



**UJI KINERJA MEMBRAN KOMPOSIT NILON-ARANG
(STUDI KASUS: AIR SUNGAI BEDADUNG)**

SKRIPSI

Oleh

Septia Yuyun Listiani

NIM 131810201067

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2018



**UJI KINERJA MEMBRAN KOMPOSIT NILON-ARANG
(STUDI KASUS: AIR SUNGAI BEDADUNG)**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)
dan mencapai gelas Sarjana Sains

Oleh

Septia Yuyun Listiani

NIM 131810201067

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2018

PERSEMBAHAN

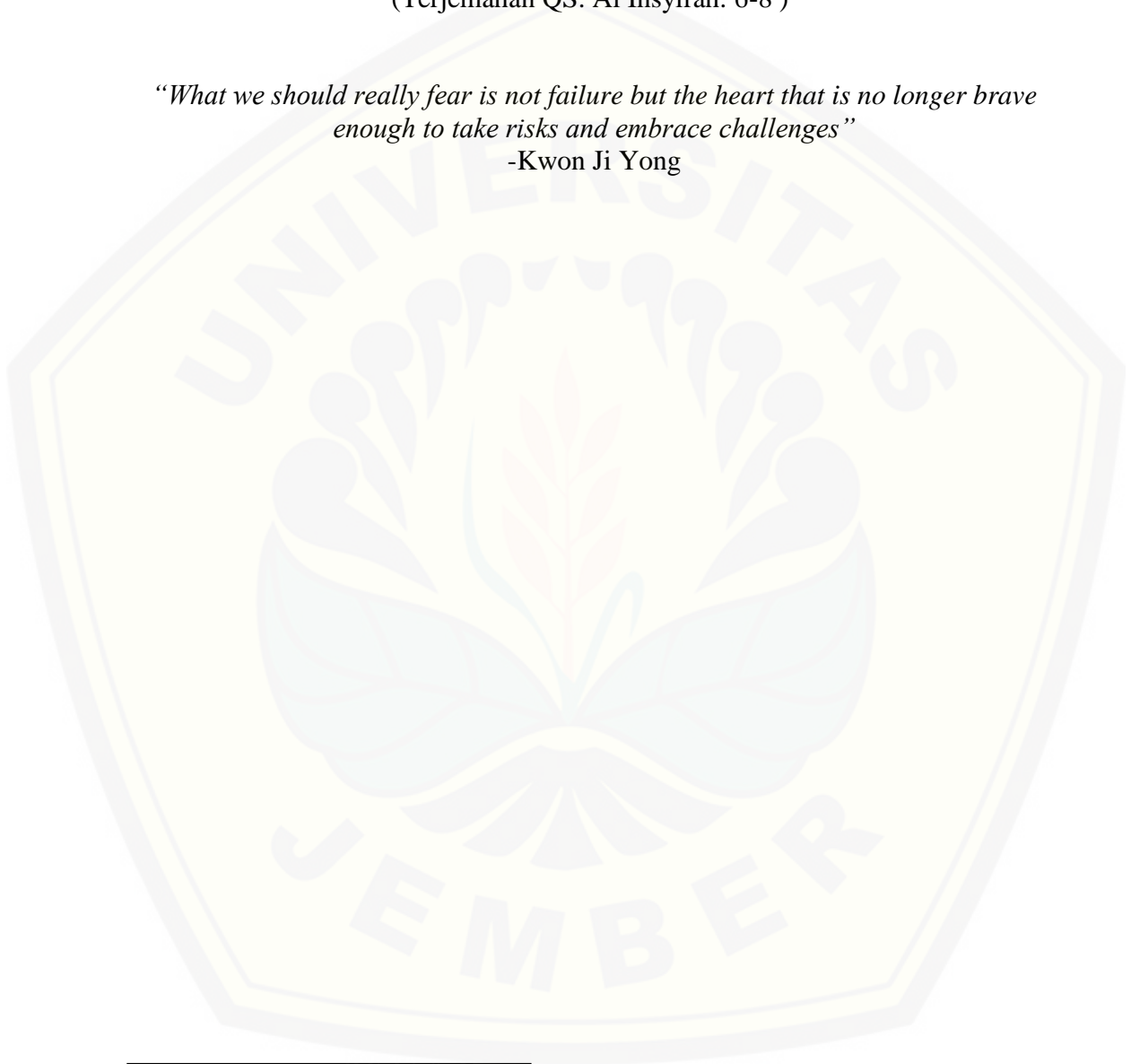
Skripsi ini saya persembahkan dengan penuh rasa cinta, kasih sayang, syukur dan terima kasih sebesar-besarnya untuk:

1. Ibunda Tukimah dan ayahanda Marsani, yang telah memberikan doa, restu, dukungan, pengorbanan dengan segenap cinta dan kasih sayang serta kesabaran dalam mendidik Ananda selama ini;
2. Adik David Bagus Hendrawan yang selalu memberikan dukungan, semangat dan doa;
3. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak hingga perguruan tinggi yang telah mendidikku dengan penuh kesabaran dan perhatian;
4. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan, motivasi, doa dan nasehat yang berguna.

MOTO

“Sesungguhnya bersama kesukaran itu ada keringanan. Karena itu bila kau sudah selesai (mengerjakan yang lain). Dan berharaplah kepada Tuhanmu”
(Terjemahan QS. Al Insyirah: 6-8)^{*)}

“What we should really fear is not failure but the heart that is no longer brave enough to take risks and embrace challenges”
-Kwon Ji Yong



^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 2005. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: CV Penerbit Diponegoro.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Septia Yuyun Listiani

NIM : 131810201067

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Uji Kinerja Membran Komposit Nilon-Arang (Studi Kasus: Air Sungai Bedadung” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Januari 2018

Yang menyatakan,

(Septia Yuyun Listiani)

NIM 131810201067

SKRIPSI

**UJI KINERJA MEMBRAN KOMPOSIT NILON-ARANG
(STUDI KASUS: AIR SUNGAI BEDADUNG)**

Oleh

Septia Yuyun Listiani

NIM 131810201067

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Wenny Maulina, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Endhah Purwandari, S.Si., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Uji Kinerja Membran Komposit Nilon-Arang (Studi Kasus: Air Sungai Bedadung)” karya Septia Yuyun Listiani telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Wenny Maulina, S.Si., M.Si.
NIP 198711042014042001

Anggota II,

Ir. Misto, M.Si.
NIP 195911211991031002

Anggota I,

Endhah Purwandari, S.Si., M.Si.
NIP 198111112005012001

Anggota III,

Drs. Yuda Cahyoargo H., M.Sc., Ph.D.
NIP 196203111987021001

Mengesahkan,

Dekan,

Drs. Sujito, Ph.D.
NIP 196102041987111001

RINGKASAN

Uji Kinerja Membran Komposit Nilon-Arang (Studi Kasus: Air Sungai Bedadung, Septia Yuyun Listiani, 131810201067; 2018: 44 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Air merupakan sumber daya yang sangat diperlukan oleh semua makhluk hidup di bumi, baik untuk memenuhi kebutuhan maupun menopang hidupnya secara alami. Sebagian besar penduduk Indonesia menggunakan air permukaan terutama air sungai dan air sumur. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) pada tahun 2014, dikatakan bahwa 70% – 75% sungai di 33 provinsi Indonesia telah tercemar logam berat seperti timbal (Pb), Kadmium (Cd), tembaga (Cu), besi (Fe) dan lain sebagainya. Kabupaten Jember memiliki beberapa sungai, diantaranya adalah Sungai Bedadung.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui kinerja membran komposit nilon-arang dalam memfiltrasi Air Sungai Bedadung. Kegiatan penelitian ini diawali dengan pembuatan arang aktif dari ampas tebu dengan aktivator NaOH (Natrium Hidroksida) 0,1 M. Kemudian, dilakukan sintesis membran komposit nilon-arang menggunakan metode inversi fasa. Sintesis membran komposit nilon-arang dengan massa nilon 6 gram dan massa arang 0,75 gram dilakukan dengan melarutkan nilon dan arang aktif ke dalam larutan asam klorida (HCl) 25% sebanyak 20 mL dan aseton sebanyak 2 mL. Kemudian dilakukan proses *stirring* pada kecepatan 350 rpm. Selanjutnya, dilakukan proses ultrafiltrasi dengan metode *dead-end* menggunakan membran yang telah dibuat. Proses ultrafiltrasi ini dilakukan pada tekanan 1,5 bar; 2 bar; 2,5 bar; 3 bar. Volume permeat yang dihasilkan diamati sehingga dapat diperoleh nilai fluks dan koefisien permeabilitas membran.

Berdasarkan proses ultrafiltrasi tersebut dapat diketahui pengaruh tekanan terhadap fluks dan koefisien permeabilitas membran. Nilai fluks *aquadest* dan fluks air Sungai Bedadung cenderung meningkat dengan bertambahnya tekanan yang diberikan ketika proses ultrafiltrasi. Hal ini menunjukkan bahwa membran komposit nilon-arang yang dihasilkan memiliki kinerja yang baik karena memiliki kecenderungan peningkatan nilai fluks, baik pada *aquadest* maupun air Sungai Bedadung. Nilai fluks *aquadest* dan fluks air Sungai Bedadung terbesar diperoleh saat tekanan operasi membran 3 bar. Nilai koefisien permeabilitas yang diperoleh sebesar 15,831 L/m².jam.bar sehingga membran yang dihasilkan termasuk ke dalam kategori membran ultrafiltrasi dengan batasan permeabilitasnya adalah 10-50 L/m².jam.bar.

Permeat yang memiliki nilai fluks tertinggi yaitu pada tekanan 3 bar diukur konsentrasi timbalnya menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES). Berdasarkan pengujian ICP-OES, konsentrasi timbal yang terkandung di dalam sampel air Sungai Bedadung sebelum proses ultrafiltrasi sebesar 0,1283 ppm dan setelah proses ultrafiltrasi sebesar 0,1122 ppm sehingga konsentrasi timbal mengalami penurunan sebesar 0,0161 ppm. Oleh

karena itu, pada proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung menggunakan membran komposit nilon-arang diperoleh efisiensi penurunan konsentrasi timbal sebesar 12,54%.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Uji Kinerja Membran Komposit Nilon-Arang (Studi Kasus: Air Sungai Bedadung”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Wenny Maulina, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Endhah Purwandari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota dan Dosen Pembimbing Akademik, yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan tenaga dalam membantu dan membimbing penulis dari awal sampai terselesaikannya skripsi ini;
2. Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Penguji Utama dan Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji Anggota, atas segala masukan, kritik serta saran yang telah diberikan demi kesempurnaan penulisan skripsi ini
3. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Membran Nilon	6
2.2 Ampas Tebu	7
2.3 Arang Aktif	8
2.4 Teknologi Membran	10
2.5 Teknik Pembuatan Membran	12
2.5.1 Presipitasi dengan penguapan pelarut.....	13
2.5.2 Presipitasi fasa uap.....	13
2.5.3 Presipitasi dengan penguapan terkendali.....	13
2.5.4 Presipitasi termal.....	13
2.5.5 Presipitasi imersi.....	14
2.6 Kinerja Membran	14
2.6.1 Fluks.....	14
2.6.2 Koefisien Permeabilitas.....	15
2.7 Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry ...	16
BAB 3. METODE PENELITIAN	18
3.1 Rancangan Penelitian	18
3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian	19
3.2.1 Jenis Penelitian.....	19
3.2.2 Sumber Data Penelitian.....	20
3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukurannya	20
3.3.1 Operasional Variabel.....	20

3.3.2 Skala Pengukuran	20
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah	21
3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan.	22
3.4.2 Sintesis Arang Aktif dari Ampas Tebu.	22
3.4.3 Sintesis Membran Komposit Nilon-Arang	23
3.4.4 Proses Ultrafiltrasi	24
3.4.5 Karakterisasi Kandungan Timbal.	24
3.5 Metode Analisis Data	24
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Membran Nilon dan Membran Komposit Nilon-Arang	26
4.2 Kinerja Membran	27
4.2.1 Fluks.....	27
4.2.2 Koefisien Permeabilitas	29
4.3 Efsiensi Penurunan Konsentrasi Timbal pada Proses Ultrafiltrasi Air Sungai Bedadung	30
BAB 5. PENUTUP.....	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran.	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Karakteristik ampas tebu	8
2.2 Jenis membran berdasarkan kisaran tekanan dan koefisien permeabilitas	16
4.1 Sifat fisik dan ketebalan membran komposit nilon-arang.....	27
4.2 Fluks <i>aquadest</i> dan air Sungai Bedadung pada tekanan berbeda.....	28
4.3 Nilai konsentrasi timbal (Pb) pada air Sungai Bedadung.....	31

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Ampas tebu.....	8
2.2 Proses pemisahan pada membran.....	11
2.3 Sistem membran filtrasi.	12
2.4 Pembuatan membran menggunakan metode presipitasi imersi	14
2.5 Komponen utama dan susunan instrumen ICP-OES.....	16
3.1 Alur kegiatan penelitian	21
3.2 Lokasi pengambilan sampel air Sungai Bedadung	22
4.1 Grafik hubungan tekanan terhadap fluks <i>aquadest</i> dan air Sungai Bedadung.....	29
4.2 Grafik koefisien permeabilitas <i>aquadest</i> pada membran komposit nilon-arang	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
3.1 Perhitungan larutan NaOH 0,1 M dalam 100 mL <i>aquadest</i>	37
3.2 Perhitungan larutan HCl 0,1 M dari HCl 37%	37
3.3 Perhitungan larutan HCl 25% dari HCl 37%	38
4.1 Perhitungan dan ralat pengukuran ketebalan membran komposit nilon-arang	39
4.2 Hasil pengukuran volume permeat <i>aquadest</i>	40
4.3 Hasil pengukuran volume permeat air Sungai Bedadung.	41
4.4 Hasil pengukuran konsentrasi timbal (Pb) pada sampel air Sungai Bedadung sebelum dan setelah proses ultrafiltrasi menggunakan ICP-OES	41
4.5 Hasil perhitungan efisiensi penurunan konsentrasi timbal.....	41
4.6 Proses pembuatan arang aktif dari ampas tebu	42
4.7 Proses pembuatan membran.....	42
4.8 Proses ultrafiltrasi.....	43

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan sumber daya yang sangat diperlukan oleh semua makhluk hidup di bumi, baik untuk memenuhi kebutuhan maupun menopang hidupnya secara alami. Sebagian besar penduduk Indonesia menggunakan air permukaan terutama air sungai dan air sumur. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) pada tahun 2014, dikatakan bahwa 70% – 75% sungai di 33 provinsi Indonesia telah tercemar. Polutan dominan yang mencemari sungai berasal dari limbah domestik dan limbah industri. Sungai yang telah tercemar tersebut banyak mengandung logam berat seperti timbal (Pb), Kadmium (Cd), tembaga (Cu), besi (Fe) dan lain sebagainya.

Keberadaan logam berat dalam perairan akan sulit mengalami degradasi bahkan logam tersebut dapat diadsorpsi dalam tubuh organisme. Logam berat seperti timbal (Pb) termasuk golongan logam berat yang berbahaya dan dapat masuk ke dalam tubuh melalui saluran pernapasan dan pencernaan (Darmono, 1995). Logam berat merupakan bahan kimia golongan logam yang sama sekali tidak dibutuhkan oleh tubuh, dimana apabila masuk ke dalam tubuh organisme hidup dalam jumlah yang berlebihan akan menimbulkan efek negatif terhadap fungsi fisiologis tubuh. Logam berat yang masuk ke dalam tubuh dalam jumlah kecil akan berakumulasi di dalam tubuh, sehingga pada suatu saat juga dapat menimbulkan efek negatif dan gangguan kesehatan. Adanya timbal (Pb) pada komponen lingkungan (air, tanah, dan udara) memungkinkan berkembangnya transmisi pencemaran menjadi lebih luas pada berbagai makhluk hidup, termasuk manusia sehingga menimbulkan gangguan kesehatan, seperti terganggunya sintesa darah merah, anemia, dan penurunan intelegensia pada anak (Palar, 1994).

Kabupaten Jember memiliki beberapa sungai, diantaranya adalah Sungai Bedadung. Panjang Sungai Bedadung mencapai 191 kilometer. Air Sungai Bedadung yang ada di wilayah kota digunakan oleh masyarakat sekitar untuk mandi cuci kakus (MCK). Selain itu, banyak masyarakat yang membuang sampah

di Sungai Bedadung. Sungai Bedadung yang digunakan sebagai pembuangan sampah dan limbah secara pasti akan mengalami pencemaran air sungai. Sampah dan limbah di Sungai Bedadung berasal dari sampah dan limbah rumah tangga, industri dan lain sebagainya. Sampah dan limbah tersebut banyak mengandung senyawa kimia berbahaya termasuk logam berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan timbal dan cadmium, yang diambil pada sampel ikan sapu-sapu yang tinggal di aliran sungai bawah jembatan Jl. Mastrip Kecamatan Sumbersari Jember, masing-masing adalah sebesar 0,419 ppm dan 0,107 ppm (Munandar dan Eurika, 2016).

Salah satu cara untuk menurunkan kadar logam berat antara lain dengan cara penyaringan ataupun dengan proses adsorpsi menggunakan arang atau karbon aktif. Penelitian-penelitian sebelumnya telah banyak menggunakan arang aktif sebagai penyaring (filter) logam berat. Arang aktif dari batok kelapa dapat digunakan sebagai media penyaring penurunan kadar besi dan mangan pada air kolam penambangan batu bauksit (Ikhwan, 2014). Arang aktif dari limbah kulit pisang kepok dapat digunakan dalam pengolahan air sumur kota Banjarbaru untuk mengurangi kadar Fe dan Mn (Abdi *et al.*, 2015). Arang aktif dapat digunakan untuk menurunkan kadar logam berat (Pb) air tambak kecamatan Jabon, Sidoarjo (Utama *et al.*, 2017). Uraian tersebut menunjukkan bahwa arang aktif merupakan salah satu filter yang baik dan efektif dalam menyaring logam berat.

Semakin majunya teknologi memberikan beberapa solusi untuk penanganan pencemaran lingkungan terutama pada air. Salah satu teknologi yang digunakan adalah teknologi membran. Perkembangan teknologi membran saat ini sangat pesat dan banyak digunakan dalam proses filtrasi (pemisahan). Teknologi membran banyak digunakan karena memiliki proses yang sederhana, tidak merusak material, konsumsi energi yang rendah dan tidak menghasilkan limbah baru. Oleh sebab itu, teknologi membran tergolong sebagai *clean technology*. Teknologi membran telah luas diterapkan dalam industri seperti produksi air minum, pengolahan air bersih, pemurnian dalam teknologi makanan dan minuman dan lain sebagainya.

Membran merupakan lapisan tipis di antara dua fasa yaitu fasa umpan balik (*feed*) dan fasa *permeate*. Membran berfungsi sebagai penghalang komponen tertentu yang dapat memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda. Selain itu, juga dapat membatasi transpor dari komponen lain berdasarkan sifat fisik dan kimianya (Wenten, 2000). Bahan baku pembuatan membran yang banyak digunakan adalah polimer. Membran polimer dapat dibuat dari selulosa aasetat, poliamida, polisulfon dan polimer sintesis lainnya (Sihotang, 2014). Nilon merupakan senyawa polimer yang memiliki gugus amida pada setiap unit ulangnya sehingga biasa disebut dengan senyawa poliamida. Nilon sangat memungkinkan untuk dijadikan membran karena nilon memiliki sifat fisik, kimia dan mekanik yang sangat baik, antara lain memiliki ketahanan terhadap pH dan suhu tinggi (Apipah, 2013).

Banyak cara yang dilakukan untuk meningkatkan dan mengefektifkan kinerja membran, salah satunya dengan menambahkan arang. Penambahan arang bertujuan untuk meningkatkan kemampuan filtrasi membran, sehingga membran dapat berfungsi sebagai penghalang (*barrier*) yang sangat selektif diantara dua fasa (Maulina, 2016). Selain itu, penambahan arang dapat mengurangi zat pencemar yang merugikan, salah satunya adalah timbal yang menjadi perhatian dalam penelitian ini. Oleh karena itu, penggabungan bahan nilon dan arang sebagai bahan dasar pembuatan membran komposit, membran yang terbuat dari dua macam bahan dasar yang berbeda, dalam teknologi filtrasi diharapkan dapat meningkatkan kinerja dari membran, yang diaplikasikan dalam menyaring kandungan timbal pada proses ultrafiltrasi air sungai Bedadung.

Salah satu bahan arang yang dapat digunakan dalam teknologi filtrasi adalah arang aktif yang berasal dari ampas tebu. Seperti yang telah disampaikan pada bagian sebelumnya, bahan arang ini dapat menyerap logam Pb hingga 50,97% untuk penggunaan sejumlah 0,5 gram arang (Apriliani, 2010). Oleh karena itu, pemanfaatan ampas tebu sebagai bahan arang diharapkan dapat memberikan karakteristik yang baik bagi membran filtrasi yang dihasilkan. Selain itu, ketersediaan ampas tebu yang cukup melimpah memberikan efek positif

sebagai bahan dasar membran. Teknologi ini diharapkan dapat pula meningkatkan nilai ekonomis dari ampas tebu.

Jember merupakan salah satu daerah penghasil komoditas tebu, dengan sentra penggilingan tebu berada di daerah kecamatan Semboro. Menurut Badan Pusat Statistik Jember tahun 2008, luas areal budidaya tebu di Kecamatan Semboro pada tahun 2008 sekitar 491 hektar (Sholikhah dan Sholahuddin, 2015). Ampas tebu menjadi bagian yang tak terpisahkan dalam sebuah proses penggilingan tebu. Hasil dari proses tersebut selalu meninggalkan ampas tebu sebagai sebuah residu, yang masih dapat dimanfaatkan lebih lanjut dalam beberapa aspek. Banyak pedagang minuman es tebu di Jember yang menghasilkan ampas tebu setiap harinya dimana ampas tebu tersebut dibuang begitu saja sebagai sampah dan belum dimanfaatkan dengan baik. Hal ini sangat disayangkan mengingat serat ampas tebu mengandung lignoselulosa yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Lignoselulosa merupakan unsur yang banyak mengandung karbon dimana lignoselulosa terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Lignin memiliki kandungan karbon yang relatif tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa, yakni sekitar 35% – 40%. Tingginya kandungan karbon yang berfungsi sebagai adsorben logam inilah yang menyebabkan ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif (Manocha, 2003).

Berdasarkan uraian di atas, keberadaan membran komposit yang berasal dari bahan nilon dan bahan arang (arang aktif) berbasis ampas tebu, diharapkan dapat mengembangkan teknologi filtrasi, yang aplikasikan pada proses ultrafiltrasi air sungai Bedadung. Oleh karena itu, dilakukan kegiatan penelitian yang dapat mengkaji kinerja membran komposit nilon-arang pada proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung. Proses ultrafiltrasi merupakan suatu proses pemisahan membran berpori dengan menggunakan tekanan sebagai gaya dorong untuk memisahkan partikel yang berukuran antara 2 nm sampai 0,1 μm (Mulder, 1996). Proses ultrafiltrasi yang akan dilakukan dalam penelitian ini menggunakan sistem *dead-end*. Adapun karakterisasi yang dilakukan meliputi karakterisasi terhadap membran dan karakterisasi terhadap air Sungai Bedadung sebelum dan sesudah

proses ultrafiltrasi. Karakterisasi membran meliputi pengukuran fluks dan koefisien permeabilitas. Karakterisasi air Sungai Bedadung dilakukan dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) untuk mendeteksi konsentrasi timbal (Pb) sebelum dan setelah dilakukan proses ultrafiltrasi dengan membran komposit nilon-arang. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kinerja dari membran komposit nilon-arang.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang menjadi bahasan dalam penelitian ini adalah bagaimana kinerja membran komposit nilon-arang pada proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kinerja membran komposit nilon-arang pada proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung.

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah dihasilkannya membran komposit nilon-arang yang bersumber dari nilon dan arang aktif ampas tebu yang tergolong ke dalam membran ultrafiltrasi dan memiliki kemampuan filtrasi dengan kecenderungan fluks yang meningkat seiring dengan bertambahnya tekanan. Dengan demikian, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi kemajuan teknologi khususnya teknologi membran.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Membran Nilon

Salah satu bahan baku pembuatan membran adalah polimer. Pemilihan polimer sebagai bahan baku membran dilakukan berdasarkan strukturnya yang akan menentukan sifat termal, kimia, dan mekanik suatu membran. Semua polimer dapat digunakan sebagai membran, namun jumlah penggunaannya dibatasi. Hal tersebut disebabkan karena adanya perbedaan sifat fisik dan kimia (Mulder, 1996). Beberapa polimer yang biasa digunakan sebagai bahan baku membran antara lain selulosa asetat, polisulfon dan poliamida (Suhendi, 2007).

Nilon adalah senyawa polimer yang memiliki gugus amida pada setiap unit ulangnya sehingga nilon disebut juga senyawa poliamida. Nilon termasuk polimer sintesis (Fanani *et al.*, 2014). Nilon bersifat kenyal, kuat, tahan akan gesekan, lentur (elastisitasnya besar), tidak menyerap air sehingga mudah kering, larut dalam fenol tetapi apabila menggunakan fenol cair akan mengerut, tahan terhadap alkali, tidak tahan terhadap klor, tahan air garam, tahan ngengat atau cendawan, apabila dibakar akan meleleh, tidak menyala dan membentuk tepi berwarna coklat. Apabila nilon diregang sampai 8% maka benang akan kembali pada panjang semula, namun apabila terlalu regang, bentuk nilon akan berubah. Nilon dapat digolongkan menjadi nilon aromatik dan nilon linier. Nilon aromatik merupakan nilon yang memiliki gugus aromatik pada unit ulangnya, misalnya nilon-6,6. Sedangkan pada nilon linier, unit ulangnya tersusun dari rantai lurus, misalnya nilon-6 (Apipah, 2010). Membran nilon bersifat semikristalin sehingga banyak digunakan sebagai polimer pada industri tekstil dan plastik. Hal tersebut disebabkan karena nilon memiliki sifat fisik, kimia dan mekanik yang sangat baik, antara lain memiliki ketahanan terhadap pH tinggi, suhu tinggi dan memiliki distribusi ukuran pori yang kecil (Narang *et al.*, 2011; Huang *et al.*, 2013).

2.2 Ampas Tebu

Tanaman tebu atau *Saccharum officinarum* L termasuk ke dalam tanaman Monocotyledone, ordo Graminales, famili Graminae (rumput-rumputan), kelompok Andropogonae dan genus Saccharum. Tanaman tebu hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Umur tanaman tebu mencapai kurang lebih 1 tahun sejak ditanam sampai bisa dipanen. Tanaman tebu di Indonesia banyak dibudidayakan di pulau Jawa dan Sumatera. Tanaman tebu merupakan bahan baku utama dalam pembuatan gula (Andaka, 2011). Tebu merupakan tanaman berbiji tunggal atau monokotil, struktur sejajar dan berakar serabut. Tinggi tanaman tebu rata-rata 2,5 – 5 meter. Tiap tanaman tebu memiliki besar dan warna yang tidak sama. Warnanya juga berbeda-beda dari hijau kekuningan, ungu dan merah tua (Soejardi, 1985 dalam Purnawan *et al.*, 2012).

Ampas tebu adalah suatu residu yang berasal dari proses penggilingan tanaman tebu setelah dikeluarkan niranya. Ampas tebu merupakan limbah padat dari pengolahan industri gula tebu yang volumenya mencapai 35% – 40% dari tebu giling (Tim Penulis PS, 1992 dalam Andaka, 2011). Ampas tebu memiliki sifat fisik antara lain berwarna kekuning-kuningan, berserat lunak dan relatif membutuhkan tempat penyimpanan yang luas. Ampas tebu yang dihasilkan dari tanaman tebu tersusun atas air dengan kadar air 44,5%, serat yang berupa zat padat dengan kadar serat 52% dan zat padat yang dapat larut (*brix*) dengan kadar 3,5% (Apriliani, 2010). Ampas tebu termasuk biomassa yang mengandung lignoselulosa sangat dimungkinkan untuk dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif. Ampas tebu memiliki kandungan selulosa 35%, hemiselulosa 25%, dan lignin 22% (Rezende *et al.*, 2011). Secara fisik, ampas tebu dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ampas tebu

Ampas tebu mengandung lignoselulosa sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Lignoselulosa merupakan unsur yang banyak mengandung karbon dimana lignoselulosa terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Lignin memiliki kandungan karbon yang relatif tinggi dibandingkan dengan selulosa dan hemiselulosa. Lignin merupakan material yang mengandung karbon sekitar 35% – 40%, densitas yang rendah sekitar $0,3 \text{ kg/m}^3 - 0,4 \text{ kg/m}^3$ dan kandungan abu yang sangat sedikit (Manocha, 2003). Kadar karbon di dalam ampas tebu yang dimaksud adalah kadar arang yang tidak hanya mengandung karbon tetapi juga masih mengandung nitrogen, oksigen, hidrogen dan sulfur yang tidak terbawa gas. Kadar karbon dari ampas tebu sebesar 47%, nitrogen 0,9%, oksigen 44%, hidrogen 6,5% dan sulfur 0,1% (Winaya dan Susila, 2010). Karakteristik dari ampas tebu dapat ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik ampas tebu

Parameter	Presentase (%)
Kadar air (<i>moisture</i>)	6,1
Kadar abu (<i>ash content</i>)	3,3
Kadar material volatin (<i>volatile matter</i>)	65,9
Kadar karbon (<i>fixed carbon</i>)	24,7

(Sumber: Kalderis *et al.*, 2008)

2.3 Arang Aktif

Arang aktif merupakan suatu bahan padat dan berpori yang berasal dari pembakaran bahan yang mengandung karbon baik organik maupun anorganik. Arang aktif mengandung 5% – 15% air, 23% abu dan sisanya adalah karbon.

Arang aktif memiliki daya serap yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk uap dan larutan. Arang aktif umumnya digunakan sebagai bahan penjernih dan penyerap. Hal tersebut dikarenakan arang aktif memiliki daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya. Arang aktif memiliki sifat adsorpsi yang selektif dimana bergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Selain itu, arang aktif memiliki daya serap yang besar yaitu 25% sampai 100% terhadap berat dari arang aktif (Suhartana, 2006).

Arang aktif adalah karbon amorf yang memiliki porositas internal tinggi sehingga menjadi adsorben yang baik dalam mengadsorpsi cairan, gas maupun larutan (Roy, 1995 dalam Rahmawati, 2006). Sembiring dan Sinaga (2003) menyatakan bahwa arang aktif dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau dari arang yang diperlakukan khusus untuk mendapatkan permukaan yang lebih luas. Luas permukaan arang aktif berkisar 300–3500 m²/gram. Luas permukaan arang aktif ini berhubungan dengan struktur pori internal sehingga menyebabkan arang aktif bersifat sebagai adsorben.

Proses pembuatan arang aktif terdiri dari tiga tahap sebagai berikut:

a. Dehidrasi

Dehidrasi merupakan proses penghilangan kandungan air yang terdapat pada bahan baku arang aktif. Tahap dehidrasi ini bertujuan untuk menyempurnakan proses karbonisasi. Tahap ini dilakukan dengan cara menjemur bahan baku di bawah sinar matahari atau memanaskannya di dalam oven (Shofa, 2012).

b. Karbonisasi

Karbonisasi merupakan proses perlakuan panas dalam ruangan pada kondisi oksigen yang sangat terbatas (pirolisis) terhadap bahan baku (bahan organik). Proses ini biasa disebut dengan proses pengarangan. Proses perlakuan panas pada tahap ini menyebabkan terdekomposisinya bahan, lepasnya komponen yang mudah menguap, dan karbon mulai membentuk struktur berpori. Dengan demikian, bahan dasar telah memiliki luas permukaan namun daya adsorpsinya masih relatif rendah karena masih ada senyawa lain yang menutupi pori-pori.

Hasil dari tahap karbonisasi biasa disebut dengan arang atau karbon (Manocha, 2003).

c. Aktivasi

Daya adsorpsi arang masih relatif rendah pada tahap karbonisasi karena masih ada senyawa lain yang menutupi pori-pori karbon. Selain itu, pembentukan pori pada tahap karbonisasi masih belum sempurna sehingga perlu dilakukan proses aktivasi untuk meningkatkan daya adsorpsi dan luas permukaan arang aktif. Proses aktivasi ini menyebabkan terjadinya pelepasan unsur non karbon yang melekat pada arang (Shofa, 2012). Metode aktivasi dibagi menjadi dua yaitu aktivasi kimia dan aktivasi fisika. Aktivasi kimia merupakan aktivasi dengan pemakaian bahan kimia yang dinamakan aktivator. Bahan-bahan kimia yang digunakan antara lain hidroksida logam alkali, garam-garam karbonat, klorida, sulfat, fosfat dari logam alkali tanah dan khususnya $ZnCl_2$, asam-asam anorganik seperti H_2SO_4 dan H_3PO_4 (Sembiring dan Sinaga, 2003). Sedangkan, aktivasi fisika merupakan proses memperluas permukaan dan mengembangkan struktur pori arang aktif dengan bantuan panas pada suhu $800^\circ C - 1000^\circ C$ dengan mengalirkan gas seperti uap atau karbondioksida (CO_2) (Manocha, 2003).

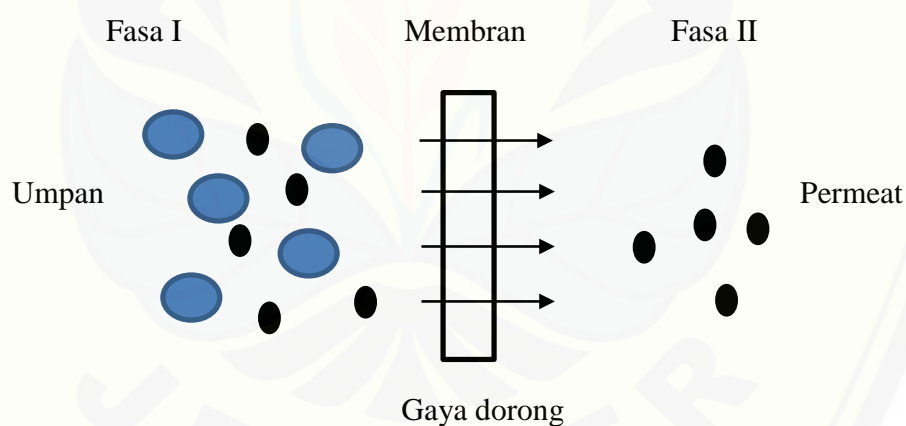
2.4 Teknologi Membran

Membran merupakan lapisan tipis di antara dua fasa yaitu fasa umpan balik (*feed*) dan fasa *permeate*. Membran berfungsi sebagai penghalang komponen tertentu yang dapat memisahkan zat dengan ukuran yang berbeda. Selain itu, juga dapat membatasi transpor dari komponen lain berdasarkan sifat fisik dan kimianya. Membran bersifat semipermeabel sehingga dapat melewatkan komponen tertentu dan menahan komponen lain berdasarkan ukuran yang akan dipisahkan, yang berarti membran dapat menahan komponen-komponen yang memiliki ukuran lebih besar dari pori membran dan meloloskan komponen-komponen yang memiliki ukuran lebih kecil dari pori membran (Wenten, 2000).

Filtrasi dengan menggunakan membran berfungsi sebagai sarana pemisahan, sarana pemurnian dan sarana pemekatan suatu larutan yang melewati membran tersebut. Membran dapat dibuat dari bahan alami dan bahan sintesis.

Bahan alami merupakan bahan yang berasal dari alam seperti kapas dan pulp. Sedangkan, bahan sintesis merupakan bahan yang dibuat dari bahan kimia. Membran juga dapat dibuat dari polimer organik dan polimer anorganik (Wenten, 2000).

Struktur membran dapat bersifat homogen dan heterogen dan juga dapat berukuran tebal dan tipis. Struktur dan ketebalan dari membran tersebut menyebabkan membran memiliki fungsi yang berbeda-beda sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan proses pemisahan. Proses pemisahan dengan membran memiliki kemampuan memindahkan salah satu komponen berdasarkan sifat fisik dan kimia membran dan komponen yang dipisahkan. Perpindahan tersebut disebabkan oleh adanya gaya dorong (*driving force*) dalam umpan yang berupa beda tekanan, beda konsentrasi, beda suhu, beda potensial listrik dan selektifitas membran yang dinyatakan dengan rejeksi (Mulder, 1996). Proses pemisahan pada membran ditunjukkan pada Gambar 2.2.



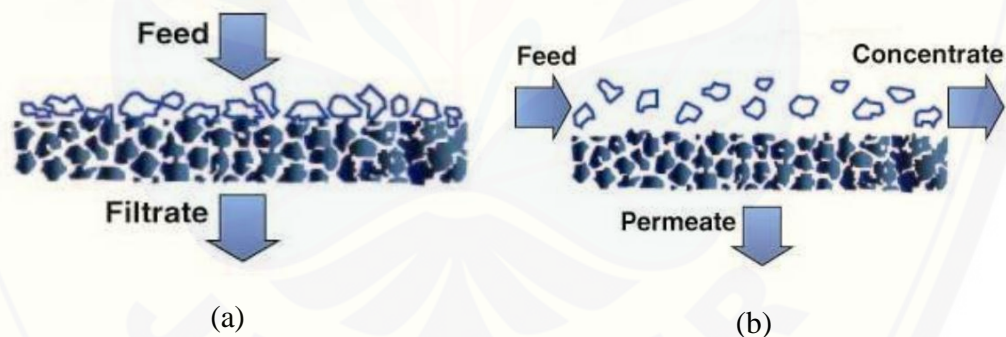
Gambar 2.2 Proses pemisahan pada membran (Sumber: Mulder, 1996)

Menurut Baker (2004), berdasarkan ukuran porinya, membran dibagi menjadi:

- a. *Reverse osmosis* yaitu membran yang memiliki diameter pori antara $0,0001 \mu\text{m}$ – $0,001 \mu\text{m}$.
- b. Ultrafiltrasi yaitu membran yang memiliki diameter pori antara $0,001 \mu\text{m}$ – $0,1 \mu\text{m}$.

- c. Mikrofiltrasi yaitu membran yang memiliki diameter pori antara yaitu membran yang memiliki diameter pori antara $0,1 \mu\text{m} - 10 \mu\text{m}$.
- d. Konvensional filtrasi yaitu membran yang tergolong penyaring pada umumnya yang memiliki diameter pori antara $10 \mu\text{m} - 100 \mu\text{m}$.

Proses filtrasi (pemisahan) berdasarkan arah larutan umpan dapat dibagi menjadi sistem *dead-end* dan *cross-flow*. Prinsip kerja dari sistem *dead-end* yaitu larutan umpan dialirkan secara tegak lurus terhadap membran. Akibatnya, cepat terjadi akumulasi konsentrasi komponen-komponen yang tertahan pada permukaan membran sehingga terjadi *fouling* dan mengakibatkan penurunan laju (fluks) hasil pemisahan. Prinsip kerja dari sistem *cross-flow* yaitu larutan umpan dialirkan sejajar terhadap membran. Akibatnya komponen-komponen yang tertahan di atas permukaan membran akan dibersihkan oleh aliran umpan yang sejajar dengan membran sehingga tidak cepat terjadi akumulasi konsentrasi dan tidak cepat terjadi *fouling* (Baker, 2004). Proses pemisahan sistem *dead-end* dan *cross-flow* ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 (a) Sistem membran filtrasi *dead-end* (b) Sistem membran filtrasi *cross-flow* (Sumber: Baker, 2004)

2.5 Teknik Pembuatan Membran

Teknik-teknik yang digunakan dalam proses pembuatan membran sintesis antara lain *sintering*, *stretching*, *track-etching*, *template-leaching*, *coating* dan inversi fasa. Teknik membran yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik inversi fasa. Inversi fasa merupakan suatu proses pengubahan bentuk polimer dari fase cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Proses pembuatan membran

dimulai dengan melarutkan polimer, bahan pembuat membran dalam pelarut atau campuran pelarut. Proses pelarutan pada inversi fasa dilakukan melalui dua tahap yaitu tahap pembentukan gel dan tahap pelarutan polimer. Teknik inversi fasa meliputi metode:

2.5.1 Presipitasi dengan penguapan pelarut

Metode ini merupakan metode yang paling sederhana yaitu dengan cara melarutkan polimer pada pelarut tertentu. Kemudian, dicetak pada penyangga yang sesuai sehingga diperoleh membran yang homogen dan tebal. Selain pencetakan, pembentukan membran juga dimungkinkan dengan mengendapkan larutan pada substrat dengan cara *dipcoating* atau *spraying* diikuti dengan penguapan (Mulder, 1996).

2.5.2 Presipitasi fasa uap

Metode ini dilakukan dengan cara meletakkan cetakan film yang terdiri dari polimer dan pelarut pada suasana uap dimana fasa uap mengandung uap non pelarut jenuh dan pelarut yang sama dengan cetakan film. Fasa uap memiliki konsentrasi pelarut yang tinggi sehingga dapat mencegah penguapan pelarut dari cetakan film. Pembentukan membran terjadi karena difusi dari non pelarut ke dalam cetakan film. Membran yang terbentuk berupa membran berpori tanpa lapisan atas (Mulder, 1996).

2.5.3 Presipitasi dengan penguapan terkendali

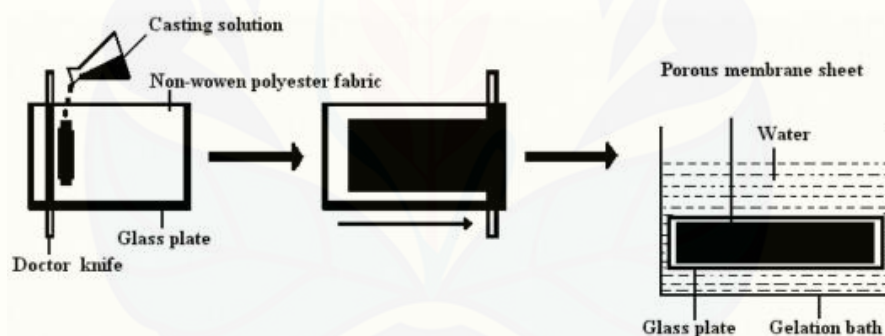
Metode ini dilakukan dengan cara melarutkan polimer pada campuran pelarut dan non pelarut. Pelarut yang dibutuhkan yaitu pelarut yang lebih mudah menguap daripada non pelarut. Hal tersebut bertujuan agar perubahan komposisi selama penguapan bergerak ke arah peningkatan kandungan non pelarut sehingga polimer menjadi lebih pekat (Mulder, 1996).

2.5.4 Presipitasi termal

Metode ini membentuk membran dengan cara mendinginkan polimer agar terjadi pemisahan fasa dan penguapan pelarut. Metode ini biasanya digunakan dalam pembuatan membran mikrofiltrasi. Larutan polimer dengan pelarut tunggal atau campuran lebih diharapkan untuk mempermudah terjadinya pemisahan fasa. Penguapan pelarut menyebabkan terbentuknya membran berkulit (Mulder, 1996).

2.5.5 Presipitasi imersi

Teknik ini sering digunakan dalam pembuatan membran. Larutan polimer dicetak pada suatu tempat dan dicelupkan ke dalam bak koagulasi dimana di dalam bak koagulasi sudah mengandung non pelarut. Kemudian terjadilah pertukaran pelarut dan non pelarut sehingga terbentuklah membran (Mulder, 1996). Pembentukan pori pada metode ini dibagi menjadi dua jenis yaitu *instantaneous demixing* dan *delayed demixing*. *Instantaneous demixing* merupakan *demixing* yang terjadi setelah polimer dicelupkan ke dalam bak koagulasi yang sudah berisi non pelarut. Mekanisme pada metode ini akan membentuk membran yang berpori. Sedangkan, *delayed demixing* merupakan *demixing* yang terjadi ketika penundaan pada matrik polimer sebelum dicelupkan ke dalam bak koagulasi dan membran yang terbentuk yaitu membran tidak berpori (*non porous*) (Wenten, 2000).



Gambar 2.4 Pembuatan membran menggunakan metode presipitasi imersi (Sumber: Javiya *et al.*, 2008)

2.6 Kinerja Membran

Kinerja suatu membran ditentukan oleh beberapa parameter, diantaranya fluks dan koefisien permeabilitas membran.

2.6.1 Fluks

Fluks merupakan jumlah permeat yang diperoleh pada operasi membran dalam satuan waktu dan satuan luas permukaan membran. Besaran fluks dinyatakan dengan satuan $L/m^2 \text{ jam}$ (Mulder, 1996). Terdapat beberapa faktor

yang mempengaruhi fluks, antara lain tekanan, konsentrasi umpan, suhu, laju aliran dan turbulensi. Suatu membran dapat dikatakan efektif dan efisien apabila membran tersebut memiliki nilai fluks yang tinggi (Sihotang, 2014). Penentuan besarnya nilai fluks dapat dinyatakan pada persamaan berikut:

$$J_v = \frac{V}{A \cdot t} \quad (2.1)$$

Keterangan:

J_v = fluks ($L/m^2 \cdot jam$)

V = volume permeat (L)

t = waktu perolehan permeat dengan volume tertentu (jam)

A = luas permukaan membran (m^2)

(Mulder, 1996).

2.6.2 Koefisien Permeabilitas

Pengukuran fluks dapat dilakukan di berbagai tekanan, kemudian dibuat grafik dengan perubahan tekanan sebagai sumbu X dan nilai fluks sebagai sumbu Y. Nilai L_p (koefisien permeabilitas) ditentukan dari nilai slope yang diperoleh pada setiap grafik. Penentuan koefisien permeabilitas dapat dinyatakan pada persamaan berikut:

$$J_v = L_p \cdot \Delta P \quad (2.2)$$

Keterangan:

J_v = fluks ($L/m^2 \cdot jam$)

L_p = koefisien permeabilitas ($L/m^2 \cdot jam \cdot bar$)

ΔP = perubahan tekanan (bar)

(Mulder, 1996).

Kisaran nilai koefisien permeabilitas membran dan tekanan dapat menentukan jenis membran seperti ditunjukkan pada Tabel 2.2.

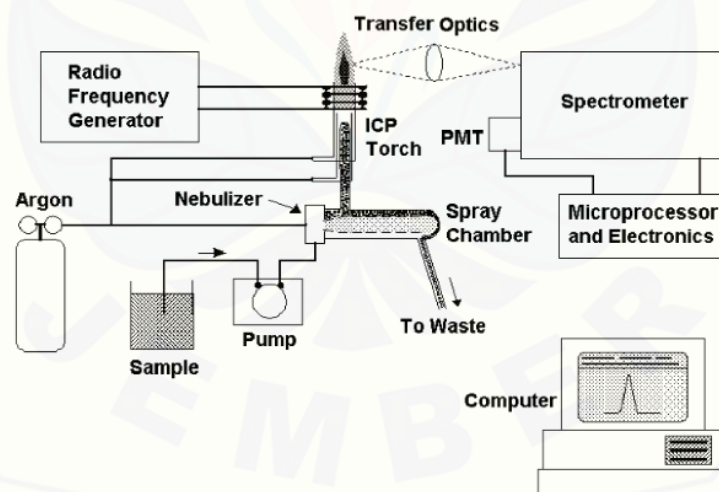
Tabel 2.2 Jenis membran berdasarkan kisaran tekanan dan koefisien permeabilitas

Jenis membran	Kisaran tekanan (bar)	Kisaran koefisien permeabilitas membran (L/m ² .jam.bar)
Mikrofiltrasi	0,1-2,0	>50
Ultrafiltrasi	1,0-5,0	10-50
Nanofiltrasi	5,0-20	1,4-12
<i>Reverse osmosis</i>	10-100	0,05-1,2

(Sumber: Mulder, 1996)

2.7 Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)

ICP-OES merupakan perangkat canggih yang digunakan untuk menentukan logam dalam berbagai sampel yang berbeda. Apabila dibandingkan dengan teknik lain, ICP-OES memiliki suhu atomisasi yang lebih tinggi, lebih *inert* terhadap lingkungan dan kemampuan analisa multiunsur hingga 70 unsur secara bersamaan. Selain itu, ICP-OES memiliki tingkat akurasi dan presisi yang sangat baik karena mampu mendeteksi hingga limit batas terendah dan memiliki stabilitas yang tinggi (Hou dan Jones, 2000).



Gambar 2.5 Komponen utama dan susunan instrumen ICP-OES (Sumber: Boss dan Freddeen, 1997)

Prinsip kerja dari ICP-OES yaitu sampel yang berupa cairan atau gas diinjeksi langsung pada instrumen, sedangkan sampel yang berupa padatan memerlukan preparasi hingga diperoleh analit dalam bentuk larutan. Sampel diarahkan ke saluran pusat plasma melewati *nebulizer* dan *spray chamber*.

Nebulizer berfungsi mengubah larutan sampel menjadi aerosol, sedangkan *spray chamber* berfungsi untuk mentransportasikan aerosol ke plasma. Pada *spray chamber* ini, aerosol mengalami desolvasi atau volatisasi yaitu proses penghilangan pelarut sehingga didapatkan aerosol kering yang bentuknya telah seragam (Boss & Freddeen, 1997).

Pada bagian inti *Inductively Coupled Plasma* (ICP) suhunya sekitar 10.000K, sehingga aerosol cepat menguap. Elemen analitnya dibebaskan sebagai atom bebas dalam keadaan gas sehingga terjadi eksitasi tumbukan di dalam plasma untuk memberikan energi tambahan pada atom. Atom yang tereksitasi akan kembali ke keadaan dasar (*ground state*) melalui emisi foton. Foton ini memiliki karakteristik energi yang ditentukan oleh struktur tingkat energi kuantisasi untuk atom atau ion. Dengan demikian, panjang gelombang foton dapat digunakan mengidentifikasi asal suatu unsur. Jumlah total foton berbanding lurus dengan konsentrasi unsur yang berasal dari sampel (Hou dan Jones, 2000).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kimia Dasar Jurusan Kimia untuk sintesis arang aktif dari ampas tebu, Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika untuk sintesis membran komposit nilon-arang, Laboratorium Kimia Fisik Jurusan Kimia untuk proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung dengan sistem *dead-end*. Adapun pengukuran konsentrasi timbal (Pb) sebelum dan sesudah proses ultrafiltrasi menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) dilakukan di Laboratorium Energi dan Lingkungan-LPPM Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).

Pelaksanaan kegiatan penelitian dimulai dari Mei 2017 sampai selesai. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu labu erlenmeyer, labu ukur, *beaker glass*, gelas ukur, cawan petri, cawan porselin, oven, neraca digital, plat kaca, mortar, blender, spatula, gunting, *furnace*, kertas saring, ayakan 200 mesh, satu set alat ultrafiltrasi modul flat sistem *dead-end*, *magnetic stirrer*, *stopwatch*, selotip, *thickness gauge*, pipet tetes, pipet volumetrik, *aluminium foil*, nampan, jerigen dan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES). Bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu air Sungai Bedadung, *aquadest*, nilon, ampas tebu, NaOH (Natrium Hidroksida), HCl (Asam Klorida) dan aseton.

Penelitian diawali dengan studi kasus berupa permasalahan tentang banyaknya sungai di Indonesia yang telah tercemar. Polutan dominan yang mencemari sungai berasal dari limbah domestik dan limbah industri. Sungai yang telah tercemar banyak mengandung logam berat seperti timbal (Pb) dimana timbal (Pb) tersebut termasuk logam berat yang sulit mengalami degradasi dan sangat berbahaya. Kandungan logam berat di dalam air dapat direduksi dan dihilangkan melalui proses ultrafiltrasi dengan menggunakan membran komposit nilon-arang dengan sistem *dead-end*. Selanjutnya dilakukan kajian pustaka tentang kinerja membran komposit nilon-arang pada proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung.

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap meliputi tahap pertama yaitu mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan, tahap kedua yaitu sintesis arang aktif dari ampas tebu dengan beberapa proses yaitu dehidrasi, karbonisasi dan aktivasi. Tahap ketiga yaitu sintesis membran komposit nilon-arang. Sintesis membran komposit nilon-arang tersebut dilakukan menggunakan metode inversi fasa dengan cara mengubah bentuk polimer dari fase cair menjadi fasa padatan. Tahap kelima yaitu proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung dengan menggunakan sistem *dead-end*. Proses ultrafiltrasi dilakukan dengan variasi tekanan yaitu 1,5 bar; 2 bar; 2,5 bar; 3 bar selama 1 jam. Karakterisasi membran pada penelitian ini meliputi fluks dan koefisien permeabilitas membran, sedangkan karakterisasi air Sungai Bedadung meliputi pengukuran konsentrasi timbal (Pb) sebelum dan sesudah proses ultrafiltrasi menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES).

3.2 Jenis dan Sumber Data Penelitian

3.2.1 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental dimana dilakukan karakterisasi membran komposit nilon-arang pada proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung. Penelitian ini bersifat kuantitatif karena pada penelitian ini diperoleh data numerik dan diperoleh grafik yang dihasilkan dari perhitungan numerik. Data yang akan diperoleh pada penelitian ini berupa volume permeat dan waktu perolehan permeat. Permeat merupakan hasil pemisahan yang diinginkan, yaitu bagian yang dilewatkan oleh membran dalam proses ultrafiltrasi. Data volume permeat dan waktu perolehan permeat tersebut digunakan untuk memperoleh nilai fluks dan koefisien permeabilitas membran yang digunakan untuk mengetahui kinerja membran itu sendiri. Hasil ultrafiltrasi selanjutnya akan digunakan sebagai bahan uji (*sample*) untuk dianalisis kandungan timbalnya menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES).

3.2.2 Sumber Data Penelitian

Data yang digunakan untuk menentukan kinerja membran komposit nilon-arang dan karakterisasi hasil proses ultrafiltrasi air sungai dengan sistem *dead-end* adalah data primer karena data tersebut diperoleh langsung dari hasil eksperimen.

3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukurannya

3.3.1 Operasional Variabel

Variabel penelitian yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari variabel bebas, variabel kontrol, dan variabel terikat.

a. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menyebabkan terjadinya perubahan. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu tekanan transmembran pada proses ultrafiltrasi. Variasi tekanan yang digunakan yaitu 1,5 bar; 2 bar; 2,5 bar; 3 bar.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan faktor-faktor yang diamati dan diukur dalam sebuah penelitian untuk menentukan ada tidaknya pengaruh dari perlakuan yang diberikan oleh variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini yaitu kinerja membran dan karakterisasi air Sungai Bedadung. Kinerja membran berupa fluks dan koefisien permeabilitas. Karakterisasi air Sungai Bedadung dilakukan dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES) untuk mendeteksi konsentrasi timbal (Pb).

c. Variabel Kontrol

Variabel kontrol disebut juga sebagai variabel kendali. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu *aquadest* yang digunakan sebagai sampel pada proses ultrafiltrasi.

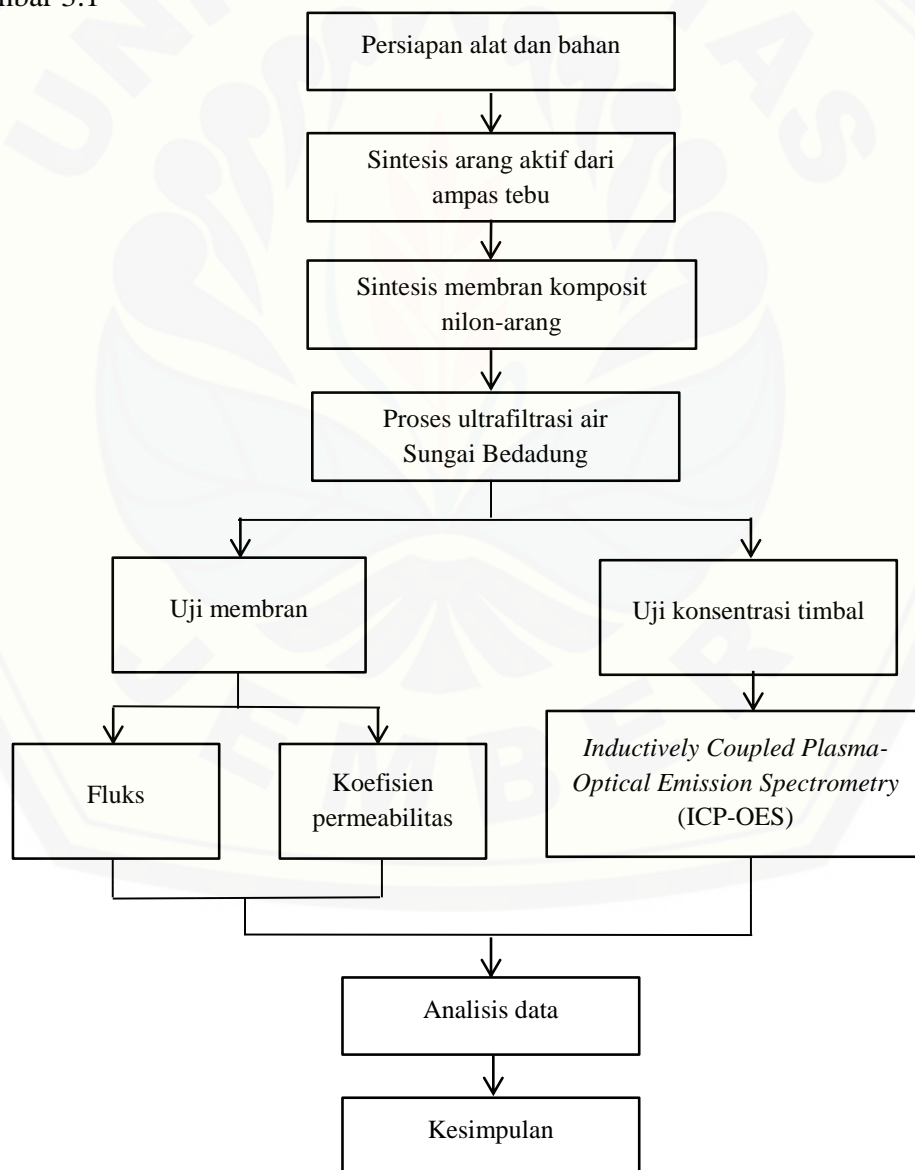
3.3.2 Skala Pengukuran

Skala pengukuran yang digunakan pada penelitian ini yaitu skala pengukuran rasio. Skala pengukuran rasio digunakan untuk membandingkan data yang diperoleh. Pada penelitian ini, fluks air Sungai Bedadung akan dibandingkan dengan fluks *aquadest* sebagai kontrol. Selain itu, konsentrasi timbal (Pb) air

Sungai Bedadung sebelum proses ultrafiltrasi akan dibandingkan dengan konsentrasi timbal (Pb) air Sungai Bedadung sesudah proses ultrafiltrasi, untuk menentukan efisiensi penurunan konsentrasi timbal (Pb).

3.4 Kerangka Pemecahan Masalah

Untuk menyelesaikan permasalahan yang telah dirumuskan, berikut disampaikan tahapan kegiatan penelitian, yang sekaligus menjadi kerangka di dalam memecahkan permasalahan. Secara skematis, tahapan penelitian digambarkan melalui diagram alur kegiatan penelitian, yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Alur kegiatan penelitian

3.4.1 Persiapan Alat dan Bahan

Tahapan awal penelitian dilakukan dengan mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan. Salah satu bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu air Sungai Bedadung. Pengambilan sampel air Sungai Bedadung dilakukan di satu stasiun yaitu di sekitar bawah jembatan Jl. Mastrip Kecamatan Sumbersari. Pengambilan sampel dilakukan di tepi sungai bawah jembatan Jl. Mastrip yang terdapat banyak sampah, tepatnya di belakang rumah warga yang tinggal di sekitar Sungai Bedadung dengan kedalaman ± 50 cm. Pengambilan sampel air sungai dilakukan dengan cara mencelupkan jerigen seluruhnya ke dalam Sungai Bedadung dalam arah horizontal melawan aliran air sungai (SNI, 2008).



Gambar 3.2 Lokasi pengambilan sampel air Sungai Bedadung

3.4.2 Sintesis Arang Aktif dari Ampas Tebu

Pembuatan arang aktif diawali dengan proses degradasi ampas tebu untuk menghilangkan kandungan air ampas tebu dengan cara mengeringkan ampas tebu di bawah sinar matahari. Selanjutnya, dilakukan proses karbonisasi atau pengarangan ampas tebu yang bertujuan untuk menguraikan selulosa organik menjadi unsur karbon dan mengeluarkan unsur-unsur non karbon. Ampas tebu yang telah dijemur, dipotong menjadi ukuran ± 1 cm dan diblender. Kemudian, dibakar di dalam *furnace* sampai menjadi arang pada suhu 275°C selama ± 2 jam.

Arang yang telah terbentuk ditumbuk sampai halus menggunakan mortar dan kemudian diayak dengan ayakan 200 mesh.

Tahap selanjutnya yaitu dilakukan proses aktivasi arang yang bertujuan untuk menghilangkan unsur non karbon yang melapisi permukaan arang. Proses aktivasi dilakukan dengan cara merendam arang ke dalam larutan NaOH (Natrium Hidroksida) 0,1 M yang ditutup dengan aluminium foil selama 24 jam. Kemudian dipanaskan di atas *hotplate* pada suhu 100°C selama ± 1 jam. Selanjutnya campuran arang dan larutan NaOH disaring menggunakan kertas saring. Arang yang tertahan di kertas saring dicuci dengan HCl (Asam Klorida) 0,1 M dan *aquadest* dan kemudian arang dikeringkan berulang kali pada suhu 100°C di dalam oven selama ± 2 jam hingga massanya konstan.

3.4.3 Sintesis Membran Komposit Nilon-Arang

Sintesis membran komposit nilon-arang ini menggunakan metode inversi fasa yaitu suatu proses perubahan bentuk polimer dari fase cair menjadi fasa padatan. Membran komposit nilon-arang dibuat dengan mencampurkan nilon dan arang ampas tebu. Sintesis membran komposit nilon-arang ini menggunakan massa nilon sebesar 6 gram dan massa arang sebesar 0,75 gram. Penggunaan massa nilon dan arang tersebut mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Maulina (2016) dimana pada massa nilon 6 gram dan massa arang 0,75 gram akan dihasilkan larutan yang homogen, kental, mudah dicetak, permukaan membrannya halus dan tidak terdapat rongga udara.

Nilon sebanyak 6 gram dilarutkan ke dalam larutan HCl 25% sebanyak 20 ml dan aseton 2 ml. Kemudian arang ampas tebu sebanyak 0,75 gram dimasukkan ke dalam larutan dan *distirrer* selama ± 1 jam sampai larutan homogen. Membran lalu dicetak pada plat kaca yang bagian tepinya telah diberi selotip untuk mengatur ketebalan membran dan direndam selama 10 menit di dalam *aquadest*. Proses ini dilakukan untuk melepas membran dari plat kaca. Kemudian, membran yang terbentuk dikeringkan ± 12 jam.

3.4.4 Proses Ultrafiltrasi

Membran komposit nilon-arang yang telah terbentuk diukur ketebalannya menggunakan *thickness gauge*. Kemudian, membran dipotong membentuk lingkaran yang disesuaikan dengan alat ultrafiltrasi sistem *dead-end* yang akan digunakan. Membran dimasukkan ke dalam alat ultrafiltrasi dan bagian bawahnya dilapisi kertas saring. Umpan yang diberikan pada proses ultrafiltrasi berupa air murni (*aquadest*) dan air Sungai Bedadung. Umpan sebanyak ± 150 mL dimasukkan ke dalam modul flat sistem *dead-end* yang sudah dilengkapi dengan pengaduk magnetik yang kecepatannya konstan. Proses ultrafiltrasi dilakukan dengan variasi tekanan yaitu 1,5 bar; 2 bar; 2,5 bar; 3 bar selama 60 menit. Volume permeat yang tertampung diukur pada menit ke-10, 20, 30, 40, 50 dan 60. Kemudian, dihitung nilai fluks menggunakan persamaan (2.1) dan koefisien permeabilitas membran menggunakan persamaan (2.2).

3.4.5 Karakterisasi Kandungan Timbal

Karakterisasi kandungan timbal air Sungai Bedadung dilakukan sebelum dan setelah proses ultrafiltrasi menggunakan *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry* (ICP-OES). Karakterisasi kandungan timbal air Sungai Bedadung setelah proses ultrafiltrasi diambil dari nilai fluks terbesar yang diperoleh pada tahap 3.4.4. Melalui pengukuran ICP-OES akan terukur nilai konsentrasi timbal (Pb) dari sampel air sungai sebelum dan setelah filtrasi.

3.5 Metode Analisis Data

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, untuk mendapatkan informasi berkenaan dengan kinerja membran komposit nilon-arang pada proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung ditentukan berdasarkan dari hubungan antara fluks dengan tekanan operasi membran. Nilai fluks akan meningkat seiring dengan bertambahnya tekanan yang diberikan. Pada penelitian ini, diharapkan diperoleh kecenderungan fluks yang meningkat pada berbagai tekanan operasi membran, baik yang ditunjukkan oleh *aquadest* maupun air Sungai Bedadung. Selain itu, kemampuan filtrasi membran komposit nilon-arang ditentukan dari nilai efisiensi

penurunan konsentrasi timbal pada proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung, dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Efisiensi penurunan konsentrasi} = \left(\frac{C_o - C_e}{C_o} \right) \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

C_o = konsentrasi awal logam Pb sebelum proses ultrafiltrasi (ppm)

C_e = konsentrasi logam Pb setelah proses ultrafiltrasi (ppm)

(Budiarti, 2014).

Membran komposit nilon-arang dikatakan efisien dalam menyaring timbal (Pb) jika nilai konsentrasi timbal (Pb) setelah proses ultrafiltrasi menurun dibandingkan nilai konsentrasi timbal (Pb) sebelum proses ultrafiltrasi.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka kesimpulan yang dapat diambil yaitu kinerja membran komposit nilon-arang pada proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung dilihat dari nilai fluks, koefisien permeabilitas dan efisiensi penurunan konsentrasi timbal. Membran yang dihasilkan dari proses sintesis 6 gram nilon dan 0,75 gram arang aktif ampas tebu memiliki nilai fluks yang meningkat seiring dengan bertambahnya tekanan yang diberikan ketika proses ultrafiltrasi, baik pada umpan *aquadest* maupun umpan air Sungai Bedadung. Membran komposit nilon-arang yang dihasilkan tersebut memiliki nilai koefisien permeabilitas sebesar 15,831 L/m².jam.bar sehingga membran yang dihasilkan termasuk ke dalam kategori membran ultrafiltrasi dengan batasan permeabilitasnya adalah 10-50 L/m².jam.bar. Selain itu, membran komposit nilon-arang yang dihasilkan mampu menyaring timbal (Pb) selama proses ultrafiltrasi air Sungai Bedadung dengan penurunan konsentrasi timbal sebesar 0,0161 ppm sehingga diperoleh efisiensi penurunan konsentrasi timbal sebesar 12,54%.

5.2 Saran

Adapun saran dalam penelitian ini adalah perlu dilakukan proses ultrafiltrasi secara bertahap agar diperoleh efisiensi penurunan timbal (Pb) yang lebih besar. Selain itu, perlu dilakukan uji konsentrasi timbal pada permeat yang dihasilkan pada berbagai tekanan untuk mengetahui efisiensi membran komposit nilon-arang dalam menyaring zat pencemar, khususnya logam berat seperti timbal (Pb) dan juga perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait variasi massa arang aktif yang digunakan pada proses sintesis membran komposit nilon-arang untuk meningkatkan efisiensi membran komposit nilon-arang dalam menyaring timbal (Pb).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., R.M. Khair, dan M.W. Saputra. 2015. Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* L.) sebagai Karbon Aktif untuk Pengolahan Air Sumur Kota Banjarbaru: Fe dan Mn. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 1(1):8-15.
- Ali, B. T. I. 2016. Penentuan Jenis Fouling Membran Selulosa Asetat pada Proses Ultrafiltrasi Limbah Cair Tempe. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Andaka, G. 2011. Hidrolisis Ampas Tebu menjadi Furfural dengan Katalisator Asam Sulfat. *Jurnal Teknologi*. 4(2): 180-188.
- Apipah, E. R. 2013. Sintesis dan Karakteristik Membran Nilon yang Berasal dari Limbah Benang. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Apriliyani, A. 2010. Pemanfaat Arang Ampas Tebu sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb dalam Air Limbah. *Skripsi*. Jakarta: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Baker, R. W. 2004. *Membrane Technology and Application, Second Edition*. England: John Willey and Sons Ltd.
- Boss, C. B., dan K. J. Fredeen. 1997. *Concepts, Instrumentation, and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry, Second Edition*. USA : Perkin Elmer Corporation.
- Budiarti, R. 2014. Uji Efektivitas Arang Aktif dari Kulit Biji Kopi sebagai Adsorben Ion Timbal (Pb) dan Ion Kadmium (Cd). *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Universitas Indonesia.

- Fanani, A., W. A. Nugroho, dan Y. Hendrawan. 2014. Analisa Pengaruh Variasi Penambahan Massa Nilon pada Preparasi Membran Nilon terhadap Karakteristik Fisik Membran. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 2(3): 218-224.
- Hou, X., dan B. T. Jones. 2000. *Inductively Coupled Plasma/Optical Emission Spectrometry*. USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Huang L., N. N. Bui, M. T. Meyering, T. J. Hamlin, dan J. R. McCutcheon. 2013. Novel Hydrophilic Nylon 6,6 Microfiltration Membrane Supported Thin Film Composite Membranes for Engineered Osmosis. *Journal of Membrane Science*. 437: 141-149.
- Ikhwan, Z. 2014. Efektivitas Penggunaan Arang Batok Kelapa sebagai Media Penyaring Penurunan Kadar Besi dan Mangan pada Penjernihan Air Kolam Penambangan Batu Bauksit. *Jurnal Kesehatan*. 4(2): 150-153.
- Javiya, S., Yogesh, S, Gupta, K. Singh, dan A. Bhattacharya. 2008. Porometry Studies of the Polysulfone Membranes on Addition of Poly(ethylene Glycol) in Gelation Bath During Preparation. *Journal of Science and Industrial Research*. 52(2): 140-144.
- Kalderis, D., S. Bethanis, P. Paraskeva, dan E. Diamadopoulos. 2008. Production of Activated Carbon from Bagasse and Rice Husk by A Single-Stage Chemical Activation Method at Low Retention Times. *Bioresource Technology*. 99: 6809–6816.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. *Laporan Kinerja Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Bidang Lingkungan Hidup Tahun 2014*. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Manocha, S. M. 2003. Porous Carbons. *Sadhana*. 28: 335-348.
- Maulina, W. 2016. Kajian Membran Komposit Nilon-Arang Melalui Karakterisasi FTIR dan SEM. *JPFK*. 2(1): 56-60.

- Mulder, M. 1996. *Basic Principle of Membrane Technologi*. 2nd Edition. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Munandar, K., dan N. Eurika. 2016. Keanekaragaman Ikan yang Bernilai Ekonomi dan Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Ikan Sapu-Sapu di Sungai Bedadung Jember. *Proceeding Biology Education Conference*. 13(1). 6 Agustus 2016. 717-722.
- Narang J., N. Chauhan, A. Singh, dan C. S. Pundir. 2011. A Nylon Membrane Based Amperometric Biosensor for Polyphenol Determination. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*. 72 276-281.
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Purnawan, C., D. Hilmiyana, Wantini, dan E. Fatmawati. 2012. Pemanfaatan Limbah Ampas Tebu untuk Pembuatan Kertas Dekorasi dengan Metode Organosolv. *Jurnal Ekosains*. IV(2): 1-6.
- Rahmawati, E. 2006. Adsorpsi Senyawa Residu Klorin pada Karbon Aktif Termodifikasi Zink Klorida. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Rezende, C. A., M. A. D. Lima, P. Maziero, E. R. D. Azevedo, W. Garcia, dan I. Polikarpov. 2011. Chemical and Morphological Characterization of Sugarcane Bagasse Submitted to a Delignification Process for Enhanced Enzymatic Digestibility. *Biotechnology for Biofuels* 4(54): 1-18.
- Roy, G. M. 1985. *Activated Carbon Applications in the Food and Pharmaceutical Industries*. Lancaster: Tachnomic.
- Sembiring, M. T., dan T. S. Sinaga. 2003. *Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatannya)*. Sumatera Utara: Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Shofa. 2012. Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Ampas Tebu dengan Aktivasi Kalium Hidroksida. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.

- Sholihah, U., dan I. Sholahuddin. 2015. IbM Kelompok Petani Tebu Rakyat di Kecamatan Semboro, Kabupaten Jember. *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan*. 4(1): 47-54.
- Sihotang, T. Y. 2014. Kajian Membran Nilon pada Proses Filtrasi Bertahap Sistem Cross-Flow untuk Desalinasi Air Payau. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Soejardi. 1985. *Dasar-dasar Teknologi Gula*. Yogyakarta: LPP.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.57:2008. *Metode Pengambilan Contoh Air Permukaan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Suhartana. 2006. Pemanfaatan Tempurung Kelapa Sebagai Bahan Baku Arang Aktif dan Aplikasinya untuk Penjernihan Air Sumur di Desa Belor Kecamatan Ngaringan Kabupaten Grobogan. *Berkala Fisika*. 9(3): 151-156.
- Suhendi, A. 2007. Pencirian Membran Mikrofiltrasi Nilon-6. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Syakir, A. 2014. Karakterisasi Membran Komposit Nilon-Arang untuk Proses Filtrasi Timbal. *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Tim Penulis PS. 1992. *Pembudidayaan Tebu di Lahan Sawah dan Tegalan*. Jakarta: Penerbit Penebar Swadaya.
- Utama, M.P., R. Kusdarwati, dan A.M. Sahidu. 2017. Pengaruh Penggunaan Filtrasi Zeolit dan Arang Aktif terhadap Penurunan Logam Berat Timbal (Pb) Air Tambak Kecamatan Jabon, Sidoarjo. *Journal of Marine and Coastal Science*. 6(1).
- Wenten, I. G. 2000. *Teknologi Membran Industrial*. Bandung: ITB.
- Winaya, I. N. S., dan I. B. A. D. Susila. 2010. Co-Firing Sistem Fluidized Bed Berbahan Bakar Batubara dan Ampas Tebu. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*. 4(2): 180-188.

LAMPIRAN

3.1 Perhitungan larutan NaOH 0,1 M dalam 100 mL aquadest

$$M = \text{mol/L atau } M = \text{ mmol/mL}$$

$$M = \frac{0,1 \text{ mmol}}{\text{mL}}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah mol NaOH} &= 100 \text{ mL} \times 0,1 \text{ mmol/mL} \\ &= 10 \text{ mmol} \\ &= 0,01 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= \text{mol} \times \text{Mr NaOH} \\ &= 0,01 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} \\ &= 0,4 \text{ g} \end{aligned}$$

3.2 Perhitungan larutan HCl 0,1 M dari HCl 37%

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \frac{37}{100} \times \rho \\ &= \frac{37}{100} \times 1,19 \text{ kg/L} \\ &= 0,432 \text{ kg} \\ &= 432 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mol} &= \frac{\text{Massa HCl}}{\text{Mr HCl}} \\ &= \frac{432}{36,5} \\ &= 12,06 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$M = \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$M = \frac{12,06}{1}$$

$$M = 12,06 \text{ M}$$

Rumus Pengenceran

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 0,1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,8 \text{ mL dalam } 100 \text{ mL aquadest}$$

3.3 Perhitungan larutan HCl 25% dari HCl 37%

- HCl 37%

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= \frac{37}{100} \times \rho \\ &= \frac{37}{100} \times 1,19 \text{ kg/L} \\ &= 0,4403 \text{ kg} \\ &= 440,3 \text{ g} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{mol} &= \frac{\text{Massa HCl}}{\text{Mr HCl}} \\ &= \frac{440,3}{36,5} \\ &= 12,06 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$M = \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$M = \frac{12,06}{1}$$

$$M = 12,06 \text{ M}$$

- HCl 25%

$$\text{Massa} = \frac{25}{100} \times \rho$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{25}{100} \times 1,19 \text{ kg/L} \\
 &= 0,2975 \text{ kg} \\
 &= 297,5 \text{ g}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{mol} &= \frac{\text{Massa HCl}}{\text{Mr HCl}} \\
 &= \frac{297,5}{36,5} \\
 &= 8,1506 \text{ mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{\text{mol}}{\text{L}} \\
 M &= \frac{8,1506}{1} \\
 M &= 8,1506 \text{ M}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\
 12,06 \text{ M} \times V_1 &= 8,1506 \times 100 \text{ mL} \\
 V_1 &= \frac{815,06}{12,06} \\
 V_1 &= 67,58 \text{ mL dalam } 100 \text{ mL aquadest}
 \end{aligned}$$

4.1 Perhitungan dan ralat pengukuran ketebalan membran komposit nilon-arang

Tekanan (bar)	Pengulangan ke-	d(mm)	\bar{d} (mm)	Δd (mm)	$\bar{d} \pm \Delta d$ (mm)
1,5	1	0,160	0,162	0,00200	$0,162 \pm 0,00200$
	2	0,170			
	3	0,160			
	4	0,160			
	5	0,160			
2	1	0,160	0,164	0,00244	$0,164 \pm 0,00244$
	2	0,160			
	3	0,170			
	4	0,160			

Tekanan (bar)	Pengulangan ke-	d(mm)	\bar{d} (mm)	Δd (mm)	$\bar{d} \pm \Delta d$ (mm)
2,5	5	0,170	0,162	0,00200	$0,162 \pm 0,00200$
	1	0,160			
	2	0,160			
	3	0,160			
	4	0,170			
3	5	0,160	0,164	0,00244	$0,164 \pm 0,00244$
	1	0,160			
	2	0,170			
	3	0,170			
	4	0,160			
	5	0,160			

Keterangan : d = ketebalan membran

\bar{d} = rata-rata ketebalan membran

Δd = *standard error*

4.2 Hasil pengukuran volume permeat *aquadest*

Tekanan (bar)	Menit ke-	Volume permeat (mL)
1,5	10	8,0
	20	16,5
	30	25,5
	40	35,0
	50	45,0
	60	55,0
2	10	11,0
	20	23,0
	30	35,5
	40	48,5
	50	62,0
	60	76,0
2,5	10	15,0
	20	29,5
	30	44,5
	40	60,0
	50	76,0
	60	93,0
3	10	18,0
	20	36,0
	30	55,0
	40	74,0
	50	94,0
	60	114,0

4.3 Hasil pengukuran volume permeat air Sungai Bedadung

Tekanan (bar)	Menit ke-	Volume permeat (mL)
1,5	10	2,4
	20	8,6
	30	15,4
	40	22,0
	50	27,6
	60	33,0
2	10	7,2
	20	18,0
	30	28,0
	40	38,0
	50	46,0
	60	55,0
2,5	10	14,0
	20	28,0
	30	40,0
	40	52,0
	50	64,0
	60	74,0
3	10	18,0
	20	34,0
	30	50,0
	40	65,0
	50	79,0
	60	94,0

4.4 Hasil pengukuran konsentrasi timbal (Pb) pada sampel air Sungai Bedadung sebelum dan setelah proses ultrafiltrasi menggunakan ICP-OES

Indikator	Unsur	Konsentrasi (ppm)
Sebelum proses ultrafiltrasi	Pb	0,1283
Setelah proses ultrafiltrasi		0,1122

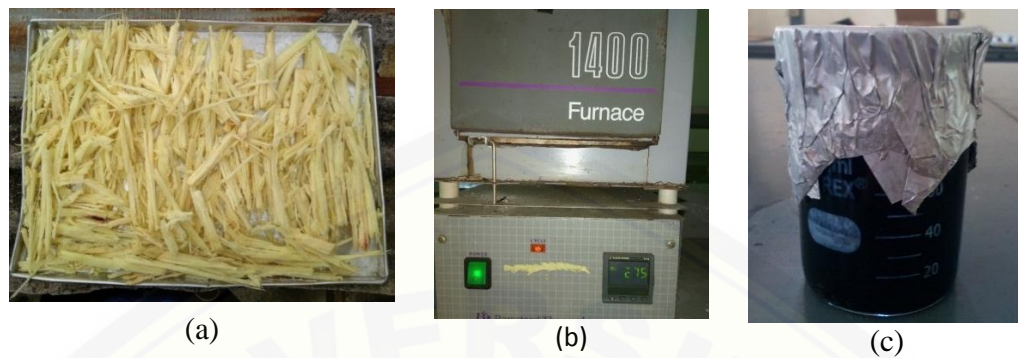
4.5 Hasil perhitungan efisiensi penurunan konsentrasi timbal

$$\text{Efisiensi penurunan konsentrasi} = \left(\frac{C_o - C_e}{C_o} \right) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi penurunan konsentrasi} = \left(\frac{0,1283 \text{ ppm} - 0,1122 \text{ ppm}}{0,1283 \text{ ppm}} \right) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi penurunan konsentrasi} = 12,54 \%$$

4.6 Proses pembuatan arang aktif dari ampas tebu

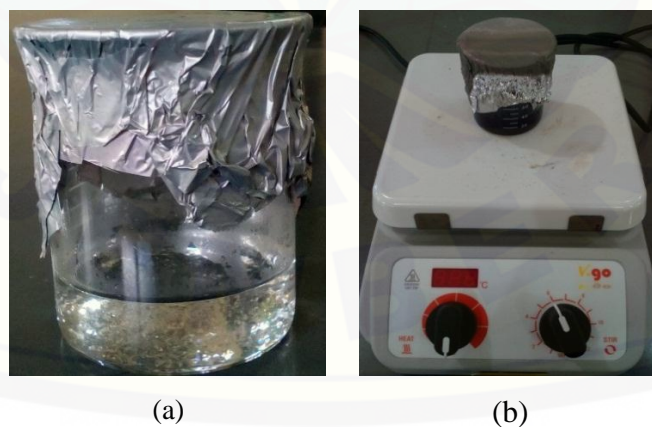


Gambar 5.1 Proses pembuatan arang aktif (a) dehidrasi (b) karbonisasi (c) aktivasi

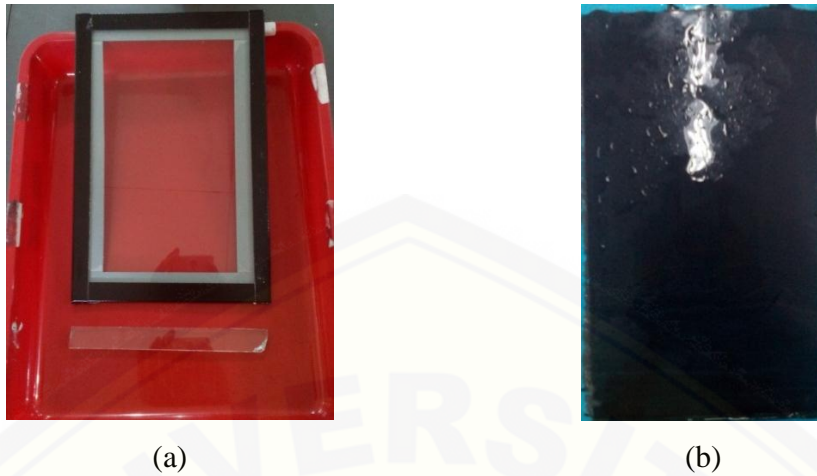


Gambar 5.2 Arang aktif yang dihasilkan

4.7 Proses pembuatan membran



Gambar 5.3 Proses pembuatan membran (a) larutan *dope* (b) stirring larutan *dope* nilon-arang



(a)

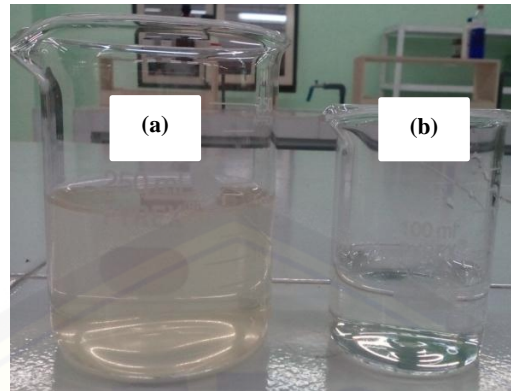
(b)

Gambar 5.4 (a) Unit pencetakan membran (b) membran yang sudah tercetak

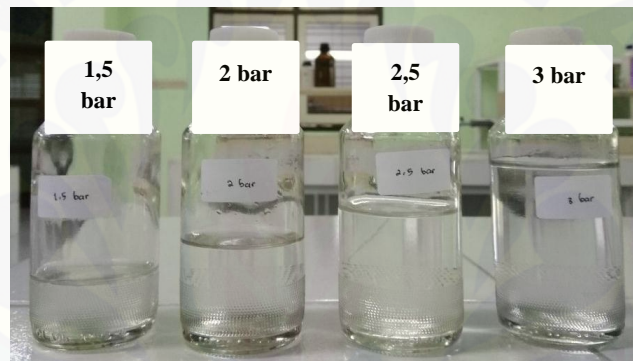
4.8 Proses ultrafiltrasi



Gambar 5.5 Proses ultrafiltrasi *sistem dead-end*



Gambar 5.6 Perbandingan air Sungai Bedadung (a) sebelum proses ultrafiltrasi (b) setelah proses ultrafiltrasi



Gambar 5.7 Permeat yang dihasilkan dari proses ultrafiltrasi