....	119
LAMPIRAN 3 HASIL ANALISIS PENELITIAN	121
Perhitungan Fluks Membran	121
Perhitungan Nilai Rejeksi Membran	121
Tabel Hasil Analisis Parameter COD	123
Tabel Hasil Analisis Parameter TSS	128
Tabel Hasil Analisis Parameter Total Krom dan Pb.....	133
LAMPIRAN 4 GAMBAR PENELITIAN.....	134

LAMPIRAN 5	137
BIODATA PENULIS	140

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Rentang Konsentrasi Air Limbah Industri Tekstil.....	7
Tabel 2. 2 Nama dan Struktur Kimia Kromofor.....	7
Tabel 2. 3 Kriteria Desain <i>Rapid Sand Filter</i>	10
Tabel 2. 4 Karakteristik Media Filter.....	15
Tabel 2. 5 Jenis Membran dan Fungsinya.....	20
Tabel 2. 6 Jenis Membran dan Aplikasinya di Industri.....	21
Tabel 3. 1 Variasi Penelitian.....	36
Tabel 3. 2 Metode Analisis Tiap Parameter.....	39
Tabel 4. 1 Karakteristik Air Limbah.....	41
Tabel 4. 2 Analisis Parameter COD Rata-rata pada Filter.....	42
Tabel 4. 3 Nilai Removal COD pada Setiap Variasi Media.....	44
Tabel 4. 4 Analisis Parameter TSS Rata-rata pada Filter.....	46
Tabel 4. 5 Nilai Removal TSS pada Setiap Variasi Media.....	48
Tabel 4. 6 Analisis Parameter Warna Rata-rata pada Filter..	49
Tabel 4. 7 Nilai Removal Warna pada Setiap Variasi Media.	51
Tabel 4. 8 Hasil Analisis Parameter Total Krom pada Filter..	52
Tabel 4. 9 Removal Total Krom pada Setiap Variasi Media..	53
Tabel 4. 10 Analisis Parameter Pb Rata-rata pada Filter.....	55
Tabel 4. 11 Nilai Removal Pb pada Setiap Variasi Media.....	56
Tabel 4. 12 Volume Permeat Membran Nanofiltrasi.....	59
Tabel 4. 13 Nilai Fluks pada Membran Nanofiltrasi.....	60
Tabel 4. 14 Volume Permeat pada Membran Ultrafiltrasi.....	61
Tabel 4. 15 Nilai Fluks pada Membran Ultrafiltrasi.....	62
Tabel 4. 16 Rejeksi(%R) Parameter COD di Nanofiltrasi.....	63
Tabel 4. 17 Rejeksi(%R) Parameter TSS di Nanofiltrasi.....	65
Tabel 4. 18 Rejeksi(%R) Parameter Warna di Nanofiltrasi....	66
Tabel 4. 19 Rejeksi(%R) Parameter Logam di Nanofiltrasi ...	66
Tabel 4. 20 Rejeksi(%R) Parameter COD di Ultrafiltrasi.....	67
Tabel 4. 21 Rejeksi(%R) Parameter TSS di Ultrafiltrasi.....	68
Tabel 4. 22 Rejeksi(%R) Parameter Warna di Ultrafiltrasi.....	69
Tabel 4. 23 Rejeksi(%R) Parameter Logam di Ultrafiltrasi	69
Tabel 4. 24 Hasil Analisis COD Rata-rata di Membran.....	70
Tabel 4. 25 Removal COD pada Setiap Variasi Membran	72
Tabel 4. 26 Hasil Analisis TSS Rata-rata di Membran.....	73
Tabel 4. 27 Removal TSS pada Setiap Variasi Membran.....	74
Tabel 4. 28 Hasil Analisis Warna Rata-rata di Membran.....	75

Tabel 4. 29 Removal Warna pada Setiap Variasi Membran..	77
Tabel 4. 30 Hasil Analisis Total Krom pada Membran.....	78
Tabel 4. 31 Removal Total Krom di Setiap Variasi Membran	79
Tabel 4. 32 Hasil Analisis Pb pada Membran.....	80
Tabel 4. 33 Removal Pb pada Setiap Variasi Membran.....	81
Tabel 4. 34 Nilai Removal COD Akhir	84
Tabel 4. 35 Nilai Removal TSS Akhir	87
Tabel 4. 36 Nilai Removal Warna Akhir.....	89
Tabel 4. 37 Nilai Removal Total Krom Akhir.....	92
Tabel 4. 38 Nilai Removal Pb Akhir.....	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mekanisme Gaya Inersia.....	13
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	33
Gambar 3. 2 Layout Reaktor	38
Gambar 4. 1 Penyisihan COD dengan Media KarbonAktif....	43
Gambar 4. 2 Penyisihan COD dengan Media Filter Antrasit .	44
Gambar 4. 3 Efisiensi Rem. COD Berdasarkan Jenis Media	45
Gambar 4. 4 Penyisihan TSS dengan Media Karbon Aktif....	47
Gambar 4. 5 Penyisihan TSS dengan Media Antrasit	47
Gambar 4. 6 Efisiensi Rem. TSS Berdasarkan Jenis Media .	48
Gambar 4. 7 Penyisihan Warna dengan Media Karbon Aktif	50
Gambar 4. 8 Penyisihan Warna dengan Media Antrasit.....	50
Gambar 4. 9 Efisiensi Rem. Warna Berdasarkan Media	51
Gambar 4. 10 Penyisihan Total Krom dengan Media Filter...	53
Gambar 4. 11 Efisiensi Rem. Krom Berdasarkan Media	54
Gambar 4. 12 Penyisihan Pb dengan Media Filter	55
Gambar 4. 13 Efisiensi Rem. Pb Berdasarkan Jenis Media..	56
Gambar 4. 14 Penurunan Parameter dengan Media Filter....	57
Gambar 4. 15 Mekanisme Adsorpsi	58
Gambar 4. 16 Grafik Nilai Fluks Terhadap Waktu	60
Gambar 4. 17 Grafik Nilai Fluks Terhadap Waktu	62
Gambar 4. 18 Penurunan Nilai COD dengan Nanofiltrasi	71
Gambar 4. 19 Penurunan Nilai COD dengan Ultrafiltrasi	71
Gambar 4. 20 Efisiensi Rem. COD Berdasarkan Membran ..	72
Gambar 4. 21 Penurunan Nilai TSS dengan Nanofiltrasi	73
Gambar 4. 22 Penurunan Nilai TSS dengan Ultrafiltrasi	74
Gambar 4. 23 Efisiensi Rem. TSS Berdasarkan Membran ...	75
Gambar 4. 24 Penurunan Nilai Warna dengan Nanofiltrasi...	76
Gambar 4. 25 Penurunan Nilai Warna dengan Ultrafiltrasi....	76
Gambar 4. 26 Efisiensi Rem. Warna Berdasarkan Membran	77
Gambar 4. 27 Penurunan Nilai Krom dengan Membran	78
Gambar 4. 28 Efisiensi Rem. Krom Berdasarkan Membran..	79
Gambar 4. 29 Penurunan Nilai Pb dengan Membran.....	80
Gambar 4. 30 Efisiensi Removal Pb Berdasarkan Membran	81
Gambar 4. 31 Parameter Pencemar dengan Membran	82
Gambar 4. 32 Penurunan Nilai COD pada Nanofiltrasi	83
Gambar 4. 33 Penurunan Nilai COD pada Ultrafiltrasi	84

Gambar 4. 34 Grafik Nilai Removal COD tiap Sampel	85
Gambar 4. 35 Grafik Nilai TSS pada Membran Nanofiltrasi ..	86
Gambar 4. 36 Grafik Nilai TSS pada Membran Ultrafiltrasi ...	86
Gambar 4. 37 Grafik Nilai Removal TSS tiap Sampel	87
Gambar 4. 38 Grafik Nilai Warna pada Nanofiltrasi.....	88
Gambar 4. 39 Grafik Nilai Warna pada Ultrafiltrasi.....	89
Gambar 4. 40 Grafik Nilai Rem.Warna pada Sampel/Jam	91
Gambar 4. 41 Grafik Nilai Total Krom pada Tiap Unit	92
Gambar 4. 42 Grafik Nilai Removal Total Krom tiap Sampel.	93
Gambar 4. 43 Grafik Nilai Pb pada Tiap Unit	94
Gambar 4. 44 Grafik Nilai Removal Pb tiap Sampel.....	95

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Surabaya terdapat 27 industri tekstil dengan total 4 industri berskala besar dan 23 industri skala menengah dan kecil. Salah satu dari jenis industri tekstil tersebut adalah industri pencucian jeans. Menurut BPPT (2002), industri pencucian jeans merupakan salah satu jenis industri tekstil yang bergerak pada bidang pelunturan dan pencucian. Di Surabaya sendiri terdapat sebuah industri pencucian jeans yang terkena pinalti oleh Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Kota Surabaya disebabkan oleh pembuangan limbah jeans tanpa pengolahan ke drainase. Dilansir dari *presswartaindonesia.com*, industri jeans tersebut dilaporkan warga sebab limbah yang dihasilkan langsung disalurkan menuju saluran drainase sehingga muncul kekhawatiran masyarakat terhadap penyakit yang akan ditimbulkan.

Limbah pencucian jeans secara fisik berwarna biru, berbau kaporit yang menyengat, busa berwarna, dan zat-zat tersuspensi berupa batu apung sisa proses pelunturan jeans (Said, 2005). Air limbah pabrik tekstil rata-rata mengandung pewarna, *chemical oxygen demand*, bahan-bahan kimia berbahaya, asam, garam anorganik, dan kandungan amoniak yang tinggi (Verma dkk, 2012). Pada proses pencuciannya terdapat proses pewarnaan yang mengandung bahan-bahan kimia seperti senyawa azo dan turunannya yang merupakan gugus benzena, toluene, naftalena dan antrasena (Laksono, 2012). Pada proses pencucian ini juga bahan-bahan kimia yang ada akan terbilas sehingga air bilasan mengandung bahan kimia yang berbahaya apabila melebihi baku mutu. Sebagai contoh adalah senyawa azo yang akan menjadi sumber penyakit apabila berada di lingkungan terlalu lama. Hal ini disebabkan senyawa azo bersifat karsinogenik dan mutagenik (Christina, 2007). Apabila limbah ini dibuang tanpa proses pengolahan dan bercampur dengan air baku, maka bisa menyebabkan terkontaminasinya air baku tersebut sehingga mengandung bahan-bahan kimia yang berbahaya serta penurunan kadar oksigen (Duarte dkk, 2013; Wang dkk, 2009). Selain itu limbah pabrik tekstil ini juga sangat beracun untuk kehidupan flora dan fauna yang ikut menggunakan air yang sudah

terkontaminasi tersebut (Wang dkk, 2009). Pengolahan limbah cair industri tekstil dapat dilakukan secara kimia, fisika, biologi ataupun gabungan dari ketiganya. Pengolahan secara kimia dilakukan dengan koagulasi, flokulasi dan netralisasi. Proses gabungan secara kimia dan fisika pada pengolahan limbah cair meliputi koagulasi yang kemudian diikuti pengendapan lumpur atau dengan cara oksidasi menggunakan ozon. Pengolahan limbah cair secara fisika dapat dilakukan dengan cara adsorpsi, filtrasi dan sedimentasi. Pengolahan limbah cair secara biologi adalah pemanfaatan aktivitas mikroorganisme menguraikan bahan-bahan organik yang terkandung dalam air limbah.

Pada penelitian ini direncanakan menggunakan pengolahan secara fisik. Hal ini disebabkan pelaku industri yang merupakan industri rumah tangga sehingga dana untuk pengolahan air limbah terbatas. Rangkaian pengolahan fisik yang akan direncanakan adalah bak pengendap sebagai pengolahan pendahuluan kemudian penggunaan filter sebagai penyaring pencemar dalam air limbah.

Rapid sand filter didesain untuk mengoptimalkan seluruh kedalaman lapisan filter untuk penyisihan partikulat sehingga bisa digunakan untuk mengolah air baku yang tingkat kekeruhannya tinggi. Rapid sand filter sangat efektif digunakan untuk menyisihan material tersuspensi dari air yang akan diolah. Rapid sand filter membutuhkan area yang lebih kecil dibandingkan dengan slow sand filter dengan teknologi yang telah dikenal cukup luas. Rapid sand filter dapat menurunkan kandungan bakteri coliform pada limbah cair secara efektif dengan nilai efisiensi sebesar 99% dan dapat menurunkan kekeruhan pada limbah cair dengan efisiensi 98,27% (Maryani, 2014).

Selain rapid sand filter, juga dipilih teknologi membran untuk pengolahan limbah cair industri jeans. Hal tersebut dikarenakan penggunaan membran paling banyak adalah sebagai media filtrasi baik yang digunakan pada skala laboratorium maupun industri. Selain itu keunggulan proses membran dibandingkan proses pemisahan lainnya adalah tidak memerlukan pengubahan fase medium, proses berlangsung cepat, cara pengoperasian sederhana, mudah dalam penggandaan skala, tidak memerlukan ruang yang besar, dan dapat mendapatkan permeat dengan kualitas sangat baik (Scott, 1996). Pada

penelitian sebelumnya yang dilakukan Rachmawati (2013), dilakukan pengolahan limbah cair jeans menggunakan membran silika nanofiltrasi didapatkan hasil nilai koefisien rejeksi tertinggi sebesar 96,86% untuk warna dan 99,31% untuk kekeruhan.

Hasil dari penelitian ini diharapkan air limbah hasil industri tekstil yang diolah tidak mencemari badan air dengan memenuhi standar baku mutu air limbah untuk industri tekstil yaitu berdasarkan Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Tekstil Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Parameter yang diambil berdasarkan baku mutu ini adalah nilai *Total Suspended Solid* (TSS), kadar zat organik yang meliputi COD, serta kandungan logam yang meliputi total krom dan Pb.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh jenis media filter terhadap konsentrasi COD, TSS, Total Krom, Pb dan Warna?
2. Bagaimana pengaruh jenis membran terhadap penurunan konsentrasi COD, TSS, Total Krom, Pb dan Warna?
3. Berapa tingkat penurunan konsentrasi COD, TSS, Total Krom, Pb dan Warna dengan menggunakan gabungan filter dan membran?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan kinerja jenis media filter terhadap penurunan konsentrasi COD, TSS, Total Krom, Pb dan Warna
2. Menentukan kinerja jenis membran terhadap penurunan konsentrasi COD, TSS, Total Krom, Pb dan Warna dengan menggunakan metode fisik-kimia
3. Mengetahui tingkat efisiensi penurunan konsentrasi COD, TSS, Total Krom, Pb dan Warna dengan menggunakan gabungan filter dan membran.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Limbah cair pencucian jeans yang akan digunakan adalah limbah cair industri pencucian jeans X di Surabaya.
3. Parameter yang akan diuji adalah COD, TSS, Total Krom, Pb dan Warna.

4. Baku mutu yang digunakan adalah Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Tekstil Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014.
5. Variabel penelitian yang digunakan adalah:
 - a. Media filter: arang aktif dan antrasit dengan tinggi media 70 cm.
 - b. Jenis membran: nanofiltrasi dan ultrafiltrasi.
 - c. Kecepatan filtrasi: $5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$ dan $7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Membantu memecahkan permasalahan lingkungan di industri pencucian jeans.
2. Memberikan metode pengolahan yang efektif bagi industri pencucian.
3. Menggunakan kembali bahan pewarna yang didapat dari hasil penyaringan.
4. Pemanfaatan kembali air hasil pengolahan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Air Limbah Jeans

Limbah cair baik domestik maupun non domestik mempunyai beberapa karakteristik sesuai dengan sumbernya, karakteristik limbah cair dapat digolongkan pada karakteristik fisik, kimia, dan biologis (Metcalf and Eddy, 2003). Menurut Junaidi dan Hatmanto (2006) air limbah yang dihasilkan dari pencucian jeans terdiri beberapa parameter pencemar antara lain sebagai berikut:

1. Karakteristik Fisika

Karakteristik fisika ini terdiri dari beberapa parameter, diantaranya:

a. Total Solid (TS)

Padatan terdiri dari bahan padat organik maupun anorganik yang dapat larut, mengendap atau tersuspensi. Bahan ini pada akhirnya akan mengendap di dasar air sehingga menimbulkan pendangkalan pada dasar badan air penerima

b. Total Suspended Solid (TSS)

Merupakan jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada didalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron.

c. Warna

Pada dasarnya air bersih tidak berwarna, tetapi seiring dengan waktu dan meningkatnya kondisi anaerob, warna limbah berubah dari yang abu-abu menjadi kehitaman.

d. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh zat padat tersuspensi, baik yang bersifat organik maupun anorganik, serta menunjukkan sifat optis air yang akan membatasi pencahayaan kedalam air.

e. Temperatur

Merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan efeknya terhadap reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari-hari.

f. Bau

Disebabkan oleh udara yang dihasilkan pada proses dekomposisi materi atau penambahan substansi pada limbah.

2. Karakteristik Kimia

a. *Biological Oxygen Demand* (BOD)

Biological oxygen demand atau kebutuhan oksigen biologis adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme di dalam air lingkungan untuk memecah atau mendegradasi atau mengoksidasi limbah organik yang terdapat didalam air.

b. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Merupakan jumlah kebutuhan oksigen dalam air untuk proses reaksi secara kimia guna menguraikan unsur pencemar yang ada. COD dinyatakan dalam ppm (part per milion) (Metcalf and Eddy, 2003).

c. Minyak dan Lemak

Minyak dan lemak merupakan bahan pencemar yang banyak ditemukan di berbagai perairan, salah satu sumber pencemarnya adalah dari industri tekstil.

d. Logam Berat

Logam berat bila konsentrasinya berlebih dapat bersifat toksik sehingga diperlukan pengolahan limbah lebih lanjut untuk menangani logam berat.

3. Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi digunakan untuk mengukur kualitas air terutama air yang dikonsumsi sebagai air minum dan air bersih. Parameter yang biasa digunakan adalah banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah. Pengolahan air limbah secara biologis dapat didefinisikan sebagai suatu proses yang melibatkan kegiatan mikroorganisme dalam air untuk melakukan transformasi senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam air menjadi bentuk atau senyawa lain. Mikroorganisme mengkonsumsi bahan-bahan organik membuat biomassa sel baru serta zat-zat organik dan memanfaatkan energi yang dihasilkan dari reaksi oksidasi untuk metabolismenya (Metcalf and Eddy, 2003).

Hasil pengujian air limbah yang dilakukan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) pada tahun 2002 di beberapa industri tekstil yang berlokasi di Kebon Jeruk, Jakarta mendapatkan hasil sesuai tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Rentang Konsentrasi Air Limbah Industri Tekstil

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	BOD	mg/l	1184-1215
2	COD	mg/l	1572-1612
3	TSS	mg/l	475-550
4	Warna	Pt.Co	524-548
5	pH		6,0-6,8

Sumber: BPPT, 2005

2.2 Zat Warna

Molekul zat warna merupakan gabungan dari zat organik tidak jenuh dengan kromofor sebagai pembawa warna dan auksokrom sebagai pengikat warna dengan serat. zat organik tidak jenuh yang dijumpai dalam pembentukan zat warna adalah senyawa aromatik antara lain senyawa hidrokarbon aromatik dan turunannya, fenol dan turunannya serta senyawa-senyawa hidrokarbon yang mengandung nitrogen.

Gugus kromofor adalah gugus yang menyebabkan molekul menjadi berwarna. Pada Tabel 2.2. dapat dilihat beberapa nama gugus kromofor dan memberi daya ikat terhadap serat yang diwarnainya. Gugus auksokrom terdiri dari dua golongan, yaitu:
 Golongan kation: $-NII_2$; $NIIR$; $j-NR_2$ seperti $-NR_2Cl$.
 Golongan anion: $-SO_3H$; $-OH$; $-COOH$ seperti $-O$; $-SO_3$; dan lain-lain.

Tabel 2. 2 Nama dan Struktur Kimia Kromofor

Nama Gugus	Struktur Kimia
Nitroso	NO atau (-N-OH)
Nitro	No2 atau (NN-OOH)
Grup Azo	-N N-
Grup Etilen	-C C-
Grup Karbonil	-C O-
Grup Karbon – Nitrogen	-C=NH ; CH=N-
Grup Karbon Sulfur	-C=S ; -C-S-S-C-

Sumber: Manurung, 2004

Zat warna dapat digolongkan menurut sumber diperolehnya yaitu zat warna alam dan zat warna sintetik. Van Croft menggolongkan zat warna berdasarkan pemakaiannya, misalnya zat warna yang langsung dapat mewarnai serat

disebutnya sebagai zat warna substantif dan zat warna yang memerlukan zat-zat pembantu supaya dapat mewarnai serat disebut zat reaktif. Kemudian Henneck membagi zat warna menjadi dua bagian menurut warna yang ditimbulkannya, yakni zat warna monogenetik apabila memberikan hanya satu warna dan zat warna poligenetik apabila dapat memberikan beberapa warna. Penggolongan zat warna yang lebih umum dikenal adalah berdasarkan konstitusi (struktur molekul) dan berdasarkan aplikasi (cara pewarnaannya) pada bahan, misalnya didalam pencelupan dan pencapan bahan tekstil, kulit, kertas dan bahan-bahan lain.

Penggolongan zat warna menurut "Colours Index" volume 3, yang terutama menggolongkan atas dasar sistem kromofor yang berbeda misalnya zat warna Azo, Antrakuinon, Ftalosa, Nitroso, Indigo, Benzodifuran, Okazin, Polimetil, Di- dan Tri-Aril Karbonium, Poliksilik, Aromatik Karbonil, Quionftalen, Sulfer, Nitro, Nitrosol dan lain-lain (Manurung, 2004).

Zat warna Azo merupakan jenis zat warna sistetis yang cukup penting. Lebih dari 50% zat warna dalam daftar *Color Index* adalah jenis zat warna azo. Zat warna azo mempunyai sistem kromofor dari gugus azo (-N=N-) yang berikatan dengan gugus aromatik. Lingkungan zat warna azo sangat luas, dari warna kuning, merah, jingga, biru AL (Navy Blue), violet dan hitam, hanya warna hijau yang sangat terbatas.

Penggolongan lain yang biasa digunakan terutama pada proses pencelupan dan pencapan pada industri tekstil adalah penggolongan berdasarkan aplikasi (cara pewarnaan). Zat warna tersebut dapat digolongkan sebagai zat warna asam, basa, direk, dispersi, pigmen, reaktif, solven, belerang, bejana dan lain-lain.

Dari uraian di atas jelaslah bahwa tiap-tiap jenis zat warna mempunyai kegunaan tertentu dan sifat-sifatnya tertentu pula. Pemilihan zat warna yang akan dipakai bergantung pada bermacam faktor antara lain: jenis serat yang akan diwarnai, macam wana yang dipilih dan warna-warna yang tersedia, tahan lunturnya dan peralatan produksi yang tersedia

Jenis yang paling banyak digunakan saat ini adalah zat warna reaktif dan zat warna dispersi. Hal ini disebabkan produksi bahan tekstil dewasa ini adalah serat sintetik seperti serat polamida, poliester dan poliakrilat. Bahan tekstil sintetik ini, terutama serat poliester, kebanyakan hanya dapat dicelup dengan

zat warna dispersi. Demikian juga untuk zat warna reaktif yang dapat mewarnai bahan kapas dengan baik.

2.3 Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dari suatu zat cair menggunakan proses pengendapan secara gravitasi untuk menyisahkan padatan (*suspended solid*) (Masduqi dan Assomadi, 2012). Pengendapan sebuah partikel diskrit di dalam air hanya dipengaruhi oleh karakteristik air dan partikel yang bersangkutan dan dapat diterangkan dengan rumus-rumus sederhana dalam mekanika fluida. Yang dimaksud dengan partikel diskrit adalah partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran maupun berat selama partikel tersebut mengendap (Salim *et al.*, 2010). Partikel diskrit menurut Reynolds (1996) disebutkan sebagai partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran, maupun berat pada saat mengendap, partikel mengendap secara gravitasi (*free settling*) tanpa adanya interaksi antar partikel. Proses sedimentasi untuk mengendapkan partikel diskrit digunakan sedimentasi tipe pertama biasanya dilakukan pada unit prasedimentasi.

Proses pengendapan partikel berlangsung semata-mata akibat pengaruh gaya partikel atau berat sendiri partikel. Pengendapan terjadi karena adanya interaksi gaya-gaya di sekitar partikel, yaitu gaya drag dan gaya impelling. Massa partikel menyebabkan adanya gaya drag dan diimbangi oleh gaya impelling, sehingga kecepatan pengendapan partikel konstan. Pengendapan akan berlangsung sempurna apabila aliran dalam keadaan tenang atau *laminar flow* (Salim *et al.*, 2010; Masduqi dan Assomadi, 2012).

2.4 Saringan Pasir Cepat (*Rapid Sand Filter*)

Rapid sand filter merupakan salah satu jenis filter dimana filter berfungsi untuk memisahkan zat padat dari fluidanya dengan bantuan media berpori atau bahan berpori lain (Masduqi dan Assomadi, 2012). *Rapid sand filter* didesain untuk mengoptimalkan seluruh kedalaman lapisan filter untuk penyisihan partikulat sehingga bisa digunakan untuk mengolah air baku yang tingkat keseluruhannya lebih tinggi. *Rapid sand filter* sangat efektif digunakan untuk menyisahkan material tersuspensi dari air yang akan diolah. *Rapid sand filter* biasanya digunakan setelah melalui pengolahan pendahuluan yang berupa sedimentasi, dimana

sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan partikulat di dalam air baku. Setelah melalui *rapid sand filter*, kualitas air disempurnakan lagi dengan proses desinfeksi. *Rapid sand filter* membutuhkan area yang lebih kecil dibandingkan dengan slow sand filter dengan teknologi yang telah dikenal cukup luas.

Pada *rapid sand filter*, polutan akan tertahan di permukaan media dan akan menyumbat pori antar media. Hal ini menyebabkan meningkatnya headloss di atas permukaan filter. Hal tersebut dapat menyebabkan penurunan kinerja filter, sehingga diperlukan adanya pencucian/*backwash* (Sari, 2014).

2.4.1 Kriteria Desain

Untuk mendesain unit rapid sand filter, dibutuhkan kriteria desain sebagai dasar perencanaan. Kriteria desain *rapid sand filter* dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Kriteria Desain *Rapid Sand Filter*

No	Parameter	Satuan
1	Kecepatan filtrasi	2 - 4 m/jam ^[1]
		4 - 6 m/jam ^[2]
		5 - 10 m/jam ^[3]
		4 - 20 m/jam ^[4]
2	Dimensi Filter	5 - 200 m ² [2]
3	Kedalaman pasir	0,4 - 0,7 m ^[5]
		0,6 - 1,0 m ^[2]
4	Diameter ukuran media pasir	0,3 - 0,6 mm ^[2]
		0,4 - 0,8 mm ^[5]
		0,5 - 1,0 mm ^[3]
5	Uniform Coeficient (UC)	< 3 ^[3]
		< 1,5 ^[2]
6	Distribusi media	Terstratifikasi, dengan pembersihan <i>backwash</i> ^[3]
7	Batas headloss	sampai kedalaman air dalam filter ^[3]
8	Headloss saat bersih	0,2 - 0,5 m ^[2]

Sumber: ^[1]Hadi, 2012
^[2]Layla, 1980
^[3]Casey, 1997
^[4]Degremont, 1991
^[5]Sugiharto, 1987

Kriteria desain dibuat untuk memberikan kemudahan dalam mendesain penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Rapid sand filter memiliki kecepatan filtrasi cepat antara 4 hingga 21 m/jam (Reynolds, 1996). Penggunaan filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Apabila kekeruhan yang ada di air baku sebesar 5 – 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhan dapat mencapai 90 – 98%. Bagi-bagian dalam unit rapid sand filter antara lain:

1. Bak filter, merupakan tempat proses filtrasi berlangsung dengan jumlah dan ukuran bak bergantung dari debit pengolahan yang akan digunakan.
2. Media filter, merupakan bahan yang digunakan untuk proses filtrasi berbentuk butir/granular yang membentuk pori diatas butiran media. Pada pori inilah air akan mengalir dan terjadi proses filtrasi atau penyaringan.
3. Sistem underdrain, merupakan sistem penyaluran air yang telah melewati proses filtrasi yang letaknya berada di bawah media filter. Underdrain sendiri terdiri dari *orifice*, *lateral*, dan *manifold*.

2.4.2 Hasil Pengolahan Rapid Sand Filter

Penggunaan rapid sand filter bertujuan untuk meningkatkan kualitas air, mengubah secara cepat air sungai yang keruh menjadi air bersih dengan kandungan suspended matter kurang dari 0,5 gram/m³ atau sesuai dengan standar kualitas air minum yang berlaku (Huisman and Wood, 1974). Hasil pengolahan rapid sand filter dinyatakan dalam dua parameter yaitu:

1. Lama filterrun (T_q) adalah selama kita bisa mendapatkan kualitas effluent seperti yang diharapkan.
2. Lama filterrun (T_r) adalah selama headloss kurang dari nilai maksimum yang diperbolehkan

Sedangkan T_q dan T_r tergantung dari dua variabel yaitu:

1. Komposisi fisik, kimia, dan bakteriologi dari air baku yang akan diolah.
2. Filtration rate dan komposisi dari filterbed, ketebalan bed, ukuran media berbutir, distribusi media berbutir dan komposisi dari material filter (Huisman and Wood, 1974).

Menurut Pratama, dkk. (2017) menyebutkan bahwa untuk mendapatkan hasil optimal dari pengolahan menggunakan rapid sand filter, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kinerjanya antara lain:

- a. Kualitas air, kualitas air yang buruk membuat filter lebih sulit untuk menghasilkan air berkualitas baik.
- b. Jenis dan kedalaman media filter, hasil filtrasi ditingkatkan dengan menggunakan lebih dari satu jenis bahan filter dengan kedalaman lebih dari bahan tersebut.
- c. Model filter disesuaikan dengan kualitas air baku.
- d. Kecepatan air melewati filter, kecepatan lambat akan memberikan hasil filtrasi yang lebih baik, peningkatan kecepatan secara tiba-tiba akan mengguncang partikel lepas yang telah terjebak dalam pasir dan menyebabkan kekeruhan.
- e. Cara filter dioperasikan, seberapa sering filter dibersihkan, bagaimana memulai penyaringan dan prosedur yang digunakan dalam membersihkan media filter.

2.4.3 Mekanisme Kerja Rapid Sand Filter

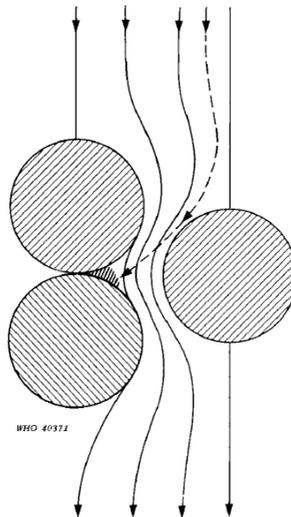
Menurut Huisman and Wood (1974) di dalam penelitian Sari (2014), mekanisme penting pada rapid sand filter adalah mekanisme perpindahan dan penempelan. Mekanisme perpindahan pada rapid sand filter ada 4, yaitu:

1. Interception (intersep)
Aliran air cukup besar sehingga partikel akan terperangkap, menempel, dan menutupi permukaan media filter.
2. Sedimentasi
Partikel mengalami gaya gravitasi dan kecepatan pengendapan sehingga partikel mengendap pada permukaan media.
3. Inertial (inersia)
Mekanisme ini terjadi pada saat partikel memiliki ukuran dan berat yang berbeda. Hal ini mengakibatkan partikel akan menempel pada permukaan media disebabkan adanya gaya inersia (Gambar 2.1). Partikel dengan ukuran besar yang bergerak cukup cepat dan berbenturan sehingga menempel

pada media filter. Berdasarkan mekanisme tersebut, efektifitas filtrasi akan semakin baik apabila ukuran partikel semakin besar. Hal ini disebabkan oleh adanya mekanisme sedimentasi dan intersep.

4. Difusi

Filtrasi dapat terjadi pada partikel yang berukuran sangat kecil seperti virus dikarenakan gerak aliran air yang random (gerak brown). Partikel akan bergesekan kemudian menempel pada media filter. Mekanisme ini hanya berlaku apabila ukuran partikel kurang dari 1 mikron. Efektifitas filtrasi dapat meningkat dengan menurunnya ukuran partikel. Hal ini disebabkan karena pada filtrasi terjadi proses difusi (Sumada, 2013).



Gambar 2. 1 Mekanisme Gaya Inersia
Sumber: Sumada, 2013

2.5 Media Filter

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang akan digunakan dilakukan dengan analisa ayakan (sieve analysis). Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva

akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan.

Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10 % dari total kedalaman lapisan media filter atau 10 % dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari ratio ukuran rata-rata dan standar deviasinya.

Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keseragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (size).

2.5.1 Jenis Media Filter

Proses filtrasi yaitu melewatkan air baku melalui media berpori. Media saringan ini meliputi media filtrasi dan media penyangga. Variabel dalam pemilihan media antara lain, bahan penyusunan media filter, bentuk butiran, porositas media, ketahanan fisik media, diameter butiran, ketebala media, distribusi ukuran media, dan specific gravity. Jenis media filter yang umum digunakan pada rapid sand filter, yaitu:

1. Single media

Rapid sand filter biasanya menggunakan pasir kwarsa. Pada sistem ini penyaringan *suspended solid* terjadi pada lapisan paling atas sehingga dianggap kurang efektif karena sering dilakukan pencucian.

2. Dual media

Sering digunakan filter dengan media pasir kwarsa di lapisan bawah dan anthrasit pada lapisan atas. Keuntungan dari dual media adalah kecepatan filtrasi lebih tinggi (10 – 15 m/jam), periode pencucian lebih lama, dan merupakan peningkatan filter single media.

3. Multimedia

Media filter terdiri dari anthrasit, pasir dan garnet atau dolomit. Fungsi multimedia adalah untuk memfungsikan seluruh lapisan filter agar berperan sebagai penyaring.

Menurut Reynold (1996), pada pengolahan air bersih, ketiga macam tipe tersebut dapat digunakan, namun tipe yang paling sering digunakan adalah dual media dan multimedia.

Media filter disusun dengan bagian atas filtrasi lebih kasar dan semakin kebawah semakin halus. Apabila penyusunan terbalik, maka akan terjadi penyumbatan (clogging) pada bagian atas, sehingga tidak seluruh kedalaman media berfungsi dengan baik. Susunan bagian media filter ini dimaksudkan agar seluruh lapisan media filter berfungsi dengan baik sehingga clogging yang cepat dapat dihindari.

Tabel 2. 4 Karakteristik Media Filter

Karakteristik Media	Nilai	
	Range	Tipikal
Pasir		
Kedalaman		
in.	24 - 30	27
(mm)	610 - 760	685
ES (mm)	0,35 - 0,7	0,6
UC	< 1,7	< 1,7
Antrasit		
Kedalaman		
in.	24 - 30	27
(mm)	610 - 760	685
ES (mm)	0,7 - 0,75	0,75
UC	< 1,75	< 1,75
Rate Filtrasi		
gpm/ft ²	2 - 5	4
L/dt.m ²	1,36 - 3,4	2,72

Sumber: Reynold, 1996

2.5.2 Karakteristik Media

Karakteristik media dapat ditinjau berdasarkan jenis media, ketebalan media, dan distribusi ukuran medianya. Antrasit berbentuk angular (Sg 1,35 – 1,75), *granular activated carbon* (Sg 1,4 – 1,5), dan kerikil (Sg 4 – 4,2) biasa digunakan sebagai media. Untuk menghindari penyumbatan maka media yang mempunyai densitas besar dilekatkan pada dasar filter (Casey, 1997). Bentuk butiran berpengaruh pada besar kecilnya pori dan luas permukaan

media yang terbentuk. Porositas media merupakan perbandingan antara volume rongga media terhadap volume filter bed.

2.5.2.1 Media Filter Arang Aktif

Arang aktif adalah material yang berbentuk bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya batubara dan tempurung kelapa. Adapun menurut Mifbakhuddin (2010), arang aktif adalah karbon yang diproses sedemikian rupa sehingga pori-porinya terbuka, dengan demikian karbon aktif mempunyai daya serap yang tinggi. Keaktifan daya menyerap dari karbon aktif tergantung dari jumlah senyawa karbonnya yang berkisar antara 85% sampai 95% karbon bebas. Arang aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa- senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif (melakukan pemilihan), tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap arang aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif (Kumalasari dan Satoto, 2011).

Adapun keuntungan dari pemakaian karbon aktif sebagai media filter adalah:

- Pengoperasian mudah karena air mengalir dalam media karbon.
- Proses berjalan cepat karena ukuran butir karbon relatif lebih besar.
- Karbon tidak tercampur dengan lumpur, sehingga dapat dilakukan regenerasi.

Secara umum dalam pembuatan karbon aktif terdapat dua tingkatan proses yakni:

1. Proses pengarangan (karbonisasi)

Proses pembentukan arang dari bahan baku. Karbonisasi yang sempurna dilakukan dengan pemanasan bahan baku tanpa adanya abu bara hingga temperatur yang cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa dalam karbon. Hasil yang diperoleh biasanya kurang aktif dan hanya memiliki luas permukaan beberapa meter persegi, sehingga karbon aktif dapat juga dibuat dengan cara lain yaitu dengan mengkarbonisasi bahan baku yang telah dicampur dengan garam dehidrasi atau zat yang dapat mencegah terbentuknya tar, misalnya ZnCl, MgCl, dan CaCl.

2. Proses Aktifasi

Proses mengubah karbon yang mempunyai daya serap rendah menjadi daya serap tinggi. Untuk menaikkan luas permukaan dan memperoleh karbon yang berpori. Karbon diaktivasi dapat dilakukan melalui beberapa cara seperti menggunakan uap panas, gas karbondioksida atau penambahan bahan kimia sebagai aktivator (Said, 2007).

Dilihat dari bentuk ukuran partikel karbon aktif dibagi menjadi dua jenis. Pertama, karbon aktif bubuk (Powder Activated Carbon/PAC) dan karbon aktif butiran (Granular Activated Carbon/GAC).

1. Karbon Aktif Bubuk (Powder Activated Carbon)

Karbon aktif bubuk memiliki ukuran partikel sekitar 50-75 mikron karena ukurannya yang kecil sehingga pada penggunaannya sulit karena mudah terbang. Biasanya, dalam pengguna PAC dapat dicampur dengan kandungan air sekitar 30- 50%.

2. Karbon Aktif Butiran (Granular Activated Carbon)

Karbon aktif butiran memiliki bentuk butiran atau kepingan dengan ukuran 0,16-1,5 mm yang cara penggunaannya lebih mudah (Said, 2007).

Dalam pengolahan air, karbon aktif digunakan sebagai adsorben untuk menyisihkan rasa, bau ataupun warna. Pengoperasian proses adsorpsi berbeda antara karbon aktif berbentuk bubuk dan butiran. Karbon aktif bubuk biasanya dibubuhkan pada air yang diolah dan dimasukkan secara merata agar terjadi kontak, setelah itu diendapkan (Masduqi dan Assomadi, 2012).

2.5.2.2 Media Filter Antrasit

Antrasit merupakan batubara paling tinggi tingkatan yang mempunyai kandungan karbon lebih dari 93% dan kandungan zat terbang kurang dari 10%. Antrasit umumnya lebih keras, kuat dan seringkali berwarna hitam mengkilat seperti kaca (Amijaya dan Ramadhani, 2014).

Antrasit adalah salah satu media filter untuk menghilangkan kekeruhan pada air. Antrasit memiliki berat jenis lebih ringan dari silica sand, sehingga banyak digunakan dalam kombinasi dengan silica sand dalam filtrasi dual-media. Selain itu antrasit juga memiliki kadar karbon yang tinggi dan memiliki

resistensi yang tinggi terhadap berbagai bahan kimia sehingga banyak digunakan untuk penyaringan air.

Kinerja antrasit sebagai media filter adalah mengangkut kekeruhan pada rongga-rongga luar (*void external*). Berbeda dengan karbon aktif yang mengabsorpsi kotoran pada rongga-rongga dalam (*void internal*), maka antrasit menahan kotoran-kotoran pada rongga-rongga luar antar partikel. Antrasit mempunyai rongga-rongga luar lebih besar sehingga bisa banyak mengangkat kotoran.

2.5.3 Hidrolika Filtrasi

Dikutip dari Masduqi dan Slamet (2002) mengenai hidrolika filtrasi, persamaan yang akan digunakan dalam menghitung debit hasil filtrasi pada penelitian ini dihitung menggunakan persamaan 2.1.

$$Q = Vf \cdot A \quad (2.1)$$

Dimana:

Q = Debit filtrasi (L/jam)

Vf = kecepatan filtrasi (m/jam)

A = Luas reaktor (m²)

Pada prinsipnya, aliran pada media berbutir (filter pasir) dianggap sebagai aliran dalam pipa berjumlah banyak. Kehilangan tekanan dalam pipa akibat gesekan aliran mengikuti persamaan Darcy-Weisbach pada Persamaan 2.2.

$$h_L = f \frac{L \cdot v^2}{D_c \cdot 2g} \quad (2.2)$$

Dimana:

h_L = kehilangan tekanan akibat gesekan aliran

L = panjang atau kedalaman media

v = kecepatan aliran

D = diameter kanal

Dari rumus Darcy-Weisbach untuk $f' = \frac{3}{4} f$, diperoleh persamaan Carman-Kozeny pada persamaan 2.3 berikut.

$$h_L = f' \frac{L}{\Psi d} \left(\frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \right) \frac{Va^2}{g} \quad (2.3)$$

Dimana:

h_L = kehilangan tekanan

f' = Fungsi Nre

d = diameter media

Va = debit/luas permukaan

ε = Porositas media

ψ = faktor bentuk

Nilai f' merupakan fungsi Nre dengan persamaan 2.4 berikut.

$$f' = 150 \left(\frac{1-\varepsilon}{Nre} \right) + 1,75 \quad (2.4)$$

Besaran bilangan Reynolds dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain kecepatan fluida, viskositas absolut fluida dinamis, viskositas kinematik fluida, dan kecepatan dari fluida. Nilai bilangan Reynolds akan menentukan aliran fluida, baik berupa laminer atau aliran turbulen. Bilangan Reynold (Nre) merupakan fungsi diameter dan kecepatan aliran yang diturunkan dengan persamaan 2.5 berikut.

$$Nre = \frac{\Psi \cdot d \cdot Va}{\nu} = \frac{\Psi \cdot \rho \cdot Va}{\mu} \quad (2.5)$$

Dimana:

Nre = Bilangan Reynold

Va = debit/luas permukaan

ε = Porositas media

ρ = berat jenis media

ψ = faktor bentuk

μ = viskositas kinematik

ν = viskositas dinamis

2.6 Membran

2.6.1 Definisi Membran

Membran berasal dari bahasa latin *membrana* yang berarti kulit kertas. Hingga saat ini kata membran telah diperluas untuk menggambarkan sesuatu lembaran tipis fleksibel atau film, bertindak sebagai pemisah selektif antara dua fase karena sifat semipermeabel (Wenten, 2000). Membran merupakan selaput tipis semipermeable yang berupa lapisan tipis dapat memisahkan dua fase dengan cara menahan komponen tertentu dan melewatkan komponen lainnya melalui pori-pori (Osada and Nakagawa, 1992).

Membrane separation merupakan suatu teknik pemisahan campuran dua atau lebih komponen tanpa menggunakan panas. Komponen-komponen akan terpisah berdasarkan ukuran dan bentuknya, dengan bantuan tekanan dan selaput semi-permeable. Hasil pemisahan berupa retentate (bagian dari campuran yang tidak melewati membran) dan permeate (bagian dari campuran yang melewati membran). Berdasarkan bahan pembuatnya,

membran dibedakan menjadi membran organik (membran alamiah dari selulosa dan membran sintetis) dan membran anorganik (Dewi, 2011).

Kemampuan membran untuk mentransportasikan atau memindahkan komponen lebih cepat dibandingkan dengan komponen lainnya disebabkan karena adanya gaya dorong dan perbedaan sifat kimia dan fisika antar membran dan komponen permeate. Membran merupakan media yang bersifat sebagai filter yang dapat memisahkan campuran senyawa yang terlarut dengan cara yang amat spesifik. Proses pemisahan dapat terjadi apabila terdapat perbedaan sifat diantara senyawa yang akan dipisahkan, seperti perbedaan ukuran molekul, perbedaan interaksi antara senyawa terlarut dengan membran ataupun perbedaan fisik lainnya (Muliawati, 2012).

2.6.2 Jenis-jenis Membran

Berdasarkan fungsinya, membran terbagi menjadi empat jenis, yaitu: membran mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi, dan reverse osmosis (Mulder, 1996). Ciri-ciri khusus seperti ukuran pori, tekanan, dan fungsi masing-masing membran ditunjukkan pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2. 5 Jenis Membran dan Fungsinya

No.	Jenis membran	Ukuran pori	Tekanan	Fungsi
1	Mikrofiltrasi	0,05-10 μm	< 2 bar	Memisahkan suspensi dan koloid
2	Ultrafiltrasi	1-100 nm	1 - 10 bar	Memisahkan makromolekul
3	Nanofiltrasi	< 2 nm	5 - 25 bar	Memisahkan komponen terlarut yang mempunyai berat molekul rendah
4	Reverse osmosis	< 2 nm	Air payau : 15-25 bar Air laut : 40-80 bar	Memisahkan komponen terlarut dengan berat

No.	Jenis membran	Ukuran pori	Tekanan	Fungsi
				molekul rendah

Sumber: Mulder (1996) dalam Muliawati (2012)

Berdasarkan tabel 2.6, dapat dilihat beragamnya industri yang telah menerapkan proses membran untuk pengolahan limbahnya.

Tabel 2. 6 Jenis Membran dan Pengaplikasiannya di Industri

Sektor industri & jenis limbah	Aplikasi	Proses membran
Industri tekstil	Pemisahan warna	RO, UF, MF, NF
	Pengambilan kembali pewarna	
	Pengambilan kembali energi	
Industri pelapisan logam	Pengambilan kembali air dari air limbah pencucian	UF, NF, RO, ED
	Pengambilan kembali logam dari larutan galvanik	
	Pemanfaatan kembali limbah galvanik	
Industri petrokimia	Penggunaan kembali blowdown menara pendingin	UF, RO
	Pemanfaatan kembali kondensat	
Industri pulp dan kertas	Pemisahan warna	UF, RO
	Pengambilan kembali air limbah lignin alkali	
Pengeboran minyak	Penggunaan kembali air limbah pengeboran minyak untuk umpan boiler atau injeksi	RO

Sektor industri & jenis limbah	Aplikasi	Proses membran
Pembangkit tenaga listrik	Penggunaan kembali blowdown menara pendingin	RO
Laundry	Pengambilan kembali air, deterjen, dan panas	UF
Limbah berminyak	Penggunaan kembali air	UF
Industri cat	Pengambilan kembali electropaint	UF
Industri susu (cheese whey)	Pengambilan kembali air	UF
	Pengambilan kembali produk bernilai	
Industri tapioka	Pengambilan kembali air dan soluble starch	UF, RO

Sumber: Wenten, 2004

2.5.2.1 Nanofiltrasi

Nanofiltrasi adalah proses yang menggunakan tekanan sebagai driving force. Proses separasi didasarkan pada ukuran molekul. Membran yang digunakan dalam proses nanofiltrasi memiliki retensi yang tidak terlalu besar terhadap garam univalen (Dasilva dkk, 2007). Nanofiltrasi bisa digunakan untuk beberapa jenis pemisahan seperti demineralisasi, penghilangan zat warna, dan desalinasi. Pada larutan yang terdiri solute organik, suspended solid, dan ion polyvalen, permeat yang dihasilkan mengandung ion monovalen dan berupa larutan organik dengan BM rendah seperti alkohol (Baker, 2004).

Nanofiltrasi merupakan proses yang terjadi akibat perbedaan tekanan untuk memisahkan solut berukuran lebih besar dari larutan dengan menggunakan membran semipermeable. Proses ini dilakukan dengan cara mengalirkan larutan sepanjang permukaan membran dengan memanfaatkan beda tekanan. Filtrasi membran aliran crossflow menggunakan laju alir yang besar untuk meningkatkan laju permeate dan mengurangi kemungkinan terjadinya fouling. Partikel solut yang terejeksi (misal: garam terlarut) terpisah bersama dengan arus aliran yang

keluar dan tidak terakumulasi di permukaan membran (Norman dkk, 2008).

Pori pada membran nanofiltrasi tidak bisa diamati dengan menggunakan mikroskop, walaupun begitu air masih bisa melewati membran sedangkan garam multivalent dan bahan organik dengan BM rendah akan terejeksi. Membran nanofiltrasi dengan ukuran pori sekitar 0,001 mikrometer memiliki keterbatasan dalam mengolah air baku menjadi air minum. Membran nanofiltrasi hanya dapat memisahkan air dari padatan terlarut, bakteri, virus, ion multivalensi seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} dll yang menyebabkan kesadahan atau molekul yang mempunyai berat molekul dengan rentang 200-5000 dan tidak dapat memisahkan ion monovalensi seperti Na^+ , K^+ dll. Hal ini berarti, membran nanofiltrasi hanya dapat mengolah air baku yang berupa air tawar (Ren dan Wang, 2011).

2.5.2.2 Ultrafiltrasi

Menurut Wenten (2004), membran UF dapat dioperasikan secara dead-end (static filtration) ataupun cross-flow. Pada mode operasi dead-end, arah aliran umpan tegak-lurus terhadap membran. Pada mode operasi ini, seluruh air umpan dipaksa melewati membran secara kontinu, dan tidak ada sirkulasi air di dalam modul membran. Produk keluar dalam bentuk filtrat sementara pengotor berada dalam bentuk filter cake yang biasanya dikeluarkan sekali pada saat backwash. Mode operasi dead-end memiliki kelemahan yaitu cenderung mengakibatkan fouling yang sangat tinggi akibat terbentuknya lapisan cake di permukaan membran. Ketebalan cake terus meningkat terhadap waktu sehingga fluks terus-menerus turun hingga menuju nol. Penghilangan cake dilakukan dengan backwash yaitu pemompaan filtrat dari sisi produk menuju sisi umpan. Pola aliran ini masih digunakan pada beberapa operasi di bidang medis dan pengolahan air.

Khusus untuk pengolahan air, sistem ini digunakan pada proses filtrasi dengan kualitas umpan yang baik dan tingkat kekeruhan yang rendah. Jika umpan memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi, mode operasi cross-flow lebih disukai. Secara umum, semakin baik kualitas umpan, mode operasi dead-end memberikan keuntungan yang semakin besar, dimana biaya operasinya lebih rendah (lebih sedikit energi untuk pompa) dan

memberikan tingkat perolehan (recovery) yang tinggi. Pada pola aliran cross flow, umpan dialirkan dengan arah aksial (sejajar) dengan permukaan membran. Konsentrat disirkulasikan pada kecepatan yang lebih tinggi dengan tujuan menciptakan turbulensi di permukaan membran. Dengan perlakuan seperti ini, pembentukan lapisan cake terjadi sangat lambat karena tersapu oleh gaya geser yang diakibatkan oleh aliran cross-flow umpan. Pada setiap operasi cross-flow, kecepatan aliran umpan sangat menentukan besarnya perpindahan massa dalam modul. Kelebihan sistem ini adalah tendensi fouling dapat dikurangi, dimana pembentukan lapisan cake di permukaan membran tidak akan separah pada pola dead-end, dimana laju cross-flow yang tinggi akan meminimumkan ketebalan lapisan cake. Fluks permeat akan menurun di awal proses dan akan menuju pada kondisi stabil dalam kurun waktu tertentu dimana ketebalan lapisan foulant di permukaan membran tidak bertambah lagi.

Karakteristik pemisahan pada proses UF berada pada rentang karakteristik proses membran lainnya seperti MF dan NF. Membran ultrafiltrasi memiliki ukuran pori 0,05 μm - 1 μm atau setara dengan molecular weight cut off (MWCO) 1.000-500.000 Dalton. Karakteristik rejeksi solut oleh membran UF sangat ditentukan oleh ukuran dan bentuk pori membran. Ultrafiltrasi umumnya digunakan untuk pemisahan partikel tersuspensi dan makromolekul dari dalam larutan. Dalam aplikasinya, berbagai komponen dengan ukuran yang sangat bervariasi dapat dijumpai pada umpan yang hendak diolah dengan UF.

2.6.3 Fluks dan Rejeksi Membran

Kriteria penting dalam menentukan kinerja membran sebagai alat pemisah adalah fluks dan rejeksi (Radiman dkk, 2002). Permeabilitas atau fluks yang mengalir melalui membran didefinisikan dengan jumlah volume permeat yang melewati membran per satuan luas permukaan per satuan waktu.

$$J = \frac{V}{A \cdot t} \quad (2.6)$$

dengan:

J = nilai fluks (L/m^2 hari)

t = waktu (hari)

V = volume permeat (L)

A = luas permukaan membran (m^2)

Harga fluks menunjukkan kecepatan alir permeal saat melewati membran. Nilai fluks ini sangat tergantung pada jumlah dan ukuran pori-pori membran.

Permeselektivitas atau efisiensi pemisahan adalah kemampuan membran untuk meloloskan spesi tertentu dan menahan spesi yang lain (Mulder, 1996). Permeselektivitas biasanya dinyatakan dengan rejeksi (R) yang menunjukkan harga fraksi konsentrasi zat terlarut yang tertahan oleh membran.

$$R = \left(1 - \frac{c_p}{c_f}\right) \times 100\% \quad (2.7)$$

dengan:

R = koefisien rejeksi (%)

C_p = konsentrasi zat terlarut dalam permeal

C_f = konsentrasi zat terlarut dalam umpan (feed)

Nilai rejeksi sangat bervariasi antara 100% (di mana zat terlarut tertahan oleh membran, sehingga diperoleh membran semipermeabel yang ideal), dan 0 % (di mana zat terlarut dan pelarut mengalir bebas melalui membran) (Mulder,1996). Oleh karena itu, nilai efisiensi rejeksi sangat ditentukan oleh ukuran pori-pori membran.

2.6 Pompa

Pompa adalah suatu mesin yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari tempat satu ke tempat lain. Data-data pompa yang akan digunakan perlu diketahui agar sesuai dengan kebutuhan. Data mengenai sistem pemompaan yang harus tersedia adalah sebagai berikut:

1. Kapasitas sistem
2. Head sistem yang didasarkan pada kondisi suction dan discharge
3. Daya/energi yang tersedia

2.6.1 Jenis-jenis Pompa

Ada 3 jenis pompa yang umum digunakan, yaitu:

1. Pompa sentrifugal
Pompa sentrifugal merupakan pompa yang dioperasikan di luar air. Prinsip kerja pompa sentrifugal yaitu mengubah energi kinetis (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui impeller yang berputar. Pompa ini bekerja dengan menyedot air ke tempat yang diinginkan.
2. Pompa submersible

Pompa submersible juga disebut sebagai pompa benam yang merupakan pompa yang dioperasikan di dalam air dan akan mengalami kerusakan apabila pompa beroperasi namun tidak ada air secara terus menerus. Pompa ini bekerja dengan mendorong air ke permukaan.

3. Pompa nonclogging

Pompa nonclogging adalah pompa yang biasa digunakan untuk memompa cairan kotor, lumpur, cairan yang mengandung benda-benda padat yang cukup besar, berserat panjang dan cairan mengandung gas.

2.6.2 Tekanan pada Pompa

Total head pada pompa biasanya dinyatakan dalam jarak seperti meter, feet, dll. Total head dan tekanan perlu diperhatikan dalam pemilihan pompa karena kedua hal ini saling berhubungan.

Head pada pompa antara lain:

1. Head statis

Head statis merupakan perbedaan tinggi muka air cairan pada bagian hisap dengan bagian tekan. Apabila pipa tekan berada di atas permukaan air, maka head statis diukur dari garis tengah pipa.

2. Head hisap statis

Head hisap merupakan selisih tinggi muka air pada bagian hisap dengan sumbu poros pompa.

3. Head tekan statis

Head tekan statis merupakan perbedaan tinggi muka air pada bagian hisap dengan garis sumbu poros pipa.

2.6.3 Head Total Pompa

Head total pompa perlu diperhitungkan untuk dapat mengalirkan air sesuai perencanaan. Rumus head total adalah sebagai berikut:

$$H = \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g} \quad (2.7)$$

dimana:

H = head total pompa (m)

Δh_p = head statis pompa (m)

h_l = kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan, dll (m)

$v^2/2g$ = head kecepatan keluar (m)

$$\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1} \quad (2.8)$$

dimana:

h_{p1} = permukaan air bawah

h_{p2} = permukaan air atas

(Sularso dan Tahara, 2000)

2.7 Penelitian Terdahulu

Judul	Sumber	Variabel	Parameter	Hasil
Bottom ash Limbah Batubara sebagai Media Filter yang Efektif pada Pengolahan Limbah Cair Tekstil	Rosyida, Ainur (2011)	Media filter: arang aktif, zeolit, dan bottom ash	- BOD - COD - TSS - Cr	Filtrasi menggunakan bottom ash menurunkan parameter TSS sebesar 32,5%, COD 54,1%, BOD 58,9% serta kandungan logam berat Cr 80,8%.
Studi Pengolahan Limbah Jeans dengan Metode Fisik-Kimia Skala Laboratorium	Utami, Fahriza (2018)	Media filter: arang aktif, dan antrasit. Koagulan: PAC, Tawas, dan PAC dan tawas	- COD - TSS - Warna - Kekeruhan	Rangkaian proses koagulasi flokulasi dan filtrasi dapat menurunkan COD berkisar antara 78% - 82%, TSS antara 93% - 94%, kekeruhan hingga 99% dan warna hingga 98%. Efisiensi penurunan parameter pencemar menggunakan koagulan dan media filter hampir sama dan

				tidak terlalu signifikan perbedaannya.
Optimizing the coagulant dose to control membrane fouling in combined coagulation/ultrafiltration systems for textile wastewater reclamation.	Lee, Baebok., Kwangho Choo., Daeic Chang., and Sangjune Choi. (2009)	Koagulan: PACl Membran: Mikrofiltrasi dan Ultrafiltrasi	<ul style="list-style-type: none"> - Kekeruhan - Ukuran partikel 	Fluks untuk membran UF ketika koagulan ditambahkan menjadi meningkat, sedangkan untuk mikrofiltrasi (MF) membran fluks menurun. Hal ini dapat dikaitkan dengan perubahan ukuran partikel koagulasi dan interaksinya dengan pori-pori membran.
Sequencing batch reactor technology coupled with nanofiltration for textile wastewater reclamation.	Zuriaga-Agustí, E., Iborra-Clar, M.I., Mendoza-Roca, J.A., Tancredi, M., Alcaina-Miranda,	Jenis pewarna: merah, biru, dan kuning	<ul style="list-style-type: none"> - Warna 	Hasil penyisihan warna berkisar antara 85 hingga 90% untuk pewarna merah dan biru dan dari 70 hingga 75% untuk yang berwarna kuning ketika umpan SBR hanya air limbah sintesis tekstil.

	M.I., Iborra-Clar, A. (2010)			Namun, ketika umpan SBR adalah campuran dari 50% limbah sintesis dan 50% rejeksi NF, efisiensi penghilangan warna berkurang antara 10 dan 15%
--	------------------------------	--	--	---

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Kerangka Penelitian

Metode penelitian ini dibuat untuk memudahkan penelitian serta berjalan sistematis sesuai dengan waktu yang ditentukan. Kerangka penelitian digunakan sebagai gambaran awal dalam tahap penelitian sehingga memudahkan dalam melakukan penelitian dan penulisan dalam laporan, memudahkan dalam memahami penelitian yang akan dilakukan dan sebagai pedoman dalam melakukan penelitian.

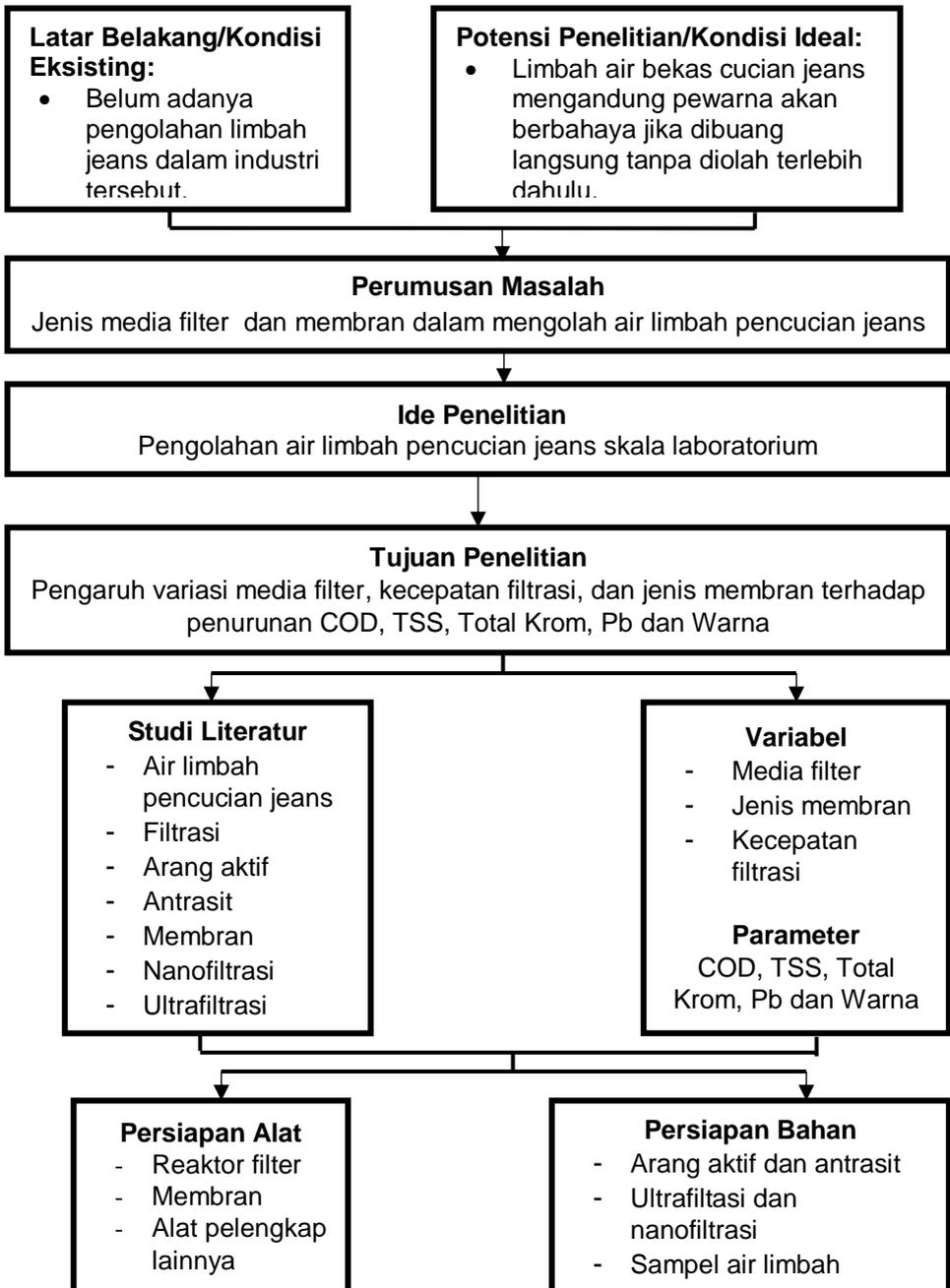
Penelitian ini akan mengolah limbah hasil cucian jeans secara fisik kimiawi. Sampel air bekas cucian diambil dari unit proses pencucian jeans. Parameter yang diuji yakni COD, TSS, Total Krom, Pb dan Warna. Variabel yang digunakan adalah variasi media filter dalam proses filtrasi dan jenis membran. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium yang akan dilaksanakan di Workshop Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS. Berdasarkan uraian di atas maka dapat dilihat kerangka penelitian pada Gambar 3.1.

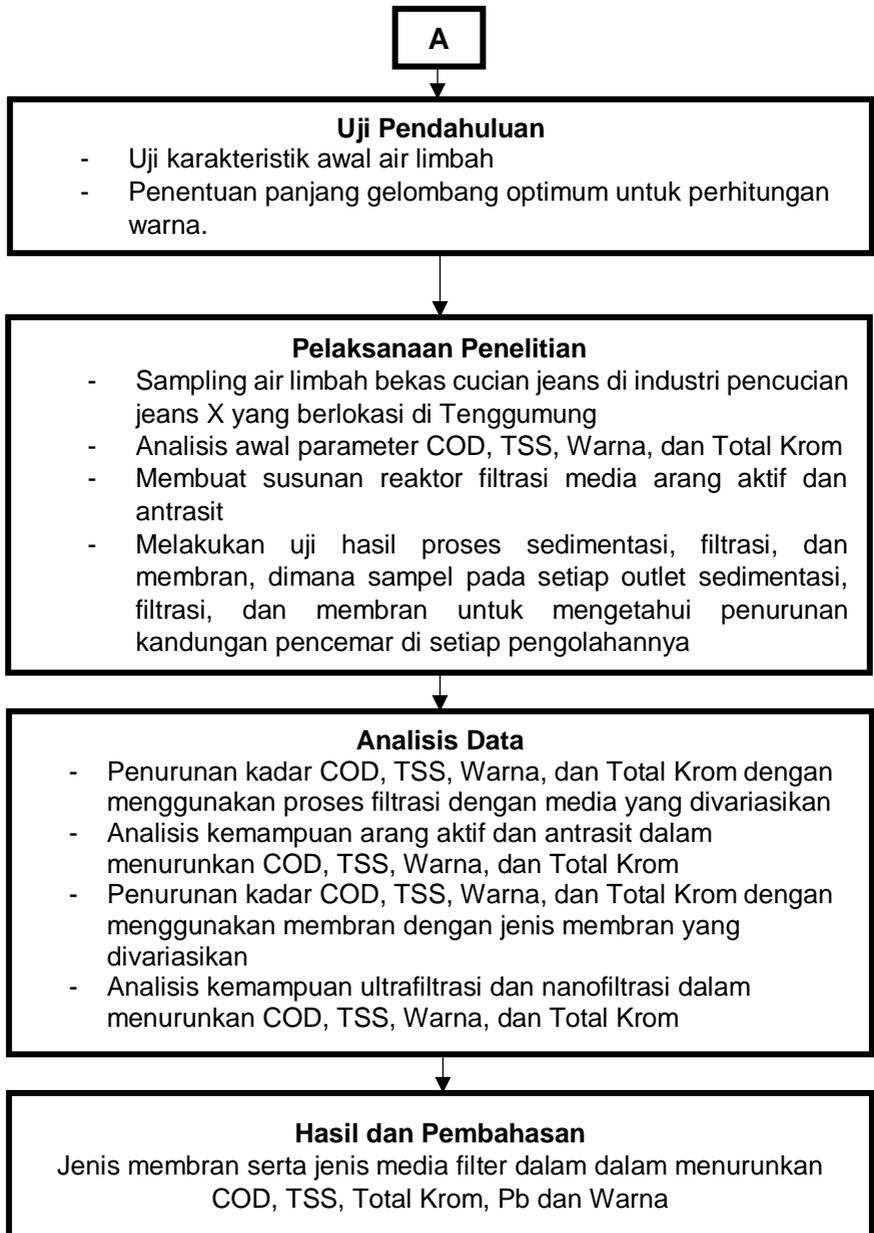
3.2 Ide Penelitian

Penelitian ini membahas tentang mengolah air bekas pencucian jeans dengan menggunakan filter dan membran. Variabel yang digunakan adalah variasi media filter dalam proses filtrasi dan jenis membran. Parameter yang akan diukur yakni COD, TSS, Total Krom, Pb dan Warna.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur penelitian bertujuan untuk mendukung dan membantu ide penelitian serta meningkatkan pemahaman yang lebih jelas terhadap penelitian yang akan diteliti. Sumber literatur berasal dari jurnal penelitian nasional maupun internasional, review journal, disertasi, prosiding, text book dan dari peraturan. Literatur yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah karakterisasi limbah cucian jeans, potensi pencemar air bekas cucian jeans, pengolahan air limbah, reduksi COD, TSS, Total Krom, Pb dan Warna, jenis-jenis media filter, dan kemampuan removal pada membran.





Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.4 Uji Pendahuluan

Tahap uji pendahuluan yang dilakukan sebagai berikut:

3.4.1 Uji Karakterisasi Air Limbah

Pada uji karakteristik air limbah dilakukan sampling air limbah bekas pencucian jeans industri rumah tangga “X” Surabaya, kemudian sampel dianalisis kadar COD, TSS, Total krom, Pb, dan warna.

3.4.2 Penentuan Panjang Gelombang Warna

Kadar warna pada air limbah bekas pencucian tergolong pekat. Untuk mencari efisiensi removal warna pada air limbah bekas pencucian jeans, maka perlu adanya kalibrasi warna untuk mengetahui panjang gelombang optimum pada spektrofotometri yang digunakan sebagai pembaca larutan. Rentang panjang warna untuk warna biru adalah 450 – 550 (APHA, 2010).

Fungsi alat spektrofotometer dalam laboratorium adalah mengukur transmittans atau absorbans suatu contoh yang dinyatakan dalam fungsi panjang gelombang. Prinsip kerja spektrofotometer adalah bila cahaya (monokromatik maupun campuran) jatuh pada suatu medium homogen, sebagian dari sinar masuk akan dipantulkan, sebagian diserap dalam medium itu, dan sisanya diteruskan. Nilai yang keluar dari cahaya yang diteruskan dinyatakan dalam nilai absorbansi karena memiliki hubungan dengan konsentrasi sampel. Hukum Beer menyatakan absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan ahan/medium (Miller, 2000). Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan untuk mengetahui saat nilai absorbansi mencapai maksimum sehingga meningkatkan proses absorpsi larutan terhadap sinar (Rohman, 2007).

Dari hasil pengamatan yang dilakukan sampai panjang gelombang 700 nm karena nilai absorbansi terus meningkat dalam rentang panjang gelombang 450 – 550 nm. Pada pengukuran panjang gelombang 660 A, dipilih panjang gelombang yang menghasilkan nilai absorbansi paling tinggi karena pada kondisi tersebut dianggap suatu zat memberikan penyerapan paling tinggi dimana dapat digunakan dalam penentuan konsentrasi larutan. Dari panjang gelombang optimum kemudian di buat kurva kalibrasi larutan standard untuk menentukan konsentrasi larutan pada penelitian ini. Hasil data dan grafik dapat dilihat pada Lampiran 2.

3.4.3 Penentuan Waktu Filter Beroperasi

Media filter yang digunakan meliputi karbon aktif dan antrasit dengan kecepatan filtrasi sebesar $5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$ dan $7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$. Hal ini berfungsi untuk menentukan lamanya filter yang akan beroperasi secara kontinu dengan jenis media dan kecepatan filtrasi yang telah ditentukan. Rentang waktu lamanya filter beroperasi pada penelitian ini sangat dipengaruhi oleh beban air limbah yang akan masuk dan kecepatan filtrasi yang diterapkan. Filtrasi merupakan salah satu pengolahan fisik sehingga parameter yang digunakan sebagai acuan lamanya filter beroperasi adalah warna. Sehingga dari uji pendahuluan ini ditetapkan apabila filter beroperasi selama 6 jam. Penentuan ini juga didasarkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Rosyida (2011) dimana filter dioperasikan selama 6 jam dengan air limbah tekstil. Hasil dari uji pendahuluan terlampir pada Lampiran 2.

3.5 Penelitian Utama

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai penelitian utama yang akan dilaksanakan, meliputi lokasi sampling serta variabel penelitian.

3.5.1 Lokasi Sampling

Sampel yang digunakan merupakan air pencucian jeans yang berasal dari industri pencucian jeans X, Surabaya. Limbah yang dihasilkan ini dibuang menuju selokan di depan lokasi industri sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan. Pengambilan sampel dilakukan di bak penampung limbah yang telah ada di industri tersebut. Waktu pengambilan sampel dilakukan pada pukul 08.00 – 15.00 WIB. Hal ini dilakukan karena pada waktu tersebut merupakan waktu operasi industri. Pengambilan sampel dilakukan setiap hari sesuai debit yang dibutuhkan.

3.5.2 Variasi Variabel

Pada penelitian ini variabel yang digunakan adalah media filter, kecepatan filtrasi, dan jenis membran yang digunakan selama proses pengolahan. Kecepatan filtrasi paling baik berada pada nilai 4 – 21 m/jam. Variabel kecepatan filtrasi yang digunakan adalah 5 m/jam dan 7 m/jam sesuai dengan kecepatan filtrasi yang digunakan oleh Utami (2018) dan Maryani (2014). Media yang akan digunakan pada penelitian ini adalah arang aktif serta antrasit yang memiliki ukuran 6-8 mesh. Pemilihan arang aktif didasarkan pada penelitian Jayaningmurti (2010) dan Andika (2010).

Pemilihan jenis membran ultrafiltrasi dan nanofiltrasi didasarkan dari penelitian Wegen (2004) dan Muliawati (2012).

Penelitian ini digunakan untuk mengetahui efisiensi pengolahan menggunakan rapid sand filter dan membran untuk mengolah air limbah pencucian jeans. Sebelum memasuki filter, air limbah diendapkan secara batch sebagai langkah pendahuluan. Pada Tabel 3.2 disebutkan mengenai variasi penelitian.

Tabel 3. 1 Variasi Penelitian

Variasi Kecepatan Filtrasi	Percobaan ke-	Variasi Pengolahan
5 m/jam	1	Filter media arang aktif - Ultrafiltrasi
	2	Filter media antrasit - Ultrafiltrasi
	3	Filter media arang aktif - Nanofiltrasi
	4	Filter media antrasit - Nanofiltrasi
7 m/jam	5	Filter media arang aktif - Ultrafiltrasi
	6	Filter media antrasit - Ultrafiltrasi
	7	Filter media arang aktif - Nanofiltrasi
	8	Filter media antrasit - Nanofiltrasi

3.5.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium dan diestimasikan akan dilakukan dalam kurung waktu kurang lebih selama 2 bulan. Analisis penelitian dilakukan di Workshop dan Laboratorium Pemulihan Air Departemen Teknik Lingkungan ITS Surabaya. Air limbah yang digunakan merupakan air limbah hasil pencucian jeans X, Surabaya. Air limbah ini akan dilakukan pengolahan dengan pengendapan tipe I, rapid sand filter, dan membran. Pelaksanaan penelitian terdiri dari:

1. Penelitian awal, yaitu uji karakteristik limbah untuk mengetahui karakteristik air limbah yang akan digunakan.

2. Pengendapan tipe I yaitu pengendapan partikel diskrit secara batch dengan waktu (td) 2 jam. Pengendapan tipe I dilakukan dengan tujuan untuk memisahkan filtrat dan substrat pada air limbah pencucian jeans.
3. Pengoperasian reaktor rapid sand filter dan membran secara kontinu. Hasil dari pengolahan tersebut akan di analisis sesuai parameter yang berlaku.

3.5.3.1 Perlakuan Uji Coba Pengolahan Air Pencucian Jeans

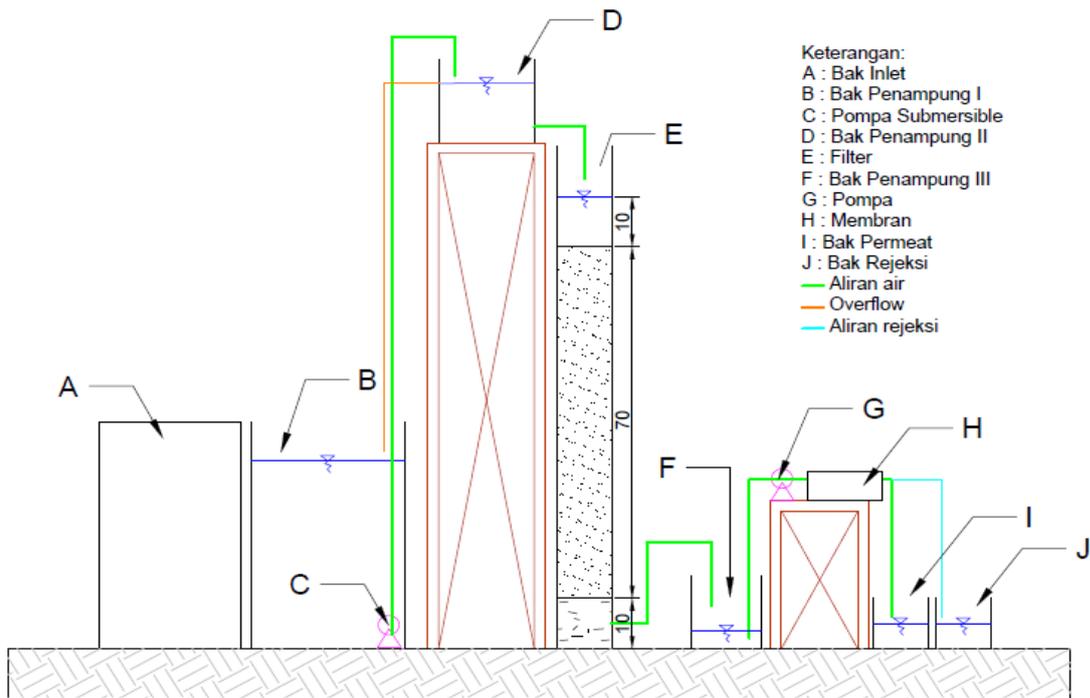
Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan sesuai dengan Gambar 3.5 adalah:

1. Air limbah dilakukan pengendapan partikel diskrit di bak inlet berukuran 80 L secara batch. Air limbah yang telah mengalami proses pengendapan akan dipisahkan antara filtrat dan substrat yang ada dimana filtrat kemudian dipindahkan pada bak penampung I yang berukuran 80 L untuk dilakukan proses pengolahan secara kontinu.
2. Filtrat hasil pengendapan yang berada di bak penampung I dialirkan menuju rapid sand filter yang telah ditentukan debitnya sesuai kecepatan filtrasi. Reaktor rapid sand filter terbuat dari pipa PVC dengan diameter 4 inci (10,16 cm).
3. Setelah dari unit rapid sand filter, air hasil filtrasi di tampung pada bak penampung III berukuran 25 L yang kemudian di pompa dengan tekanan menuju filter membran.
4. Hasil pengolahan membran di tampung pada bak rejeksi dan permeat yang masing-masing berukuran 5 L.

3.5.3.2 Metode Pengambilan Sampel Air Limbah untuk Analisis Parameter

Metode pengambilan sampel yang dilakukan pada penelitian ini berdasarkan Gambar 3.5 adalah:

- a. Pengambilan sampel ke-1 adalah saat karakterisasi awal air limbah tanpa perlakuan.
- b. Pengambilan sampel ke-2 adalah setelah proses sedimentasi tipe I atau saat air limbah didalam bak penampung II.
- c. Pengambilan sampel ke-3 adalah setelah proses filtrasi. Waktu yang dibutuhkan untuk unit rapid sand filter dengan kecepatan filtrasi yang telah ditentukan.
- d. Pengambilan air sampel ke-4 adalah setelah proses membran ultrafiltrasi atau nanofiltrasi. dilakukan sesuai dengan lama filter beroperasi.



Gambar 3. 2 Sketsa Reaktor

3.6 Hasil dan Pembahasan

Analisis dan pembahasan didasarkan pada perbandingan antara studi literatur dengan hasil penelitian. Data tersebut meliputi hasil uji parameter air limbah pencucian jeans sebagai parameter penurunan COD, TSS, Total Krom, Pb dan Warna. Metode analisis yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 2 Metode Analisis Tiap Parameter

Analisis	Tujuan	Metode	Standar
<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	Menentukan besar degradasi organik	Metode <i>Closed reflux</i>	SNI 6989.73:2009
<i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	Mengetahui total padatan tersuspensi sampel	Metode Gravimetri	SNI 19-6447-2000
Total Krom	Mengetahui logam krom total pada sampel	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	SNI 06-6989.17-2004
Pb	Mengetahui Pb total yang terlarut dalam air	Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	SNI 6989.8:2009
Warna	Mengetahui warna sebenarnya pada sampel	Spektrofotometri	SNI 6989.80:2011

Hasil analisis data dan pembahasan ini juga akan menjawab tujuan penelitian yang telah dibuat. Hasil penelitian akan ditampilkan dalam bentuk grafik, tabel, maupun bentuk deskriptif.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis data penelitian dan pembahasan. Kesimpulan harus menjawab rumusan masalah dan sesuai dengan tujuan penelitian. Saran diperlukan sebagai penyempurnaan penelitian dan rekomendasi

terhadap penelitian terkait untuk meminimalisasi kesalahan dan untuk meningkatkan efisiensi.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Karakteristik Awal Limbah

Penelitian ini diawali dengan menganalisis karakteristik air limbah bekas pencucian jeans. Menganalisis karakteristik air limbah bekas pencucian jeans merupakan hal penting untuk mengetahui kandungan-kandungan yang terdapat dalam limbah yang akan diolah. Hasil dari penelitian pendahuluan ini akan dijadikan sebagai acuan pada penelitian utama. Sampel yang digunakan adalah air limbah bekas pencucian jeans industri rumah tangga "X" Surabaya dari bak penampung effluen. Hasil yang diperoleh dari penelitian awal karakteristik air limbah bekas pencucian jeans dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Karakteristik Air Limbah

Pengambilan Sampel ke-	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	Warna (A)	Total Krom (mg/L)	Pb (mg/L)
1	2750	310	0,33	4,11	6,31
2	3500	320	0,31	3,16	3,38
3	3000	320	0,327	5,62	8,12
4	3500	340	0,312	2,54	2,6
5	2750	320	0,314	2,41	2,5
6	3000	340	0,31	2,66	3,61
7	2750	330	0,311	3,01	3,15
8	2750	360	0,33	3,4	3,48
Rata-rata	3000	330	0,314	3,36	4,14

Pengambilan sampel dilakukan pada saat proses produksi sebanyak delapan kali pengambilan. Hasil analisis pengambilan sampel didapatkan bahwa nilai masing-masing parameter memiliki perbedaan. Hal ini disebabkan warna jeans yang diproduksi mempengaruhi jumlah zat pewarna, batu apung, serta peluntur yang digunakan pada proses produksi. Dari seluruh delapan pengambilan sampel di ambil rata-rata hingga didapatkan hasil nilai parameter COD sebesar 3000 mg/L, TSS sebesar 330 mg/L, warna sebesar 0,314 A, total krom sebesar 3,36 mg/L, dan Pb sebesar 4,14 mg/L.

Keterangan identitas sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- K : Media filter karbon aktif
- A : Media filter antrasit
- U : Membran Ultrafiltrasi
- N : Membran Nanofiltrasi
- 5 : Kecepatan filtrasi 5 m/jam
- 7 : Kecepatan filtrasi 7 m/jam

4.2 Pengaruh Jenis Media Filter

Pada pengolahan limbah pencucian jeans menggunakan metode fisik, peran media filter disini diharapkan memiliki fungsi mekanisme perpindahan dan penempelan. Faktor yang mempengaruhi kinerja filter adalah kualitas air, jenis dan kedalaman media filter, kecepatan air melewati filter, dan cara filter dioperasikan.

Berdasarkan hal tersebut dilakukan analisis pada media filter dengan variabel jenis media filter yaitu karbon aktif dan antrasit. Masing-masing dari media filter tersebut diujicobakan dengan kecepatan filtrasi sebesar 5 m/jam dan 7 m/jam.

4.2.1 Pengaruh pada Parameter COD

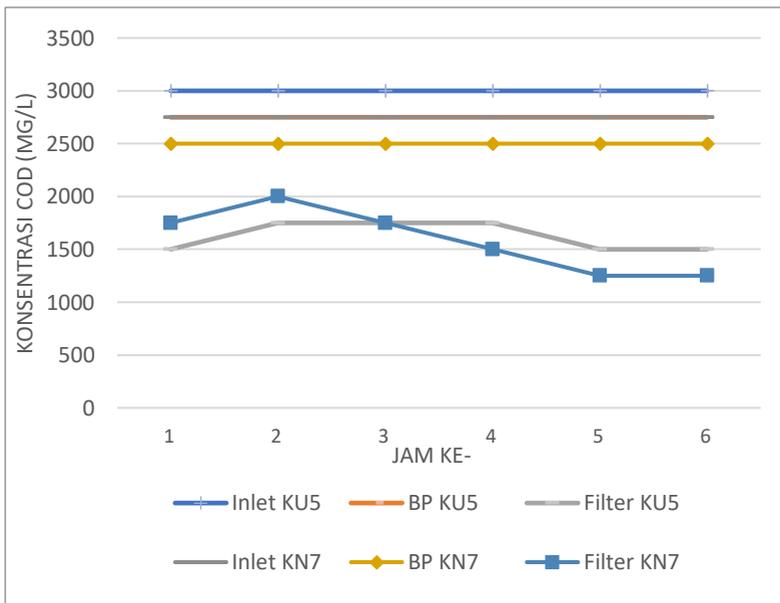
Kadar COD dalam air limbah pencucian jeans tergolong sangat tinggi. Analisis COD digunakan untuk mengetahui banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada di dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi kalium dikromat digunakan sebagai sumber oksigen. Metode analisis COD yang digunakan menggunakan metode *closed reflux*. Analisis efisiensi penurunan kadar COD pada reaktor dilakukan di titik bak penampung dan efluen filter. Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel setiap jam selama waktu filter beroperasi yang kemudian dirata-rata. Hasil analisis parameter COD perjam akan ditampilkan pada Gambar 4.1 sedangkan data analisis COD perjam akan dilampirkan pada Lampiran 3. Pada Tabel 4.2 berikut merupakan hasil rata-rata uji parameter COD pada filter.

Tabel 4. 2 Hasil Analisis Parameter COD Rata-rata pada Filter

No	Sampel	Inlet (mg/L)	BP (mg/L)	Filter (mg/L)
1	KN5	2750	2250	1208
2	AN5	3500	3000	1792

No	Sampel	Inlet (mg/L)	BP (mg/L)	Filter (mg/L)
3	KU5	3000	2750	1583
4	AU5	3500	3000	1833
5	KN7	2750	2500	1542
6	AN7	3000	2250	1417
7	KU7	2750	2500	1500
8	AU7	2750	2500	1583

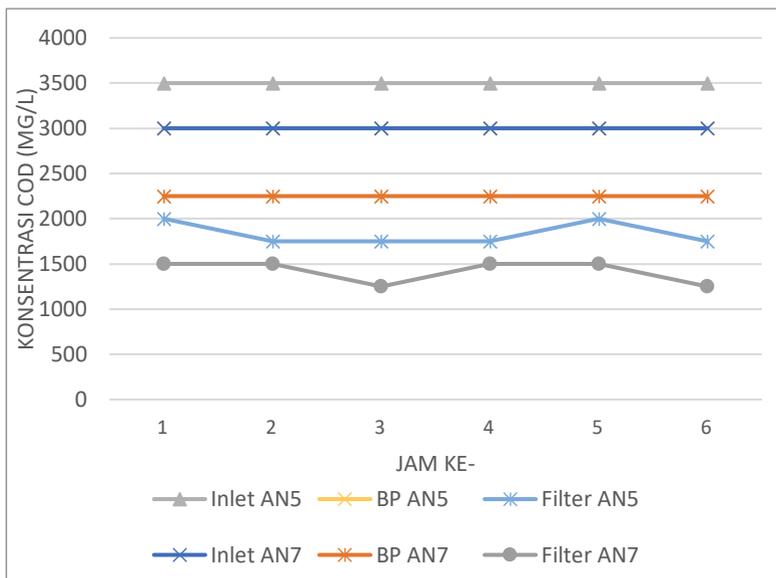
Pada Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa media filter masih belum mampu untuk menurunkan parameter COD pada air limbah pencucian jeans. Hasil analisis parameter COD pada setiap variabel media dapat dilihat pada Gambar 4.1 sampai Gambar 4.2, sedangkan untuk kemampuan media filter untuk menurunkan parameter COD dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 1 Penyisihan Nilai COD dengan Media Filter Karbon Aktif

Hasil pengujian dari Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis media dan kecepatan filtrasi

yang diterapkan pada rangkaian. Hasil efisiensi removal persampel dirata-rata berdasarkan kelompok untuk mengetahui efisiensi kemampuan media filter dalam menurunkan nilai parameter COD pada Tabel 4.3.



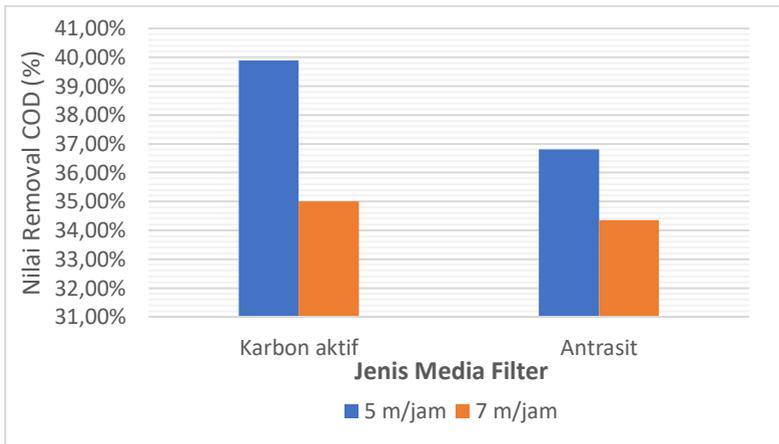
Gambar 4. 2 Penyisihan Nilai COD dengan Media Filter Antrasit

Tabel 4. 3 Nilai Removal COD pada Setiap Variasi Media

Media	Kecepatan Filtrasi (m/jam)	
	5	7
Karbon aktif	39,90%	35,00%
Antrasit	36,81%	34,35%

Hasil analisis berdasarkan Tabel 4.2, Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 bahwa media filter karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam memiliki kemampuan penyisihan parameter COD terbesar, yaitu sebesar 39,90%. Sedangkan hasil penyisihan parameter COD terendah sebesar 34,35% didapatkan pada media filter antrasit dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam. Berdasarkan hasil ini dapat diketahui bahwa kecepatan filtrasi dapat mempengaruhi hasil akhir filtrasi. Menurut Maryani, dkk (2014), kecepatan filtrasi memiliki pengaruh terhadap kemampuan tiap media dalam

menurunkan konsentrasi COD disebabkan semakin tinggi kecepatan aliran maka akan menyebabkan partikel-partikel yang terlalu halus akan mudah lolos. Kecepatan filtrasi juga berpengaruh terhadap kemampuan media dalam menurunkan kadar pencemar karena kecepatan filtrasi menentukan lamanya air limbah berkontak dengan media filter, dimana semakin kecil kecepatan filtrasi maka waktu kontak antara air limbah dengan media filter semakin lama.



Gambar 4. 3 Efisiensi Removal COD Berdasarkan Jenis Media

Berdasarkan Gambar 4.3, perbandingan antar media antrasit dan media karbon aktif dalam kemampuan menyisihkan COD didapatkan hasil yaitu media karbon aktif lebih baik dalam hal menyisihkan parameter COD karena media karbon aktif mempunyai daya serap yang tinggi. Media arang aktif memiliki kemampuan penyisihan COD yang lebih tinggi disebabkan terjadi interaksi secara fisik antara adsorbat dengan permukaan karbon aktif akibat adanya formasi dari intermolekular elektrostatik seperti gaya Van der Waals dari interaksi dipol-dipol (Rochma, 2017). Namun, penurunan kadar COD masih belum memenuhi baku mutu, dikarenakan konsentrasi limbah yang masuk terlalu pekat atau mempunyai konsentrasi tinggi, sehingga perlu adanya pengolahan pendahuluan untuk menurunkan konsentrasi COD.

4.2.2 Pengaruh pada Parameter TSS

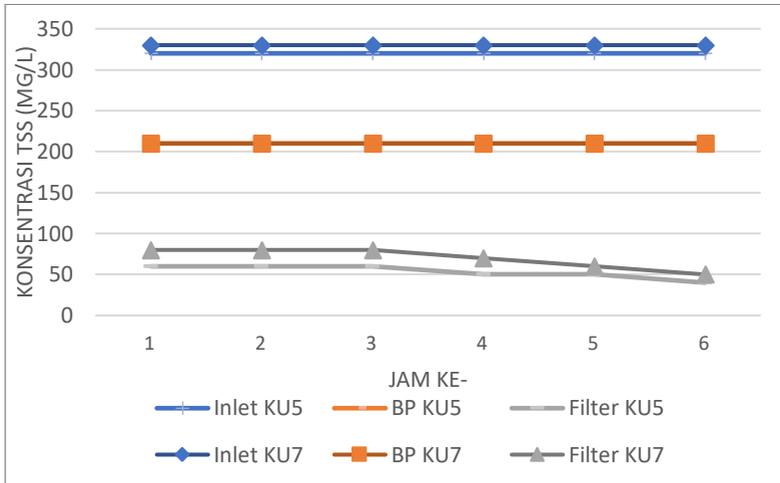
Kadar TSS dalam air limbah pencucian jeans tergolong sangat tinggi. Analisis TSS digunakan untuk mengetahui banyaknya jumlah residu dari padatan yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Metode analisis TSS yang digunakan adalah metode gravimetri. Analisis efisiensi penurunan kadar TSS pada reaktor dilakukan di inlet sebelum pengendapan, titik bak penampung, dan effluen filter. Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel setiap jam selama waktu filter beroperasi yang kemudian dirata-rata. Data analisis TSS perjam akan dilampirkan pada Lampiran 3. Pada Tabel 4.4 berikut merupakan hasil rata-rata uji parameter TSS pada filter.

Tabel 4. 4 Hasil Analisis Parameter TSS Rata-rata pada Filter

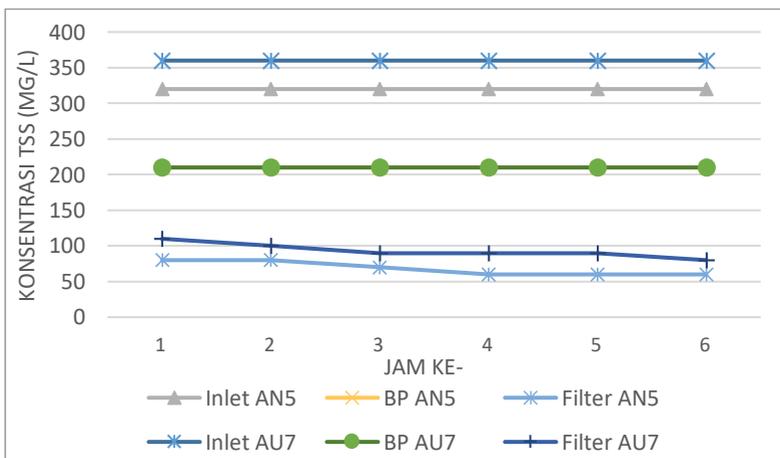
No	Sampel	Inlet (mg/L)	BP (mg/L)	Filter (mg/L)
1	KN5	310	200	53
2	AN5	320	210	68
3	KU5	320	210	53
4	AU5	340	210	77
5	KN7	320	180	68
6	AN7	340	200	93
7	KU7	330	210	70
8	AU7	360	210	93

Hasil penyisihan parameter TSS pada media filter menghasilkan kadar akhir yang cukup baik karena adanya pengendapan yang merupakan metode efektif untuk menurunkan partikel diskrit karena waktu yang diperlukan untuk mengendap telah sesuai yaitu berkisar 2 – 6 jam (Masduqi dan Assomadi, 2012). Partikel-partikel diskrit didapat dari proses *stone wash* dan *stone bleaching* yang menggunakan batu apung sebagai bahan penggosok untuk pelunturan warna jeans (Utami, 2018). Hasil analisis parameter TSS pada setiap variabel media dapat dilihat pada Gambar 4.4 sampai Gambar 4.5, sedangkan untuk kemampuan media filter untuk menurunkan parameter TSS dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.6 berikut.

Hasil pengujian dari Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis media dan kecepatan filtrasi yang diterapkan pada rangkaian. Hasil efisiensi removal persampel dirata-rata berdasarkan kelompok untuk mengetahui efisiensi kemampuan media filter dalam menurunkan nilai parameter TSS pada Tabel 4.5.



Gambar 4. 4 Penyisihan Nilai TSS dengan Media Karbon Aktif

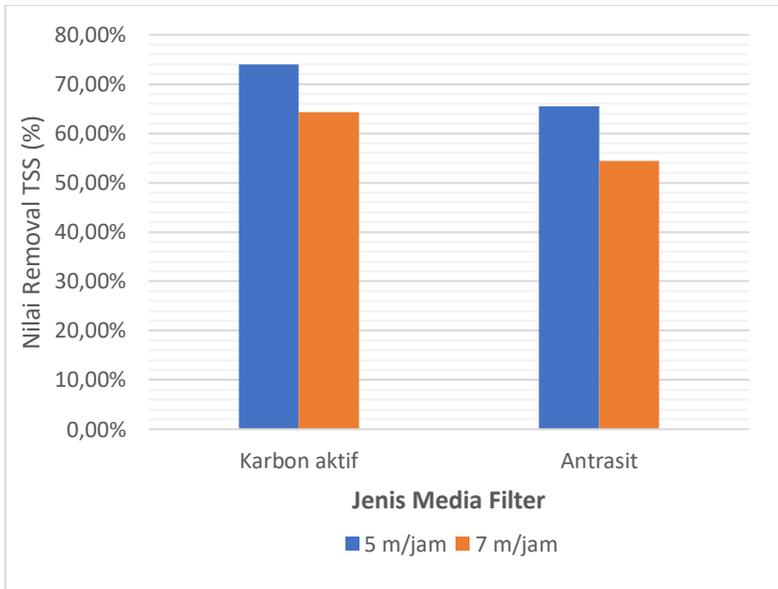


Gambar 4. 5 Penyisihan Nilai TSS dengan Media Filter Antrasit

Tabel 4. 5 Nilai Removal TSS pada Setiap Variasi Media

Media	Kecepatan Filtrasi (m/jam)	
	5 m/jam	7 m/jam
Karbon aktif	73,97%	64,35%
Antrasit	65,48%	54,44%

Hasil analisis dari Tabel 4.5 didapatkan hasil bahwa media filter karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam memiliki kemampuan penyisihan parameter TSS paling tinggi yaitu sebesar 73,97%. Sedangkan kemampuan penyisihan terendah sebesar 54,44% dihasilkan oleh media filter antrasit dengan kecepatan 7 m/jam.



Gambar 4. 6 Efisiensi Removal TSS Berdasarkan Jenis Media

Berdasarkan Gambar 4.6, perbandingan antar media antrasit dan media karbon aktif dalam kemampuan menyisihkan TSS didapatkan hasil yaitu media karbon aktif lebih baik dalam hal menyisihkan parameter TSS karena media karbon aktif mempunyai fungsi menahan partikel-partikel yang melewatinya dengan cara yang berbeda. Untuk media antrasit, kotoran ditahan

di rongga-rongga luar, sedangkan karbon aktif kotoran ditahan di rongga-rongga dalam (Utami, 2018; Amijaya dan Ramadhani, 2014).

Pada saat pertikel memiliki ukuran dan berat yang berbeda mengakibatkan partikel akan menempel pada permukaan media yang disebabkan oleh gaya inersia. Partikel dengan ukuran besar yang bergerak cukup cepat dan berbenturan sehingga menempel pada media filter. Berdasarkan mekanisme tersebut, efektifitas filtrasi akan semakin baik apabila ukuran partikel semakin besar (Sumada, 2013). Untuk mendapatkan ukuran partikel yang besar maka diperlukan kecepatan aliran yang kecil. Semakin besar kecepatan aliran maka partikel-partikel yang terlalu halus akan cenderung mudah lolos. (Maryani, dkk. 2014).

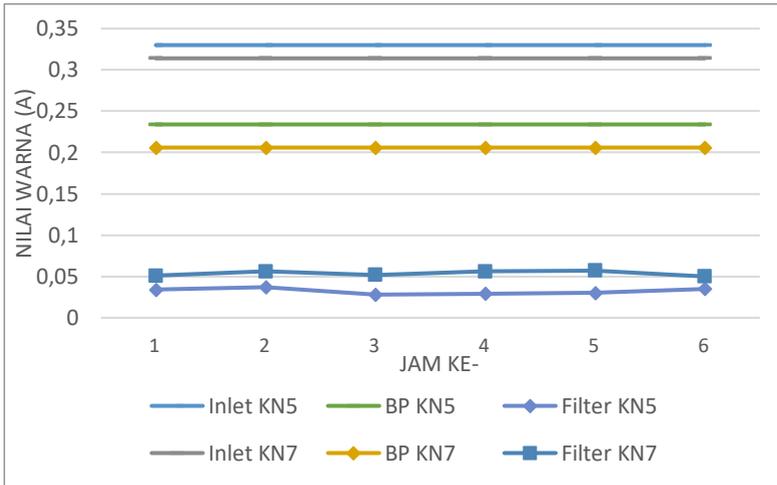
4.2.3 Pengaruh pada Parameter Warna

Kadar warna dalam air limbah pencucian jeans tergolong sangat pekat. Metode analisis warna yang digunakan adalah metode spektrofotometer. Analisis efisiensi penurunan kadar warna pada reaktor dilakukan di inlet sebelum pengendapan, titik bak penampungan, dan efluen filter. Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel setiap jam selama waktu filter beroperasi yang kemudian dirata-rata. Hasil analisis parameter warna perjam akan ditampilkan pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 berdasarkan variasi jenis media, sedangkan data analisis warna perjam akan dilampirkan pada Lampiran 3, sedangkan data analisis warna perjam akan dilampirkan pada Lampiran 3. Pada Tabel 4.6 berikut dapat dilihat adanya penurunan hasil parameter warna dengan media antrasit dan karbon aktif secara rata-rata.

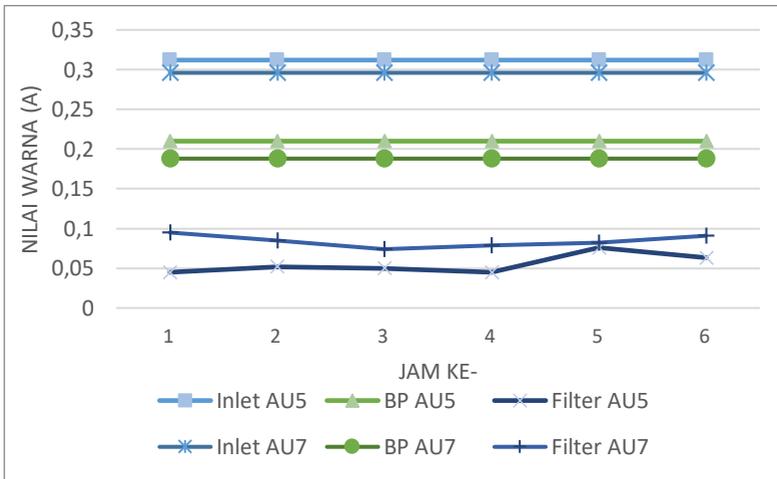
Tabel 4. 6 Hasil Analisis Parameter Warna Rata-rata pada Filter

No	Sampel	Inlet (A)	BP (A)	Filter (A)
1	KN5	0,330	0,234	0,032
2	AN5	0,310	0,234	0,063
3	KU5	0,327	0,226	0,039
4	AU5	0,312	0,210	0,055
5	KN7	0,314	0,206	0,054
6	AN7	0,310	0,215	0,104
7	KU7	0,311	0,198	0,053
8	AU7	0,296	0,188	0,084

Sedangkan untuk hasil analisis nilai warna tiap jam dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.



Gambar 4. 7 Penyisihan Nilai Warna dengan Media Filter Karbon Aktif



Gambar 4. 8 Penyisihan Nilai Warna dengan Media Filter Antrasit

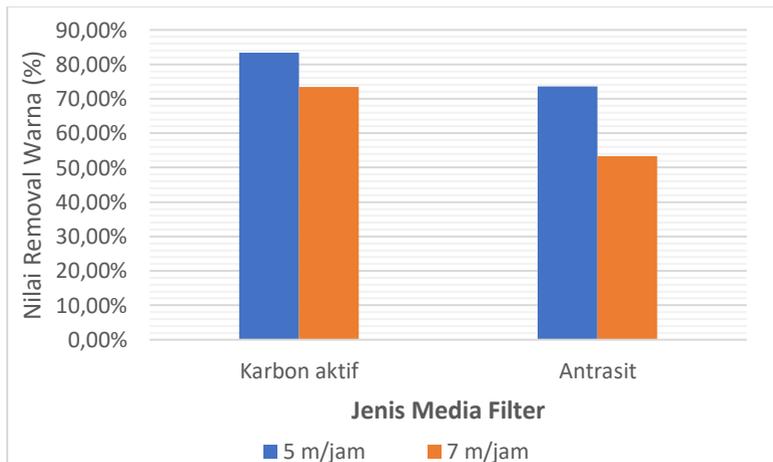
Hasil pengujian dari Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis media dan kecepatan filtrasi yang diterapkan pada rangkaian. Hasil efisiensi removal

persampel dirata-rata berdasarkan kelompok untuk mengetahui efisiensi kemampuan media filter dalam menurunkan nilai parameter Warna pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Nilai Removal Warna pada Setiap Variasi Media

Media	Kecepatan Filtrasi (m/jam)	
	5 m/jam	7 m/jam
Karbon aktif	83,39%	73,51%
Antrasit	73,51%	53,38%

Dari Tabel 4.7 didapatkan hasil bahwa media karbon aktif dengan kecepatan 5 m/jam memiliki kemampuan penyisihan parameter warna paling baik sebesar 83,39%. Sedangkan hasil penyisihan kadar warna paling rendah didapatkan oleh media filter antrasit dengan kecepatan 7 m/jam sebesar 53,38%. Dari hasil percobaan dan Gambar 4.9 menunjukkan bahwa penggunaan media karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam memiliki tingkat penyisihan yang lebih baik diantara percobaan yang lain. Kecepatan filtrasi mempengaruhi kemampuan penyisihan tiap media disebabkan kecepatan filtrasi mempengaruhi debit yang masuk kedalam media filter, semakin besar debit yang masuk maka risiko terjadinya *shock loading* juga semakin besar (Maryani, dkk., 2014).



Gambar 4. 9 Efisiensi Removal Warna Berdasarkan Jenis Media

Menurut Atkins (1997) dan Manurung, dkk (2004), reaksi pada pewarnaan tekstil dapat dijelaskan sebagai penyerapan unsur positif pada zat warna reaktif terhadap gugus hidroksil pada selulosa yang terionisasi. Agar dapat bereaksi, zat warna memerlukan penambahan alkali yang berguna untuk mengatur suasana yang cocok untuk bereaksi, mendorong pembentukan ion selulosa dan menetralkan asam-asam hasil reaksi. Sehingga air limbah pencucian jeans mengandung ion selulosa dari sisa pewarnaan. Ion selulosa ini kemudian diadsorpsi ke permukaan media sebab terjadi gaya tarik molekul yang lebih besar antara larutan dan permukaan media dibandingkan gaya tarik substansi terlarut dan larutan.

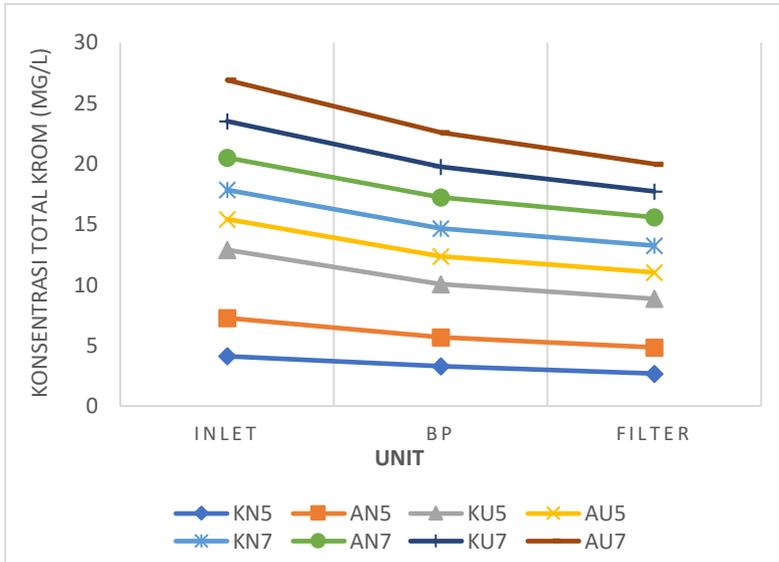
4.2.4 Pengaruh pada Parameter Total Krom

Kadar total krom dalam air limbah pencucian jeans tergolong tinggi. Metode analisis total krom yang digunakan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) oleh Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Jawa Timur. Analisis efisiensi penurunan kadar total krom pada reaktor dilakukan di titik inlet, bak penampung dan efluen filter. Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel pada jam ke 1. Pada Tabel 4.8 berikut dapat dilihat adanya penurunan hasil parameter total krom dengan media antrasit dan karbon aktif.

Tabel 4. 8 Hasil Analisis Parameter Total Krom pada Filter

No	Sampel	Inlet (mg/L)	BP (mg/L)	Filter (mg/L)
1	KN5	4,11	3,28	2,68
2	AN5	3,16	2,38	2,16
3	KU5	5,62	4,38	4,01
4	AU5	2,54	2,31	2,18
5	KN7	2,41	2,3	2,21
6	AN7	2,66	2,6	2,34
7	KU7	3,01	2,52	2,14
8	AU7	3,4	2,81	2,26

Hasil analisis parameter Total Krom perunit akan ditampilkan pada Gambar 4.10, sedangkan hasil laboratorium analisis total krom akan dilampirkan pada Lampiran 3.



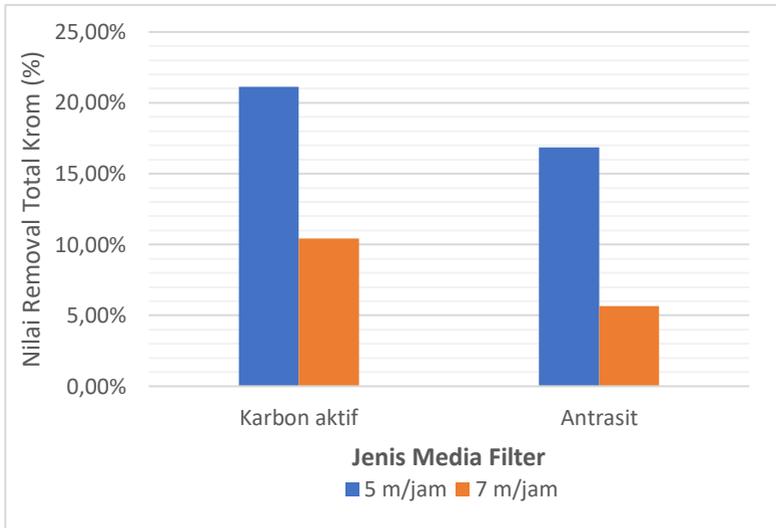
Gambar 4. 10 Penyisihan Nilai Total Krom dengan Media Filter

Hasil pengujian dari Gambar 4.10 kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis media dan kecepatan filtrasi yang diterapkan pada rangkaian. Hasil efisiensi removal persampel dirata-rata berdasarkan kelompok untuk mengetahui efisiensi kemampuan media filter dalam menurunkan nilai parameter Total Krom pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Nilai Removal Total Krom pada Setiap Variasi Media

Media	Kecepatan Filtrasi (m/jam)	
	5 m/jam	7 m/jam
Karbon aktif	21,13%	10,42%
Antrasit	16,87%	5,66%

Hasil analisis berdasarkan Tabel 4.9 dan Gambar 4.11, didapatkan hasil bahwa media filter karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam memiliki kemampuan penyisihan parameter total krom terbesar, yaitu sebesar 21,13%. Sedangkan hasil penyisihan parameter total krom terendah sebesar 0,94% didapatkan pada media filter antrasit dengan kecepatan filtasi 7 m/jam.



Gambar 4. 11 Efisiensi Removal Total Krom Berdasarkan Jenis Media

Menurut Hanzlik, et al (2004), tingkat adsorpsi tergantung pada proses difusi dan transportasi dalam struktur pori adsorben. Tingkat awal yang lebih cepat dapat dijelaskan oleh luas permukaan adsorben yang besar dan tidak terungkap. Laju adsorpsi yang lebih lambat pada tahap berikutnya mungkin karena difusi ion-ion logam ke dalam struktur berpori dari adsorben. Jika bahan adsorpsi mengandung banyak gugus fungsi oksigen, maka kelompok-kelompok fungsional bertindak pertama sebagai tempat koordinasi logam.

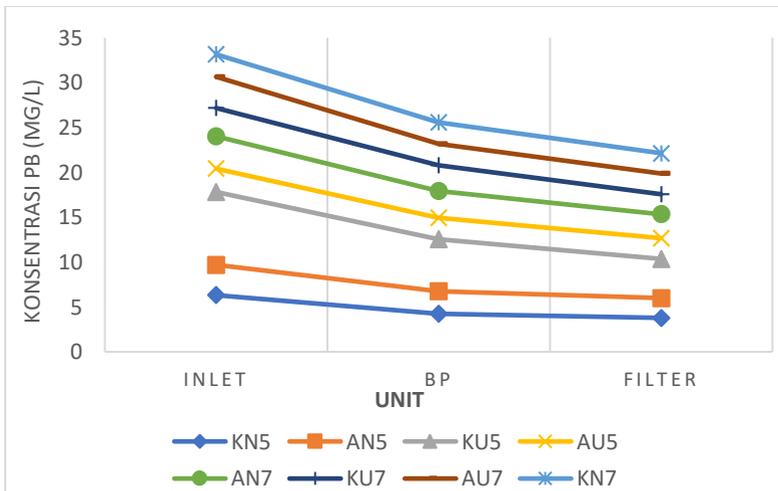
4.2.5 Pengaruh pada Parameter Pb

Kadar Pb dalam air limbah pencucian jeans tergolong tinggi. Metode analisis total krom yang digunakan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) oleh Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Jawa Timur. Analisis efisiensi penurunan kadar total krom pada reaktor dilakukan di titik inlet, bak penampungan dan efluen filter. Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel pada jam ke 1. Pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.12 berikut dapat dilihat adanya penurunan hasil parameter Pb dengan media antrasit dan karbon aktif.

Tabel 4. 10 Hasil Analisis Parameter Pb Rata-rata pada Filter

No	Sampel	Inlet (mg/L)	BP (mg/L)	Filter (mg/L)
1	KN5	6,31	4,26	3,78
2	AN5	3,38	2,46	2,21
3	KU5	8,12	5,81	4,36
4	AU5	2,6	2,4	2,31
5	KN7	2,5	2,38	2,26
6	AN7	3,61	3	2,66
7	KU7	3,15	2,88	2,24
8	AU7	3,48	2,38	2,31

Hasil analisis parameter Pb perunit akan ditampilkan pada Gambar 4.12, sedangkan hasil laboratorium analisis total krom akan dilampirkan pada Lampiran 3. Hasil pengujian dari Gambar 4.12 kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis media dan kecepatan filtrasi yang diterapkan pada rangkaian. Hasil efisiensi removal persampel dirata-rata berdasarkan kelompok untuk mengetahui efisiensi kemampuan media filter dalam menurunkan nilai parameter Pb pada Tabel 4.11.

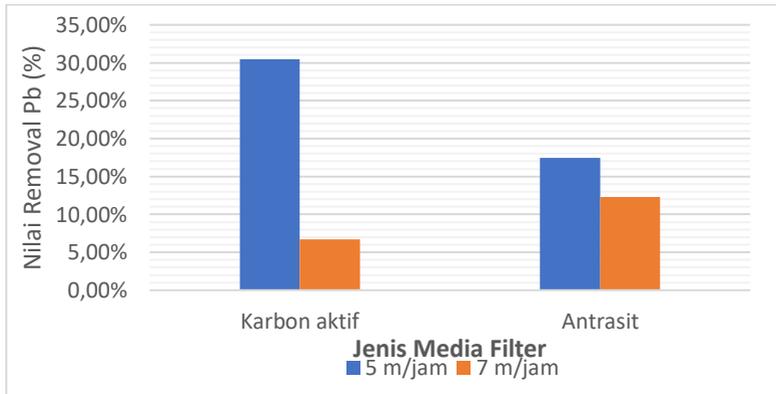


Gambar 4. 12 Penyisihan Nilai Pb dengan Media Filter

Tabel 4. 11 Nilai Removal Pb pada Setiap Variasi Media

Media	Kecepatan Filtrasi (m/jam)	
	5 m/jam	7 m/jam
Karbon aktif	30,47%	6,69%
Antrasit	17,46%	12,29%

Hasil analisis berdasarkan Tabel 4.11 dan Gambar 4.13 didapatkan hasil dari kedua media filter dengan kecepatan filtrasi yang berbeda bahwa media filter karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam memiliki kemampuan penyisihan parameter Pb terbesar, yaitu sebesar 30,47%. Sedangkan hasil penyisihan parameter Pb terendah sebesar 6,69% didapatkan pada media filter karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam. Media karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam mampu menyisihkan kadar Pb paling banyak disebabkan karena pada kecepatan aliran yang semakin kecil maka waktu kontak antara logam-logam yang terdapat pada limbah dengan arang aktif sebagai adsorben semakin lama, sehingga logam-logam yang teradsorb semakin banyak (Sani, 2010).

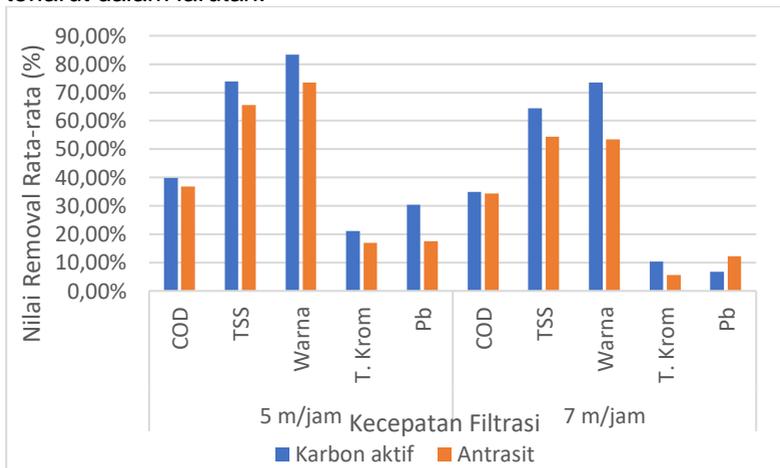


Gambar 4. 13 Efisiensi Removal Pb Berdasarkan Jenis Media

Media filter karbon aktif dengan kecepatan 5 m/jam memiliki kemampuan menyisihkan yang cukup tinggi sebab karbon aktif memiliki pori mikro yang jumlahnya lebih banyak daripada pori makro yang berukuran lebih besar sehingga dapat menarik dan

mengadsorpsi senyawa pencemar dalam limbah cair tekstil (Rosyida, 2011).

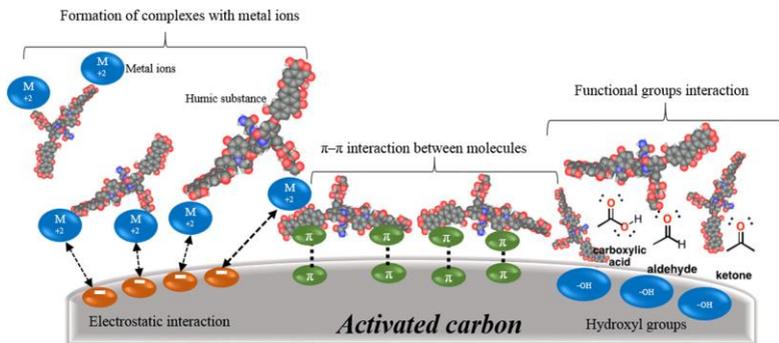
Berdasarkan hasil pengujian media filter terhadap beberapa parameter pencemar pada air limbah pencucian jeans pada Gambar 4.3, 4.6, 4.9, 4.11, dan 4.13 dapat disatukan menjadi kesatuan kemampuan media filter dalam menurunkan berbagai pencemar sebagai Gambar 4.14 berikut. Hasil akhir menunjukkan bahwa penggunaan media filter karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam mampu menurunkan beberapa parameter pencemar lebih baik dibandingkan dengan variasi lain. Karbon aktif sendiri diketahui memiliki kemampuan adsorpsi zat pencemar sebab karbon aktif memiliki pori mikro hingga bagian dalam dari karbon aktif. Pori-pori inilah yang berfungsi untuk mengadsorpsi zat-zat pencemar secara fisik maupun kimia. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan.



Gambar 4. 14 Nilai Penurunan Parameter Pencemar dengan Media Filter Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben (Tandy, 2012). Gaya

tarik-menarik dari suatu padatan dibedakan menjadi dua jenis gaya, yaitu gaya fisika dan gaya kimia yang masing-masing menghasilkan adsorpsi fisika (*physisorption*) dan adsorpsi kimia (*chemisorption*). Adsorpsi fisika (*physisorption*) adalah proses interaksi antara adsorben dengan adsorbat yang melibatkan gaya-gaya antar molekul seperti gaya Van der Waals, sedangkan adsorpsi kimia (*chemisorption*) terjadi jika interaksi adsorben dan adsorbat melibatkan pembentukan ikatan kimia. Dalam proses adsorpsi melibatkan berbagai macam gaya yakni gaya Van der Waals, gaya elektrostatis, ikatan hidrogen serta ikatan kovalen (Martell and Hancock, 1996).

Menurut Heibati et al. (2015), adsorpsi merupakan proses kompleks yang melibatkan lebih dari satu mekanisme. Mekanisme adsorpsi dapat terjadi berdasarkan pada akumulasi adsorbat pada permukaan, adsorpsi polar pada adsorbat oleh beberapa kelompok fungsional adsorben (permukaan hidrofilik), dan daya tarik π - π antara adsorbat siklik dan lapisan adsorben (inti hidrofilik).



Gambar 4. 15 Mekanisme Adsorpsi
 Sumber: Ghani et al., (2017)

Adsorpsi pada permukaan luar karbon aktif di mana kelompok fungsional eksternal akan meningkatkan proses adsorpsi melalui kemampuan *ion exchange* dan berinteraksi dengan gugus hidroksil pada zat humat (adsorpsi terjadi di seluruh permukaan dan membawa distribusi seragam molekul teradsorpsi pada permukaan karbon aktif). Kemudian daya tarik π - π dengan molekul yang memiliki lebih dari dua ikatan ganda dan rangkap

tiga, dan aromatik poli-nuklir akan terbentuk antara adsorbat dan adsorben. Selanjutnya kompleks pembentukan di mana gugus hidroksil cenderung berikatan dengan berbagai ion logam yang ada dalam lindi dan interaksi elektrostatik terjadi antara permukaan muatan negatif dan muatan positif dari kompleks. Selain itu, ada tiga jenis situs adsorpsi aktif yang mungkin terjadi pada permukaan adsorben yang dikembangkan yaitu bidang basal, bidang tepi dan mikropori (Ghani et al., 2017).

4.3 Pengaruh Jenis Membran

Jenis media filter yang digunakan saat filtrasi serta kecepatan filtrasi yang digunakan sangat berpengaruh terhadap fluks yang didapatkan membran.

4.3.1 Fluks Membran

Fluks sendiri adalah nilai jumlah volume permeat yang melewati membran per satuan luas permukaan per satuan waktu. Fluks menjadi parameter penting dalam penentuan kinerja membran, berperan penting dalam menentukan biaya perawatan dan operasional secara keseluruhan (Sari, 2016). Laju fluks akan menurun sejalan dengan waktu pengoperasian akibat pengendapan atau pelekatan material di permukaan membran, yang dikenal dengan istilah fouling dan scalling (Yunarsih, 2013).

4.3.1.1 Fluks Nanofiltrasi

Pada Tabel 4.12 berikut akan didapatkan volume permeat dari membran nanofiltrasi selama membran beroperasi.

Tabel 4. 12 Volume Permeat Membran Nanofiltrasi

Jenis Media	Volum Permeat (mL)					
	1	2	3	4	5	6
KN5	920	920	860	800	700	680
AN5	720	620	220	200	180	180
KN7	1940	1600	1580	1520	1380	1120
AN7	1480	1260	1180	1100	1060	940

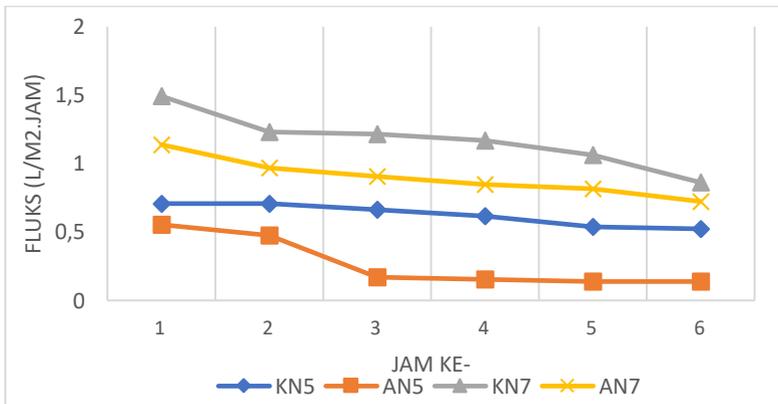
Dari hasil Tabel 4.12 didapatkan bahwa nilai permeat yang dihasilkan membran nanofiltrasi mengalami penurunan setiap jam. Volume permeat akan mempengaruhi hasil fluks. Kecepatan filtrasi mempengaruhi volume permeat yang dihasilkan karena kecepatan filtrasi menentukan debit air yang akan masuk ke membran. Pada jam ke-1 pada pengujian membran, volume permeat yang

dihasilkan lebih tinggi dikarenakan pori-pori pada membran yang digunakan belum terjadi peristiwa pore blockage oleh foulant-foulant yang menempel pada permukaan membran. Namun setelah jam ke-1, membran mengalami penurunan volume permeat karena terdosisinya foulant pada permukaan membran. Perubahan volume permeat tiap jam dapat dimasukkan dalam persamaan 2.6 pada Bab 2. Hasil fluks yang didapatkan berdasarkan perhitungan sebagai Tabel 4.13 dan Gambar 4.15 berikut.

Tabel 4. 13 Nilai Fluks pada Membran Nanofiltrasi

Jenis Media	Fluks (L/m ² .jam)					
	1	2	3	4	5	6
KN5	0,708	0,708	0,662	0,615	0,538	0,523
AN5	0,554	0,477	0,169	0,154	0,138	0,138
KN7	1,492	1,231	1,215	1,169	1,062	0,862
AN7	1,138	0,969	0,908	0,846	0,815	0,723

Gambar 4.6 menunjukkan bahwa karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam (KN7) menghasilkan nilai fluks yang paling besar, yaitu sebesar 0,862 L/m².jam. Sedangkan nilai fluks terendah didapatkan pada media antrasit dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam dengan hasil nilai fluks sebesar 0,138 L/m².jam. Dari Tabel 4.13 dan Gambar 4.15 dapat diketahui apabila volume permeat membran berbanding lurus dengan nilai fluks (Putri, 2017).



Gambar 4. 16 Grafik Nilai Fluks Terhadap Waktu

Fouling pada membran terjadi pada jam ke 1 pada media filter karbon aktif dan antrasit dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam yang kemudian mengalami penurunan kembali pada jam ke 5. Pada media filter karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam mengalami fouling secara bertahap mulai jam ke 2, sedangkan media antrasit dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam mengalami fouling pada jam ke 2 secara signifikan yang kemudian menurun secara bertahap. Membran yang mengalami fouling disebabkan oleh partikel atau koloid yang terdapat dari air feed dan terdeposisi pada permukaan membran. Bahan organik, presipitat garam anorganik yang telah lama terdeposit pada membran, dan pertumbuhan mikroorganisme merupakan penyebab terjadinya fouling (Porceli dan Jud, 2010).

4.3.1.2 Fluks Ultrafiltrasi

Pada Tabel 4.14 berikut akan didapatkan volume permeat dari membran ultrafiltrasi selama membran beroperasi.

Tabel 4. 14 Volume Permeat pada Membran Ultrafiltrasi

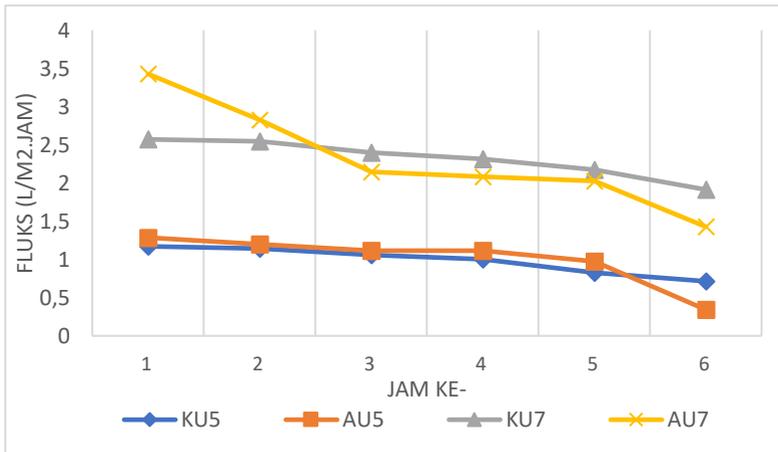
Jenis Media	Volum Permeat (mL)					
	1	2	3	4	5	6
KU5	820	800	740	700	580	500
AU5	900	840	780	780	680	240
KU7	1800	1780	1680	1620	1520	1340
AU7	2400	1980	1500	1460	1420	1000

Dari hasil Tabel 4.14 didapatkan bahwa nilai permeat yang dihasilkan membran ultrafiltrasi mengalami penurunan setiap jam. Kecepatan filtrasi mempengaruhi volume permeat yang dihasilkan karena kecepatan filtrasi menentukan volume air yang akan masuk ke membran. Pada jam ke-1 pada pengujian membran, volume permeat yang dihasilkan lebih tinggi dikarenakan pori-pori pada membran yang digunakan belum terjadi peristiwa pore blockage oleh foulant-foulant yang menempel pada permukaan membran. Namun setelah jam ke-1, membran mengalami penurunan volume permeat karena terdeposisinya foulant pada permukaan membran. Perubahan volume permeat tiap jam dapat dimasukkan dalam persamaan 2.6 pada Bab 2. Hasil fluks yang didapatkan berdasarkan perhitungan sebagai Tabel 4.15 dan Gambar 4.15 berikut.

Tabel 4. 15 Nilai Fluks pada Membran Ultrafiltrasi

Jenis Media	Fluks (L/m ² .jam)					
	1	2	3	4	5	6
KU5	1,171	1,143	1,057	1,000	0,829	0,714
AU5	1,286	1,200	1,114	1,114	0,971	0,343
KU7	2,571	2,543	2,400	2,314	2,171	1,914
AU7	3,429	2,829	2,143	2,086	2,029	1,429

Gambar 4.15 menunjukkan bahwa karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam menghasilkan nilai fluks yang paling besar, yaitu sebesar 1,914 L/m².jam. Sedangkan nilai fluks terendah didapatkan pada media antrasit dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam dengan hasil nilai fluks sebesar 0,343 L/m².jam. Dari Tabel 4.15 dan Gambar 4.15 dapat diketahui apabila volume permeat membran berbanding lurus dengan nilai fluks (Putri, 2017).



Gambar 4. 17 Grafik Nilai Fluks Terhadap Waktu

Gambar 4.16 menunjukkan bahwa nilai fluks yang dihasilkan media filter karbon aktif cenderung lebih tinggi dibandingkan media filter antrasit. Karbon aktif mengadsorpsi zat-zat organik dan warna kedalam pori sehingga air hasil filtrasi yang masuk kedalam membran memiliki tingkat pencemar yang tidak terlalu tinggi sehingga dapat memaksimalkan kinerja membran. Pada media

filter karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam, nilai fluks turun secara bertahap mulai jam ke 5. Media filter antrasit dengan kecepatan 5 m/jam mengalami penurunan nilai fluks secara signifikan setelah jam ke 5. Sedangkan media karbon aktif dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam mengalami penurunan fluks secara bertahap mulai jam ke 3 dan media filter antrasit pada kecepatan yang sama mengalami penurunan nilai fluks secara dratis setelah jam ke 1 hingga jam ke 3 yang kemudian menurun bertahap lalu menurun secara signifikan pada jam ke 5. Penurunan nilai fluks sejalan dengan waktu pengoperasian akibat pengendapan atau pelekatan material dipermukaan membran, yang dikenal dengan istilah fouling dan scaling (Yunarsih, 2013).

4.3.2 Nilai Rejeksi Membran

Karakterisasi membran bertujuan untuk mengetahui sifat fisik maupun sifat kimia dari suatu sampel. Salah satu karakterisasi membran yaitu dengan melihat permeselektivitasnya dalam menahan suatu spesi atau melewatkan suatu spesi tertentu. Nilai permeselektivitas dapat dinyatakan dengan nilai koefisien rejeksi (%R).

4.3.2.1 Rejeksi pada Nanofiltrasi

Nanofiltrasi mempunyai pengaruh besar terhadap rejeksi dan penggunaan ulang limbah tekstil. Nanofiltrasi dengan muatan positif memiliki potensi yang sangat besar pada penyaringan pewarna dari limbah, dengan sifat hidrofilik yang tinggi dan retensi kation yang sangat besar, sehingga dapat dikembangkan recovery dari makromolekul kationik pakai ulang dan rejeksi dari pewarna (Zuriaga-Agustí, 2010).

Hasil rejeksi pada membran nanofiltrasi dengan parameter COD adalah sebagai Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4. 16 Nilai Rejeksi (%R) Parameter COD pada Membran Nanofiltrasi

Sampel	Jam ke-	Kons. COD (mg/L)	Nilai Rejeksi	Sampel	Jam ke-	Kons. COD (mg/L)	Nilai Rejeksi
KN5	1	1500	99,33%	KN7	1	1750	99,43%
	2	1000	99,00%		2	2000	99,50%
	3	1250	99,20%		3	1750	99,43%
	4	1000	99,00%		4	1500	99,33%

Sampel	Jam ke-	Kons. COD (mg/L)	Nilai Rejeksi	Sampel	Jam ke-	Kons. COD (mg/L)	Nilai Rejeksi
	5	1500	99,33%		5	1250	99,20%
	6	1000	99,00%		6	1000	99,00%
AN5	1	2000	99,50%	AN7	1	1250	98,40%
	2	1750	99,43%		2	1750	98,86%
	3	1500	99,33%		3	1500	98,67%
	4	1750	99,43%		4	1750	98,86%
	5	2000	99,50%		5	1750	98,86%
	6	1750	99,43%		6	1500	98,67%

Berdasarkan data pada Tabel 4.16 menunjukkan bahwa nilai koefisien rejeksi (%R) untuk parameter COD tertinggi adalah pada hasil filtrasi dengan karbon aktif pada kecepatan filtrasi 7 m/jam (KN7) jam ke-2 sebesar 99,5% dan media antrasit pada kecepatan 5 m/jam (AN5) jam ke-1 dan jam ke-5 sebesar 99,5%. Semakin tinggi konsentrasi awal pada air limbah maka nilai koefisien rejeksi pun semakin besar, dikarenakan padatan yang terkandung pada air limbah semakin banyak sehingga permeat yang lolos melewati membran cukup sedikit.

Wenten (1997) menyebutkan, konsentrasi air limbah yang semakin tinggi menyebabkan konsentrasi pada permukaan membran akan semakin tinggi dan meningkatkan selektivitas membran dan tingginya nilai koefisien rejeksi. Pada umumnya, peningkatan nilai koefisien rejeksi membran diikuti dengan penurunan nilai fluks. Pada hal ini maka dapat dibandingkan dengan Tabel 4.13 yang didapatkan hasil bahwa nilai fluks pada karbon aktif pada kecepatan filtrasi 7 m/jam (KN7) jam ke-2 sebesar 1,231 L/m².jam. Sedangkan pada media antrasit pada kecepatan 5 m/jam (AN5) jam ke-1 dan jam ke-5 sebesar 0,554 dan 0,138 L/m².jam. Pada hasil pengujian parameter COD, didapatkan bahwa konsentrasi akhir COD untuk jenis media filter karbon aktif dan antrasit (KN5, KN7, dan AN5) adalah 10 mg/L, sedangkan pada media antrasit dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam (AN7) didapatkan hasil konsentrasi COD sebesar 20 mg/L.

Hasil rejeksi pada membran nanofiltrasi dengan parameter TSS adalah sebagai Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4. 17 Nilai Rejeksi (%R) Parameter TSS pada Membran Nanofiltrasi

Sampel	Jam ke-	Kons. TSS (mg/L)	Nilai Rejeksi	Sampel	Jam ke-	Kons. TSS (mg/L)	Nilai Rejeksi
KN5	1	60	83,33%	KN7	1	80	75,00%
	2	50	80,00%		2	80	75,00%
	3	60	83,33%		3	70	71,43%
	4	50	80,00%		4	60	66,67%
	5	60	83,33%		5	60	66,67%
	6	40	75,00%		6	60	66,67%
AN5	1	80	87,50%	AN7	1	110	81,82%
	2	80	87,50%		2	100	80,00%
	3	70	85,71%		3	90	77,78%
	4	60	83,33%		4	90	77,78%
	5	60	83,33%		5	90	77,78%
	6	60	83,33%		6	80	75,00%

Berdasarkan data pada Tabel 4.17 menunjukkan bahwa nilai rejeksi (%R) untuk parameter TSS tertinggi adalah pada hasil filtrasi dengan antrasit pada kecepatan filtrasi 5 m/jam (AN5) jam ke-1 dan ke -2 sebesar 87,5%. Semakin rendah konsentrasi awal pada air limbah maka nilai koefisien rejeksi pun semakin kecil, dikarenakan padatan yang terkandung pada air limbah cukup sedikit sehingga permeat yang lolos melewati membran cukup banyak. Pada hasil pengujian parameter TSS, didapatkan bahwa konsentrasi akhir TSS untuk jenis media filter karbon aktif dan antrasit (KN5, KN7, dan AN5) adalah 10 mg/L, sedangkan pada media antrasit dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam didapatkan hasil konsentrasi TSS sebesar 20 mg/L.

Hasil rejeksi pada membran nanofiltrasi dengan parameter warna adalah sebagai Tabel 4.18 berikut.

Tabel 4. 18 Nilai Rejeksi (%R) Parameter Warna pada Membran Nanofiltrasi

Sampel	Jam ke-	Kons. Warna (A)	Nilai Rejeksi	Sampel	Jam ke-	Kons. Warna (A)	Nilai Rejeksi
KN5	1	0,034	67,65%	KN7	1	0,051	96,08%
	2	0,037	83,78%		2	0,056	94,64%
	3	0,028	60,71%		3	0,052	96,15%
	4	0,029	55,17%		4	0,056	96,43%
	5	0,03	56,67%		5	0,057	96,49%
	6	0,035	80,00%		6	0,05	94,00%
AN5	1	0,076	75,00%	AN7	1	0,095	83,16%
	2	0,053	79,25%		2	0,085	71,76%
	3	0,063	85,71%		3	0,074	66,22%
	4	0,068	79,41%		4	0,079	72,15%
	5	0,055	81,82%		5	0,082	64,63%
	6	0,06	80,00%		6	0,091	85,71%

Berdasarkan data pada Tabel 4.18 menunjukkan bahwa nilai koefisien rejeksi (%R) untuk parameter warna tertinggi adalah pada hasil filtrasi dengan karbon aktif pada kecepatan filtrasi 7 m/jam (KN7) jam ke-5 sebesar 96,64%. Semakin besar konsentrasi air limbah maka nilai koefisien rejeksi yang didapat semakin besar. Hal ini dipengaruhi karena kandungan polutan yang tinggi pada konsentrasi air limbah menyebabkan pori membran semakin sempit atau yang sering disebut dengan fouling.

Hasil rejeksi pada membran nanofiltrasi dengan parameter total krom dan Pb adalah sebagai Tabel 4.19 berikut.

Tabel 4. 19 Nilai Rejeksi (%R) Parameter Total Krom dan Pb pada Membran Nanofiltrasi

Sampel	Kons. Total Krom (mg/L)	Nilai Rejeksi	Kons. Pb (mg/L)	Nilai Rejeksi
KN5	2,68	6,34%	3,78	20,11%
AN5	2,16	6,94%	2,21	0,45%
KN7	2,21	4,98%	2,26	5,75%

Sampel	Kons. Total Krom (mg/L)	Nilai Rejeksi	Kons. Pb (mg/L)	Nilai Rejeksi
AN7	2,34	14,53%	2,66	8,65%

Berdasarkan data pada Tabel 4.19 menunjukkan bahwa nilai koefisien rejeksi (%R) untuk parameter total krom tertinggi adalah pada hasil filtrasi dengan antrasit pada kecepatan filtrasi 7 m/jam (AN7) sebesar 14,53%. Sedangkan untuk nilai koefisien rejeksi (%R) untuk parameter Pb tertinggi adalah pada hasil filtrasi dengan karbon aktif pada kecepatan filtrasi 5 m/jam (KN5) sebesar 20,11%. Semakin besar konsentrasi air limbah maka nilai koefisien rejeksi yang didapat semakin besar. Hal ini dipengaruhi karena kandungan polutan yang tinggi pada konsentrasi air limbah menyebabkan pori membran semakin sempit atau yang sering disebut dengan fouling.

4.3.2.2 Rejeksi pada Ultrafiltrasi

Hasil rejeksi pada membran ultrafiltrasi dengan parameter COD adalah sebagai Tabel 4.20 berikut.

Tabel 4. 20 Nilai Rejeksi (%R) Parameter COD pada Membran Ultrafiltrasi

Sampel	Jam ke-	Kons. COD (mg/L)	Nilai Rejeksi	Sampel	Jam ke-	Kons. COD (mg/L)	Nilai Rejeksi
KU5	1	1500	98,67%	KU7	1	2000	99,00%
	2	1750	98,86%		2	1750	98,86%
	3	1750	98,86%		3	1500	98,67%
	4	1750	98,86%		4	1000	98,00%
	5	1500	98,67%		5	1250	98,40%
	6	1250	98,40%		6	1500	98,67%
AU5	1	2250	99,56%	AU7	1	1250	98,40%
	2	2000	99,50%		2	1750	98,86%
	3	2000	99,50%		3	1500	98,67%
	4	1500	99,33%		4	1750	98,86%
	5	1750	99,43%		5	1750	98,86%
	6	1500	99,33%		6	1500	98,67%

Berdasarkan data pada Tabel 4.20 menunjukkan bahwa nilai koefisien rejeksi (%R) untuk parameter COD tertinggi adalah

pada hasil filtrasi dengan antrasit pada kecepatan filtrasi 7 m/jam (AU7) jam ke-1 sebesar 99,56%. Semakin tinggi konsentrasi awal pada air limbah maka nilai koefisien rejeksi pun semakin besar, dikarenakan padatan yang terkandung pada air limbah semakin banyak sehingga permeat yang lolos melewati membran cukup sedikit.

Hasil rejeksi pada membran ultrafiltrasi dengan parameter TSS adalah sebagai Tabel 4.21 berikut.

Tabel 4. 21 Nilai Rejeksi (%R) Parameter TSS pada Membran Ultrafiltrasi

Sampel	Jam ke-	Kons. TSS (mg/L)	Nilai Rejeksi	Sampel	Jam ke-	Kons. TSS (mg/L)	Nilai Rejeksi
KU5	1	60	83,33%	KU7	1	80	75,00%
	2	60	83,33%		2	80	75,00%
	3	60	83,33%		3	80	75,00%
	4	50	80,00%		4	70	71,43%
	5	50	80,00%		5	60	66,67%
	6	40	75,00%		6	50	60,00%
AU5	1	90	88,89%	AU7	1	110	81,82%
	2	90	88,89%		2	100	80,00%
	3	80	87,50%		3	90	77,78%
	4	70	85,71%		4	90	77,78%
	5	70	85,71%		5	90	77,78%
	6	60	83,33%		6	80	75,00%

Berdasarkan data pada Tabel 4.21 menunjukkan bahwa nilai koefisien rejeksi (%R) untuk parameter TSS tertinggi adalah pada hasil filtrasi dengan antrasit pada kecepatan filtrasi 7 m/jam (AU7) jam ke-1 dan ke -2 sebesar 88,5%. Semakin rendah konsentrasi awal pada air limbah maka nilai koefisien rejeksi pun semakin kecil, dikarenakan padatan yang terkandung pada air limbah cukup sedikit sehingga permeat yang lolos melewati membran cukup banyak. Pada hasil pengujian parameter TSS, didapatkan bahwa konsentrasi akhir TSS untuk jenis media filter karbon aktif dan antrasit dengan kecepatan 5 m/jam adalah 10 mg/L, sedangkan pada media karbon aktif dan antrasit dengan

kecepatan filtrasi 7 m/jam didapatkan hasil konsentrasi TSS sebesar 20 mg/L.

Hasil rejeksi pada membran ultrafiltrasi dengan parameter warna adalah sebagai Tabel 4.22 berikut.

Tabel 4. 22 Nilai Rejeksi (%R) Parameter Warna pada Membran Ultrafiltrasi

Sampel	Jam ke-	Kons. Warna (A)	Nilai Rejeksi	Sampel	Jam ke-	Kons. Warna (A)	Nilai Rejeksi
KU5	1	0,047	61,70%	KU7	1	0,049	95,92%
	2	0,042	59,52%		2	0,056	94,64%
	3	0,043	72,09%		3	0,073	95,89%
	4	0,045	68,89%		4	0,052	96,15%
	5	0,04	70,00%		5	0,053	96,23%
	6	0,047	87,23%		6	0,037	94,59%
AU5	1	0,045	73,33%	AU7	1	0,095	83,16%
	2	0,052	65,38%		2	0,085	71,76%
	3	0,05	80,00%		3	0,074	66,22%
	4	0,045	73,33%		4	0,079	72,15%
	5	0,076	82,89%		5	0,082	64,63%
	6	0,063	80,95%		6	0,091	85,71%

Berdasarkan data pada Tabel 4.22 menunjukkan bahwa nilai koefisien rejeksi (%R) untuk parameter warna tertinggi adalah pada hasil filtrasi dengan karbon aktif pada kecepatan filtrasi 7 m/jam (KU7) jam ke-5 sebesar 96,23%. Semakin besar konsentrasi air limbah maka nilai koefisien rejeksi yang didapat semakin besar. Hal ini dipengaruhi karena kandungan polutan yang tinggi pada konsentrasi air limbah menyebabkan pori membran semakin sempit atau yang sering disebut dengan fouling.

Hasil rejeksi pada membran ultrafiltrasi dengan parameter total krom dan Pb adalah sebagai Tabel 4.23 berikut.

Tabel 4. 23 Nilai Koefisien Rejeksi (%R) Parameter Total Krom dan Pb pada Membran Ultrafiltrasi

Sampel	Kons. Total Krom (mg/L)	Nilai Rejeksi	Kons. Pb (mg/L)	Nilai Rejeksi
KU5	4,01	5,24%	4,36	7,11%

AU5	2,18	7,80%	2,31	4,76%
KU7	2,14	42,99%	2,24	4,02%
AU7	2,26	3,54%	2,31	8,66%

Berdasarkan data pada Tabel 4.23 menunjukkan bahwa nilai koefisien rejeksi (%R) untuk parameter total krom tertinggi adalah pada hasil filtrasi dengan karbon aktif pada kecepatan filtrasi 7 m/jam (KU7) sebesar 42,99%. Sedangkan untuk nilai koefisien rejeksi (%R) untuk parameter Pb tertinggi adalah pada hasil filtrasi dengan antrasit pada kecepatan filtrasi 7 m/jam (AU7) sebesar 8,66%. Semakin besar konsentrasi air limbah maka nilai koefisien rejeksi yang didapat semakin besar. Hal ini dipengaruhi karena kandungan polutan yang tinggi pada konsentrasi air limbah menyebabkan pori membran semakin sempit atau yang sering disebut dengan fouling.

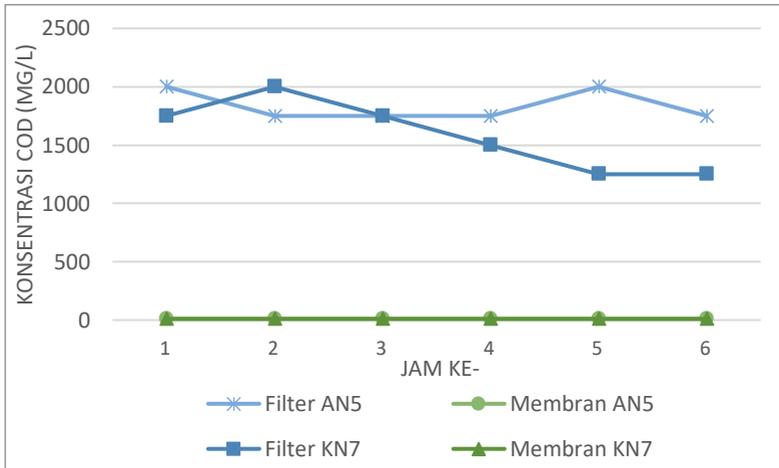
4.3.3 Pengaruh pada Parameter COD

Analisis COD digunakan untuk mengetahui banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada di dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi kalium dikromat digunakan sebagai sumber oksigen. Metode analisis COD yang digunakan menggunakan metode *closed reflux*. Analisis efisiensi penurunan kadar COD pada membran dilakukan pada titik inlet membran (effluen filter) dan effluen membran (permeat). Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel setiap jam selama membran beroperasi yang kemudian dirata-rata. Hasil analisis parameter COD perjam akan ditampilkan pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19 sedangkan data analisis COD perjam akan dilampirkan pada Lampiran 3. Pada Tabel 4.24 berikut merupakan hasil rata-rata uji parameter COD pada membran.

Tabel 4. 24 Hasil Analisis Parameter COD Rata-rata pada Membran

Sampel	Konsentrasi Inlet Membran (mg/L)	Konsentrasi Outlet Membran (mg/L)
KN5	1375	10
AN5	1833	10
KU5	1625	20
AU5	1958	10
KN7	1583	10

Sampel	Konsentrasi Inlet Membran (mg/L)	Konsentrasi Outlet Membran (mg/L)
AN7	1417	10
KU7	1667	20
AU7	1708	20



Gambar 4. 18 Penurunan Nilai COD dengan Nanofiltrasi



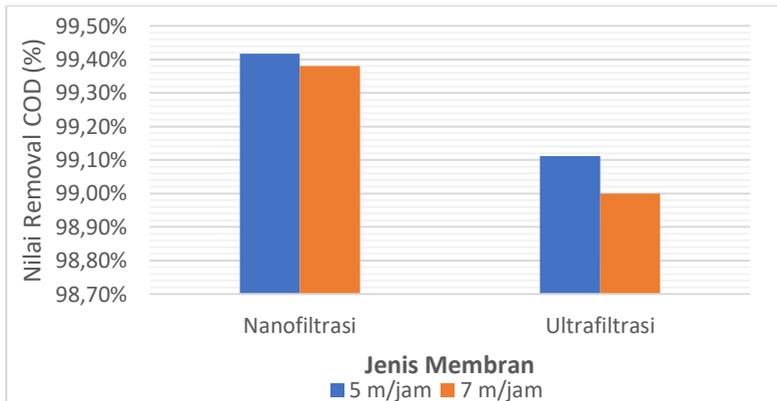
Gambar 4. 19 Penurunan Nilai COD dengan Ultrafiltrasi

Hasil pengujian dari Gambar 4.18 dan Gambar 4.19 kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis membran dan kecepatan filtrasi yang diterapkan pada rangkaian. Hasil efisiensi removal persampel dirata-rata berdasarkan kelompok untuk mengetahui efisiensi kemampuan membran dalam menurunkan nilai parameter COD pada Tabel 4.25.

Tabel 4. 25 Nilai Removal COD pada Setiap Variasi Membran

Jenis Membran	Kecepatan Filtrasi (m/jam)	
	5 m/jam	7 m/jam
Nanofiltrasi	99,42%	99,38%
Ultrafiltrasi	99,11%	99,00%

Hasil analisis berdasarkan Tabel 4.25 dan Gambar 4.20 bahwa membran nanofiltrasi dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam memiliki kemampuan penyisihan parameter COD terbesar, yaitu sebesar 99,42%. Sedangkan hasil penyisihan parameter COD terendah sebesar 99% didapatkan pada membran ultrafiltrasi dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam. Berdasarkan hasil ini dapat diketahui bahwa kecepatan filtrasi tidak terlalu berpengaruh pada kemampuan membran untuk menurunkan nilai parameter COD pada air limbah.



Gambar 4. 20 Efisiensi Removal COD Berdasarkan Jenis Membran

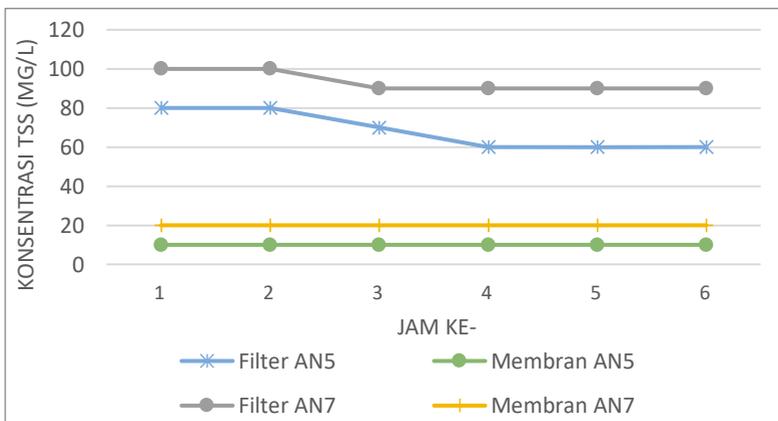
4.3.2 Pengaruh pada Parameter TSS

Analisis TSS digunakan untuk mengetahui banyaknya jumlah residu dari padatan yang tertahan oleh saringan dengan

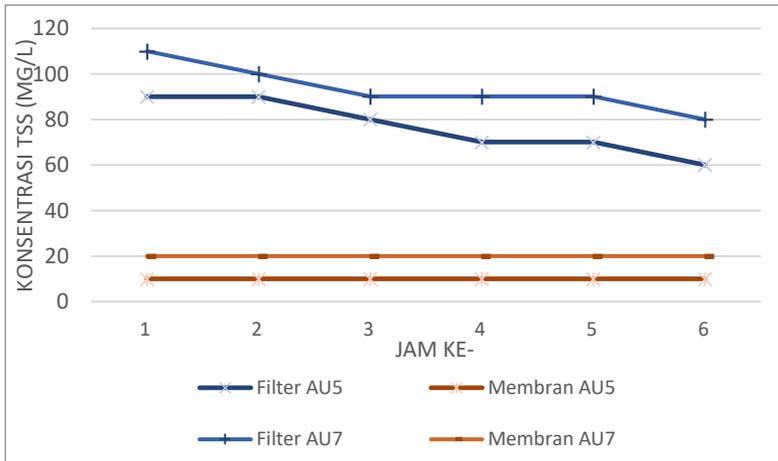
ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Metode analisis TSS yang digunakan adalah metode gravimetri. Analisis efisiensi penurunan kadar TSS pada membran dilakukan pada titik inlet membran (effluen filter) dan effluen membran (permeat). Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel setiap jam selama membran beroperasi yang kemudian dirata-rata. Hasil analisis parameter TSS perjam akan ditampilkan pada Gambar 4.21 dan Gambar 4.22 sedangkan data analisis TSS perjam akan dilampirkan pada Lampiran 3. Pada Tabel 4.26 berikut merupakan hasil rata-rata uji parameter TSS pada membran.

Tabel 4. 26 Hasil Analisis Parameter TSS Rata-rata pada Membran

Sampel	Konsentrasi Inlet Membran (mg/L)	Konsentrasi Outlet Membran (mg/L)
KN5	53	10
AN5	68	10
KU5	53	10
AU5	77	10
KN7	68	20
AN7	93	20
KU7	70	20
AU7	93	20



Gambar 4. 21 Penurunan Nilai TSS dengan Nanofiltrasi



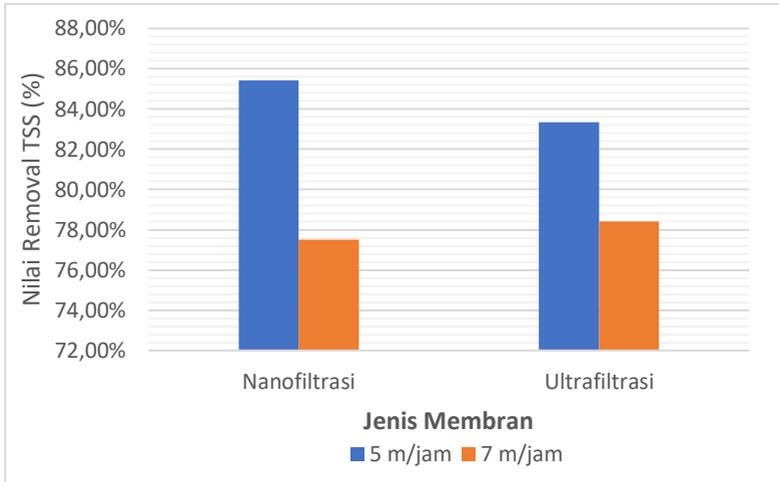
Gambar 4. 22 Penurunan Nilai TSS dengan Ultrafiltrasi

Hasil pengujian dari Gambar 4.21 dan Gambar 4.22 kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis membran dan kecepatan filtrasi yang diterapkan pada rangkaian. Hasil efisiensi removal persampel dirata-rata berdasarkan kelompok untuk mengetahui efisiensi kemampuan membran dalam menurunkan nilai parameter TSS pada Tabel 4.27.

Tabel 4. 27 Nilai Removal TSS pada Setiap Variasi Membran

Jenis Membran	Kecepatan Filtrasi (m/jam)	
	5 m/jam	7 m/jam
Nanofiltrasi	85,42%	77,50%
Ultrafiltrasi	83,33%	78,41%

Hasil analisis berdasarkan Tabel 4.27 dan Gambar 4.23 bahwa membran nanofiltrasi dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam memiliki kemampuan penyisihan parameter TSS terbesar, yaitu sebesar 85,42%. Sedangkan hasil penyisihan parameter TSS terendah sebesar 77,5% didapatkan pada membran nanofiltrasi dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam. Berdasarkan hasil ini dapat diketahui bahwa kecepatan filtrasi tidak terlalu berpengaruh pada kemampuan membran untuk menurunkan nilai parameter TSS pada air limbah.



Gambar 4. 23 Efisiensi Removal TSS Berdasarkan Jenis Membran

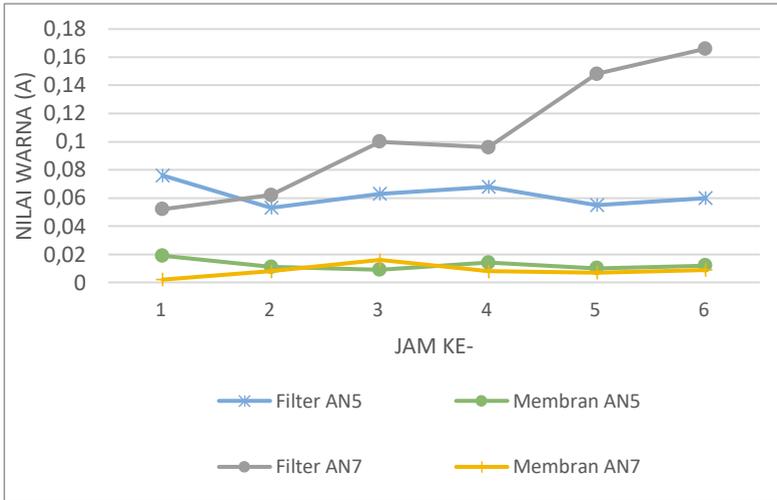
4.3.3 Pengaruh pada Parameter Warna

Metode analisis warna yang digunakan adalah metode spektrofotometer. Analisis efisiensi penurunan kadar warna pada membran dilakukan pada titik inlet membran (effluen filter) dan effluen membran (permeat). Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel setiap jam selama membran beroperasi yang kemudian dirata-rata. Hasil analisis parameter warna perjam akan ditampilkan pada Gambar 4.18 dan Gambar 4.19 sedangkan data analisis warna perjam akan dilampirkan pada Lampiran 3. Pada Tabel 4.28 berikut merupakan hasil rata-rata uji parameter warna pada membran.

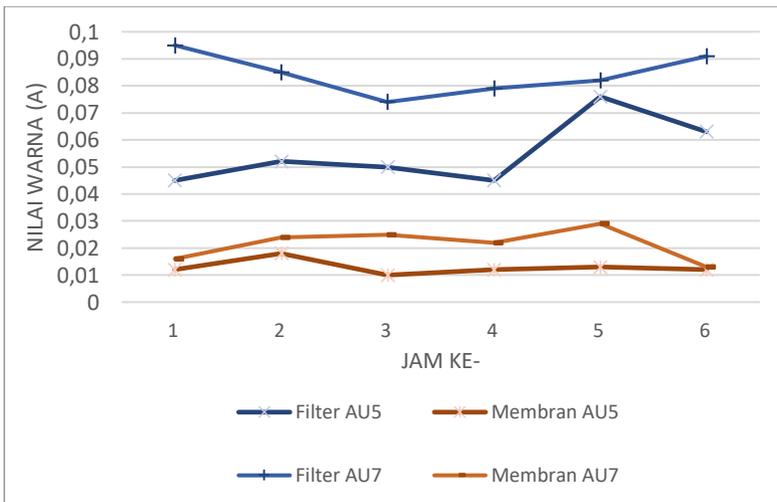
Tabel 4. 28 Hasil Analisis Parameter Warna Rata-rata pada Membran

Sampel	Konsentrasi Inlet Membran (A)	Konsentrasi Outlet Membran (A)
KN5	0,032	0,010
AN5	0,063	0,013
KU5	0,044	0,013
AU5	0,055	0,013
KN7	0,054	0,002
AN7	0,104	0,008
KU7	0,053	0,002

Sampel	Konsentrasi Inlet Membran (A)	Konsentrasi Outlet Membran (A)
AU7	0,084	0,022



Gambar 4. 24 Penurunan Nilai Warna dengan Nanofiltrasi



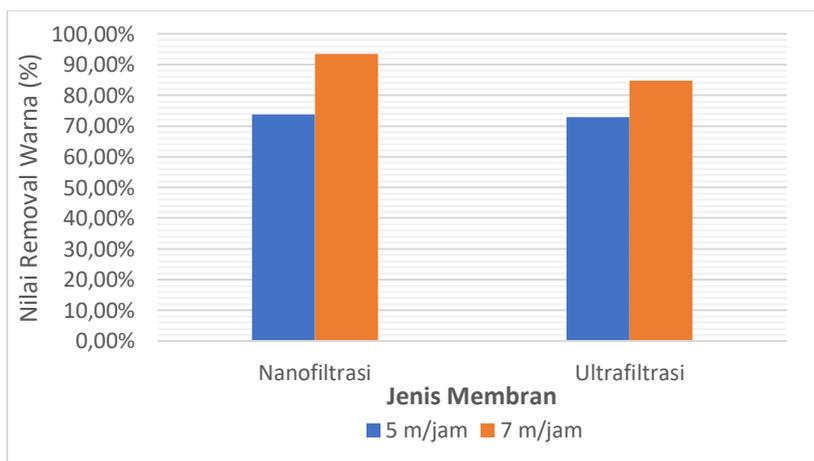
Gambar 4. 25 Penurunan Nilai Warna dengan Ultrafiltrasi

Hasil pengujian dari Gambar 4.24 dan Gambar 4.25 kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis membran dan kecepatan filtrasi yang diterapkan pada rangkaian. Hasil efisiensi removal persampel dirata-rata berdasarkan kelompok untuk mengetahui efisiensi kemampuan membran dalam menurunkan nilai parameter warna pada Tabel 4.29.

Tabel 4. 29 Nilai Removal Warna pada Setiap Variasi Membran

Jenis Membran	Kecepatan Filtrasi (m/jam)	
	5 m/jam	7 m/jam
Nanofiltrasi	73,76%	93,55%
Ultrafiltrasi	72,95%	84,76%

Hasil analisis berdasarkan Tabel 4.29 dan Gambar 4.26 bahwa membran nanofiltrasi dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam memiliki kemampuan penyisihan parameter warna terbesar, yaitu sebesar 93,55%. Sedangkan hasil penyisihan parameter warna terendah sebesar 72,95% didapatkan pada membran ultrafiltrasi dengan kecepatan filtasi 5 m/jam. Berdasarkan hasil ini dapat diketahui bahwa kecepatan filtrasi tidak terlalu berpengaruh pada kemampuan membran untuk menurunkan nilai parameter warna pada air limbah.



Gambar 4. 26 Efisiensi Removal Warna Berdasarkan Jenis Membran

4.3.4 Pengaruh pada Parameter Total Krom

Metode analisis total krom yang digunakan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) oleh Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Jawa Timur. Analisis efisiensi penurunan kadar total krom pada membran dilakukan pada titik inlet membran (effluen filter) dan effluen membran (permeat). Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel pada jam ke 1. Pada Tabel 4.30 berikut merupakan hasil uji parameter total krom pada membran.

Tabel 4. 30 Hasil Analisis Parameter Total Krom pada Membran

Sampel	Konsentrasi Inlet Membran (mg/L)	Konsentrasi Outlet Membran (mg/L)
KN5	2,68	2,51
AN5	2,16	2,01
KU5	4,01	3,8
AU5	2,18	2,01
KN7	2,21	2,1
AN7	2,34	2
KU7	2,14	1,22
AU7	2,26	2,18



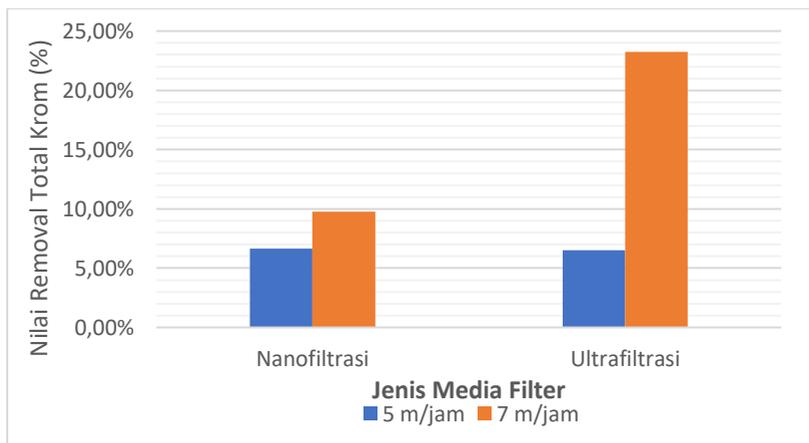
Gambar 4. 27 Penurunan Nilai Total Krom dengan Membran

Hasil pengujian dari Gambar 4.27 kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis membran dan kecepatan filtrasi yang diterapkan pada rangkaian. Hasil efisiensi removal persampel dirata-rata berdasarkan kelompok untuk mengetahui efisiensi kemampuan membran dalam menurunkan nilai parameter total krom pada Tabel 4.31.

Tabel 4. 31 Nilai Removal Total Krom pada Setiap Variasi Membran

Jenis Membran	Kecepatan Filtrasi (m/jam)	
	5 m/jam	7 m/jam
Nanofiltrasi	6,64%	9,75%
Ultrafiltrasi	6,52%	23,27%

Hasil analisis berdasarkan Tabel 4.31 dan Gambar 4.28 bahwa membran ultrafiltrasi dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam memiliki kemampuan penyisihan parameter total krom terbesar, yaitu sebesar 23,27%. Sedangkan hasil penyisihan parameter total krom terendah sebesar 6,52% didapatkan pada membran ultrafiltrasi dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam. Berdasarkan hasil ini dapat diketahui bahwa kecepatan filtrasi tidak terlalu berpengaruh pada kemampuan membran untuk menurunkan nilai parameter warna pada air limbah.



Gambar 4. 28 Efisiensi Removal Total Krom Berdasarkan Membran

4.3.5 Pengaruh pada Parameter Pb

Metode analisis Pb yang digunakan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) oleh Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Jawa Timur. Analisis efisiensi penurunan kadar total krom pada membran dilakukan pada titik inlet membran (effluen filter) dan effluen membran (permeat). Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel pada jam ke 1. Pada Tabel 4.32 berikut merupakan hasil uji parameter total krom pada membran.

Tabel 4. 32 Hasil Analisis Parameter Total Krom pada Membran

Sampel	Konsentrasi Inlet Membran (mg/L)	Konsentrasi Outlet Membran (mg/L)
KN5	3,78	3,02
AN5	2,21	2,2
KU5	4,36	4,05
AU5	2,31	2,2
KN7	2,26	2,13
AN7	2,66	2,43
KU7	2,24	2,15
AU7	2,31	2,11



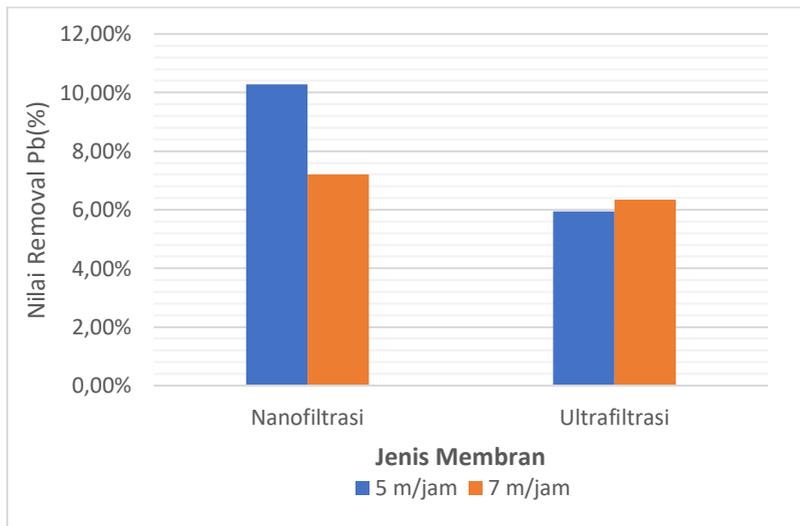
Gambar 4. 29 Penurunan Nilai Pb dengan Membran

Hasil pengujian dari Gambar 4.30 kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis membran dan kecepatan filtrasi yang diterapkan pada rangkaian. Hasil efisiensi removal persampel dirata-rata berdasarkan kelompok untuk mengetahui efisiensi kemampuan membran dalam menurunkan nilai parameter Pb pada Tabel 4.33.

Tabel 4. 33 Nilai Removal Pb pada Setiap Variasi Membran

Jenis Membran	Kecepatan Filtrasi (m/jam)	
	5 m/jam	7 m/jam
Nanofiltrasi	10,28%	7,20%
Ultrafiltrasi	5,94%	6,34%

Hasil analisis berdasarkan Tabel 4.33 dan Gambar 4.30 bahwa membran nanofiltrasi dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam memiliki kemampuan penyisihan parameter Pb terbesar, yaitu sebesar 10,28%. Sedangkan hasil penyisihan parameter total krom terendah sebesar 5,94% didapatkan pada membran ultrafiltrasi dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam.

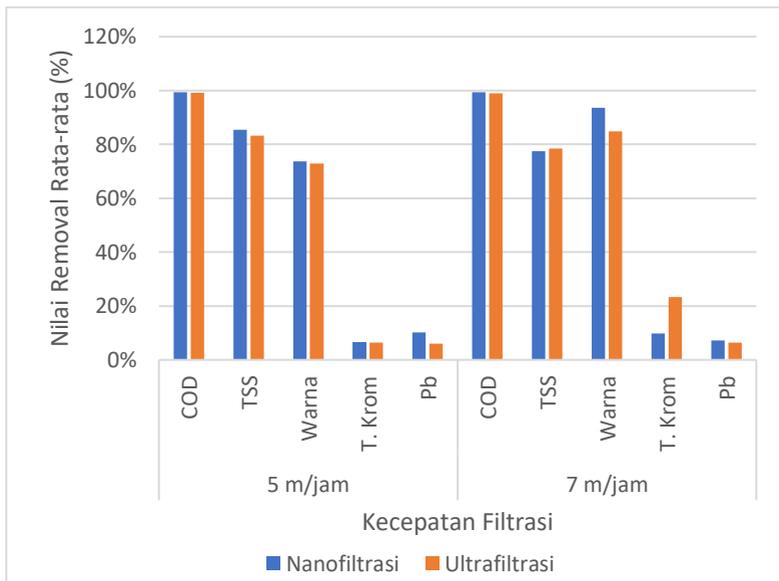


Gambar 4. 30 Efisiensi Removal Pb Berdasarkan Membran

Berdasarkan hasil pengujian membran terhadap beberapa parameter pencemar pada air limbah pencucian jeans pada Gambar 4.20, 4.23, 4.26, 4.28, dan 4.30 dapat disatukan menjadi

kesatuan kemampuan membran dalam menurunkan berbagai pencemar sebagai Gambar 4.31 berikut. Hasil akhir menunjukkan bahwa penggunaan membran nanofiltrasi dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam mampu menurunkan beberapa parameter pencemar lebih baik dibandingkan dengan membran ultrafiltrasi.

Membran nanofiltrasi umumnya memiliki ukuran pori antara 1 dan 10 nm. Fitur spesifik membran nanofiltrasi terutama kombinasi rejeksi yang sangat tinggi untuk ion multivalen (> 99%) dengan rejeksi rendah hingga sedang untuk ion monovalen (sekitar = 70%) dan rejeksi tinggi (> 90%) dari senyawa organik dengan berat molekul di atas berat molekul membran. Mekanisme transportasi massal sangat bergantung pada struktur membran dan pada interaksi antara membran dan molekul yang diangkut (Nagy, 2019). Sedangkan membran nanofiltrasi yang digunakan pada penelitian ini memiliki ukuran pori sebesar 2 nm.



Gambar 4. 31 Nilai Penurunan Parameter Pencemar dengan Membran

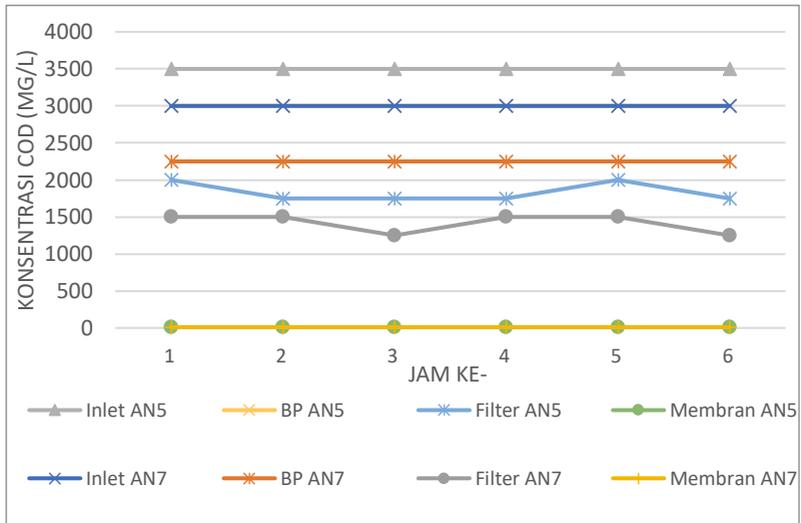
4.5 Kinerja Sistem Gabungan Filter dan Membran

Pada rangkaian pengolahan limbah menggunakan metode fisik, peran media filter dengan mekanisme perpindahan

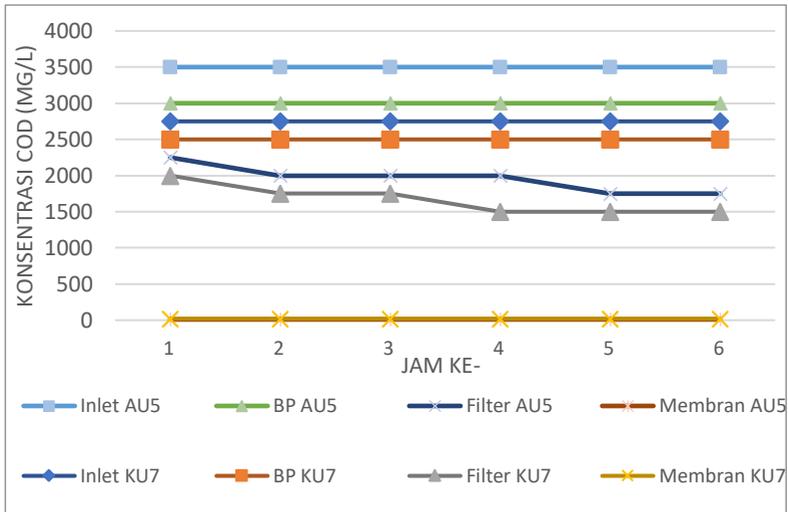
dan penempelan. Membran sendiri berperan sebagai pemisahan campuran senyawa yang terlarut dengan cara yang amat spesifik. Proses pemisahan dapat terjadi apabila terdapat perbedaan sifat diantara senyawa yang akan dipisahkan, seperti perbedaan ukuran molekul, perbedaan interaksi antara senyawa terlarut dengan membran ataupun perbedaan fisik lainnya (Muliawati, 2012).

4.5.1 Pengaruh pada Parameter COD

Analisis COD digunakan untuk mengetahui banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada di dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi kalium dikromat digunakan sebagai sumber oksigen. Metode analisis COD yang digunakan menggunakan metode *closed reflux*. Analisis efisiensi penurunan kadar COD pada reaktor dilakukan di titik inlet dan permeate membran. Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel setiap jam selama waktu filter beroperasi. Hasil analisis parameter COD perjam akan ditampilkan pada Gambar 4.32 dan Gambar 4.33 berdasarkan membran yang digunakan.



Gambar 4. 32 Penurunan Nilai COD pada Membran Nanofiltrasi

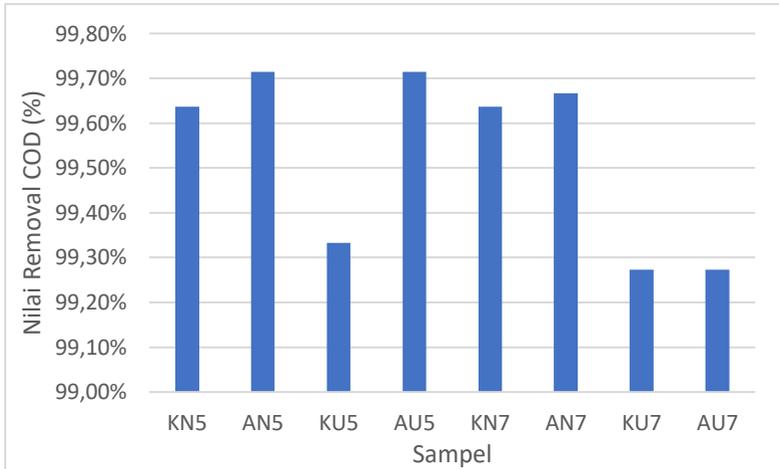


Gambar 4. 33 Penurunan Nilai COD pada Membran Ultrafiltrasi

Berdasarkan Gambar 4.32 dan Gambar 4.33 dapat diketahui bahwa hasil akhir parameter COD pada permeat membran berada pada rentang 10 – 20 mg/L. Sehingga untuk menentukan kemampuan gabungan filter dan membran dalam menurunkan parameter COD dapat dilihat pada Tabel 4.34 yang kemudian disajikan dalam grafik batang pada Gambar 4.18.

Tabel 4. 34 Nilai Removal COD Akhir

Sampel	Konsentrasi COD Influen (mg/L)	Konsentrasi COD Efluen (mg/L)	%Removal
KN5	2750	10	99,64%
AN5	3500	10	99,71%
KU5	3000	20	99,33%
AU5	3500	10	99,71%
KN7	2750	10	99,64%
AN7	3000	10	99,67%
KU7	2750	20	99,27%
AU7	2750	20	99,27%

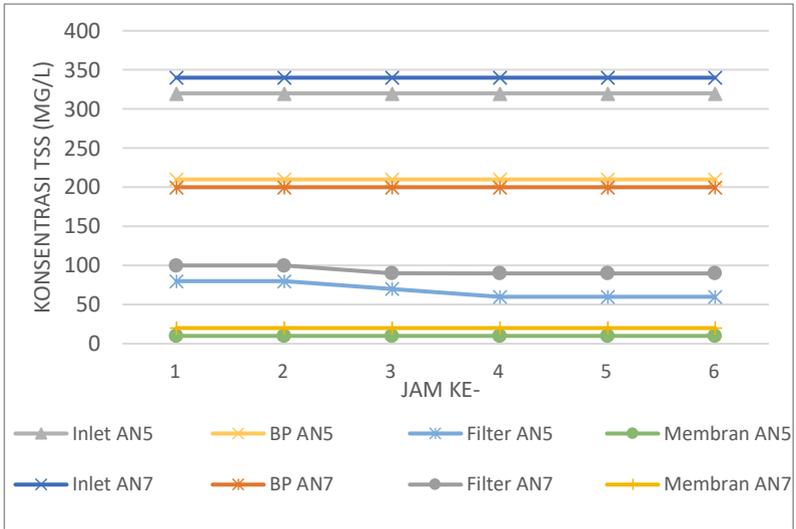


Gambar 4. 34 Nilai Removal COD tiap Sampel

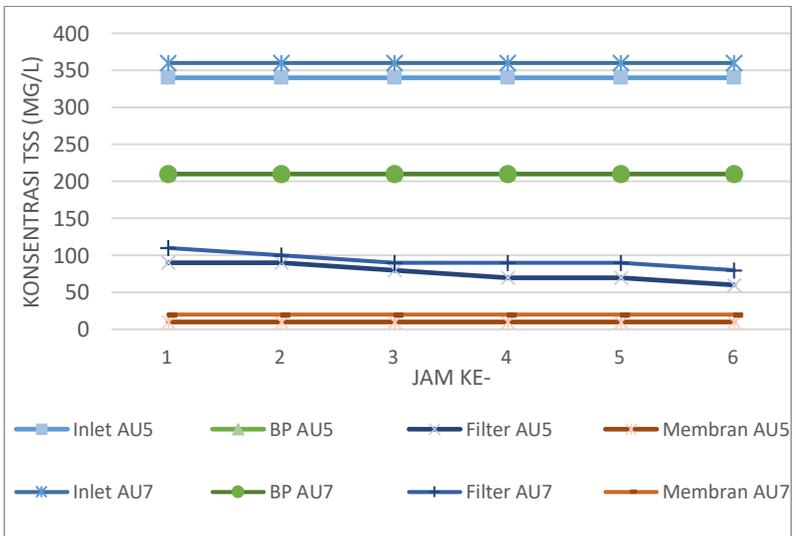
Pada Tabel 4.34 dan Gambar 4.34 dapat dianalisis bahwa setiap sampel memiliki kemampuan dalam menurunkan parameter COD diatas 90%. Hal ini disebabkan kemampuan membran dalam menurunkan konsentrasi pencemar telah berada kemampuan maksimal dimana konsentrasi air limbah yang masuk sangat tinggi yang kemudian zat-zat pencemar ini tertahan pada permukaan membran. Pengendapan atau pelekatan material di permukaan membran dapat disebut sebagai fouling. Hasil penurunan konsentrasi COD paling baik didapatkan oleh gabungan filter antrasit dengan nanofiltrasi pada kecepatan 5 m/jam (AN5) dan filter antrasit dengan ultrafiltrasi pada kecepatan 5 m/jam (AU5) sebesar 99,71%.

4.5.2 Pengaruh pada Parameter TSS

Analisis TSS digunakan untuk mengetahui banyaknya jumlah residu dari padatan yang tertahan oleh saringan dengan ukuran partikel maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Metode analisis TSS yang digunakan adalah metode gravimetri. Analisis efisiensi penurunan kadar TSS pada reaktor dilakukan di titik inlet dan permeate membran. Hasil analisis parameter TSS perjam akan ditampilkan pada Gambar 4.35 dan Gambar 4.36 berdasarkan membran yang digunakan.



Gambar 4. 35 Grafik Nilai TSS pada Membran Nanofiltrasi

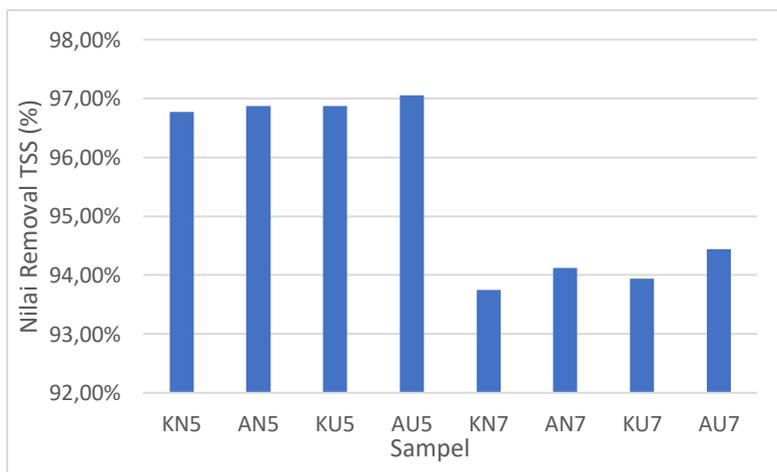


Gambar 4. 36 Grafik Nilai TSS pada Membran Ultrafiltrasi

Berdasarkan Gambar 4.35 dan Gambar 4.36 dapat diketahui bahwa hasil akhir parameter TSS pada permeat membran berada pada rentang 10 – 20 mg/L. Sehingga untuk menentukan kemampuan gabungan filter dan membran dalam menurunkan parameter TSS dapat dilihat pada Tabel 4.35 yang kemudian disajikan dalam grafik batang pada Gambar 4.37.

Tabel 4. 35 Nilai Removal TSS Akhir

Sampel	Konsentrasi TSS Influen (mg/L)	Konsentrasi TSS Efluen (mg/L)	%Removal
KN5	310	10	96,77%
AN5	320	10	96,87%
KU5	320	10	96,87%
AU5	340	10	97,06%
KN7	320	20	93,75%
AN7	340	20	94,12%
KU7	330	20	93,94%
AU7	360	20	94,44%



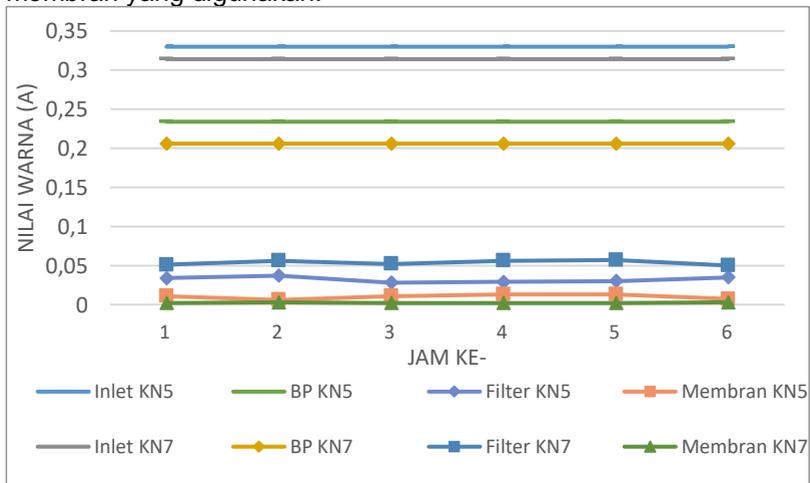
Gambar 4. 37 Grafik Nilai Removal TSS tiap Sampel

Pada Tabel 4.35 dan Gambar 4.37 dapat dianalisis bahwa setiap sampel memiliki kemampuan dalam menurunkan parameter TSS

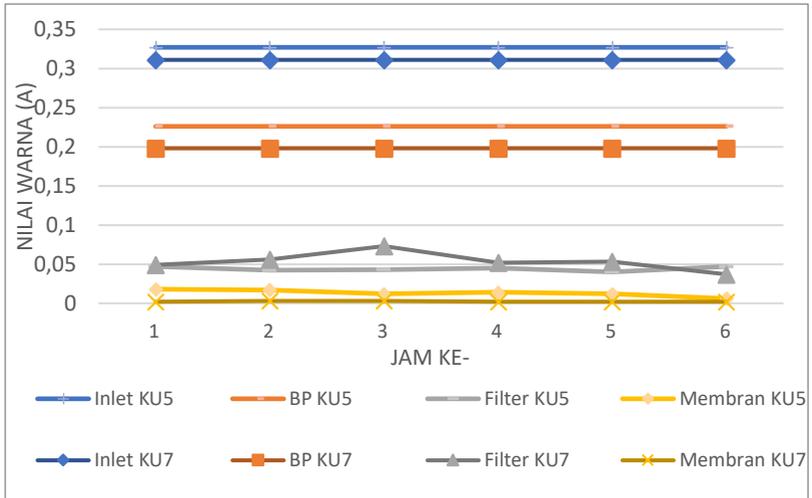
diatas 90%. Hal ini disebabkan kemampuan membran dalam menurunkan konsentrasi pencemar telah berada kemampuan maksimal dimana konsentrasi air limbah yang masuk sangat tinggi yang kemudian kandungan pencemar ini tertahan pada permukaan membran. Pengendapan atau pelekatan material di permukaan membran dapat disebut sebagai fouling. Hasil penurunan konsentrasi TSS paling baik didapatkan oleh gabungan filter antrasit dengan ultrafiltrasi pada kecepatan 5 m/jam (AU5) dengan kemampuan menurunkan parameter TSS sebesar 97,06%.

4.5.3 Pengaruh pada Parameter Warna

Kadar warna dalam air limbah pencucian jeans tergolong sangat pekat. Metode analisis warna yang digunakan adalah metode spektrofotometer. Analisis efisiensi penurunan warna pada reaktor dilakukan di titik inlet dan permeate membran. Pengamatan dilakukan dengan pengambilan sampel setiap jam selama waktu filter beroperasi. Hasil analisis parameter warna perjam akan ditampilkan pada Gambar 4.38 dan Gambar 4.39 berdasarkan membran yang digunakan.



Gambar 4. 38 Grafik Nilai Warna pada Membran Nanofiltrasi



Gambar 4. 39 Grafik Nilai Warna pada Membran Ultrafiltrasi

Berdasarkan Gambar 4.38 dan Gambar 4.39 dapat diketahui bahwa hasil akhir parameter warna pada permeat membran memiliki nilai yang berbeda. Sehingga untuk menentukan kemampuan gabungan filter dan membran dalam menurunkan parameter warna dapat dilihat pada Tabel 4.36 yang kemudian disajikan dalam grafik removal pada Gambar 4.40.

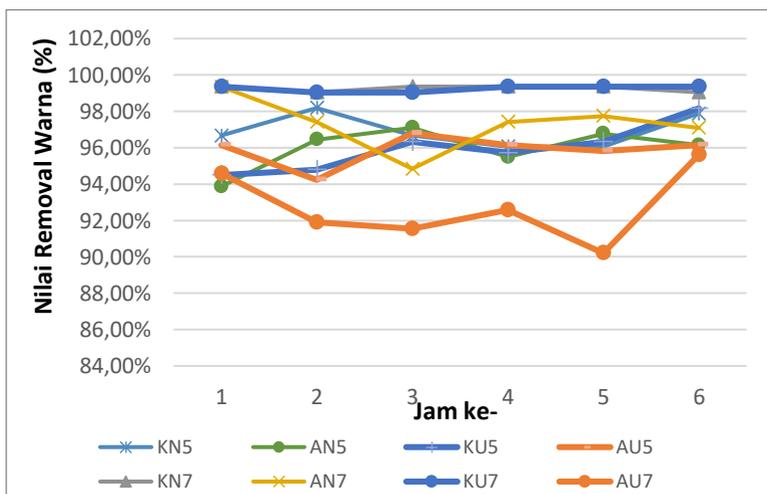
Tabel 4. 36 Nilai Removal Warna Akhir

Sampel	Jam ke-	Nilai Warna Influen (A)	Nilai Warna Efluen (A)	% Removal
KN5	1	0,33	0,011	96,67%
	2	0,33	0,006	98,18%
	3	0,33	0,011	96,67%
	4	0,33	0,013	96,06%
	5	0,33	0,013	96,06%
	6	0,33	0,007	97,88%
AN5	1	0,31	0,019	93,87%
	2	0,31	0,011	96,45%
	3	0,31	0,009	97,10%
	4	0,31	0,014	95,48%
	5	0,31	0,01	96,77%

Sampel	Jam ke-	Nilai Warna Influen (A)	Nilai Warna Efluen (A)	% Removal
	6	0,31	0,012	96,13%
KU5	1	0,327	0,018	94,50%
	2	0,327	0,017	94,80%
	3	0,327	0,012	96,33%
	4	0,327	0,014	95,72%
	5	0,327	0,012	96,33%
	6	0,327	0,006	98,17%
AU5	1	0,312	0,012	96,15%
	2	0,312	0,018	94,23%
	3	0,312	0,01	96,79%
	4	0,312	0,012	96,15%
	5	0,312	0,013	95,83%
	6	0,312	0,012	96,15%
KN7	1	0,314	0,002	99,36%
	2	0,314	0,003	99,04%
	3	0,314	0,002	99,36%
	4	0,314	0,002	99,36%
	5	0,314	0,002	99,36%
	6	0,314	0,003	99,04%
AN7	1	0,31	0,002	99,35%
	2	0,31	0,008	97,42%
	3	0,31	0,016	94,84%
	4	0,31	0,008	97,42%
	5	0,31	0,007	97,74%
	6	0,31	0,009	97,10%
KU7	1	0,311	0,002	99,36%
	2	0,311	0,003	99,04%
	3	0,311	0,003	99,04%
	4	0,311	0,002	99,36%
	5	0,311	0,002	99,36%
	6	0,311	0,002	99,36%
AU7	1	0,296	0,016	94,59%

Sampel	Jam ke-	Nilai Warna Influen (A)	Nilai Warna Efluen (A)	% Removal
	2	0,296	0,024	91,89%
	3	0,296	0,025	91,55%
	4	0,296	0,022	92,57%
	5	0,296	0,029	90,20%
	6	0,296	0,013	95,61%

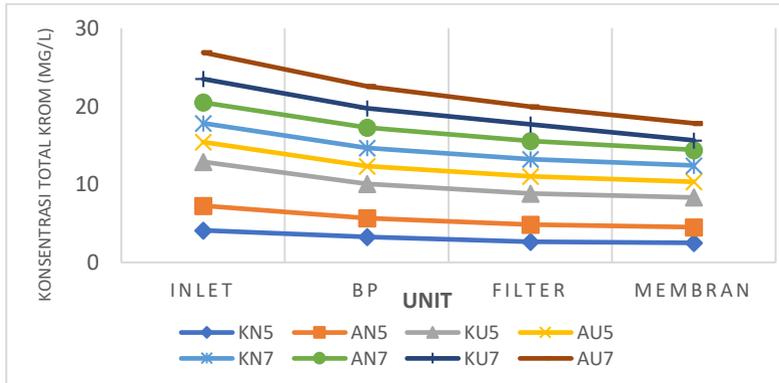
Pada Tabel 4.26 dan Gambar 4.24 dapat dianalisis bahwa setiap sampel memiliki kemampuan dalam menurunkan parameter warna diatas 90%. Hal ini disebabkan kemampuan membran dalam menurunkan konsentrasi pencemar telah berada kemampuan maksimal dimana konsentrasi air limbah yang masuk sangat tinggi yang kemudian zat-zat pencemar ini tertahan pada permukaan membran. Pengendapan atau pelekatan material di permukaan membran dapat disebut sebagai fouling. Hasil penurunan konsentrasi warna paling baik didapatkan oleh gabungan filter karbon aktif dengan nanofiltrasi pada kecepatan 7 m/jam (KN7) dengan kemampuan rata-rata dalam menurunkan parameter warna sebesar 99,26%.



Gambar 4. 40 Grafik Nilai Removal Warna pada Sampel Tiap Jam

4.5.4 Pengaruh pada Parameter Total Krom

Kadar total krom dalam air limbah pencucian jeans tergolong tinggi. Metode analisis total krom yang digunakan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) oleh Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Jawa Timur. Analisis efisiensi penurunan kadar Total krom pada reaktor dilakukan di titik inlet dan permeate membran. Hasil analisis parameter total krom akan ditampilkan pada Gambar 4.41.



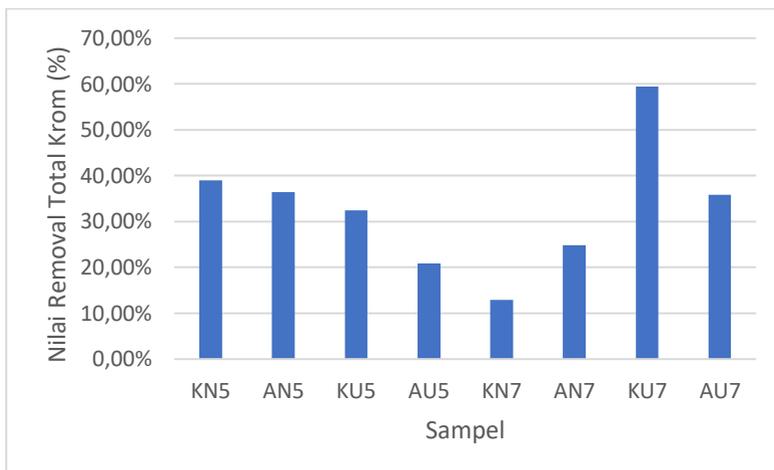
Gambar 4. 41 Grafik Nilai Total Krom pada Tiap Unit

Berdasarkan Gambar 4.415 dapat diketahui bahwa hasil akhir parameter Total Krom pada permeate membran memiliki nilai yang berbeda. Sehingga untuk menentukan kemampuan gabungan filter dan membran dalam menurunkan parameter warna dapat dilihat pada Tabel 4.37 yang kemudian disajikan dalam grafik removal pada Gambar 4.42

Tabel 4. 37 Nilai Removal Total Krom Akhir

Sampel	Konsentrasi Total Krom Influen (mg/L)	Konsentrasi Total Krom Efluen(mg/L)	%Removal
KN5	4,11	2,51	38,93%
AN5	3,16	2,01	36,39%
KU5	5,62	3,8	32,38%
AU5	2,54	2,01	20,87%
KN7	2,41	2,1	12,86%

Sampel	Konsentrasi Total Krom Influen (mg/L)	Konsentrasi Total Krom Efluen(mg/L)	%Removal
AN7	2,66	2	24,81%
KU7	3,01	1,22	59,47%
AU7	3,4	2,18	35,88%



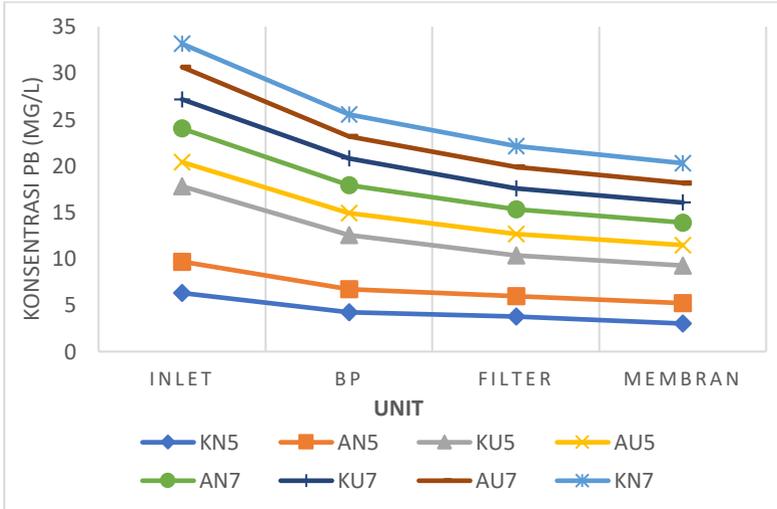
Gambar 4. 42 Grafik Nilai Removal Total Krom tiap Sampel

Pada Tabel 4.37 dan Gambar 4.42 dapat dianalisis bahwa setiap sampel memiliki kemampuan bervariasi dalam menurunkan parameter total krom. Hal ini dapat disebabkan kemampuan membran dalam menurunkan konsentrasi pencemar kurang baik akibat terjadinya fouling oleh parameter pencemar yang lain. Hasil penurunan konsentrasi total krom paling baik didapatkan oleh gabungan filter karbon aktif dengan ultrafiltrasi pada kecepatan 7 m/jam (KU7) dengan kemampuan rata-rata dalam menurunkan parameter total krom sebesar 59,47%.

4.5.5 Pengaruh pada Parameter Pb

Kadar Pb dalam air limbah pencucian jeans tergolong tinggi. Metode analisis total krom yang digunakan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS) oleh Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Jawa Timur. Analisis efisiensi

penurunan kadar Total krom pada reaktor dilakukan di titik inlet dan permeate membran. Hasil analisis parameter Pb akan ditampilkan pada Gambar 4.43.



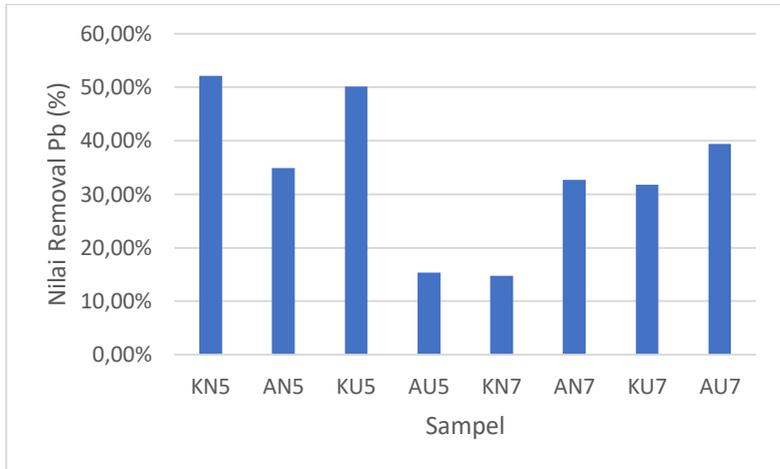
Gambar 4. 43 Grafik Nilai Pb pada Tiap Unit

Berdasarkan Gambar 4.43 dapat diketahui bahwa hasil akhir parameter Pb pada permeat membran memiliki nilai yang berbeda. Sehingga untuk menentukan kemampuan gabungan filter dan membran dalam menurunkan parameter warna dapat dilihat pada Tabel 4.38 yang kemudian disajikan dalam grafik removal pada Gambar 4.44.

Tabel 4. 38 Nilai Removal Pb Akhir

Sampel	Konsentrasi Pb Influen (mg/L)	Konsentrasi Pb Efluen (mg/L)	%Removal
KN5	6,31	3,02	52,14%
AN5	3,38	2,2	34,91%
KU5	8,12	4,05	50,12%
AU5	2,6	2,2	15,38%
KN7	2,5	2,13	14,80%
AN7	3,61	2,43	32,69%

Sampel	Konsentrasi Pb Influen (mg/L)	Konsentrasi Pb Efluen (mg/L)	%Removal
KU7	3,15	2,15	31,75%
AU7	3,48	2,11	39,37%

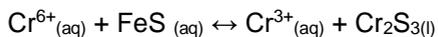


Gambar 4. 44 Grafik Nilai Removal Pb tiap Sampel

Pada Tabel 4.38 dan Gambar 4.44 dapat dianalisis bahwa setiap sampel memiliki kemampuan bervariasi dalam menurunkan parameter Pb. Hal ini dapat disebabkan kemampuan membran dalam menurunkan konsentrasi pencemar kurang baik akibat terjadinya fouling oleh parameter pencemar yang lain. Hasil penurunan konsentrasi Pb paling baik didapatkan oleh gabungan filter karbon aktif dengan nanofiltrasi pada kecepatan 5 m/jam (KN5) dengan kemampuan rata-rata dalam menurunkan parameter Pb sebesar 52,14%.

Hasil pengolahan dengan gabungan filter dan membran menunjukkan bahwa untuk parameter COD, TSS, dan warna telah memenuhi baku Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Akan tetapi, konsentrasi akhir total krom dan Pb masih belum memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 dimana batas maksimum konsentrasi total krom yang diperbolehkan adalah 1 mg/L. Agar nilai total krom dan Pb sesuai baku mutu, pengolahan tambahan yang dapat dilakukan

adalah *ion exchange* dengan HCl untuk parameter Pb. Sedangkan untuk total krom perlu dilakukan identifikasi valensi kromium pada air buangan kemudian ditentukan jenis pengolahannya. Untuk kromium bervalensi 6 (Cr^{6+}) direduksi dengan penambahan FeS menjadi kromium bervalensi 3 (Cr^{3+}) sesuai persamaan reaksi berikut:



Cr^{3+} kemudian dilakukan presipitasi pada pH 8,5. Cara lain untuk menurunkan nilai total krom adalah dengan reduksi-oksidasi dengan SO_2 dan NaHSO_3 dalam suasana asam (Trihadiningrum, 2016).

Dari hasil rangkaian penelitian didapatkan bahwa pengolahan yang paling baik diperoleh dengan menggunakan rangkaian filter karbon aktif dan membran nanofiltrasi dengan kecepatan 5 m/jam (KN5). Penggunaan rangkaian tersebut perlu dilakukan pencucian secara berkala akibat penumpukan beban pencemar pada media filter dan membran. Menurut Jamilatun dan Martomo (2014), pencucian pada media filter karbon aktif dapat dilakukan secara kimia dengan penambahan hidroksida logamalkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya ZnCl_2 , CaCl_2 , asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 dan secara fisika yang merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas pada suhu 800°C hingga 900°C . Sedangkan untuk media filter antrasit dilakukan *backwashing* pada filter dengan kecepatan yang telah diperhitungkan. Metode untuk menghilangkan *fouling* pada membran paling efektif adalah menggunakan pencucian kimia yang dapat berupa asam seperti asam sitrat dan HCl, alkali, *chelating agent* yaitu EDTA dan poliakrilat, surfaktan, dan enzim. Penentuan larutan pencuci membran didasarkan pada jenis pencemar yang menyebabkan membran *fouling*. Air limbah pencucian jeans mengandung zat pencemar organik dan logam sehingga larutan pencuci yang disarankan adalah surfaktan dan asam sitrat (Fritzmman, 2007).

Mempertimbangkan nilai operasional pada variasi penelitian yang telah dilakukan, penerapan pada industri rumah tangga dapat menggunakan rangkaian filter media antrasit dan membran ultrafiltrasi dengan kecepatan 5 m/jam. Pertimbangan didasarkan dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa

kemampuan rangkaian tersebut dalam menurunkan beban pencemar sudah cukup baik, dimana rangkaian ini dapat menurunkan parameter COD sebesar 99,71%, TSS sebesar 97,06%, warna sebesar 95,89%, total krom sebesar 20,87%, dan Pb sebesar 15,38%.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data, analisis, dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Media filter yang lebih baik untuk menurunkan setiap parameter adalah media filter karbon aktif dengan kecepatan 5 m/jam dengan kemampuan menurunkan parameter COD, TSS, Warna, Total Krom, dan Pb sebesar 39,90%; 73,97%; 83,39%; 21,13%; dan 30,47%.
2. Membran yang lebih efektif terhadap penurunan parameter COD, TSS, Warna, Total Krom, dan Pb adalah membran nanofiltrasi dengan kecepatan filtrasi 5 m/jam dengan kemampuan menurunkan parameter COD, TSS, Warna, Total Krom, dan Pb sebesar 99,42%; 85,42%; 73,76%; 6,64%; dan 10,28%.
3. Secara keseluruhan, pengolahan air limbah bekas pencucian jeans dengan menggunakan filter bermedia karbon aktif atau antrasit dengan membran menghasilkan hasil yang belum maksimal. Untuk penerapan pada industri rumah tangga, filter media antrasit dan membran ultrafiltrasi dengan kecepatan 5 m/jam mampu menurunkan beban pencemar COD sebesar 99,71%, TSS sebesar 97,06%, warna sebesar 95,89%, total krom sebesar 20,87%, dan Pb sebesar 15,38%.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini digunakan hanya 1 buah filter, sehingga beban pencemar yang masuk masih tinggi sehingga untuk penelitian lanjutan disarankan mengaplikasikan 2-3 filter secara seri.
2. Hasil buangan untuk parameter total krom dan Pb masih belum memenuhi baku mutu sehingga untuk penelitian selanjutnya dapat dikombinasikan dengan metode *ion exchange* untuk parameter Pb dan reduksi-oksidasi dan presipitasi untuk parameter total krom

Halaman ini sengaja dikosongkan

Daftar Pustaka

- Amijaya, E. S. and Ramadhani, O . 2014. **Perencanaan Pembangunan Ruko di Agropolitan Center Muara Beliti**. Thesis. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Andika, B. Y. 2010. **Pengolahan Air Kolam Penampungan Lindi dengan Filter Granular Karbon Aktif pada Tipe Reaktor Horizontal**. Skripsi. Surabaya: ITS.
- Asadiya, A. 2018. **Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga Menggunakan Proses Aerasi dengan Penambahan EM4 dan Filtrasi Media Zeolit – Arang Aktif**. Skripsi. Surabaya: ITS.
- Atkins, P.W. 1997. **Kimia Fisika**. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Baker, RW. 2004. **Membrane Technology and Applications, Second Edition**. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd
- Duarte, F., Morais, V., Maldonado-Hodar, F.J., Madeira, L.M., 2013. Treatment of textile effluents by the heterogeneous Fenton process in a continuous packed-bed reactor using Fe/activated carbon as catalyst. **Chemical Engineering Journal**. **232**, 34-41.
- Fritzmann, C., J. Löwenberg, T. Melin and T. Wintgens. 2007. State-of-the-art of reverse osmosis desalination. **Desalination** **216 (2007)** 1-76.
- Ghani, Z. A., Mohd S.Y, Nastaain Q.Z, Mohd F.M.A.Z, Jeyashelly A. 2017. Optimization of preparation conditions for activated carbon from banana pseudo-stem using response surface methodology on removal of color and COD from landfill leachate. **Waste Management Volume 62**. April 2017, Pages 177-187.
- Hanzlik, J., Jan Jehliwka, Ondrej Sebek, Zuzana Weishauptova, Vladimir Machovic. 2004. Multi-component adsorption of Ag(I), Cd(II) and Cu(II) by natural carbonaceous materials. **Water Research** **38**. 2178–2184
- Heibati, B., Rodriguez-Couto, S., Al-Ghouthi, M.A., Asif, M., Tyagi, I., Agarwal, S., Gupta, V.K. 2015. Kinetics and thermodynamics of enhanced adsorption of the dye AR 18 using activated carbons prepared from walnut and poplar woods. **Journal of Molecular Liquid**. 208, 99–105.

- Huisman, L., dan Wood. E. W. 1974. **Slow Sand Filtration**. WHO. Geneva.
- Jamilatun, S dan Martomo S. 2014. Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. **Spektrum Industri Vol. 12, No. 1**.
- Jayaningmurti, N. D. 2010. **Pengolahan Air Kolam Penampungan Lindi dengan Filter Granular Karbon Aktif pada Tipe Reaktor Vertikal**. Skripsi. Surabaya: ITS.
- Kumalasari, F dan Yogi S. 2011. **Teknik Praktis Pengolahan Air Kotor Menjadi Air Bersih Hinga Layak Diminum**. Jakarta: Laskar Aksara.
- Laksono, S. 2012. **Pengolahan Biologis Limbah Batik dengan Media Biofilter**. Skripsi. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Lee, B.-B., Choo, K.-H., Chang, D., Choi, S.-J. 2009. Optimizing the coagulant dose to control membrane fouling in combined coagulation/ultrafiltration systems for textile wastewater reclamation. **Chem. Eng. J. 155, 101-107**.
- Manurung, R., Rosdanelli H., dan Irvan. 2004. **Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob – Aerob**. Skripsi. Medan: Jurusan Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Martell, A. E. and R. D. Hancock. 1996. **Metal Complexes in Aqueous Solution**. New York: Plenum Press.
- Maryani, D., Masduqi, A., dan Moesriati A. 2014. Pengaruh Ketebalan Media dan Rate Filtrasi pada Sand Filter dalam Menurunkan Kekeruhan dan Total Coliform. **Jurnal Teknik POMITS, Vol. 3, No.2, (2014)**. ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print).
- Masduqi, A., dan Assomadi, A.F. 2012. **Operasi Dan Proses Pengolahan Air**. Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Masduqi, A., dan Slamet, A.. 2002. **Operasi Dan Proses Pengolahan Air**. Jurusan Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Mifbakhuddin. 2010. Pengaruh Ketebalan Karbon Aktif Sebagai Media Filter Terhadap Penurunan Kesadahan Air Sumur Artesis. **Eksplansi Volume 5 Nomor 2 Edisi Oktober 2010**.
- Miller, J.N dan Miller, J.C. 2000. **Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry, 4th ed**. Prentice Hall: Harlow.

- Mulder, M. 1996. **Basic Principle of Membran Technology 2nd Edition**. Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Muliawati, DI. 2012. **Pembuatan dan Karakterisasi Membran Nanofiltrasi untuk Pengolahan Air**. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Nagy, E. 2019. **Basic Equations of Mass Transport Through a Membrane Layer (Second Edition)**. United Kingdom: Elsevier.
- Norman, L.N, Anthony G. Fane, W. S. Winston Ho, and T. Matsuura. 2008. **Advanced Membrane Technology and Applications**. New Jersey, Canada: John Willey & Sons, Inc., Hoboken.
- Nugroho, W dan Purwoto S. 2013. Removal Klorida, TDS, Dan Besi Pada Air Payau Melalui Penukar Ion Dan Filtrasi Campuran Zeolit Aktif Dengan Karbon Aktif. **Jurnal Teknik Waktu, Volume 11 Nomor 01**.
- Osada, Y and Nakagawa, T. 1992. **Membrane Science and Technology**. New York: Marcel Dekker Inc.
- Porcelli, N., and Judd S. 2010. Chemical cleaning of portable membranes: A review. **Separation and Purification Technology. (71) (137-143)**.
- Pratama, dkk. 2017. Efektifitas Backwashing Untuk Menjaga Kinerja Rapid Sand Filter di Daerah Gambut. **Jom FTEKNIK Volume 4 No.1 Februari 2017**.
- Putri, R. F. 2017. **Penyiapan, Pencucian, dan Aplikasi Membran Bioreaktor pada Pengolahan Air Limbah Domestik**. Skripsi. Surabaya: ITS.
- Rachmawati, V dan Damayanti, A. 2013. Pengolahan Limbah Cair Industri Pewarnaan Jeans Menggunakan Membran Silika Nanofiltrasi Aliran Cross Flow untuk Menurunkan Warna dan Kekeruhan. **Jurnal Teknik POMITS, Vol. 2, No. 2, (2013) ISSN: 2337- 3539 (2301-9271 Print)**.
- Radiman C.L. dan Suendo, V. 2002. **Perkembangan Sains dan Teknologi**. Proseding Seminar Kimia bersama UKM-IIB ke-5, hal 15-22, Malaysia, 16-17 Juli 2002.
- Ren, J. and Rong Wang. 2011. Preparation of Polymeric Membranes. **Handbook of Environmental Engineering: Membrane and Desalination Technology. Vol. 13. Page: 47-100**.

- Reynold, T.D., dan Richard, P.A. 1996. **Unit Operation and Process in Environmental Engineering**. New York: Mc Graw Hill.
- Rochma, N., dan Harmin Sulistyanying Titah. 2017. Penurunan Bod dan Cod Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi Secara Batch. **JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6, No. 2 (2017) ISSN: 2337-3539**.
- Rohman. 2007. **Kimia Farmasi Analisis**. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Rosyida, A. 2011. Bottom ash Limbah Batubara sebagai Media Filter yang Efektif pada Pengolahan Limbah Cair Tekstil. **Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 5, No. 2, 2011**.
- Said, N.I. 2005. Pengolahan Air Minum Dengan Karbon Aktif Bubuk. **JAI Vol.3, No.2**.
- Salim *et al.* 2010. **Studi Kapasitas Bendungan Sebagai Pengendali Semburan Lumpur Sidoarjo**. Skripsi. ITS: Surabaya.
- Sani, D.H.A. 2010. Kajian Awal Penurunan Kadar Timbal dan Krom dengan Menggunakan Batubara dalam Reaktor Pipa. **Makalah Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono: Ketahanan Pangan dan Energi**. ISSN 1978 – 0427.
- Sari, A.P. 2014. **Penggunaan Unit Slow Sand Filter, Ozon Generator, dan Rapid Sand Filter Skala Rumah Tangga untuk Meningkatkan Kualitas Air Sumur Dangkal Menjadi Air Layak Minum (Parameter Zat Organik dan Deterjen)**. Skripsi. Surabaya: ITS.
- Sari, T.K., dan Alia Damayanti. 2016. **Filtrasi Limbah Cair Kelepa Sawit dengan Membran Zeolit-Silika untuk Menurunkan BOD, COD, dan TSS**. Skripsi. Surabaya: ITS.
- Sularso dan Tahara, H. 2000. **Pompa dan Kompresor: Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan**. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Schulz, C.r, dan D.A. Okun. 1984. **Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries**. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Scott, K dan Huges, R. 1996. **Industrial Membrane Separation Technology**. London: Blackie Academic and Professional.

- Tandy, E. 2012. Kemampuan Adsorben Limbah Lateks Karet Alam Terhadap Minyak Pelumas Dalam Air. **Jurnal Teknik Kimia USU**. Vol. 1, No. 2.
- Utami, Fahriza. 2018. **Studi Pengolahan Air Bekas Pencucian Jeans dengan Metode Fisik-Kimia Skala Laboratorium**. Skripsi. ITS: Surabaya.
- Verma, A.K., Dash, R.R., Bhunia, P., 2012. A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. **Journal of Environmental Management**. 93, 154-168.
- Wang, Q., Luan, Z., Wei, N., Li, J., Liu, C., 2009. The color removal of dye wastewater by magnesium chloride/red mud (MRM) from aqueous solution. **Journal of Hazardous Material**. 170, 690-698.
- Wenten, I. G. 2000. **Teknologi Membran Industrial**. Bandung: Penerbit ITB.
- Wenten, I. G. 2004. **Teknologi Membran Dalam Pengolahan Air dan Limbah Industri (Studi Kasus: Pemanfaatan Ultrafiltrasi untuk Pengolahan Air Tambak)**. Bandung: ITB.
- Yulinah, T. 2016. **Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun**. Yogyakarta: Teknosain.
- Yunarsih, N.M. 2013. **Efektifitas Membran Kitosan dari Kulit Udang Galah untuk Menurunkan Fosfat dalam Air Limbah Laundry**. Skripsi. Denpasar: Universitas Udayana.
- Zuriaga-Agustí, E., Iborra-Clar, M.I., Mendoza-Roca, J.A., Tancredi, M., Alcaina-Miranda, M.I., Iborra-Clar, A., 2010. Sequencing batch reactor technology coupled with nanofiltration for textile wastewater reclamation. **Chem. Eng. J.**161, 122-128.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN REAKTOR

A. Unit Rapid Sand Filter Kecepatan Filtrasi 5 m³/m².jam

1. Debit Pengolahan

Pada penelitian ini direncanakan unit filtrasi den menggunakan pipa PVC, sehingga debit yang digunakan pada penelitian berdasarkan persamaan 2.1 adalah:

Diketahui:

- Kecepatan filtrasi (vf) = 5 m³/m².jam (kriteria desain 4 – 21 m³/m².jam)
- Diameter pipa (D) = 10,16 cm

Perhitungan:

- A = $\pi \times D^2 \times 0,25$
= $3,14 \times (0,1)^2 \times 0,25$
= 0,00785 m²
- Q = vf x A
= 5 m³/m².jam x 0,00785 m²
= 0,039 m³/jam = 39 L/jam
- Volume filter = luas alas x tinggi filter
= $3,14 \times (0,1016)^2 \times 0,25 \times 0,9$
= 0,007065 m³
- td = Volume / Q
= 0,007065 m³ / 0,039 m³/jam
= 0,18 jam = 11 menit

Dari hasil perhitungan didapatkan debit air limbah yang akan masuk dalam unit filter dengan kecepatan filtrasi 5 m³/m².jam adalah 39 L/jam.

2. Headloss sistem

a. Mayor Loses

Diketahui:

- L pipa = 100 cm = 1 m
- D pipa = 12,7 mm = 1,27 cm
- Q = 39 L/jam = 0,01083 L/detik
- C (koefisien kekasaran PVC) = 120

Perhitungan:

$$- H_f \text{ suction} = \left[\frac{0,01083}{0,00155 \times 120 \times 1,27^{2,63}} \right]^{1,85} \times 1$$
$$\left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L =$$

$$= 0,0016 \text{ cm}$$

- b. Minor Loses meliputi head akibat 2 buah belokan 90°

Diketahui:

- K = 0,3
- D pipa = 12,7 mm = 0,0127 m
- Q = 39 L/jam = $1,1 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$

Perhitungan:

- v masuk pipa = $(4 \times Q) / (\pi \times D^2)$
 $= (4 \times 1,1 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}) / (3,14 \times 0,0127^2)$
 $= 0,0869 \text{ m/detik}$
- Hf = $n \times \frac{K \times v^2}{2g}$
 $= 2 \times \frac{0,3 \times 0,0869^2}{2 \times 9,81}$
 $= 0,00023 \text{ m} = 0,023 \text{ cm}$

- c. Headloss akibat kecepatan

- Headloss akibat kecepatan = $v^2 / 2g$
 $= 0,0869^2 / 2 \times 9,81$
 $= 0,000385 \text{ m} = 0,0385 \text{ cm}$

- d. Head sistem

- Hsistem = Mayor loses + minor loses + headloss akibat kecepatan
 $= 0,0016 \text{ cm} + 0,023 \text{ cm} + 0,0385 \text{ cm}$
 $= 0,0631 \text{ cm}$

3. Headloss media butiran

- a. Media Granular Activated Carbon

Diketahui:

- Tebal media (L) = 70 cm
- Tebal media penyangga = 10 cm
- Diameter GAC 1 (14) = 1,4 mm
- Diameter GAC 2 (12) = 1,2 mm
- ρ = 0,99626 gr/cm³
- ψ = 1
- ϵ = 0,55
- Suhu air = 28°C ($\mu = 0,8363 \times 10^{-3}$)

Perhitungan:

- Headloss media GAC

$$\begin{aligned} \text{Diameter rata-rata} &= (\text{DM 1} \times \text{DM 2})^{1/2} \\ &= (1,4 \text{ mm} \times 1,2 \text{ mm})^{1/2} \\ &= 1,3 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nre} &= \frac{\Psi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu} \\ &= \frac{1 \cdot 996,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,3 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 1,39 \times 10^{-4}}{0,8363 \times 10^{-3}} \\ &= 0,215 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f' &= 150 \times \left(\frac{1-\varepsilon}{\text{Nre}} \right) + 1,75 \\ &= 150 \times \left(\frac{1-0,55}{0,215} \right) + 1,75 \\ &= 315,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf} &= f' \frac{L}{\Psi d} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{Va^2}{g} \\ &= \\ &= 315,57 \times \frac{0,7 \text{ m}}{1 \times 1,3 \times 10^{-3} \text{ m}} \left(\frac{1-0,55}{0,55^3} \right) \frac{(1,39 \times 10^{-4})^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{dtk}^2}} \\ &= 0,9 \times 10^{-4} \text{ m} = 0,09 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Headloss media penyangga (D = 2 mm; 3,35 mm)

$$\begin{aligned} \text{Diameter rata-rata} &= (\text{DM 1} \times \text{DM 2})^{1/2} \\ &= (2 \text{ mm} \times 3,35 \text{ mm})^{1/2} \\ &= 2,56 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nre} &= \frac{\Psi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu} \\ &= \frac{0,85 \cdot 996,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2,56 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 1,39 \times 10^{-4}}{0,8363 \times 10^{-3}} \\ &= 0,36 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} f' &= 150 \times \left(\frac{1-\varepsilon}{\text{Nre}} \right) + 1,75 \\ &= 150 \times \left(\frac{1-0,4}{3,58} \right) + 1,75 \\ &= 251,73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hf} &= f' \frac{L}{\Psi d} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{Va^2}{g} \\ &= \\ &= 2651,73 \times \frac{0,1 \text{ m}}{0,85 \times 2,56 \times 10^{-3} \text{ m}} \left(\frac{1-0,4}{0,4^3} \right) \frac{(1,39 \times 10^{-4})^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{dtk}^2}} \\ &= 1,5 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,15 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Total headloss media GAC = Hf GAC + Hf penyangga

$$= 0,09 + 0,15$$

$$= 0,24 \text{ cm}$$

b. Media Antrasit

Diketahui:

- Tebal media (L) = 70 cm
- Tebal media penyangga = 10 cm
- Diameter Antrasit 1 (20) = 0,8 mm
- Diameter Antrasit 2 (25) = 0,7 mm
- ρ = 0,99626 gr/cm³
- ψ = 1
- ε = 0,55
- Suhu air = 28°C ($\mu = 0,8363 \times 10^{-3}$)

Perhitungan:

- Headloss media Antrasit
 - o Diameter rata-rata = $(DM_1 \times DM_2)^{1/2}$
 $= (0,8 \text{ mm} \times 0,7 \text{ mm})^{1/2}$
 $= 0,75 \text{ mm}$
 - o Nre = $\frac{\psi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu}$
 $= \frac{0,75 \cdot 996,26 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,75 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 1,39 \times 10^{-4}}{0,8363 \times 10^{-3}}$
 $= 0,317$
 - o f' = $150 \times \left(\frac{1-\varepsilon}{Nre} \right) + 1,75$
 $= 150 \times \left(\frac{1-0,55}{0,317} \right) + 1,75$
 $= 215,23$
 - o Hf = $f' \frac{L}{\psi d} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{Va^2}{g}$
 $=$
 $215,23 \times \frac{0,7 \text{ m}}{1 \times 0,75 \times 10^{-3} \text{ m}} \left(\frac{1-0,55}{0,55^3} \right) \frac{(1,39 \times 10^{-4})^2}{9,81 \frac{m}{dtk^2}}$
 $= 1,4 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,14 \text{ cm}$
- Headloss media penyangga (D = 2 mm; 3,35 mm)
 - o Diameter rata-rata = $(DM_1 \times DM_2)^{1/2}$
 $= (2 \text{ mm} \times 3,35 \text{ mm})^{1/2}$
 $= 2,56 \text{ mm}$
 - o Nre = $\frac{\psi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu}$

$$= \frac{0,85 \cdot 996,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2,56 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 1,39 \times 10^{-4}}{0,8363 \times 10^{-3}}$$

$$= 0,36$$

$$\begin{aligned} \circ f' &= 150 \times \left(\frac{1-\varepsilon}{N_{rre}} \right) + 1,75 \\ &= 150 \times \left(\frac{1-0,4}{3,58} \right) + 1,75 \\ &= 251,73 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \circ H_f &= f' \frac{L}{\Psi_d} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{V a^2}{g} \\ &= \\ &= 2651,73 \times \frac{0,1 \text{ m}}{0,85 \times 2,56 \times 10^{-3} \text{ m}} \left(\frac{1-0,4}{0,4^3} \right) \frac{(1,39 \times 10^{-4})^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{dtk}^2}} \\ &= 1,5 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,15 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Total headloss media Antrasit= Hf Antrasit + Hf penyangga
= 0,14 + 0,15
= 0,29 cm

B. Unit Rapid Sand Filter Kecepatan Filtrasi 7 m³/m².jam

1. Debit Pengolahan

Pada penelitian ini direncanakan unit filtrasi den menggunakan pipa PVC, sehingga debit yang digunakan pada penelitian ini adalah:

Diketahui:

- Kecepatan filtrasi (vf) = 7 m³/m².jam (kriteria desain 4 – 21 m³/m².jam)
- Diameter pipa (D) = 10,16 cm

Perhitungan:

- A = $\pi \times D^2 \times 0,25$
= $3,14 \times (0,1)^2 \times 0,25$
= 0,00785 m²
- Q = vf x A
= 7 m³/m².jam x 0,00785 m²
= 0,05495 m³/jam = 54,95 L/jam \approx 55 L/jam
- Volume filter = luas alas x tinggi filter
= $3,14 \times (0,1016)^2 \times 0,25 \times 0,9$
= 0,007065 m³
- td = Volume / Q
= 0,007065 m³ / 0,05495 m³/jam
= 0,15 jam = 9 menit

Dari hasil perhitungan didapatkan debit air limbah yang akan masuk dalam unit filter dengan kecepatan filtrasi $7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ adalah 55 L/jam .

2. Headloss sistem

a. Mayor Loses

Diketahui:

- L pipa = 100 cm = 1 m
- D pipa = 12,7 mm = 1,27 cm
- Q = 55 L/jam = 0,013 L/detik
- C (koefisien kekasaran PVC) = 120

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{- Hf suction} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L = \\
 &\left[\frac{0,013}{0,00155 \times 120 \times 1,27^{2,63}} \right]^{1,85} \times 1 \\
 &= 0,00228 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

b. Minor Loses meliputi head akibat 2 buah belokan 90°

Diketahui:

- K = 0,3
- D pipa = 12,7 mm = 0,0127 m
- Q = 55 L/jam = $1,301 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}
 \text{- v masuk pipa} &= (4 \times Q) / (\pi \times D^2) \\
 &= (4 \times 1,301 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{detik}) / (3,14 \times 0,0127^2) \\
 &= 0,103 \text{ m/detik} \\
 \text{- Hf} &= n \times \frac{K \times v^2}{2g} \\
 &= 2 \times \frac{0,3 \times 0,103^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,00032 \text{ m} = 0,032 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

c. Headloss akibat kecepatan

$$\begin{aligned}
 \text{- Headloss akibat kecepatan} &= v^2 / 2g \\
 &= 0,103^2 / 2 \times 9,81 \\
 &= 0,000541 \text{ m} = 0,0541 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

d. Head sistem

$$\begin{aligned}
 \text{- Hsistem} &= \text{Mayor loses} + \text{minor loses} + \text{hedloss} \\
 &\text{akibat kecepatan}
 \end{aligned}$$

$$= 0,00228 \text{ cm} + 0,032 \text{ cm} + 0,0541 \text{ cm}$$

$$= 0,088 \text{ cm}$$

3. Headloss media butiran

a. Media Granular Activated Carbon

Diketahui:

- Tebal media (L) = 70 cm
- Tebal media penyangga = 10 cm
- Diameter GAC 1 (14) = 1,4 mm
- Diameter GAC 2 (12) = 1,2 mm
- ρ = 0,99626 gr/cm³
- ψ = 1
- ε = 0,55
- Suhu air = 28°C ($\mu = 0,8363 \times 10^{-3}$)

Perhitungan:

- Headloss media GAC
 - o Diameter rata-rata = $(DM_1 \times DM_2)^{1/2}$
 $= (1,4 \text{ mm} \times 1,2 \text{ mm})^{1/2}$
 $= 1,3 \text{ mm}$
 - o Nre = $\frac{\psi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu}$
 $= \frac{1 \cdot 996,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1,3 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 1,67 \times 10^{-4}}{0,8363 \times 10^{-3}}$
 $= 0,258$
 - o f' = $150 \times \left(\frac{1-\varepsilon}{Nre} \right) + 1,75$
 $= 150 \times \left(\frac{1-0,55}{0,258} \right) + 1,75$
 $= 263,27$
 - o Hf = $f' \frac{L}{\psi d} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{Va^2}{g}$
 $=$
 $263,27 \times \frac{0,7 \text{ m}}{1 \times 1,3 \times 10^{-3} \text{ m}} \left(\frac{1-0,55}{0,55^3} \right) \frac{(1,67 \times 10^{-4})^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{dtk}^2}}$
 $= 1,08 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,11 \text{ cm}$
- Headloss media penyangga (D = 2 mm; 3,35 mm)
 - o Diameter rata-rata = $(DM_1 \times DM_2)^{1/2}$
 $= (2 \text{ mm} \times 3,35 \text{ mm})^{1/2}$
 $= 2,56 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} \circ \text{ Nre} &= \frac{\Psi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu} \\ &= \frac{0,85 \cdot 996,26 \frac{kg}{m^3} \cdot 2,56 \times 10^{-3} m \cdot 1,67 \times 10^{-4}}{0,8363 \times 10^{-3}} \\ &= 0,43 \\ \circ f' &= 150 \times \left(\frac{1-\varepsilon}{Nre} \right) + 1,75 \\ &= 150 \times \left(\frac{1-0,4}{0,43} \right) + 1,75 \\ &= 210,07 \\ \circ Hf &= f' \frac{L}{\Psi d} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{Va^2}{g} \\ &= \\ &= 210,07 \times \frac{0,1 m}{0,85 \times 2,56 \times 10^{-3} m} \left(\frac{1-0,4}{0,43^3} \right) \frac{(1,39 \times 10^{-4})^2}{9,81 \frac{m}{dtk^2}} \\ &= 1,7 \times 10^{-3} m = 0,17 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Total headloss media GAC} &= Hf_{\text{GAC}} + Hf_{\text{penyangga}} \\ &= 0,11 + 0,17 \\ &= 0,28 \text{ cm} \end{aligned}$$

b. Media Antrasit

Diketahui:

- Tebal media (L) = 70 cm
- Tebal media penyangga = 10 cm
- Diameter Antrasit 1 (20) = 0,8 mm
- Diameter Antrasit 2 (25) = 0,7 mm
- ρ = 0,99626 gr/cm³
- Ψ = 1
- ε = 0,55
- Suhu air = 28°C ($\mu = 0,8363 \times 10^{-3}$)

Perhitungan:

$$\begin{aligned} - \text{ Headloss media Antrasit} & \\ \circ \text{ Diameter rata-rata} &= (DM 1 \times DM 2)^{1/2} \\ &= (0,8 \text{ mm} \times 0,7 \text{ mm})^{1/2} \\ &= 0,75 \text{ mm} \\ \circ \text{ Nre} &= \frac{\Psi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu} \\ &= \frac{0,75 \cdot 996,26 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,75 \times 10^{-3} m \cdot 1,67 \times 10^{-4}}{0,8363 \times 10^{-3}} \end{aligned}$$

$$= 0,38$$

- f'

$$= 150 \times \left(\frac{1-\varepsilon}{Nre} \right) + 1,75$$

$$= 150 \times \left(\frac{1-0,55}{0,38} \right) + 1,75$$

$$= 178,82$$
- H_f

$$= f' \frac{L}{\Psi d} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{Va^2}{g}$$

$$=$$

$$178,82 \times \frac{0,7 \text{ m}}{1 \times 0,75 \times 10^{-3} \text{ m}} \left(\frac{1-0,55}{0,55^3} \right) \frac{(1,39 \times 10^{-4})^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{dtk}^2}}$$

$$= 1,7 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,17 \text{ cm}$$
- Headloss media penyangga (D = 2 mm; 3,35 mm)
 - Diameter rata-rata = $(DM_1 \times DM_2)^{1/2}$

$$= (2 \text{ mm} \times 3,35 \text{ mm})^{1/2}$$

$$= 2,56 \text{ mm}$$
 - Nre

$$= \frac{\Psi \cdot \rho \cdot d \cdot Va}{\mu}$$

$$= \frac{0,85 \cdot 996,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 2,56 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot 1,67 \times 10^{-4}}{0,8363 \times 10^{-3}}$$

$$= 0,43$$
 - f'

$$= 150 \times \left(\frac{1-\varepsilon}{Nre} \right) + 1,75$$

$$= 150 \times \left(\frac{1-0,4}{0,43} \right) + 1,75$$

$$= 210,07$$
 - H_f

$$= f' \frac{L}{\Psi d} \left(\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \frac{Va^2}{g}$$

$$=$$

$$210,07 \times \frac{0,1 \text{ m}}{0,85 \times 2,56 \times 10^{-3} \text{ m}} \left(\frac{1-0,4}{0,4^3} \right) \frac{(1,39 \times 10^{-4})^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{dtk}^2}}$$

$$= 1,8 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,18 \text{ cm}$$
- Total headloss media Antrasit = $H_f \text{ Antrasit} + H_f \text{ penyangga}$

$$= 0,17 + 0,18$$

$$= 0,35 \text{ cm}$$

C. Volume bak filter

- Susunan ketinggian reaktor
 - a. Tinggi media penyangga = 10 cm
 - b. Tinggi media filter = 70 cm
 - c. Tinggi freeboard = 10 cm
 - d. Tinggi air diatas media = 10 cm

Total tinggi = 100 cm

- Volume = luas alas x tinggi filter
= $3,14 \times (0,1)^2 \times 0,25 \times 1$
= $0,0785 \text{ m}^3$

LAMPIRAN 2 UJI PENDAHULUAN

1. Uji Pendahuluan

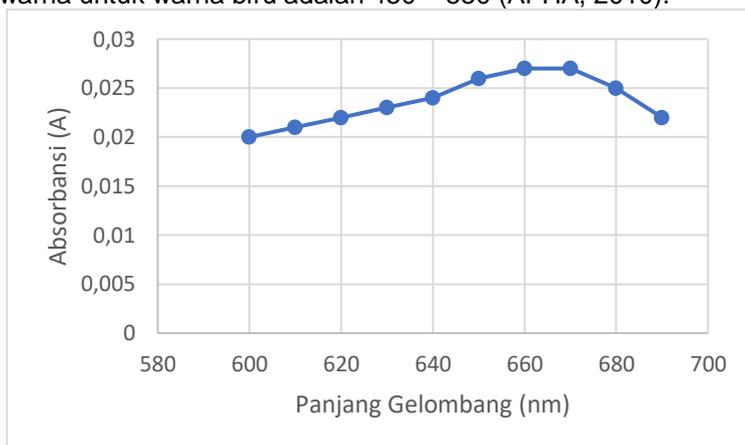
Tahap uji pendahuluan yang dilakukan sebagai berikut:

1.1 Uji Karakterisasi Air Limbah

Pada uji karakteristik air limbah dilakukan sampling air limbah bekas pencucian jeans industri rumah tangga "X" Surabaya, kemudian sampel dianalisis kadar COD, TSS, Total krom, Pb, dan warna.

1.2 Penentuan Panjang Gelombang Warna

Kadar warna pada air limbah bekas pencucian tergolong pekat. Untuk mencari efisiensi removal warna pada air limbah bekas pencucian jeans, maka perlu adanya kalibrasi warna untuk mengetahui panjang gelombang optimum pada spektrofotometri yang digunakan sebagai pembaca larutan. Rentang panjang warna untuk warna biru adalah 450 – 550 (APHA, 2010).

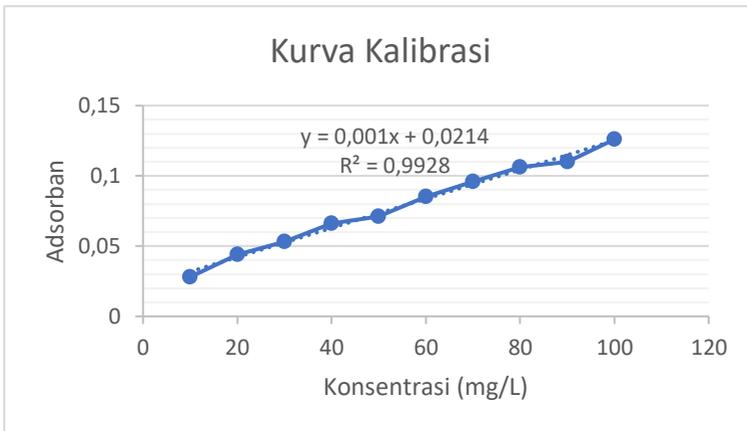


Gambar 1. Hasil Adsorbansi Warna Terhadap Panjang Gelombang

Fungsi alat spektrofotometer dalam laboratorium adalah mengukur transmittansi atau absorbansi suatu contoh yang dinyatakan dalam fungsi panjang gelombang. Prinsip kerja spektrofotometer adalah bila cahaya (monokromatik maupun campuran) jatuh pada suatu medium homogen, sebagian dari sinar masuk akan dipantulkan, sebagian diserap dalam medium itu, dan sisanya diteruskan. Nilai yang keluar dari cahaya yang diteruskan

dinyatakan dalam nilai absorbansi karena memiliki hubungan dengan konsentrasi sampel. Hukum Beer menyatakan absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi dan ketebalan ahan/medium (Miller, 2000). Penentuan panjang gelombang maksimum dilakukan untuk mengetahui saat nilai absorbansi mencapai maksimum sehingga meningkatkan proses absorpsi larutan terhadap sinar (Rohman, 2007).

Dari hasil pengamatan dilakukan sampai panjang gelombang 700 nm karena nilai absorbansi terus meningkat dalam rentang panjang gelombang 450 – 550 nm. Berdasarkan Gambar 3.2 didapatkan hasil panjang gelombang optimum sebesar 660 A. Pada pengukuran panjang gelombang optimum, dipilih panjang gelombang yang menghasilkan nilai absorbansi paling tinggi karena pada kondisi tersebut dianggap suatu zat memberikan penyerapan paling tinggi dimana dapat digunakan dalam penentuan konsentrasi larutan. Dari panjang gelombang optimum kemudian di buat kurva kalibrasi larutan standard untuk menentukan konsentrasi larutan pada penelitian ini. Dari Gambar 2 didapatkan persamaan regresinya adalah $y = 0,001x + 0,0214$.



Gambar 2. Hasil Kalibrasi Adsorban Warna Terhadap Konsentrasi

Setelah didapatkan panjang gelombang optimum dan kalibrasi warna dari setiap konsentrasi limbah, lalu sampel dari effluen diukur absorbansi untuk dilihat berapa penurunan kadar warna dan efisiensi antara media filter dan membran.

1.3 Penentuan Waktu Filter Beroperasi

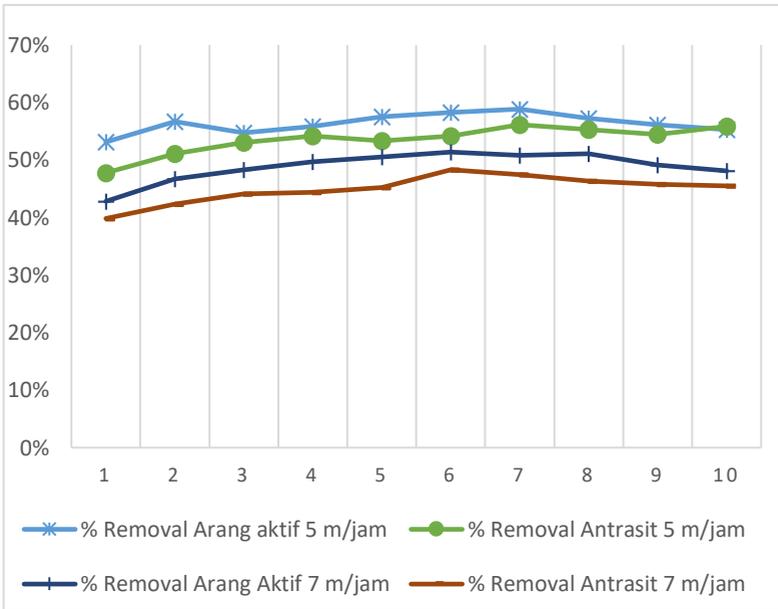
Media filter yang digunakan meliputi karbon aktif dan antrasit dengan kecepatan filtrasi sebesar $5 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$ dan $7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam}$. Hal ini berfungsi untuk menentukan lamanya filter yang akan beroperasi secara kontinu dengan jenis media dan kecepatan filtrasi yang telah ditentukan. Rentang waktu lamanya filter beroperasi pada penelitian ini sangat dipengaruhi oleh beban air limbah yang akan masuk dan kecepatan filtrasi yang diterapkan. Filtrasi merupakan salah satu pengolahan fisik sehingga parameter yang digunakan sebagai acuan lamanya filter beroperasi adalah warna. Perbandingan antara lamanya filter beroperasi dengan nilai removal parameter pada Tabel 1 dan Gambar 3 berikut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Warna Pada Filter

Jam	Warna			
	Arang Aktif 5 m/jam	Antrasit 5 m/jam	Arang Aktif 7 m/jam	Antrasit 7 m/jam
0	0,367	0,358	0,362	0,354
1	0,172	0,187	0,207	0,213
2	0,159	0,175	0,193	0,204
3	0,166	0,168	0,187	0,198
4	0,162	0,164	0,182	0,197
5	0,156	0,167	0,179	0,194
6	0,153	0,164	0,176	0,183
7	0,151	0,157	0,178	0,186
8	0,157	0,16	0,177	0,19
9	0,161	0,163	0,184	0,192
10	0,164	0,158	0,188	0,193

Dari hasil penentuan lama filter berlangsung dapat diketahui apabila nilai removal untuk media arang aktif dengan kecepatan filtrasi $5 \text{ m}^3/\text{jam}$ mengalami peningkatan pada jam ke 2 dan berangsur stabil hingga jam ke 7, akan tetapi pada jam ke 8 menunjukkan hasil penurunan removal warna. Hal yang berbeda terjadi pada media antrasit dengan kecepatan filtrasi $5 \text{ m}^3/\text{jam}$ dimana nilai removal warna stabil hingga jam ke 6 dan mengalami

penurunan pada jam ke 7. Sedangkan nilai removal untuk media arang aktif dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam mengalami peningkatan removal hingga jam ke 6 yang kemudian stabil hingga jam ke 8 dan mengalami penurunan removal pada jam ke 9. Hal yang sama juga terjadi pada media antrasit dengan kecepatan filtrasi 7 m/jam dimana terjadi peningkatan removal hingga jam ke 6 dan kemudian mengalami penurunan pada jam ke 8.



Gambar 3. Grafik Removal Warna Terhadap Waktu Operasi Filter Sehingga dari uji pendahuluan ini ditetapkan apabila filter beroperasi selama 6 jam. Penentuan ini juga didasarkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Rosyida (2011) dimana filter dipersikan selama 6 jam dengan air limbah tekstil

LAMPIRAN 3 HASIL ANALISIS PENELITIAN

Perhitungan Fluks Membran

Perhitungan nilai fluks tiap variasi membran menggunakan rumus:

$$J = \frac{V}{A \cdot t}$$

dengan:

J = nilai fluks (L/m² hari)

t = waktu (hari)

V = volume permeat (L)

A = luas permukaan membran (m²)

Contoh perhitungan:

1. Nilai Fluks pada Membran Nanofiltrasi

Nilai fluks pada membran nanofiltrasi (KN5) pada jam pertama yaitu sebagai berikut:

Volume permeat = 920 mL = 0,92 L

Luas permukaan (A) = 1,3 m²

Waktu (t) = 1 jam

Nilai Fluks (J) = $\frac{V}{A \cdot t}$
= $\frac{0,92}{1,3 \times 1}$
= 0,708 L/m².jam

2. Nilai Fluks pada Membran Ultrafiltrasi

Nilai fluks pada membran ultrafiltrasi (KU5) pada jam pertama yaitu sebagai berikut:

Volume permeat = 820 mL = 0,82 L

Luas permukaan (A) = 0,7 m²

Waktu (t) = 1 jam

Nilai Fluks (J) = $\frac{V}{A \cdot t}$
= $\frac{0,82}{0,7 \times 1}$
= 1,171 L/m².jam

Perhitungan Nilai Rejeksi Membran

Perhitungan nilai rejeksi tiap variasi membran menggunakan rumus:

$$R = \left(1 - \frac{c_p}{c_f}\right) \times 100\%$$

dengan:

R = koefisien rejeksi (%)
C_p = konsentrasi zat terlarut dalam permeat
C_f = konsentrasi zat terlarut dalam umpan (feed)

Contoh perhitungan:

1. Nilai Rejeksi pada Nanofiltrasi dengan parameter COD
Rejeksi COD pada membran nanofiltrasi (KN5) pada jam pertama
yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi permeat (C}_p\text{)} &= 10 \text{ mg/L} \\ \text{Konsentrasi feed (C}_f\text{)} &= 1500 \text{ mg/L} \\ \text{Nilai Rejeksi (\%R)} &= \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{10}{1500}\right) \times 100\% \\ &= 99,33\%\end{aligned}$$

2. Nilai Rejeksi pada Ultrafiltrasi dengan parameter COD
Rejeksi COD pada membran nanofiltrasi (KU5) pada jam pertama
yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Konsentrasi permeat (C}_p\text{)} &= 20 \text{ mg/L} \\ \text{Konsentrasi feed (C}_f\text{)} &= 1500 \text{ mg/L} \\ \text{Nilai Rejeksi (\%R)} &= \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{20}{1500}\right) \times 100\% \\ &= 98,67\%\end{aligned}$$

Tabel Hasil Analisis Parameter COD

Sampel	Keterangan	Vol. Blanko (ml)	Vol. Titran (ml)	Konsentrasi FAS (N)	Pengenceran	Vol. Sampel (ml)	Nilai COD (mg/L)
Karbon aktif; nanofiltrasi; 7 m/jam (KN7)	Inlet	2,2	1,65	0,025	25	1	2750
	Bak Penampung	2,2	1,7	0,025	25	1	2500
	F1	2,2	1,85	0,025	25	1	1750
	F2	2,2	1,8	0,025	25	1	2000
	F3	2,2	1,85	0,025	25	1	1750
	F4	2,2	1,9	0,025	25	1	1500
	F5	2,2	1,95	0,025	25	1	1250
	F6	2,2	2	0,025	25	1	1000

Sampel	Keterangan	Vol. Blanko (ml)	Vol. Titran (ml)	Konsentrasi FAS (N)	Pengenceran	Vol. Sampel (ml)	Nilai COD (mg/L)
Karbon aktif; ultrafiltrasi; 7 m/jam (KU7)	Inlet	2,2	1,65	0,025	25	1	2750
	Bak Penampung	2,2	1,7	0,025	25	1	2500
	F1	2,2	1,8	0,025	25	1	2000
	F2	2,2	1,85	0,025	25	1	1750
	F3	2,2	1,9	0,025	25	1	1500
	F4	2,2	2	0,025	25	1	1000

Sampel	Keterangan	Vol. Blanko (ml)	Vol. Titran (ml)	Konsentrasi FAS (N)	Pengenceran	Vol. Sampel (ml)	Nilai COD (mg/L)
	F5	2,2	1,95	0,025	25	1	1250
	F6	2,2	1,9	0,025	25	1	1500

Sampel	Keterangan	Vol. Blanko (ml)	Vol. Titran (ml)	Konsentrasi FAS (N)	Pengenceran	Vol. Sampel (ml)	Nilai COD (mg/L)
Antrasit; ultrafiltrasi; 7 m/jam (AU7)	Inlet	2,1	1,55	0,025	25	1	2750
	Bak Penampung	2,1	1,6	0,025	25	1	2500
	F1	2,1	1,85	0,025	25	1	1250
	F2	2,1	1,75	0,025	25	1	1750
	F3	2,1	1,8	0,025	25	1	1500
	F4	2,1	1,75	0,025	25	1	1750
	F5	2,1	1,75	0,025	25	1	1750
	F6	2,1	1,8	0,025	25	1	1500

Sampel	Keterangan	Vol. Blanko (ml)	Vol. Titran (ml)	Konsentrasi FAS (N)	Pengenceran	Vol. Sampel (ml)	Nilai COD (mg/L)
Antrasit; nanofiltrasi;	Inlet	2,2	1,6	0,025	25	1	3000
	Bak Penampung	2,2	1,75	0,025	25	1	2250

Sampel	Keterangan	Vol. Blanko (ml)	Vol. Titran (ml)	Konsentrasi FAS (N)	Pengenceran	Vol. Sampel (ml)	Nilai COD (mg/L)
7 m/jam (AN7)	F1	2,2	1,9	0,025	25	1	1500
	F2	2,2	1,9	0,025	25	1	1500
	F3	2,2	1,95	0,025	25	1	1250
	F4	2,2	1,9	0,025	25	1	1500
	F5	2,2	1,9	0,025	25	1	1500
	F6	2,2	1,95	0,025	25	1	1250

Sampel	Keterangan	Vol. Blanko (ml)	Vol. Titran (ml)	Konsentrasi FAS (N)	Pengenceran	Vol. Sampel (ml)	Nilai COD (mg/L)
Karbon aktif; ultrafiltrasi; 5 m/jam (KU5)	Inlet	2,15	1,55	0,025	25	1	3000
	Bak Penampung	2,15	1,6	0,025	25	1	2750
	F1	2,15	1,85	0,025	25	1	1500
	F2	2,15	1,8	0,025	25	1	1750
	F3	2,15	1,8	0,025	25	1	1750
	F4	2,15	1,8	0,025	25	1	1750
	F5	2,15	1,85	0,025	25	1	1500
	F6	2,15	1,9	0,025	25	1	1250

Sampel	Keterangan	Vol. Blanko (ml)	Vol. Titran (ml)	Konsentrasi FAS (N)	Pengenceran	Vol. Sampel (ml)	Nilai COD (mg/L)
Antrasit; ultrafiltrasi; 5 m/jam (AU5)	Inlet	2,4	1,7	0,025	25	1	3500
	Bak Penampung	2,4	1,8	0,025	25	1	3000
	F1	2,4	1,95	0,025	25	1	2250
	F2	2,4	2	0,025	25	1	2000
	F3	2,4	2	0,025	25	1	2000
	F4	2,4	2,1	0,025	25	1	1500
	F5	2,4	2,05	0,025	25	1	1750
	F6	2,4	2,1	0,025	25	1	1500

Sampel	Keterangan	Vol. Blanko (ml)	Vol. Titran (ml)	Konsentrasi FAS (N)	Pengenceran	Vol. Sampel (ml)	Nilai COD (mg/L)
Karbon aktif; nanofiltrasi; 5 m/jam (KN5)	Inlet	2,1	1,55	0,025	25	1	2750
	Bak Penampung	2,1	1,65	0,025	25	1	2250
	F1	2,1	1,8	0,025	25	1	1500
	F2	2,1	1,9	0,025	25	1	1000
	F3	2,1	1,85	0,025	25	1	1250
	F4	2,1	1,9	0,025	25	1	1000
	F5	2,1	1,8	0,025	25	1	1500
	F6	2,1	1,9	0,025	25	1	1000

Sampel	Keterangan	Vol. Blanko (ml)	Vol. Titran (ml)	Konsentrasi FAS (N)	Pengenceran	Vol. Sampel (ml)	Nilai COD (mg/L)
Antrasit; nanofiltrasi; 5 m/jam (AN5)	Inlet	2,35	1,65	0,025	25	1	3500
	Bak Penampung	2,35	1,75	0,025	25	1	3000
	F1	2,35	1,95	0,025	25	1	2000
	F2	2,35	2	0,025	25	1	1750
	F3	2,35	2,05	0,025	25	1	1500
	F4	2,35	2	0,025	25	1	1750
	F5	2,35	1,95	0,025	25	1	2000
	F6	2,35	2	0,025	25	1	1750

Hasil membran

Sampel	Vol. Blanko (ml)	Vol. Titran (ml)	Konsentrasi FAS (N)	Pengenceran	Vol. Sampel (ml)	Nilai COD (mg/L)
KN5	2,1	2,05	0,025	1	1	10
AN5	2,35	2,3	0,025	1	1	10
KU5	2,15	2,05	0,025	1	1	20
AU5	2,4	2,35	0,025	1	1	10
KN7	2,2	2,15	0,025	1	1	10
AN7	2,2	2,15	0,025	1	1	10
KU7	2,2	2,1	0,025	1	1	20
AU7	2,1	2	0,025	1	1	20

Tabel Hasil Analisis Parameter TSS

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
Karbon aktif; nanofiltrasi; 7 m/jam (KN7)	Inlet	0,1894	0,1926	0,0032	10	320
	Bak Penampung	0,1866	0,1884	0,0018	10	180
	F1	0,1871	0,1879	0,0008	10	80
	F2	0,1843	0,1851	0,0008	10	80
	F3	0,1864	0,1871	0,0007	10	70
	F4	0,1759	0,1765	0,0006	10	60
	F5	0,178	0,1786	0,0006	10	60
	F6	0,1782	0,1788	0,0006	10	60

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
Karbon aktif; ultrafiltrasi; 7 m/jam (KU7)	Inlet	0,188	0,1913	0,0033	10	330
	Bak Penampung	0,1831	0,1852	0,0021	10	210
	F1	0,1799	0,1807	0,0008	10	80
	F2	0,1863	0,1871	0,0008	10	80
	F3	0,1806	0,1814	0,0008	10	80
	F4	0,1817	0,1824	0,0007	10	70
	F5	0,1854	0,186	0,0006	10	60

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
	F6	0,1842	0,1847	0,0005	10	50

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
Antrasit; ultrafiltrasi; 7 m/jam (AU7)	Inlet	0,1865	0,1901	0,0036	10	360
	Bak Penampung	0,1701	0,1722	0,0021	10	210
	F1	0,1897	0,1908	0,0011	10	110
	F2	0,1718	0,1728	0,001	10	100
	F3	0,1888	0,1897	0,0009	10	90
	F4	0,1866	0,1875	0,0009	10	90
	F5	0,1893	0,1902	0,0009	10	90
	F6	0,1883	0,1891	0,0008	10	80

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
Antrasit; nanofiltrasi; 7 m/jam (AN7)	Inlet	0,1732	0,1766	0,0034	10	340
	Bak Penampung	0,1727	0,1747	0,002	10	200
	F1	0,1708	0,1718	0,001	10	100
	F2	0,1688	0,1698	0,001	10	100
	F3	0,1736	0,1745	0,0009	10	90
	F4	0,1731	0,174	0,0009	10	90

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
	F5	0,1735	0,1744	0,0009	10	90
	F6	0,1687	0,1696	0,0009	10	90

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
Karbon aktif; ultrafiltrasi; 5 m/jam (KU5)	Inlet	0,174	0,1772	0,0032	10	320
	Bak Penampung	0,1761	0,1782	0,0021	10	210
	F1	0,1744	0,175	0,0006	10	60
	F2	0,1762	0,1768	0,0006	10	60
	F3	0,175	0,1756	0,0006	10	60
	F4	0,174	0,1745	0,0005	10	50
	F5	0,1737	0,1742	0,0005	10	50
	F6	0,1747	0,1751	0,0004	10	40

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
Antrasit; ultrafiltrasi; 5 m/jam (AU5)	Inlet	0,1785	0,1819	0,0034	10	340
	Bak Penampung	0,1776	0,1797	0,0021	10	210
	F1	0,1772	0,1781	0,0009	10	90
	F2	0,1798	0,1807	0,0009	10	90
	F3	0,1818	0,1826	0,0008	10	80

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
	F4	0,1823	0,183	0,0007	10	70
	F5	0,1808	0,1815	0,0007	10	70
	F6	0,1724	0,173	0,0006	10	60

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
Karbon aktif; nanofiltrasi; 5 m/jam (KN5)	Inlet	0,1784	0,1815	0,0031	10	310
	Bak Penampung	0,1709	0,1729	0,002	10	200
	F1	0,1745	0,1751	0,0006	10	60
	F2	0,1755	0,176	0,0005	10	50
	F3	0,1747	0,1753	0,0006	10	60
	F4	0,1788	0,1793	0,0005	10	50
	F5	0,1758	0,1764	0,0006	10	60
	F6	0,1751	0,1755	0,0004	10	40

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
Antrasit; nanofiltrasi; 5 m/jam (KN5)	Inlet	0,1747	0,1779	0,0032	10	320
	Bak Penampung	0,1711	0,1732	0,0021	10	210
	F1	0,1716	0,1724	0,0008	10	80
	F2	0,1699	0,1707	0,0008	10	80

Sampel	Keterangan	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
	F3	0,1736	0,1743	0,0007	10	70
	F4	0,171	0,1716	0,0006	10	60
	F5	0,1684	0,169	0,0006	10	60
	F6	0,1648	0,1654	0,0006	10	60

Hasil membran

Sampel	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Berat Residu (gr)	Vol. Sampel (mL)	Nilai TSS (mg/L)
KN5	0,1761	0,1762	0,0001	10	10
AN5	0,1699	0,17	0,0001	10	10
KU5	0,175	0,1751	0,0001	10	10
AU5	0,1782	0,1783	0,0001	10	10
KN7	0,1718	0,172	0,0002	10	20
AN7	0,1698	0,17	0,0002	10	20
KU7	0,1809	0,1811	0,0002	10	20
AU7	0,1716	0,1718	0,0002	10	20

Tabel Hasil Analisis Parameter Total Krom dan Pb
BALAI PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI
LABORATORIUM
PENELITIAN DAN KONSULTASI INDUSTRI
SURABAYA – JAWA TIMUR



REPORT

Certificate of Analysis

No : 07371/KI/XI-2018
 Code : Penelitian
 Sample Sender : Mhs. TL ITS Surabaya
 Sample Name : Air Limbah Pencucian
 Test : Cr-Pb
 Sample Brand :
 Sample Identity : Cairan keruh
 Sample Accepted : 14 Nop.2018

Chemical laboratory test result is :

Kode	Pb,ppm	Cr,ppm	Kode	Pb,ppm	Cr,ppm
1.	8,12	5,63	17.	3,15	3,01
2.	5,81	4,38	18.	2,88	2,52
3.	4,36	4,01	19.	2,24	2,14
4.	4,05	3,80	20.	2,15	1,22
5.	6,31	4,11	21.	3,38	3,16
6.	4,26	3,28	22.	2,40	2,38
7.	3,78	2,68	23.	2,21	2,16
8.	3,02	2,51	24.	2,20	2,10
9.	3,61	2,66	25.	2,60	2,54
10.	3,00	2,60	26.	2,40	2,31
11.	2,66	2,34	27.	2,31	2,48
12.	3,48	2,00	28.	2,20	2,01
13.	3,43	3,10	29.	2,50	2,41
14.	3,38	2,81	30.	2,38	2,30
15.	2,31	2,26	31.	2,26	2,21
16.	2,11	2,18	32.	2,13	2,10

Surabaya, 19 Nop.2018
 Head of Chemical Laboratory Researcher

 Drs M. Fatoni, M.S.



Laboratory Office Jl. Ketintang Baru XVII no 14
 Telp 08155151337, Bank BCA – Bank Jatim
 Surabaya

LAMPIRAN XLII
 PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP
 REPUBLIK INDONESIA
 NOMOR 5 TAHUN 2014
 TENTANG
 BAKU MUTU AIR LIMBAH

BAKU MUTU AIR LIMBAH BAGI USAHA DAN/ATAU KEGIATAN
 INDUSTRI TEKSTIL

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD ₅	60	6
COD	150	15
TSS	50	5
Fenol Total	0,5	0,05
Krom Total (Cr)	1,0	0,1
Amonia Total (NH ₃ -N)	8,0	0,8
Sulfida (sebagai S)	0,3	0,03
Minyak dan Lemak	3,0	0,3
pH	6,0 – 9,0	
Debit Limbah Paling Tinggi	100 m ³ /ton produk tekstil	

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP
 REPUBLIK INDONESIA,

BALTHASAR KAMBUAYA

Lampiran 2.1 Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil

LAMPIRAN 4 GAMBAR PENELITIAN



Lampiran 3. 1 Bak Penampung Air Limbah



Lampiran 3. 2 Bak Over Flow



Lampiran 3. 4 Rangkaian Filter



Lampiran 3. 3 Rangkaian Membran

LAMPIRAN 5

A. PROSEDUR ANALISIS LABORATORIUM

Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Alat dan Bahan:

1. Larutan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) 0,1 N
2. Kristal perak sulfat (Ag_2SO_4) dicampur dengan asam sulfat (H_2SO_4)
3. Kristal merkuri sulfat (Hg_2SO_4)
4. Larutan standart Fero Amonium Sulfat (FAS) 0,05 N
5. Larutan indikator Fenantrolin Fero Sulfat (Feroin)
6. Erlenmeyer 250 mL 2 buah
7. Buret 25 mL atau 50 mL 1 buah
8. Alat reflux dan pemanasnya
9. Pipet 5 mL, 10 mL
10. Pipet tetes 1 buah
11. Beker glass 50 mL, 1 buah
12. Gelas ukur 25 mL, 1 buah

Prosedur Analisis:

1. Masukkan 0,4 gram kristal Hg_2SO_4 ke dalam masing-masing erlenmeyer.
2. Tuangkan 20 mL air sampel dan 20 mL air akuades (sebagai blangko) ke dalam masing-masing erlenmeyer.
3. Tambahkan 10 mL larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N.
4. Tambahkan 25 mL larutan campuran H_2SO_4 dan Ag_2SO_4 .
5. Alirkan pendingin pada kondensor dan pasang erlenmeyer COD.
6. Nyalakan alat pemanas dan reflux larutan tersebut selama 2 jam.
7. Biarkan erlenmeyer dingin dan tambahkan air akuades melalui kondensor sampai volume 150 mL.
8. Lepaskan erlenmeyer dari kondensor dan tunggu sampai dingin.
9. Tambahkan 3-4 tetes indikator Feroin.
10. Titrasi kedua larutan di erlenmeyer tersebut dengan larutan standart FAS 0,05 N hingga warna menjadi merah-coklat.
11. Hitung COD sampel dengan rumus :

$$\text{COD (mg O}_2\text{/L)} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{Vol Sampel}} \times p$$

Keterangan:

A : mL FAS titrasi blanko

B : mL FAS titrasi sampel

N : normalitas larutan FAS

P : pengenceran

Analisis TSS (*Total Suspended Solid*)

Pengurangan gangguan

- a. Pisahkan partikel besar yang mengapung.
- b. Residu yang berlebihan dalam saringan dapat mengering membentuk kerak dan menjebak air, untuk itu batasi contoh uji agar tidak menghasilkan residu lebih dari 200 mg.
- c. Untuk contoh uji yang mengandung padatan terlarut tinggi, bilas residu yang menempel dalam kertas saring untuk memastikan zat yang terlarut telah benar-benar dihilangkan.
- d. Hindari melakukan penyaringan yang lebih lama, sebab untuk mencegah penyumbatan oleh zat koloidal yang terperangkap pada saringan.

Persiapan pengujian

Persiapkan kertas saring atau cawan Gooch

- Letakkan kertas saring pada peralatan filtrasi. Pasang vakum dan wadah pencuci dengan air suling berlebih 20 mL. Lanjutkan penyedotan untuk menghilangkan semua sisa air, matikan vakum, dan hentikan pencucian.
- Pindahkan kertas saring dari peralatan filtrasi ke wadah timbang aluminium. Jika digunakan cawan Gooch dapat langsung dikeringkan.
- Keringkan dalam oven pada suhu 103°C sampai dengan 105°C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator kemudian timbang.
- Ulangi langkah pada butir c) sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.

Prosedur

2. Lakukan penyaringan dengan peralatan vakum. Basahi saringan dengan sedikit air suling.
3. Aduk contoh uji dengan pengaduk magnetik untuk memperoleh contoh uji yang lebih homogen.

4. Pipet contoh uji dengan volume tertentu, pada waktu contoh diaduk dengan pengaduk magnetik
5. Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna, dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Contoh uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan.
6. Pindahkan kertas saring secara hati-hati dari peralatan penyaring dan pindahkan ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika digunakan cawan Gooch pindahkan cawan dari rangkaian alatnya.
7. Keringkan dalam oven setidaknya selama 1 jam pada suhu 103°C sampai dengan 105°C, dinginkan dalam desikator untuk menyeimbangkan suhu dan timbang.
8. Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dalam desikator, dan lakukan penimbangan sampai diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 4% terhadap penimbangan sebelumnya atau lebih kecil dari 0,5 mg.



KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
 Periode: Gasal 2018/2019

Kode/SKS : RE141581 (0/8/0)
 No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Nilai TOEFL 490

Hari, tanggal Kamis 29-Nov-18
 Pukul : 10.00 - 11.00
 Lokasi : Ruang Sidang
 Judul Studi Pengolahan Air Limbah Jeans dengan Metode Fisik
 Nama : Rahmania Maulida A
 NRP. : 0321144000095
 Topik : Penelitian

Tanda Tangan

Rahmania

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
-	<p>Buat tabel ringkasan total dan hasil pengolahan di atas</p> <p>Definisikan pembuangan mengenai membran nanofiltrasi-lebar back 7 liter jeans, juga keep. filter yang digunakan</p> <p>- Jelaskan sumber pustaka.</p> <p>- Saran → perbaikan di. beningulan & pembuangan.</p> <p>- Jelaskan tujuan 2 → pengujian smp jeans filter & membran old hasil olahan.</p>

$\frac{26}{12}$ cd
 H

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
 Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
 Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

- ① Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing
 Ir. Mas Agus Mardiyanto, ME., Ph.D

(H)



UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)

Periode: Gasal 2018-2019

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Nilai TOEFL 490

Hari, tanggal : Jumat, 11 Januari 2019
Pukul : 09.00 - 11.00
Lokasi : TL-101
Judul : Studi Pengolahan Air Limbah Pencucian Jeans
dengan Metode Fisik
Nama : Rahmania Maulida A
NRP. : 0321144000095
Topik : Penelitian

Tanda Tangan

Rahmania

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
	<p><i>lihat contoh pd. draft TA</i></p> <p style="text-align: right;"><i>25/01/19</i> <i>RA</i></p>

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Nama Dosen Pembimbing

Ir. Mas Agus Mardyaning, M.E., Ph.D.

(*MA*)



KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : RAHMANIA MAULIDA A
NRP : 0321144000095
Judul : Studi Pengolahan Air Limbah Pencucian Jeans dengan Metode Fisik

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	29 Maret 2018	- Penentuan dan perlakuan pada adsorben - Data untuk adsorpsi	
2	19 April 2018	- Pengujian sampel dilakukan dua kali pengulangan (duplo) - Variasi ketinggian tergantung uji batch	
3	2 November 2018	- Asistensi data bentuk grafik - Data hasil analisis pengujian kedua	
4	9 November 2018	- Laporan Bab 4 dan Bab 5	
5	14 November 2018	- Revisi Bab 4 - Penambahan dasar teori dan alasan yang mendukung	
6	26 Desember 2018	- Revisi laporan setelah seminar kemajuan	
7	28 Desember 2018	- Pembeneran abstrak bahasa inggris - Kalimat - kalimat yang kurang sesuai	
8	10 Januari 2019	- Asistensi laporan TA	

Surabaya,
Dosen Pembimbing,

Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D



FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Rahmania Maulida A
NRP : 03211440000095
Judul : STUDI PENGOLAHAN AIR LIMBAH PENCUCIAN JEANS
DENGAN METODE FISIK

No	Saran Perbaikan (sesuai Form KTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Buat tabel ringkasan total dari hasil pengolahan sistem	Telah ditambahkan grafik removal seluruh Parameter . (Hal 82 dan 58)
2.	Detailkan pembahasan mengapa membran nano-Filtrasi lebih baik untuk limbah jeans, juga Kecepatan Filtrasi yang digunakan	Telah ditambahkan pada subab 4.3.5 (Hal. 82)
3.	Sumber pustaka	Pustaka telah diperbaiki
4.	Saran → disesuaikan dengan kesimpulan dan Pembahasan	Saran telah diganti sesuai dengan pembahasan.
5.	Jawab tujuan 2 → pengaruh tiap jenis Filter dan membran terhadap hasil olahan.	Telah ditambahkan pada halaman 96.

Dosen Pembimbing,

Mahasiswa Ybs, 02 Januari 2019

Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., Ph.D.

03211440000005

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Gresik sebagai anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2002-2008 di SDN Kutorejo I. kemudian dilanjutkan di SMPN 3 Tuban dari tahun 2008-2011, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMAN 1 Tuban dari tahun 2011-2014. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas teknik sipil, Lingkungan, dan Kebumian ITS Surabaya pada tahun

2014 dan terdaftar dengan NRP 3314100095.

Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan. Tahun 2015 penulis menjabat sebagai staf Departemen Seni dan Olahraga HMTL FTSP ITS 2015/2016 dan tergabung dalam Tari Saman TL. Pada tahun 2016 penulis menjabat menjadi bendahara Departemen Seni dan Olahraga HMTL FTSLK ITS 2016/2017. Penulis juga tergabung dalam beberapa kepanitiaan kegiatan himpunan, fakultas, maupun institut. Penulis dapat dihubungi di rahmaniasunarso@gmail.com.