



**EFEK VARIASI SUHU KARBONISASI ARANG AKTIF
ECENG GONDOK PADA PEMBUATAN MEMBRAN
NILON-ARANG UNTUK FILTRASI AIR**

SKRIPSI

Oleh

**Siti Umi Afifah
151810201047**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**



**EFEK VARIASI SUHU KARBONISASI ARANG AKTIF
ECENG GONDOK PADA PEMBUATAN MEMBRAN
NILON-ARANG UNTUK FILTRASI AIR**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S-1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

Siti Umi Afifah

NIM 151810201047

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2020**

SKRIPSI

**EFEK VARIASI SUHU KARBONISASI ARANG AKTIF
ECENG GONDOK PADA PEMBUATAN MEMBRAN
NILON-ARANG UNTUK FILTRASI AIR**

Oleh

Siti Umi Afifah

NIM 151810201047

Pembimbing

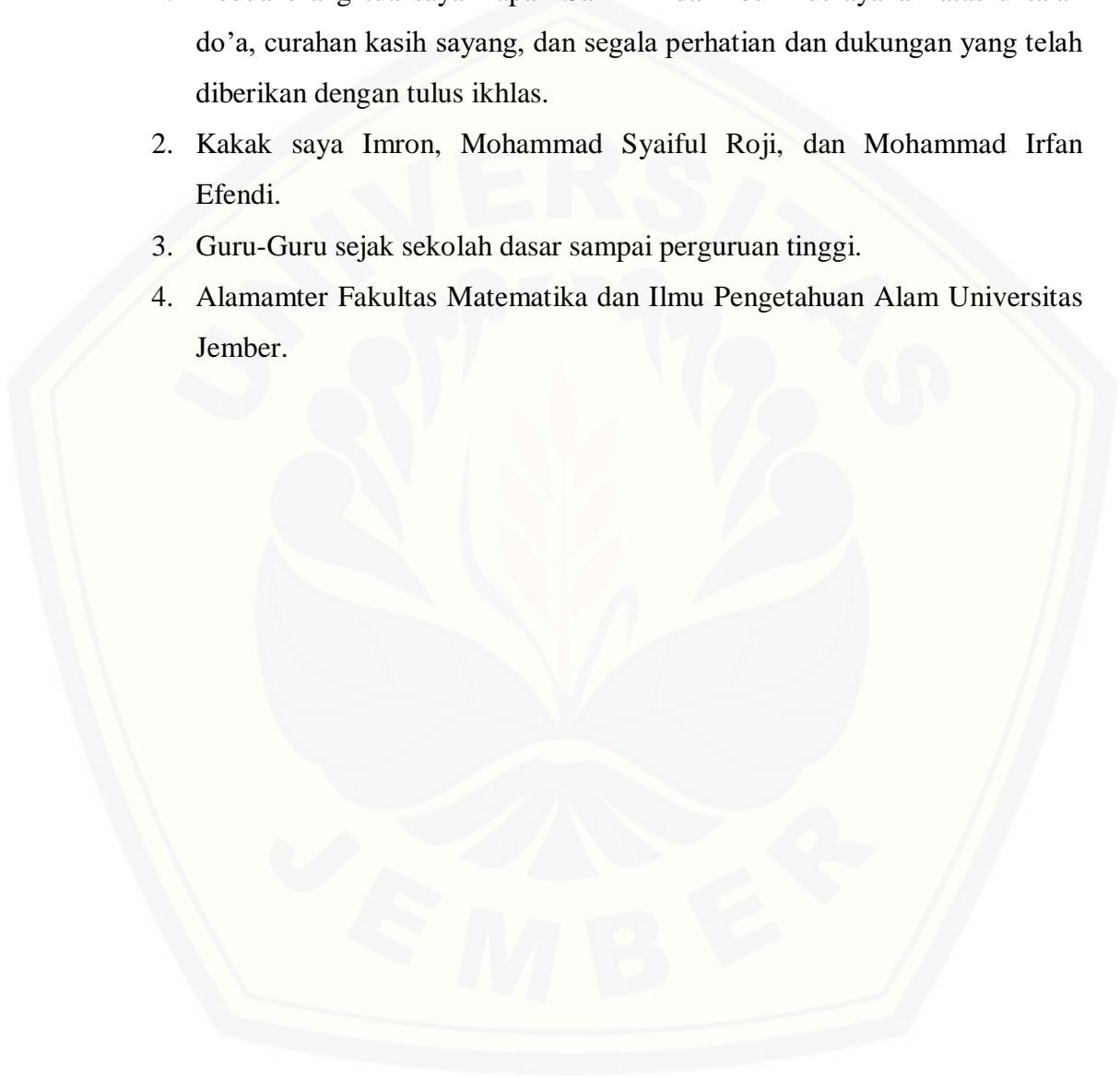
Dosen Pembimbing Utama : Wenny Maulina, S.Si., M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan dengan segala ucapan syukur dan terimakasih untuk :

1. Kedua orang tua saya Bapak Sakimin dan Ibu Mutzayanah atas untaian do'a, curahan kasih sayang, dan segala perhatian dan dukungan yang telah diberikan dengan tulus ikhlas.
2. Kakak saya Imron, Mohammad Syaiful Roji, dan Mohammad Irfan Efendi.
3. Guru-Guru sejak sekolah dasar sampai perguruan tinggi.
4. Alamamter Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.



MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(Terjemahan surat Q.S Al- Baqarah: 286)



Departemen Agama RI. 2005. Al-Aliyy: Al-Qur'an dan terjemahanya. Bandung: CV. Penerbit Diponegoro.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Umi Afifah

NIM : 151810201047

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Efek Variasi Suhu Karbonisasi Arang Aktif Eceng Gondok Pada Pembuatan Membran Nilon-Arang Untuk Filtrasi Air*” 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, 31 Januari 2020

Yang menyatakan,

(Siti Umi Afifah)

NIM 151810201047

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Efek Variasi Suhu Karbonisasi Arang Aktif Eceng Gondok Pada Pembuatan Membran Nilon-Arang Untuk Filtrasi Air” karya Siti Umi Afifah telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jember

Ketua,

Tim Penguji:

Anggota I,

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

Dr. Artoto Arkundato, S.Si., M.Si.
NIP. 196912251999031001

Anggota II,

Anggota III,

Dra. Arry Yuriatun Nurhayati, M. Si.
NIP. 196109091986012001

Dra. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si.
NIP. 196712151998021001

Mengesahkan

Dekan,

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc., Ph.D.

NIP 195910091986021001

RINGKASAN

Efek Variasi Suhu Karbonisasi Arang Aktif Eceng Gondok Pada Pembuatan Membran Nilon-Arang Untuk Filtrasi Air; Siti Umi Afifah; 151810201047; 2020; 48 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Teknologi membran telah berkembang dan banyak diaplikasikan diberbagai sektor industri diantaranya dibidang medis, makanan dan minuman, industri air dan lain-lain. Membran dapat diklasifikan menjadi menjadi dua yaitu membran biologi (*biological membrane*) dan membran sintetik (*artificial membrane*). Komponen utama membran biologi yaitu lipid dan protein. Membran sintetik terbuat dari polimer atau keramik. Kinerja membran keramik lebih baik dibandingkan dengan membran polimer. Membran polimer dapat dibuat dari bahan poliamida, selulosa, asetat, nilon dan bahan lainnya. Nilon memiliki kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang baik jika berinteraksi dengan unsur karbon. Karbon yang biasanya digunakan berasal dari tempurung kelapa, eceng gondok, ampas tebu dan lain sebagainya. Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) mempunyai kandungan selulosa yang tinggi apabila dipanaskan dan akan menghasilkan karbon. Tujuan dari penelitian ini yaitu mampu mengetahui pengaruh variasi suhu karbonisasi arang aktif dari eceng gondok pada pembuatan membran nilon-arang sebagai filtrasi air.

Kegiatan penelitian dilakukan dengan tahap sintesis arang aktif, tahap membran nilon-arang, dan tahapan pengujian membran. Berdasarkan tahapan tersebut dihasilkan beberapa sampel dengan variasi suhu karbonisasi arang yaitu 300°C (membran A), 350°C (membran B), 400°C (membran C), 450°C (membran D), 500°C (membran E), dan 550°C (membran F) dan juga digunakan membran yang terbuat dari nilon (membran K) sebagai kontrolnya. Masing-masing membran nilon-arang memiliki komposisi nilon 6 gram dan 0,75 gram arang aktif. Selanjutnya, dilakukan pembuatan membran kemudian dilakukan pengujian nilai fluks dan *swelling*. Pengujian nilai fluks dilakukan dengan mengaplikasikan membran untuk proses filtrasi air dengan sistem *dead-end* selama 1 jam dengan penghitungan volume *permeate* selang waktu 5 menit. Membran yang digunakan untuk filtrasi memiliki ukuran diameter 5,5 cm. Umpan (*feed*) yang digunakan untuk proses filtrasi air 250 ml dengan tekanan sama 2 bar. Pengujian *swelling* dilakukan juga dengan memotong membran dengan diameter 5,5 cm dan kemudian dilakukan perendaman pada air dengan volume 100 ml. pada proses filtrasi juga didapatkan koefisien permeabilitas untuk mengetahui jenis setiap membran dengan variasi suhu karbonisasi arang pada membran nilon-arang. Setelah dilakukan perendaman dilakukan pengeringan dan didapatkan ketebalan membran basah dan kering dan bisa mendapatkan *swelling*.

Hasil penelitian memberikan informasi terkait suhu karbonisasi arang pada membran nilon-arang yang diaplikasikan untuk filtrasi air mengalami penurunan

pada nilai fluksnya dimana air pada umpan akan menyerap pada pori-pori membran. Pada hasil penelitian didapatkan nilai fluks yang tinggi pada suhu karbonisasi arang 400°C sebesar 103,29 L/m² jam, dan untuk *swelling* terjadi pada suhu 500°C sebesar 5,05%. Nilai koefisien permeabilitas suatu membran berbeda-beda untuk setiap variasi suhu karbonisasi arang. Membran A (300°C), B (350°C), C (400°C), K (nilon) merupakan jenis membran mikrofiltrasi, karena rentang permeabilitas > 50 L/m² jam bar. Sedangkan membran D (450°C), E (500°C), f (550°C) merupakan jenis membran ultrafiltrasi karena rentan nilai koefisien permeabilitas 10-50 L/m² jam.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT berkat rahmat dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Efek Variasi Suhu Karbonisasi Arang Aktif Eceng Gondok Pada Pembuatan Membran Nilon-Arang Untuk Filtrasi Air“. Skripsi ini ditulis guna memenuhi syarat jenjang strata 1 (S1) Jurusan Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember. Dalam penulisan ini, banyak pihak yang berjasa dalam proses penulisan sehingga penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Wenny Maulina, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing Utama, Dr. Artoto Arkundato, S.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran serta ilmu yang sangat bermanfaat dalam penulisan skripsi ini;
2. Dra. Arry Yuariatun Nurhayati, M.Si, selaku dosen penguji 1, Dr. Edy Supriyanto, S.Si., M.Si, selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan kritik dan saran isi skripsi yang lebih baik;
3. Mochammad Ghiffari, Frendi Wahyudi (Tim TA Biofisika) dan teman-teman Ganesha Phi yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Penulis sadar bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh karen itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat dimanfaatkan sebagaimana semestinya.

Jember, 09 Januari 2020

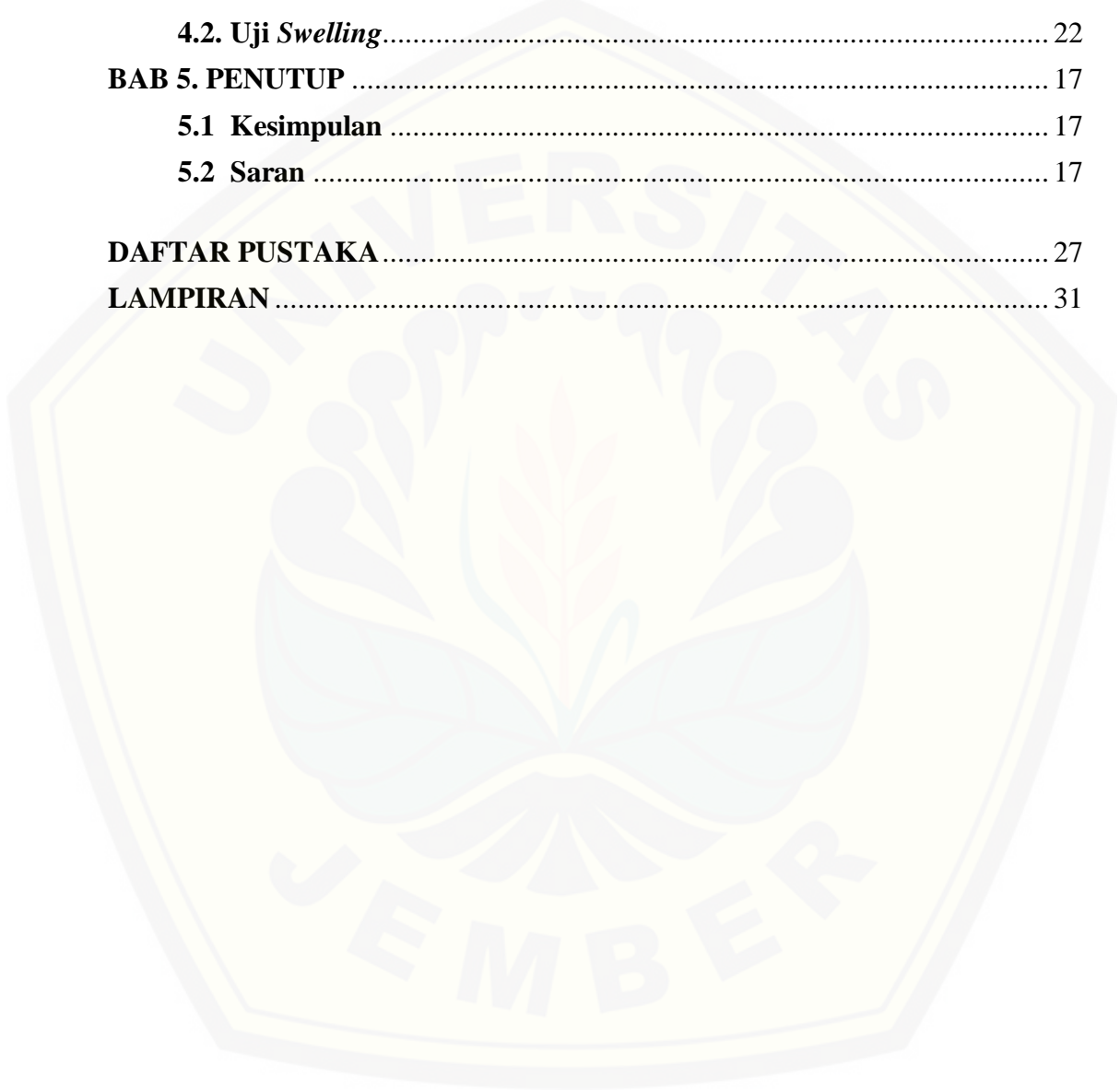
Penulis

SitinUmi Afifah
NIM. 151810201047

DAFTAR ISI

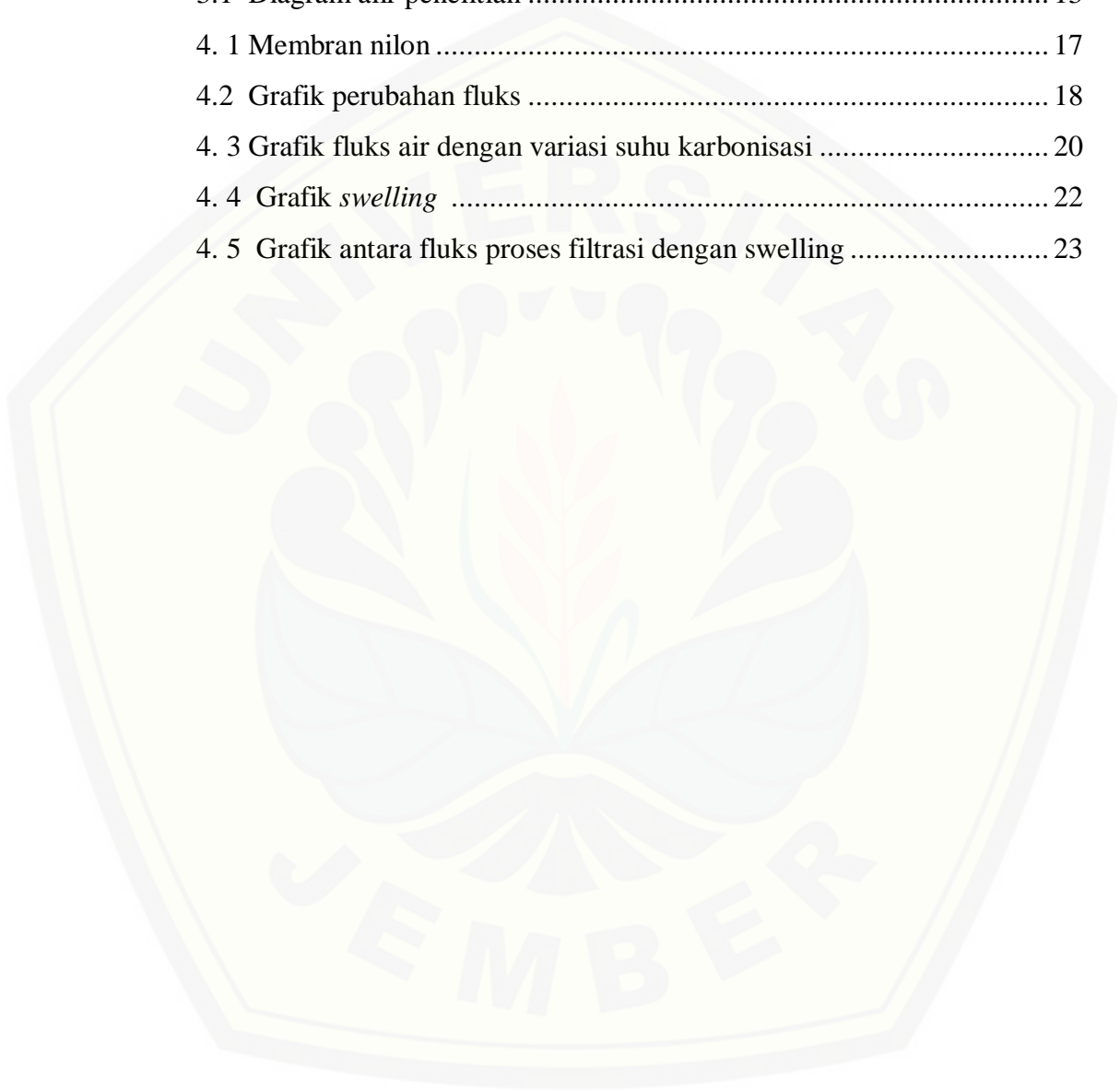
	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Eceng Gondok	4
2.2 Arang aktif	6
2.3 Membran Nilon	7
2.4 Karakterisasi Membran	8
BAB 3. METODE PENELITIAN	11
3.1 Rancangan Penelitian	11
3.2 Jenis dan Sumber Data	12
3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran	12
3.4 Kerangka Pemecahan Masalah	13
3.4.1 Sintesis Arang Aktif dari Eceng Gondok.....	13
3.4.2 Sintesis Membran Nilon-Arang.....	14
3.4.3 Tahap Filtrasi Air.....	15

3.5 Metode Analisis Data	16
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1. Kinerja Membran	18
4.1.1 Fluks	18
4.1.2 Koefisien Permeabilitas	21
4.2. Uji Swelling	22
BAB 5. PENUTUP	17
5.1 Kesimpulan	17
5.2 Saran	17
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	31



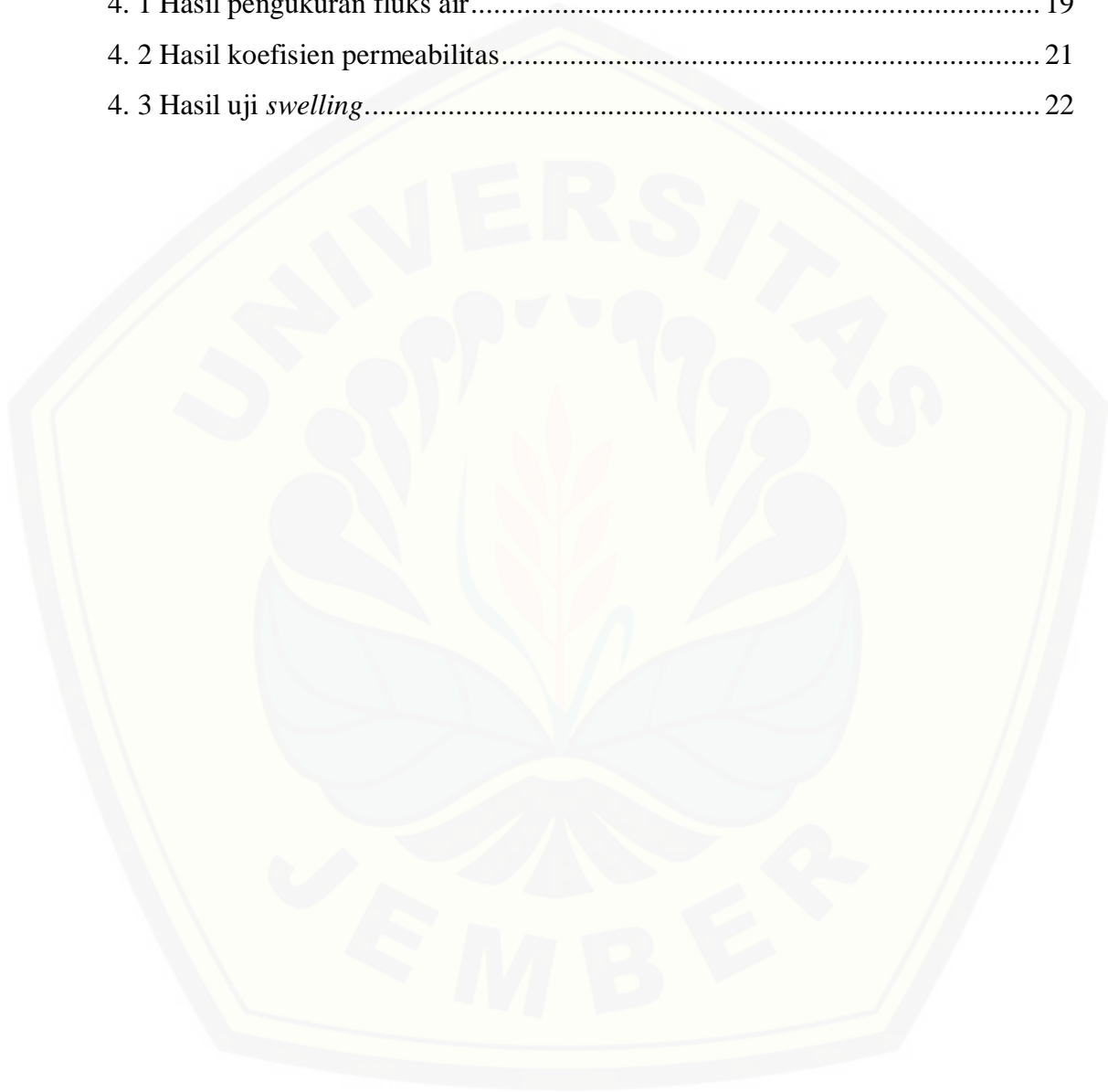
DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Tanaman eceng gondok	5
3.1 Diagram alir penelitian	13
4. 1 Membran nilon	17
4.2 Grafik perubahan fluks	18
4. 3 Grafik fluks air dengan variasi suhu karbonisasi	20
4. 4 Grafik <i>swelling</i>	22
4. 5 Grafik antara fluks proses filtrasi dengan <i>swelling</i>	23



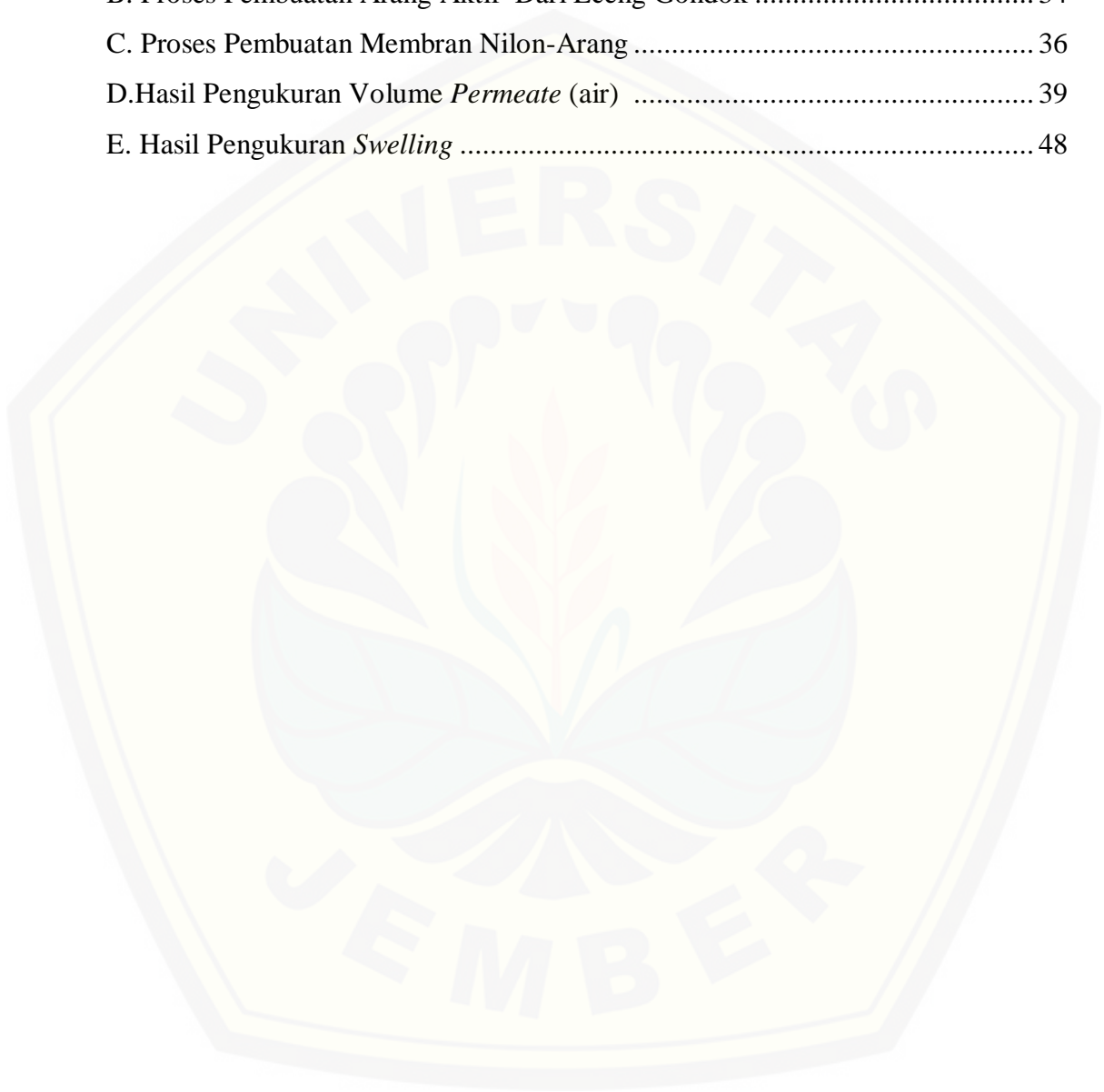
DAFTAR TABEL

	Halaman
2. 1 Rentang tekanan pada membran filtrasi	8
4. 1 Hasil pengukuran fluks air.....	19
4. 2 Hasil koefisien permeabilitas.....	21
4. 3 Hasil uji <i>swelling</i>	22



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Proses Pembuatan Arang Dari Eceng Gondok	31
B. Proses Pembuatan Arang Aktif Dari Eceng Gondok	34
C. Proses Pembuatan Membran Nilon-Arang	36
D. Hasil Pengukuran Volume <i>Permeate</i> (air)	39
E. Hasil Pengukuran <i>Swelling</i>	48



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tahun 1950 teknologi membran telah berkembang dan diaplikasikan dalam berbagai sektor industri diantaranya yaitu di bidang medis, bioseparasi, *biorefinery*, industri makanan dan minuman, pengelolaan air dan pemisahan gas (Wenten, 2010). Sekitar tahun 2003 total penjualan membran diseluruh dunia hampir mencapai sekitar US\$ 20 juta (Baker, 2004). Membran dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu membran biologi (*biological membrane*) dan membran sintetik (*artificial membrane*). Membran biologi merupakan membran dalam proses-proses kehidupan makhluk hidup dan biasanya terdapat dalam sel makhluk hidup. Komponen utama membran biologi adalah lipid dan protein. Sedangkan membran sintetik adalah membran rekayasa yang terbuat dari bahan polimer atau keramik (Maulina, 2010). Membran keramik menunjukkan kinerja yang lebih baik daripada membran polimer dalam aplikasi yang membutuhkan stabilitas fisik, kimia, dan termal. Namun, membran keramik umumnya lebih mahal, mudah rapuh dan sulit diproduksi. Sedangkan membran polimer harganya lebih murah, fleksibel, dan banyak digunakan pada industri air (Lai *et al.*, 2014). Membran polimer dapat dibuat dari bahan poliamida, selulosa asetat, polisulfon, dan bahan lainnya (Sihotang, 2014).

Nilon merupakan senyawa poliamida yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi teknologi membran (Bak *et al.*, 2010). Nilon memiliki kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang baik jika berinteraksi dengan unsur karbon dibandingkan dengan polimer lainnya (Chen dan Kuo, 2006). Unsur karbon pada arang dapat dibuat dari berbagai bahan baku misalnya ampas tebu, sekam padi, eceng gondok, tempurung kelapa, dan lain-lain. Pada penelitian ini digunakan eceng gondok sebagai bahan baku pembuatan arang aktif. Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) mempunyai struktur lignoselulosa yang memiliki kandungan 60% selulosa, 8% hemiselulosa, dan 17% lignin (Putera, 2012)

Kandungan yang paling besar dari eceng gondok yaitu selulosa, yang jika dipanaskan pada suhu tinggi akan meninggalkan karbon sebagai hasil akhir yang terikat dan memiliki pori-pori yang besar, sehingga dapat dijadikan sebagai adsorben untuk menyerap senyawa logam berat (Podolar dalam Tadjuka *et al.*, 2017).

Penelitian sebelumnya telah banyak menggunakan bahan baku eceng gondok sebagai arang aktif diantaranya: Apipah (2016) menggunakan arang aktif eceng gondok sebagai bahan semikonduktor dengan suhu karbonisasi 400°C menghasilkan kadar karbon terbesar sebesar 57,37% serta ukuran pori 30,82µm. Tadjuka *et al.* (2017) menggunakan arang aktif eceng gondok dengan suhu karbonisasi 300°C sebagai adsorben fenol pada limbah PLTU palu dan dihasilkan 89,13% fenol yang terjerap. Kusumaningtyas (2019), menggunakan eceng gondok sebagai arang aktif dengan variasi suhu karbonisasi 400°C, 500°C, dan 600°C menunjukkan kadar karbon terbesar yaitu 82,65% dihasilkan pada suhu karbonisasi 500°C. Mengacu pada hasil penelitian tersebut, maka pada penelitian ini dilakukan variasi suhu karbonisasi sebesar 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, dan 550°C.

Ide untuk menggabungkan arang aktif ke dalam membran untuk proses filtrasi menjadi topik penelitian yang sedang dikembangkan saat ini. Said *et al.* (2017) menggabungkan arang aktif dari tempurug kelapa dengan membran PSF-PEI-Ag untuk adsorben logam berat cadmium (Cd), chromium (Cr), silver (Ag) dan timbal (Pb). Hassan *et al.* (2017) menggabungkan arang aktif dari biji zaitun dengan membran *Cellulose Nanofibers* (CNF) untuk mereduksi bakteri *Escherichia coli* di air. Sedangkan Listiani (2018), menggabungkan arang aktif dari ampas tebu dengan membran nilon untuk adsorben timbal (Pb) pada air sungai bedadung. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tersebut, teknologi membran-arang berpotensi untuk digunakan dalam proses filtrasi.

Pada penelitian ini penggabungan membran nilon-arang dilakukan dengan variasi suhu karbonisasi arang aktif eceng gondok sebesar 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, dan 550°C. Membran nilon-arang yang dibuat dilakukan proses filtrasi air untuk menentukan kinerja membran diukur dari nilai fluks dan uji

swelling. Dengan demikian, keberadaan membran nilon-arang diharapkan dapat diaplikasikan pada proses filtrasi dalam pengembangan teknologi membran khususnya dalam proses pemisahan zat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi suhu karbonisasi arang aktif eceng gondok dalam proses pembuatan membran nilon-arang untuk filtrasi air?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah maka tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui pengaruh variasi suhu karbonisasi arang aktif dari eceng gondok pada pembuatan membran nilon-arang untuk filtrasi air.

1.4 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi terkait suhu karbonisasi yang optimal untuk pembuatan membran nilon-arang dari eceng gondok.
2. Hasil penelitian ini juga dapat dikembangkan lebih lanjut terkait dengan pemanfaatan eceng gondok sebagai campuran membran untuk mengurangi pencemaran air yang terjadi di sekitar lingkungan.
3. Meningkatkan kemajuan bioteknologi pada teknologi membran filtrasi.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eceng Gondok

Eceng gondok (*Eichornia crassipes*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1, pertama kali ditemukan oleh seorang botanis berkebangsaan Jerman ketika melakukan ekspedisi di sungai Amazon, Brasil pada tahun 1824 oleh Carl Friedrich Philipp Von Martius. Tahun 1894 eceng gondok pertama kali didatangkan ke Indonesia dari Amerika Serikat (Brasil) sebagai koleksi Kebun Raya Bogor (Mustari *et al.*, 2017). Eceng gondok merupakan tanaman yang mengapung diatas permukaan air dan terkadang dianggap sebagai tanaman pengganggu (gulma). Eceng gondok yang tumbuh dengan kecepatan pertumbuhan yaitu dari dua induk dalam 23 hari dengan menghasilkan 30 anakan dan 1200 anakan dalam waktu 4 bulan dengan produksi 40 ton/hektar (Yuliatin *et al.*, 2018). Tumbuhan ini sangat cepat berkembang di lahan perairan yang terkena limbah dengan pertumbuhan mencapai 1,9% per hari dengan tinggi antara 0,3 sampai dengan 0,5 m, tumbuhan ini juga dapat mengikat logam berat didalam air (Dwiyati dan Kholil, 2014). Akar eceng gondok ditumbuhi dengan bulu-bulu akar yang berserabut menggantung dan memanjang kedalam air. Daun eceng gondok berwarna cerah, zat hijau daun pada eceng gondok terdapat dalam sel epidermis. Tangkai eceng gondok berbentuk bulat menggelembung karena berisi rongga udara yang berfungsi untuk mengapung di air. Bunga pada eceng gondok berwarna ungu muda bercampur putih berbunga majemuk yang terdiri dari 4-6 kuntum pada tiap tangkainya (Don dalam Rachmawati, 2019). Klasifikasi eceng gondok menurut Van dalam Winata (2011), adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Sub Kingdom	: Tracheobionta
Super Kingdom	: Spermathophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Alismatalase
Famili	: Butomaceae

Genus : Eichornia
Species : *Eichornia crassipes solm*



Gambar 2.1 Tanaman Eceng Gondok

Eceng gondok tumbuh pada perairan yang dangkal dengan suhu optimum berkisar 27°C-30°C, pertumbuhan akan terhenti pada suhu dibawah 10°C atau diatas 40°C serta akan mati dibawah 0°C atau pada 45°C dalam waktu 48 jam (Gopal dan Sharman dalam Rudiyanto, 2004). Faktor lain yang mempengaruhi eceng gondok adalah pH, kondisi pH yang optimum untuk pertumbuhan eceng gondok antara 6 sampai 8 (Tellez *et al.*, 2008). Menurut Rochyati dalam Munkar *et al.* (2017), kandungan kimia pada tangkai eceng gondok segar menghasilkan 92,60% air, 0,44% abu, 2,09% serat kasar, 0,17% karbohidrat, 0,35% lemak, 0,16% protein, 0,52% fosfor, 0,42% kalium, 0,26% klorida, 2,22% alkanoid, serta pada keadaan kering eceng gondok mengandung 64,51% selulosa, 15,61% pentose, 5,56% silika, 12,00% abu, dan 7,69% lignin.

Eceng gondok juga dapat dimanfaatkan sebagai kerajinan tangan, dapat dimanfaatkan sebagai sumberdaya energi biogas karena memiliki kandungan serat selulosa dan amilum. Selain memiliki manfaat, eceng gondok juga memiliki dampak negatif yaitu menurunkan jumlah cahaya yang masuk ke dalam perairan, meningkatkan habitat bagi vektor penyakit pada manusia, menurunkan nilai estetika lingkungan, dan juga menyebabkan proses pendangkalan pada sungai

karena eceng gondok yang sudah mati akan turun kedasar perairan (Nuryana, 2016).

2.2 Arang aktif

Arang merupakan suatu bahan berbentuk padat berpori yang dihasilkan dari pembakaran dengan suhu tinggi pada proses karbonisasi, yaitu proses pembakaran tidak sempurna, sehingga bahan hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Sebagian besar pori-pori pada arang masih tertutup dengan hidrokarbon, ter dan senyawa organik lainnya (Kinoshita dalam Siahaan *et al.*, 2013). Arang memiliki beberapa manfaat diantaranya sebagai kesuburan tanah dalam proses pertumbuhan tanaman cabai merah (Gusmailina dan Pari, 2002). Selain itu arang juga dapat diaktivasi sehingga menjadi arang aktif atau karbon aktif. Arang aktif dapat dibuat dari semua bahan yang mengandung karbon baik organik maupun anorganik asalkan bahan tersebut memiliki struktur berpori (Sudrajat dan Salim dalam Rumidatul, 2006). Arang aktif adalah suatu jenis karbon yang memiliki kemampuan daya serap baik terhadap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik, baik berupa larutan maupun gas (Lempang, 2014). Menurut Nurdiansah dan Susanti (2013), besarnya daya serap arang aktif sangat dipengaruhi oleh struktur pori yang terbentuk. Pori-pori pada arang aktif memiliki beberapa jenis yaitu:

1. Mikropori dengan ukuran dibawah 40 Angstrom (40 \AA)
2. Mesopori dengan ukuran antara 40-5000 Angstrom ($40\text{-}5000 \text{ \AA}$)
3. Makropori dengan ukuran diatas 5000 Angstrom (5000 \AA)

Proses pembuatan arang aktif terdiri dari dua proses yaitu proses karbonisasi dan aktivasi. Pembuatan arang aktif dilakukan melalui proses aktivasi dengan cara fisika atau kimia. Aktivasi kimia yaitu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan menggunakan bahan-bahan kimia. Sedangkan aktivasi fisika yaitu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan panas, uap, dan CO_2 (Fauziah, 2009). Aktivasi menyebabkan kandungan karbon mengalami perubahan fisik dan kimia sehingga dapat menyebabkan luas permukaan karbon semakin luas dan mempengaruhi daya adsorpsinya. Semakin

luas permukaan karbon, maka akan semakin banyak pula pori-pori pada permukaan karbon yang disebabkan kandungan hidrokarbon yang hilang (Desi dan Vinisiah, 2015).

Pembuatan arang aktif dilakukan dengan proses karbonisasi. Karbonisasi merupakan suatu proses yang dipanaskan dalam ruangan tanpa kontak dengan udara selama proses pembakaran sehingga membentuk arang (Fachry *et al.*, 2010). Menurut Sudrajat dan Pari (2011), proses pengarangan dapat dibagi menjadi empat tahap yaitu:

1. Tahapan penguapan air, kemudian penguraian selulosa menjadi destilat sebagian besar mengandung asam-asam dan metanol.
2. Penguraian selulosa secara intensif hingga menghasilkan gas serta sedikit air.
3. Penguraian senyawa lignin menghasilkan lebih banyak tar yang akan bertambah jumlahnya pada waktu yang lama dan suhu tinggi.
4. Pembentuk gas hidrogen yang merupakan proses pemurnian arang yang terbentuk.

Faktor yang berpengaruh dalam proses karbonisasi adalah kecepatan pemanasan dan tekanan. Pemanasan yang cepat akan sulit untuk mengamati tahapan karbonisasi yang terjadi dan rendemen arang yang dihasilkan lebih rendah. Sedangkan pemakaian tekanan yang tinggi akan meningkatkan rendemen arang (Masturin, 2002).

2.3 Membran Nilon

Nilon merupakan membran hidrofilik, dimana kompatibel terhadap larutan (air), larutan alkohol dan zat-zat terlarut. Terbentuk dari unit ulangan ikatan peptida (atau ikatan amida) dan seringkali disebut sebagai poliamida. Membran nilon bersifat semikristalin sehingga banyak digunakan sebagai polimer pada industri tekstil dan plastik karena memiliki sifat mekanik, termal dan kimia yang baik. Membran nilon tahan terhadap pH tinggi, suhu tinggi dan memiliki distribusi ukuran pori yang kecil (Narang *et al.*, 2011; Huang *et al.*, 2014).

Membran merupakan selaput semipermeabel yang dapat memisahkan dua fasa yang bersifat sebagai penghalang. Membran dapat memisahkan zat melalui

pori-pori menggunakan momentum seperti perbedaan suhu, tekanan, konsentrasi, dan perbedaan potensial listrik (Said *et al.*, 2017). Menurut Baker (2004), klasifikasi membran berdasarkan ukuran porinya dibedakan menjadi 4 yaitu:

1. Konvensional filtrasi adalah membran yang memiliki ukuran pori antara 10 μ m sampai 100 μ m.
2. Mikrofiltrasi adalah membran yang memiliki ukuran pori antara 0,1 μ m sampai 10 μ m.
3. Ultrafiltrasi adalah membran yang memiliki ukuran pori antara 0,001 μ m sampai 0,1 μ m.
4. Reverse osmosis adalah membran yang memiliki ukuran antara 0,0001 μ m sampai 0,001 μ m.

Beberapa ciri yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja membran yaitu keseragaman struktur dan ukuran pori membran berbeda-beda. Selain itu sifat fisik dan kimia membran berbeda bergantung jenis polimer pembentuknya. Kinerja membran yang baik pada umumnya ditentukan oleh besarnya permeabilitas dan selektivitas membran terhadap materi yang dipisahkan. Nilai fluks dan koefisien rejeksi membran digunakan untuk mengukur besarnya permeabilitas dan selektifitas membran (Suhendi, 2007). Tabel 2.1 menunjukkan nilai permeabilitas pada berbagai rentang tekanan selama proses filtrasi.

Tabel 2.1 Rentang tekanan pada membran filtrasi

Jenis Membran	Rentang Tekanan (bar)	Rentang Permeabilitas (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
Reverse Osmosis	10-100	0,05-1,4

(Sumber: Mulder, 1996)

2.4 Karakterisasi Membran

Faktor yang mempengaruhi kualitas membran diantaranya ditentukan dari nilai fluks dan uji *swelling*. Karakteristik membran nilon-arang pada penelitian ini diuji berdasarkan:

1. Nilai Fluks

Efisiensi membran ditentukan oleh permeabilitas. Permeabilitas adalah ukuran kecepatan suatu zat untuk melewati membran. Permeabilitas pada suatu membran dinyatakan pada suatu besaran fluks. Fluks adalah jumlah *permeate* yang diperoleh dari seberapa banyak volume yang melewati suatu membran dalam satuan waktu dan satuan luas permukaan membran. Besaran fluks dinyatakan dengan satuan $L/m^2 \text{ jam}$ (Al, 2003). Terdapat beberapa parameter 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). Nilai fluks dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (2.1).

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

Keterangan :

J = nilai fluks ($L/m^2 \cdot \text{jam}$)

V = volume *permeate* (L)

A = luas permukaan membran (m^2)

t = waktu perolehan *permeate* dengan volume tertentu (jam)

(Said *et al.*, 2017)

2. Uji Swelling

Uji swelling merupakan kemampuan mengembang suatu polimer pada saat menyerap air (Puspita, 2018). Dalam aplikasi membran, *swelling* dapat menyebabkan penurunan retensi dari zat terlarut, peningkatan koefisien difusi untuk komponen resapan, merusak pori dan ketidakstabilan mekanik (Kappert *et al.*, 2019). *Swelling* dapat diukur dengan menghitung perubahan ketebalan saat basah pada suatu polimer yang direndam dalam aquades selama 24 jam dan dibandingkan dengan ketebalan polimer yang dikeringkan. Kadar *swelling* (*swelling degree*) dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan (2.2),

$$\%SD = \left(\frac{(d_b - d_k)}{d_b} \right) \times 100 \quad (2.2)$$

Keterangan :

SD = swelling degree(%)

m_b = ketebalan membran basah (mm)

m_k = ketebalan membran kering (mm)

(Freger, 2004)



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan benang nilon dan memanfaatkan eceng gondok sebagai bahan baku pembuatan membran nilon-arang. Arang aktif dari eceng gondok yang digunakan berbentuk serbuk yang sebelumnya telah dikarbonisasi pada suhu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, dan 550°C. Kualitas membran nilon-arang pada proses filtrasi air dilakukan dengan pengujian fluks dan *swelling*.

Kegiatan penelitian pembuatan membran nilon-arang dilakukan dengan tahapan sintesis arang aktif, tahap sintesis membran nilon-arang, dan tahap pengujian membran. Tahapan sintesis arang aktif dari eceng gondok melalui proses karbonisasi dan aktivasi. Tahap karbonisasi dilakukan di Laboratorium Teknologi Terapan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Proses aktivasi arang dan sintesis membran dilakukan di Laboratorium Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember. Proses filtrasi dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember.

Penelitian ini diawali dengan melakukan studi pustaka dari berbagai sumber yang dijadikan sebagai tahapan observasi terhadap topik yang diteliti. Selanjutnya dilakukan dengan tahapan persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah oven, neraca digital, blender, cawan krusibel, loyang, *furnance*, labu erlenmeyer, *beaker glass*, gelas ukur, plat kaca, mortar, spatula, gunting, kertas saring, ayakan 200 mesh, satu set alat filtrasi dengan sistem aliran *dead-end*, *magnetic stirrer*, *stopwatch*, nampan, plastik klip, *aluminium foil*, selotip, pipet tetes, pipet volumetrik, botol, *buchner funnel*, dan *thickness gauge*. Sedangkan bahan yang digunakan adalah air yang diambil di lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember (FMIPA UNEJ), natrium hidroksida (NaOH), hidrogen klorida (HCl), aseton, nilon (senar pancing), batang eceng gondok dan aquades.

Tahapan pembuatan membran nilon-arang dimulai dengan pembuatan arang aktif dengan mengumpulkan batang eceng gondok dan dicuci bersih. Proses karbonisasi dilakukan dalam *furnance* dengan suhu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, dan 550°C selama 1 jam, pada tahapan ini dihasilkan arang eceng gondok. Arang eceng gondok kemudian dilakukan aktivasi secara kimia dengan menggunakan larutan NaOH 25% (b/v). Tahapan selanjutnya dilakukan sintesis membran nilon-arang dengan menggunakan metode inversi fasa dengan cara mengubah bentuk polimer dari fase cair menjadi fasa padatan. Selanjutnya dilakukan proses filtrasi air dengan menggunakan sistem aliran *dead-end*. Proses filtrasi dilakukan dengan tekanan 2 bar selama 1jam. Pengujian yang dilakukan meliputi pengukuran nilai fluks dan uji *swelling*.

3.2 Jenis dan Sumber Data

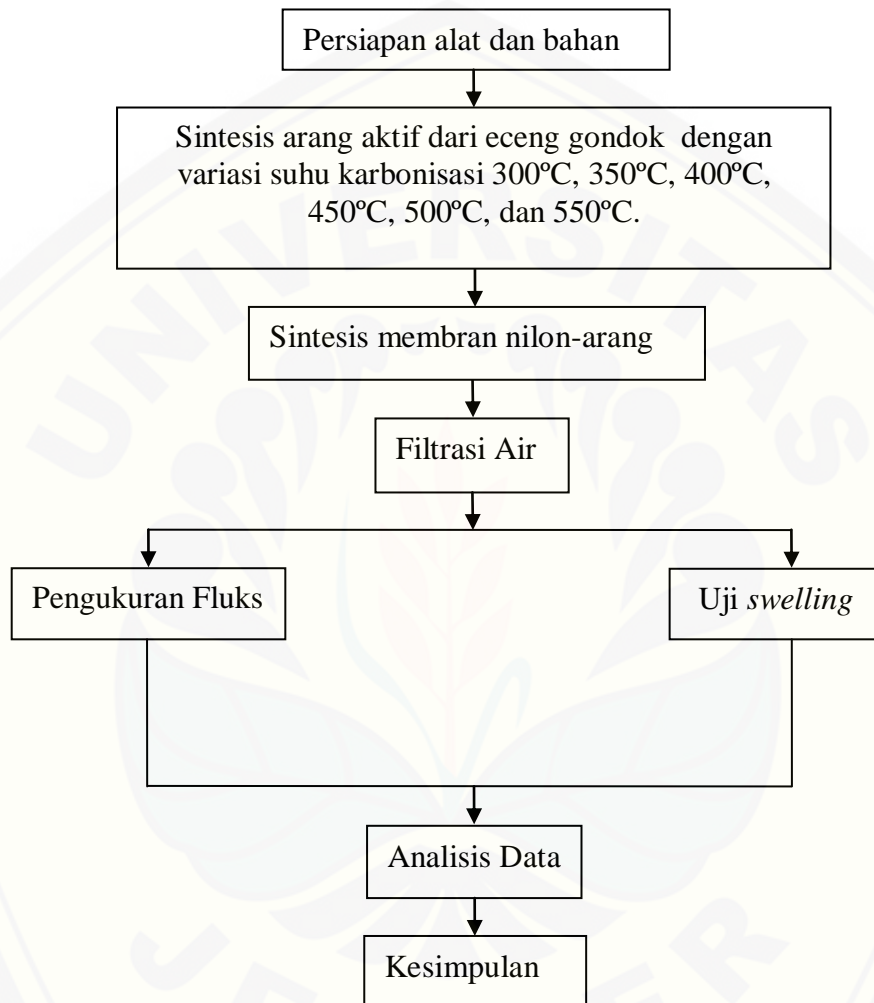
Jenis penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental. Penelitian ini bersifat kuantitatif karena pada penelitian ini diperoleh data numerik dan dihasilkan grafik dari perhitungan numerik tersebut. Data yang diperoleh pada penelitian ini berupa volume dan waktu perolehan *permeate* yang dihasilkan dari proses filtrasi. Data tersebut digunakan untuk memperoleh nilai fluks air selama proses filtrasi menggunakan membrannilon-arang. Sumber data yang digunakan untuk menentukan kinerja membran nilon-arang, yaitu nilai fluks dan *swelling* pada proses filtrasi air dengan sistem aliran *dead-end* adalah data primer karena data tersebut diperoleh langsung dari eksperimen.

3.3 Definisi Operasional Variabel dan Skala Pengukuran

Variabel yang diukur dalam penelitian ini meliputi nilai fluks dan uji *swelling*. Adapun variabel yang divariasikan dalam penelitian ini adalah suhu karbonisasi dari eceng gondok sebesar 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, dan 550°C. Skala pengukuran rasio digunakan untuk membandingkan data yang diperoleh. Pada penelitian ini, hasil filtrasi membran nilon dengan membran nilon-arang dibandingkan untuk mengetahui pengaruh suhu karbonisasi arang

aktif eceng gondok dalam menentukan kinerja membran nilon-arang selama proses filtrasi air dilihat dari hasil uji fluks dan *swelling*.

3.4 Kerangka Pemecahan Masalah



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

Kerangka pemecahan masalah dalam penelitian ini dapat dijelaskan dengan beberapa tahapan penelitian. Adapun tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir seperti Gambar 3.1.

3.4.1 Sintesis Arang Aktif dari Eceng Gondok

Tahapan sintesis arang aktif dari eceng gondok diawali dengan menyiapkan bahan baku eceng gondok sebanyak 8 kg. Eceng gondok yang diambil bagian

batangnya kemudian dicuci lalu dikeringkan dibawah sinar matahari selama 24 jam untuk menghilangkan sisa air yang menempel di permukaann eceng gondok. Setelah eceng gondok dikeringkan di bawah sinar matahari kemudian eceng gondok dipotong kecil-kecil lalu di oven pada suhu 150°C selama 15 menit. Selanjutnya eceng gondok kering tersebut dihaluskan dengan blender hingga diperoleh eceng gondok dalam bentuk serbuk. Serbuk eceng gondok dimasukkan kedalam cawan krusibel yang kemudian dimasukkan ke dalam *furnance* untuk dibakar. Pada proses ini dilakukan variasi suhu karbonisasi yaitu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, dan 550°C. Proses karbonisasi dilakukan selama 1 jam pada setiap variasi suhu karbonisasi. Serbuk eceng gondok yang telah dikarbonisasi pada suhu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, dan 550°C kemudian dihaluskan menggunakan mortar. Serbuk yang sudah dihaluskan lalu diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh.

Proses aktivasi dilakukan dengan cara merendam arang ke dalam larutan NaOH 25% (b/v) selama 24 jam, dengan perbandingan massa antara arang dengan NaOH adalah 1:3 (b/b). Kemudian arang tersebut dipanaskan dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* pada suhu 80°C dengan kecepatan putaran *stirrer* 350 rpm selama 4 jam. Kemudian arang aktif tersebut disaring menggunakan alat *buchner funnel* yang dilapisi kertas saring. Arang aktif yang tertahan di kertas saring dicuci dengan menggunakan HCl 2 M lalu dicuci dengan aquades hingga pH netral. Selanjutnya arang aktif tersebut dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C selama ± 2 jam.

3.4.2 Sintesis Membran Nilon-Arang

Proses sintesis membran nilon-arang dibuat dengan menggunakan metode inversi fasa yaitu perubahan bentuk polimer dari fasa cair menjadi fasa padatan. Membran dibuat dengan mencampurkan nilon dengan arang aktif eceng gondok. Proses sintesis membran menggunakan massa total 6,75 gram dengan penggunaan massa nilon 6 gram dan arang aktif 0,75 gram. Penggunaan massa tersebut mengacu pada penelitian Maulina (2016) dimana pada massa nilon 6 gram dan 0,75 gram arang aktif dihasilkan membran yang paling baik.

Benang nilon dilarutkan kedalam larutan HCl 25% (v/v) sebanyak 20 ml dan aseton 2 ml. Larutan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 350 rpm selama ± 1 jam hingga larutan homogen. Larutan dicetak pada plat kaca dan diratakan menggunakan batang silinder spatula supaya lapisan menjadi tipis. Membran yang sudah dicetak dimasukkan ke dalam nampan yang berisi aquades secara perlahan dan direndam selama 10 menit. Proses ini bertujuan supaya membran terlepas dari plat kaca. Membran nilon-arang yang sudah terbentuk kemudian dikeringkan selama ± 12 jam untuk selanjutnya digunakan pada proses filtrasi air. Berdasarkan perlakuan tersebut maka pada penelitian ini diperoleh sampel berikut:

- Sampel K : membran nilon
- Sampel A : membran nilon-arang dengan suhu karbonisasi arang 300°C
- Sampel B : membran nilon-arang dengan suhu karbonisasi arang 350°C
- Sampel C : membran nilon-arang dengan suhu karbonisasi arang 400°C
- Sampel D : membran nilon-arang dengan suhu karbonisasi arang 450°C
- Sampel E : membran nilon-arang dengan suhu karbonisasi arang 500°C
- Sampel F : membran nilon-arang dengan suhu karbonisasi arang 550°C

Untuk selanjutnya, membran nilon-arang yang dibuat dituliskan sesuai dengan penamaan sampel tersebut.

3.4.3 Tahap Filtrasi Air

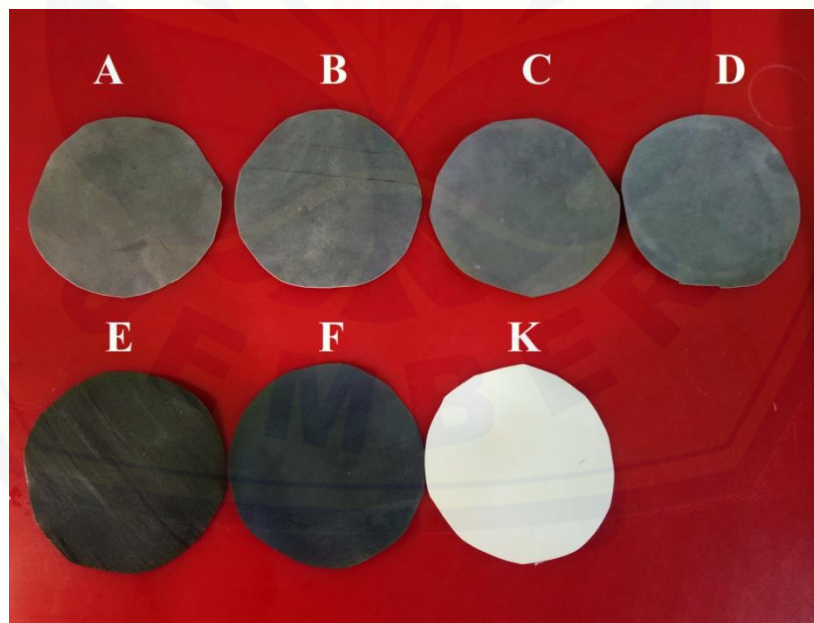
Membran nilon-arang yang sudah disintesis kemudian diaplikasikan untuk filtrasi air. Membran dari hasil sintesis dipotong berbentuk lingkaran disesuaikan dengan alat filtrasi sistem aliran *dead-end* yang digunakan. Filtrasi air dilakukan dengan tekanan 2 bar selama 1 jam. Membran dimasukkan kedalam alat filtrasi. Selanjutnya air sebanyak 250 ml dimasukkan kedalam modul flat sistem aliran *dead-end* yang sudah dilengkapi dengan *magnetic stirrer* yang kecepatannya konstan. Hasil filtrasi berupa *permeate* ditampung pada gelas ukur dan volume *permeate* diukur setiap 5 menit. Proses filtrasi air menggunakan membran nilon-arang dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan.

3.5 Metode Analisis Data

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari kegiatan penelitian ini terdapat beberapa hal yang akan dianalisis. Beberapa hal yang akan dianalisis untuk mendapatkan informasi berkenaan dengan pengaruh suhu karbonisasi arang aktif dalam membran nilon-arang yang disintesis serta pada proses filtrasi air. Analisis pengaruh nilai fluks dan uji *swelling* merupakan salah satu parameter untuk menentukan kinerja membran pada penelitian ini. Nilai fluks dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.1), nilai fluks yang besar akan menunjukkan kinerja membran yang baik dan nantinya juga akan didapatkan grafik perbandingan antara fluks dengan waktu filtrasi untuk tiap masing-masing sampel. Sedangkan hasil uji *swelling* menggunakan Persamaan (2.2). Serta dilakukan pengujian ANOVA: *one way* untuk mengetahui pengaruh suhu karbonisasi arang pada membran nilon-arang pada filtrasi dan *swelling*. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh nantinya dapat memberikan informasi terkait suhu karbonisasi terbaik dari arang aktif eceng gondok yang dapat digunakan dalam pembuatan membran nilon-arang untuk proses filtrasi.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Filtrasi merupakan suatu proses pemisahan yang bergantung pada bahan dan tingkat filtrasi yang diinginkan (Isrofiyah, 2018). Filtrasi dilakukan dengan melewatkan cairan pada suatu membran tipis. Cairan yang digunakan untuk proses filtrasi adalah air, serta filter yang digunakan yaitu membran nilon-arang. Arang yang digunakan berbahan baku dari eceng gondok. Arang eceng gondok dikarbonisasi dengan variasi suhu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, dan 550°C. Arang yang sudah dikarbonisasi kemudian diaktivasi, arang eceng gondok yang dihasilkan pada penelitian ini berukuran 200 mesh. Arang yang sudah diaktivasi kemudian dicampurkan dengan larutan nilon, menggunakan plat kaca dengan pinggirnya berlapis 2 selotip. Proses pencampuran larutan nilon dengan variasi arang aktif eceng gondok menghasilkan sampel membran berturut-turut yaitu A (300°C), B (350°C), C (400°C), D (450°C), E (500°C), F (550°C), dan K (membran nilon tanpa campuran arang aktif).



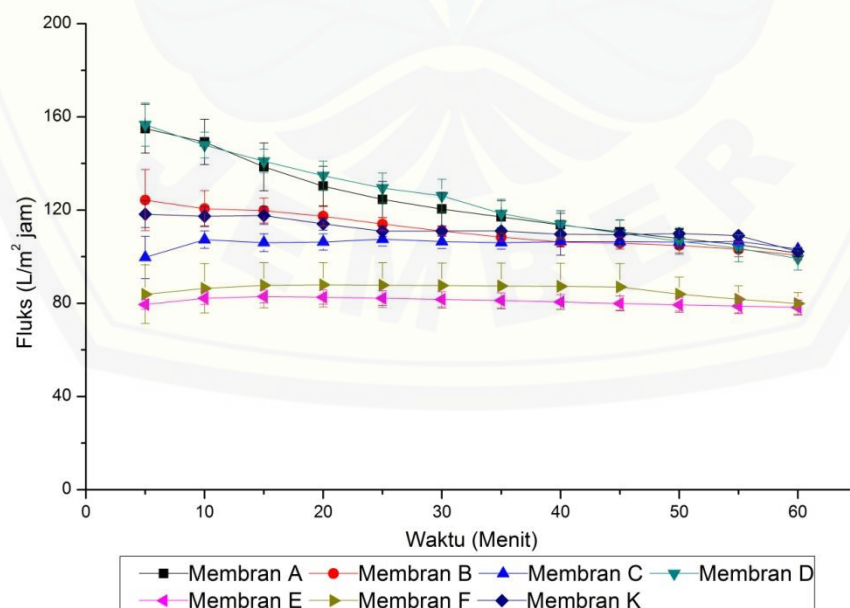
Gambar 4. 1 Membran nilon (K) dan membran nilon-arang dengan variasi suhu karbonisasi sebesar 300°C (A), 350°C (B), 400°C (C), 450°C (D), 500°C (E), dan 550°C (F)

Sampel membran nilon-arang yang dihasilkan berdasarkan Gambar 4.1 secara kasat mata bisa dibedakan secara spesifik karena variasi suhu karbonisasi pada bahan arang untuk campuran membran nilon-arang. Berdasarkan Gambar 4.1 selain membran nilon arang juga dapat dibedakan membran nilon yang memiliki permukaan berwarna putih dan halus. Oleh karena itu untuk melihat spesifik perbedaan dari setiap sampel maka dilakukan pengukuran nilai fluks dan uji *swelling* pada membran nilon-arang.

4.1. Kinerja Membran

4.1.1 Fluks

Fluks merupakan banyaknya volume permeate yang melewati membran dalam satuan waktu tertentu (Mulder, 1996). Salah satu parameter yang menentukan kinerja membran diantaranya pengukuran nilai fluks. Membran dapat dikatakan baik dan efisien apabila membran tersebut memiliki nilai fluks yang tinggi (Sihotang, 2014). Pengukuran nilai fluks pada penelitian ini dilakukan dengan tekanan 2 bar dan variasi suhu karbonisasi pada membran nilon-arang dan membran nilon sebagai kontrol dengan proses filtrasi selama 1 jam. Nilai fluks dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (2.1).

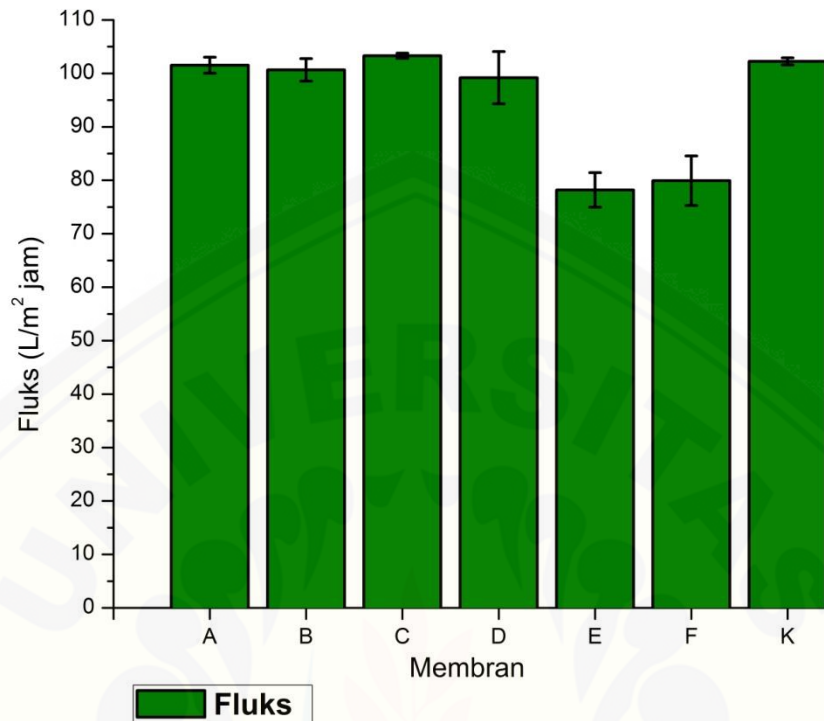


Gambar 4.2 Grafik perubahan fluks air berdasarkan perubahan waktu

Membran yang digunakan sebagai filter pada proses filtrasi memiliki diameter 5,5 cm. Umpan (*feed*) yang digunakan yaitu air dengan volume yang diperlukan sebanyak 250 ml dengan sistem aliran yang digunakan yaitu sistem *dead-end*. Berdasarkan lampiran pada Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengukuran fluks air dengan variasi suhu karbonisasi arang yang digunakan sebagai campuran membran nilon-arang. Suhu karbonisasi arang pada membran nilon-arang juga memiliki pengaruh signifikan pada nilai fluks selama 1 jam. Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan penurunan fluks yang signifikan. Perubahan nilai fluks untuk setiap pengulangan membran ditunjukkan hasil fluks pada membran $C > A > B > D > F > E$ yaitu 103,29 L/m² jam, 101,53 L/m² jam, 100,65 L/m² jam, 99,19 L/m² jam, 79,93 L/m² jam, 78,19 L/m² jam. Penurunan yang sama juga terjadi pada membran K yaitu 102,95 L/m² jam. Pada setiap masing-masing membran juga terjadi keadaan tunak. Keadaan tunak pada setiap membran belum begitu terlihat jelas pada menit ke 50 sampai 60, hal ini sama dengan penelitian Ghaffour *et al.* (2002), pada kondisi tunak terjadi pada menit ke 50 sampai 70. Pada kondisi saat terjadi perubahan fluks merupakan keadaan tunak (fluks tidak menurun lebih lanjut). Penurunan nilai fluks menyebabkan laju alir fluida juga menurun.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran fluks air pada masing-masing membran

Membran	Pengulangan			\bar{J} (L/m ² jam)	$(\bar{J} \pm \Delta J)$ (L/m ² jam)
	1	2	3		
300°C (A)	102,33	98,63	103,64	101,53	101,53 ± 1,50
350°C (B)	97,45	99,89	104,61	100,65	100,65 ± 2,10
400°C (C)	103,68	103,85	102,33	103,29	103,29 ± 0,48
450°C (D)	89,45	104,61	103,51	99,19	99,19 ± 4,88
500°C (E)	75,89	84,56	74,12	78,19	78,19 ± 3,23
550°C (F)	83,04	70,83	85,91	79,93	79,93 ± 4,62
Nilon (K)	102,25	104,27	102,33	102,95	102,95 ± 0,66



Gambar 4. 3 Grafik fluks air dengan variasi suhu karbonisasi membran nilon-arang saat filtrasi selama 1 jam

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran fluks air dengan variasi suhu karbonisasi arang pada membran nilon-arang selama 1 jam. Berdasarkan Gambar 4.3, nilai fluks air pada proses filtrasi mengalami penurunan yang signifikan membran E (500°C) sebesar 78,19 L/m² jam, dan didapatkan nilai fluks yang tertinggi pada membran C sebesar 103,29 L/m² jam. Hal ini menunjukkan pengaruhnya suhu karbonisasi pada membran nilon-arang berpengaruh pada proses filtrasi. Tetapi pada membran lain juga terjadi penurunan fluks yang tidak terlalu signifikan. Terdapat pengaruh suhu karbonisasi arang pada campuran membran nilon-arang terhadap nilai fluks pada proses filtrasi air dibuktikan dengan uji *one-way* ANOVA dengan nilai $P_{value} < 0,05$.

4.1.2 Koefisien Permeabilitas

Koefisien peremabilitas merupakan salah satu pengaruh suatu kinerja membran. Penelitian ini untuk koefisien permeabilitas menggunakan tekanan tetap yaitu 2 bar dalam waktu 1 jam.

Tabel 4.2 Hasil koefisien permeabilitas untuk masing-masing membran nilon-arang

Membran	Permeabilitas (L/m ² .jam.bar)
300°C (A)	50,77
350°C (B)	50,33
400°C (C)	51,65
450°C (D)	49,60
500°C (E)	39,10
550°C (F)	39,97
Nilon (K)	51,13

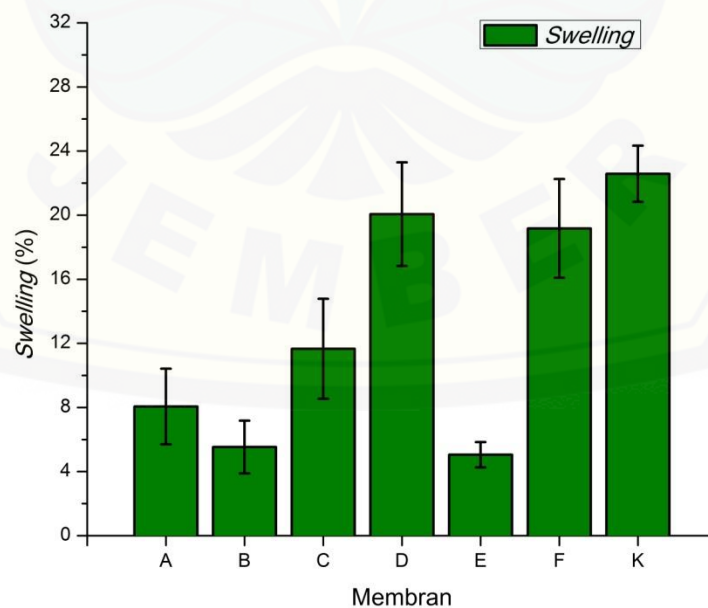
Koefisien permeabilitas menggunakan perbandingan antara nilai fluks dengan tekanan operasional membran selama proses filtrasi. Tekanan yang digunakan saat proses filtrasi adalah tetap yaitu 2 bar. Adapun nilai koefisien permeabilitas pada masing-masing membran dapat ditunjukkan oleh Tabel 4.3. Menurut Mulder (1996), rentan permeabilitas membran bervariasi ditunjukkan dengan Tabel 2.1. Berdasarkan Tabel 4.3 hasil permeabilitas pada membran nilon-arang dengan variasi suhu karbonisasi arang menghasilkan jenis membran yang berbeda pada membran D (450°C), E (500°C), dan F (550°C) tergolong jenis membran ultrafiltrasi karena rentang permeabilitas sekitar 10-50 L/m² jam serta membran A (300°C), B (400°C), °C (450°C) termasuk jenis membran mikrofiltrasi. Menurut Wenten *et al.*, (2010), membran ultrafiltrasi dimana tekanan hidrostatis memaksa cairan menembus membran semipermeabel dan membran ultrafiltrasi biasanya digunakan untuk purifikasi dan pemekatan larutan makromolekul. Membran mikrofiltrasi dapat digunakan untuk mengolah mikroorganisme dalam air.

4.2. Uji Swelling

Uji Swelling merupakan salah satu juga menentukan kinerja membran terhadap daya serapnya terhadap air. Uji Swelling dilakukan dengan memotong membran berbentuk lingkaran dengan diameter 5,5 cm yang nantinya direndam dalam aquades selama 24 jam setelah itu membran dikeringkan. Aquades yang digunakan untuk merendam sebanyak 100 ml. Membran setelah dilakukan perendaman dan dalam keadaan kering dilakukan pengukuran ketebalannya menggunakan *thickness gauge*, untuk mencari nilai *swelling* digunakan Persamaan (2.2).

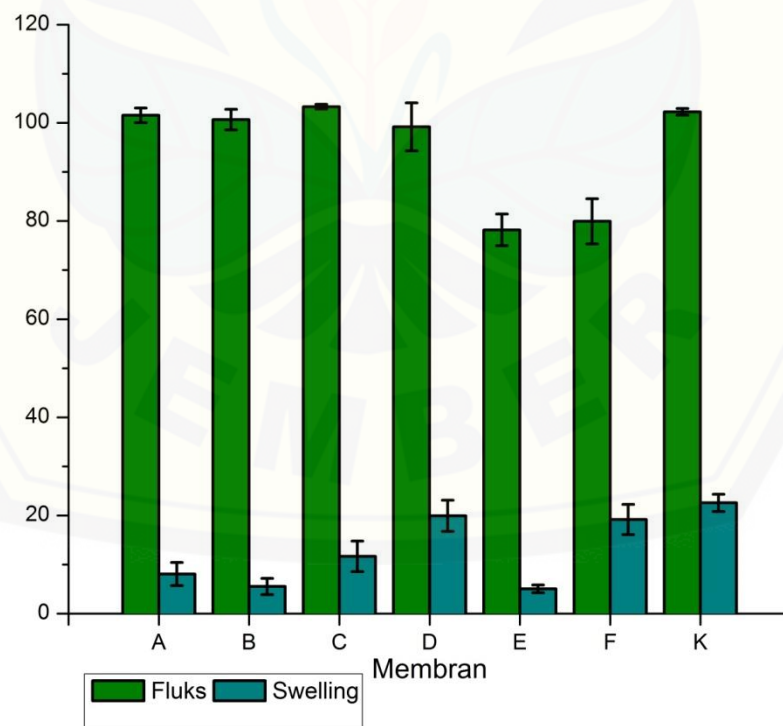
Tabel 4. 3 Hasil Uji *swelling* pada masing-masing membran nilon-arang dengan variasi suhu karbonisasi arang.

Membran	$(\overline{SD} \pm \Delta SD)(\%)$
300°C (A)	$8,06 \pm 2,36$
350°C (B)	$5,53 \pm 1,65$
400°C (C)	$11,66 \pm 3,11$
450°C (D)	$19,94 \pm 3,18$
500°C (E)	$5,05 \pm 0,79$
550°C (F)	$19,17 \pm 3,08$
Nilon (K)	$22,58 \pm 1,75$



Gambar 4. 4 Grafik *swelling* dengan variasi suhu karbonisasi arang pada membran nilon-arang

Berdasarkan hasil Tabel 4.3 dan Gambar 4.4 terjadi peningkatan *swelling* cukup besar dibandingkan dengan *swelling* 1 jam hasil yang didapatkan pada pengujian *swelling* terbesar pada membran D adalah 19,94%, daya serap terhadap air cukup tinggi karena pori-pori terbuka. Berdasarkan Gambar 4.4 juga didapatkan *swelling* terkecil samapai dengan terendah pada membran D > F > C > A > B > E. Pada pori-pori yang dihasilkan antara (0.380-0.532) μm dengan suhu antara 400°C-500°C (Kusumaningtyas, 2019). Terdapat pengaruh suhu karbonisasi arang pada membran nilon-arang pada *swelling* melalui uji ANOVA diperoleh nilai hasil $P_{\text{Value}} < 0.05$. Membran K (membran nilon) juga memberikan hasil yang signifikan pada *swelling* sebesar 22,58%. Pengujian ini selain menyebabkan peningkatan pada ketebalan juga mengalami peningkatan pada massa membran nilon-arang. Selanjutnya untuk perbandingan grafik antara nilai fluks yang dihasilkan pada saat proses filtrasi dengan *swelling* yang dilakukan ditunjukkan dengan Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Grafik antara fluks proses filtrasi dengan swelling

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa suhu karbonisasi pada membran nilon-arang dapat mempengaruhi nilai fluks pada proses filtrasi air, semakin tinggi suhu karbonisasi maka fluks yang dihasilkan juga semakin sedikit disebabkan pori-pori pada arang akan semakin kecil. Nilai fluks yang dihasilkan yang terbesar untuk membran nilon-arang pada membran C adalah $103,29 \text{ L/m}^2 \text{ jam}$, sebagai pembanding juga pada membran K juga menghasilkan nilai fluks sebesar $102,95 \text{ L/m}^2 \text{ jam}$. *Swelling* yang dilakukan pada proses filtrasi selama 1 jam juga menunjukkan nilai terbesar pada membran D sebesar 1,0%. Uji *swelling* yang dilakukan dengan perendaman 24 jam dan kemudian dikeringkan mendapatkan nilai *swelling* terkecil 5,05% membran E dimana terjadi perubahan signifikan pada suhu ini. Suhu karbonisasi memengaruhi pada proses filtrasi ditunjukkan dengan hasil nilai fluks dan *swelling*.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjut mengenai membran nilon-arang untuk *feed* yang lain digunakan sebagai pembanding air. Perlu dilakukan karakterisasi SEM agar diketahui lebih jelas ukuran pori pada membran nilon-arang pada masing-masing variasi suhu karbonisasi arang aktif . Serta juga perlu dilakukan filtrasi dengan waktu lebih dari 1 jam sehingga dapat diketahui keadaan tunak yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al, P. H. 2003. Pembuatan dan Karakterisasi Membran Komposit Polisulfon Selulosa Asetat untuk Proses Ultrafiltrasi. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains* 3(8): 168-173.
- Apipah, E. R. 2016. Sifat Listrik Arang Aktif dari Tumbuhan Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Sebagai Bahan Semikonduktor. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Bak, H., S. Y Cho, Y. S. Yun, H. J Jin. 2010. Electrically Conductive Transparent Films Based on Nylon 6 Membranes and Single-Walled Carbon Nanotubes. *Elsevier* 10: 468-472.
- Baker, R. W. 2004. *Membrane Technology and Application*. Second Edition. England: John Willey dan Sons Ltd.
- Chen, C-K., dan Kuo, J-K. 2006. Nylon 6/CB Polymeric Conductive Plastic Bipolar Plates for PEM Fuel Cells. *Journal of Applied Polymer Science* 101: 3415-3421.
- Desi, A. S. dan R. Vinisiah. 2015. Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi terhadap Daya Serap Karbon Aktif Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea brasiliensis*). *Prosiding Bidang MIPA Seminar dan Rapat Tahunan (SEMIRATA)*. 5-7 Mei 2015. Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya. 294-303.
- Dwiyati, S. T. dan A. Kholil. 2014. Pembuatan Briket Hasil Pemanfaatan Eceng Gondok dan Sampah Plastik HDPE sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur* 1(2): 98-103.
- Fachry, A. R, T. I. Sari, A. Y. Dipura, dan J. Najamudin. 2010. Mencari Suhu Optimal Proses Karbonisasi dan Pengaruh Campuran Batu Bara terhadap Kualitas Briket Eceng Gondok. *Jurnal Teknik Kimia* 17(2): 55-67.
- Fauziah, N. 2009. Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung dari Kulit *Acacia magnium* Wild dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya sebagai Adsorben. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Freger, V. 2004. Swelling and Morphology of the Skin Layer of Polyamide Composite Membranes: An Atomic Force Microscopy Study. *Article in Environmental Science and Technology* 38(11): 3168-3175.

- Ghaffour, N., T. Khir, dan J. L. Jonsson. 2002. Modeling The Steady State Flux of Oil/Water and Suspended Solids Separation By Cross-Flow Ultrafiltration. The 6th Saudi Engineering Conference 2: 267-278.
- Gusmailina dan G. Pari. 2002. Pengaruh Pemberian Arang terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah (*Capsium annum*). *Buletin Penelitian Hasil Hutan* 20(3): 217-229.
- Hassan, M., R. Abou-Zeid, E. Hassan, L. Bergund, Y. Aitomaki, dan K. Oksman. 2017. Membranes Based on Cellulose Nanofibers and Activated Carbon for Removal of *Echerichia coli* Bacteri from Water. *Article Polymers* 9(8): 1-14.
- Huang, L. dan J. R. McCutcheon. 2014. Hydrophilic Nylon 6,6 Nanofibers Supported Thin Film Composite Membranes for Engineered Osmosis. *Jurnal of Membrane Science* 457: 162-169.
- Isrofiyah, B. 2018. Pengaruh Variasi Fraksi Massa Nilon dan TiO₂ Terhadap Efek AntiBakteri dan Permeabilitas Pada Membran Hibrid. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Kappert, E. J., M. J. T. Raaijmakers, K. Tempelman, F. P. Cuperus. W. Ogieglo, N. E. Benes. 2019. Swelling of 9 Polymers Commonly Employed for Solvent-Resistant Nanofiltration Membranes: A Comprehensive Dataset. *Journal of Membrane Science* 569: 177-199.
- Kusumaningtyas, R. 2019. Karakterisasi FTIR dan SEM-EDX Arang Aktif Eceng Gondok Berdasarkan Variasi Suhu Karbonisasi. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Lai, C. Y., A. Groth, S. Gray, dan M. Duke. 2014. Nanocomposites for Improved Physical Durability of Porous PVDF Membranes. *Journal Membranes* 4(1): 55-78.
- Lempang, M. 2014. Pembuatan dan Kegunaan Arang Aktif. *Info Teknis EBONI Balai Penelitian Kehutanan Makassar* 11(2): 65-80.
- Listiani, S. Y. 2018. Uji Kinerja Membran Komposit Nilon-Arang (Studi Kasus: Air Sungai Bedadung). *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Masturin, A. 2002. Sifat Fisis dan Kimia Briket Arang dari Campuran Limbah Gergajian Kayu. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

- Maulina, W. 2010. Pemanfaatan Limbah Benang Nilon dan Ampas Tebu Untuk Sintesis Membran Komposit Nilon-Arang. Laporan Akhir. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Mulder, M. 1996. *Basic Prinsiple of Membrane Technology Second Edition*. London: Kluwer Academic Publisher.
- Munkar, G., Syafrudin, dan W. D. Nugraha. 2017. Pengaruh *C/N Ratio* pada Produksi Biogas dari Daun Eceng Gondok dengan Metode *Liquid Anaerobic Digestion (L-AD)*. *Jurnal Teknik Lingkungan* 6(3): 1-8.
- Mustari, G., S. Suryaningsih, dan M. Kartawidjaja. 2017. Analisis Sifat Adsorpsi Logam Berat pada Eceng Gondok dalam Pengelolaan Air Limbah Elektroplating. *Jurnal Material dan Energi Indonesia* 7(1): 44-48.
- Narang, J., N. Chauhan, A. Singh, dan C. S. Pundir. A Nylon Membrane Based Amperometric Biosensor for Polyphenol Determination. *Journal of Moleculer Catalysis B: Enzymatic* 72: 276-281.
- Nurdiansah, H. dan D. Susanti. 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak terhadap Nilai Kapasitansi Electric Doubel Layer Capacitor (EDLC). *Jurnal Teknik POMITS* 2(1): 13-18.
- Nuryana, R. 2016. Pemanfaatan Sellulosa dari Eceng Gondok sebagai Bahan Baku Pembuatan CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*) dengan Media Reaksi campuran Larutan Metanol-Propanol. *Skripsi*. Palembang: Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Puspita, I. 2018. Sintesis Nanohidrogel Tapioka Menggunakan Metode *Crosslinking* Kimia dan Iradiasi Sinar Gamma. *Skripsi*. Bogor: Departemen Fisika Institut Pertanian Bogor.
- Putera, R. D. H. 2012. Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dengan Variasi Pelarut. *Skripsi*. Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Rachmawati, Z. 2019. Analisis Struktur Kristal, Ukuran Kristal, Kritalinitas, dan Daya Serap Iodin pada Arang Aktif Eceng Gondok Berdasarkan Variasi Suhu Karbonisasi. *Skripsi*. Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.
- Rudiyanto, F. 2004. Tingkat Kemampuan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Memperbaiki Kualitas Limbah Cair Hasil Deasidifikasi Nata De Coco. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Perikanan dan Kelautan Institut Pertanian Bogor.

- Rumidatul, A. 2004. Efektivitas Arang Aktif sebagai Adsorben pada Pengolahan Air Limbah. *Skripsi*. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Said, K. A. M., G. G. George, N. A. M. Allpah, N. Z. Ismail, dan R. L. Jama'in. 2017. Effect of Activated Carbon in PSF-PEI-Ag Symmetric Membrane. *Journal MATEC Web of Conferences* 87: 1-7.
- Siahaan, S., M. Hutapea, dan R. Hasibuan. 2013. Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi. *Jurnal Teknik Kimia* 2(1): 26-30.
- Sihotang, T. Y. 2014. Kajian Membran Nilon pada Proses Filtrasi Bertahap Sistem *Cros-Flow* untuk Desalinasi Air Payau. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Sudrajat, R. dan G. Pari. 2011. *Arang Aktif: Teknologi Pengolahan dan Masa Depan*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Suhendi, A. 2007. Pencirian Membran Mikrofiltrasi Nilon-6. *Skripsi*. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Tellez, T. R., E. M. de Rodrigo, G. L. Granado, E. A. Perez, R. M. Lopez, dan J. M. S. Guzman. 2008. The Water Hyacinth *Eichhornia crassipes*: an Invasive Plant in the Guadiana River Basin (Spain). *Journal complication REABIC* 3(1): 42-53.
- Tudjuka, M. D., D. K. Walanda, dan B. Hamzah. 2017. Arang Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai Adsorben Fenol pada Limbah PLTU Palu. *Jurnal Akademika Kimia* 6(2): 119-124.
- Wenten, I. G., Khoiruddin, P. T. P. Aryanti, dan A. N. Hakim. 2010. *Pengantar Teknologi Membran*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Winata, A., K. Yualiati, S. Hanggita. 2015. Analisis Korelasi Harga dan Mutu Kimiawi Kerupuk di Pasar Tradisional Cinde Palembang. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian* 4(2): 179-183.
- Yuliatin, E., Y. P. Sari, dan M. Hendra. 2018. Efektivitas Pupuk Organik Cair dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart), *Solm*) untuk Pertumbuhan dan Kecerahan Warna Merah Daun *Aglaonema* 'Lipstik'. *Jurnal Biotropika* 6(1): 28-34.

LAMPIRAN

A. Proses Pembuatan Arang Dari Eceng Gondok



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

Keterangan : (a) Eceng gondok, (b) Eceng gondok dibersihkan dan diambil batang, (c) Eceng gondok dikeringkan dibawah sinar matahari, (d) Eceng gondok dipotong kecil-kecil, (e) Eceng gondok dioven dengan suhu 150°C, (f) Eceng gondok kering dihaluskan dengan blender, (g) Serbuk eceng gondok yang halus dimasukkan ke cawan krusibel.



(e)



(f)



(g)

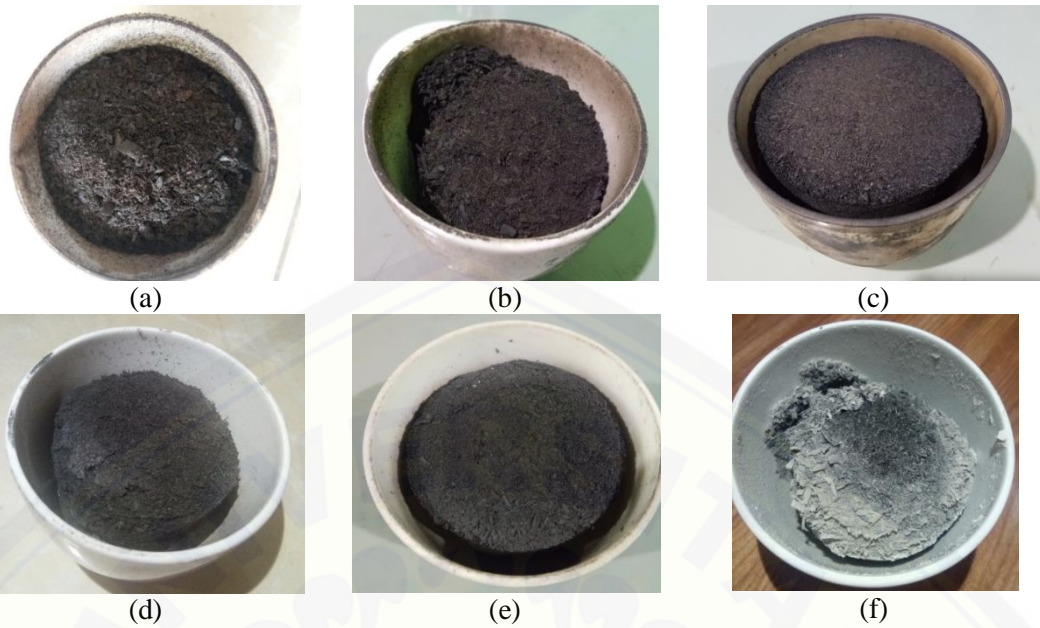


(h)



(i)

Keterangan : (h) Serbuk eceng gondok dikarbonisasi dengan *furnace* dengan variasi suhu 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, dan 550°C, (i) Serbuk eceng gondok menjadi arang, (j) Arang eceng gondok dihaluskan menggunakan mortar, (k) Arang eceng gondok diayak dengan menggunakan ayakan 200 mesh, (l) Arang eceng gondok yang lolos dengan ukuran 200 mesh.



Keterangan : Variasi suhu karbonisasi arang (a) 300°C, (b) 350°C, (c) 400°C, (d) 450°C, (e) 500°C, dan (f) 550°C.

B. Proses Pembuatan Arang Aktif Dari Eceng Gondok

Pembuatan larutan NaOH 25%

Aktivasi arang dengan perbandingan 1:3

Arang : NaOH (b/b)

8,33 gram : 25 gram NaOH dalam 100 ml Air

Pembuatan HCl

Konsentrasi *Hydrochloric Acid* (HCl)

Kadar = 37% ; $\rho = 1,19 \text{ g/mol}$; $M_r \text{ HCl} = 36,5 \text{ g/mol}$

$$M = \frac{10 \times \% \text{HCl} \times \rho}{M_r \text{ HCl}}$$

$$M = \frac{10 \times 37\% \times 1,19 \text{ g/mol}}{36,5 \text{ g/mol}}$$

$$M = \frac{440,3}{36,5} M$$

$$M = 12,06 M$$

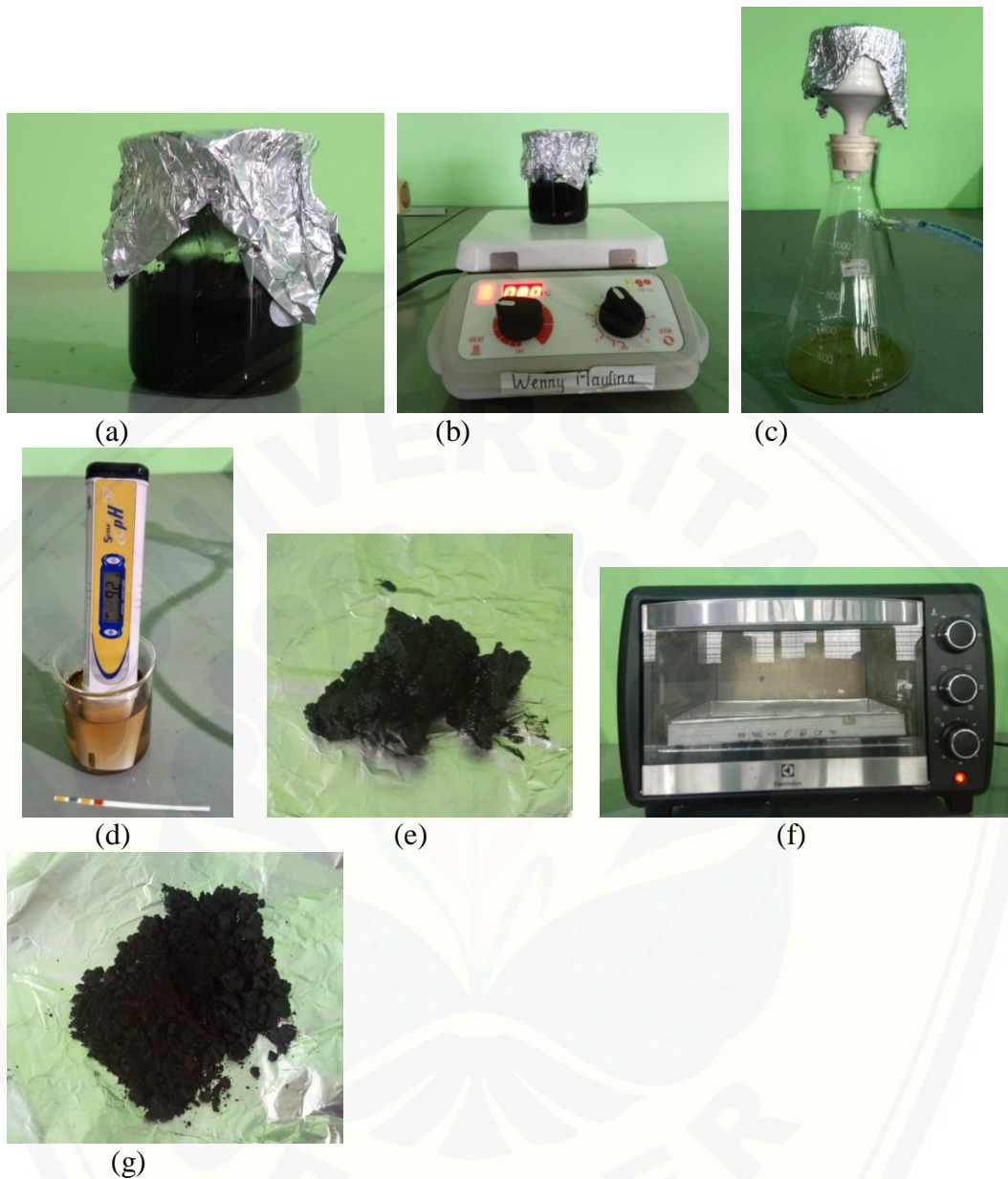
Maka volume yang dibutuhkan dalam HCl 2M

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12,06M \cdot V_1 = 2M \cdot 100ml$$

$$V_1 = \frac{2M \cdot 100ml}{12,06M}$$

$$V_1 = 16,58ml$$



Keterangan: (a) Rendaman arang eceng gondok dengan NaOH 25% selama 24 jam, (b) Rendaman arang 24 jam distirrer dengan kecepatan 350 rpm pada suhu 80°C, (c) Rendaman arang disaring menggunakan buchner funnel yang dilapisi kertas saring serta arang dinetralkan dengan HCl 2M, (d) Pengukuran pH diukur menggunakan pH meter dan kertas pH, (e) Hasil penyaringan arang setelah diaktivasi, (f) Arang hasil aktivasi yang tersaring dioven pada suhu 100°C selama 2 jam, (g) Sampel arang aktif.

C. Proses Pembuatan Membran Nilon-Arang

1. Pembuatan HCl

Dibutuhkan HCl 25%

➤ Kadar HCl 25%

$$M = \frac{10 \times \%HCl \times \rho}{Mr HCl}$$

$$M = \frac{10 \times 25\% \times 1,19 \text{ g/mol}}{36,5 \text{ g/mol}}$$

$$M = \frac{297,5}{36,5} M$$

$$M = 8,15 M$$

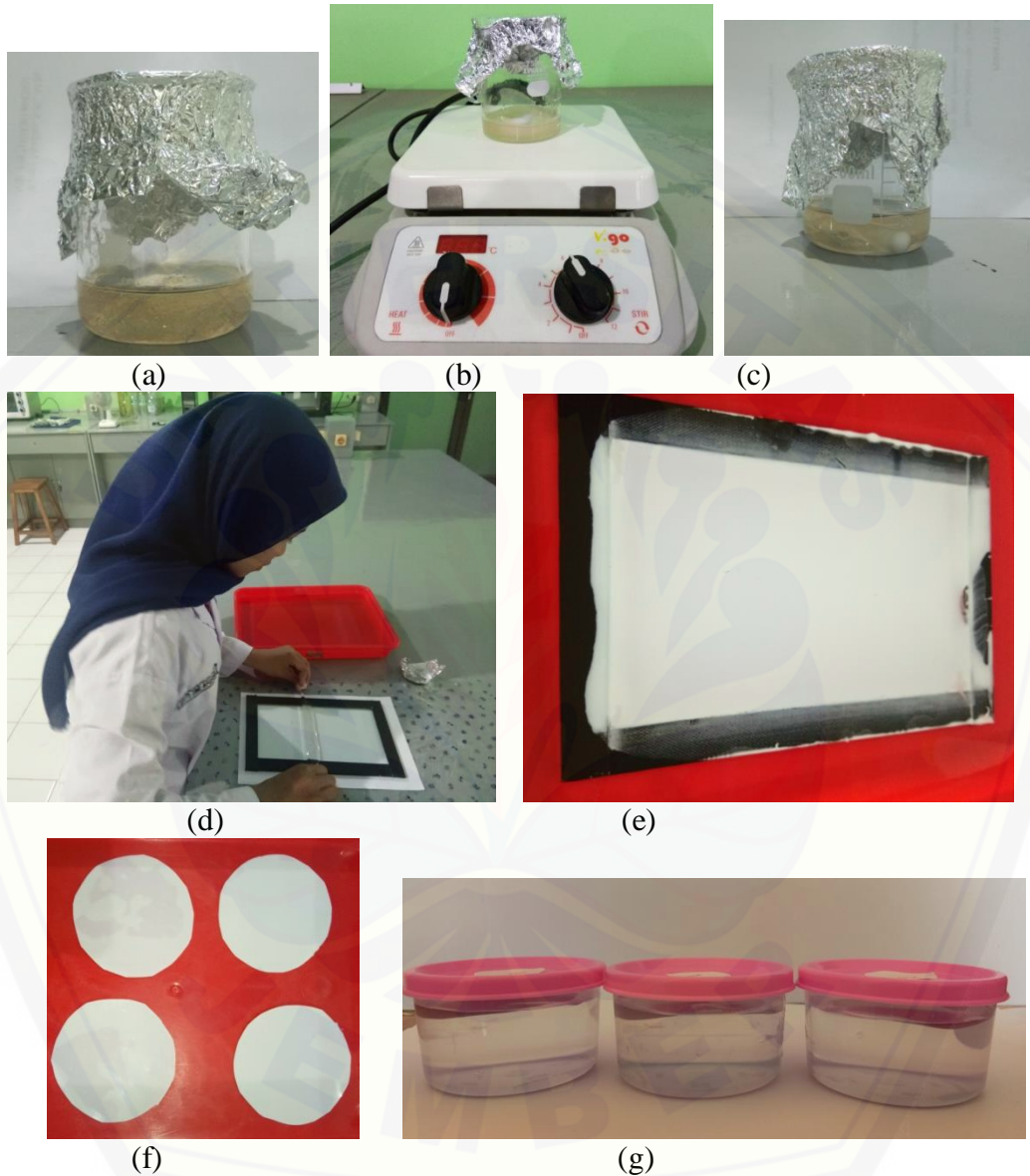
$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

$$12,06M \cdot V_1 = 8,15M \cdot 100ml$$

$$V_1 = \frac{8,15M \cdot 100ml}{12,06M}$$

$$V_1 = 67,5ml = 67ml$$

➤ HCl 67 ml dilarutkan dalam 100 ml air, kemudian diambil 20 ml larutan HCl dicampurkan kedalam nilon 6 gram serta 2 ml aceton.



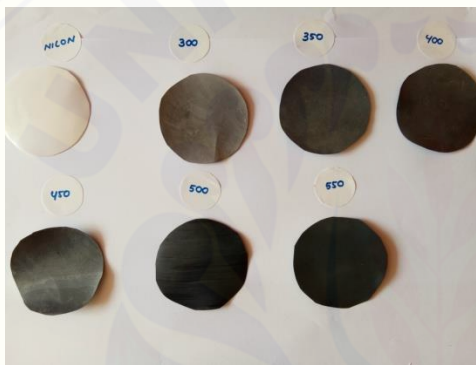
Keterangan: (a) Campuran nylon 6 gram dengan larutan HCl 20ml serta aceton 2ml didiamkan sampai meleleh, (b) Larutan distirrer dengan kecepatan 350 rpm, (c) larutan yang sudah distirrer selama 1 jam, (d) Larutan tersebut dicetak dengan menggunakan plat kaca yang diselotip sebanyak 2 lembar, (e) Larutan yang dicetak direndam didalam aquades selama 10 menit, (f) Membran dicetak dengan ukuran diameter 5,5 cm, (g) Membran direndam selama 24 jam,



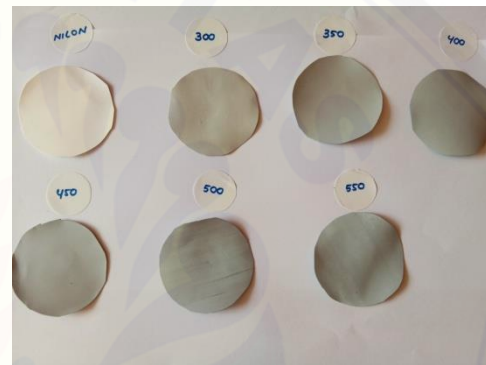
(h)



(i)



(j)



(k)

Keterangan: (h) Membran diukur ketebalan menggunakan *thicknes gauge*, (i) membran digunakan untuk filtrasi dengan sistem *dead-end*, (j) Hasil membran yang direndam 24 jam, (k) Membran yang sudah kering.

D. Hasil pengukuran volume permeate (air) terhadap variasi suhu karbonisasi membran nilon-arang pada proses filtrasi

➤ **Membran A**

A (m ²)	Menit ke-	Volume Air (L)			J (L/m ² jam)			$(\bar{J} \pm \Delta J)$
		1	2	3	1	2	3	
0,0024	5	0,0288	0,0284	0,0348	145,54	143,52	175,9	154,97 ± 10,46
	10	0,0574	0,0534	0,0664	145,03	134,93	167,8	149,24 ± 9,71
	15	0,0770	0,0754	0,0944	129,70	127,01	159	138,58 ± 10,25
	20	0,0964	0,0964	0,1166	121,79	121,79	147,3	130,29 ± 8,51
	25	0,1154	0,1158	0,1386	116,63	117,04	140,1	124,58 ± 7,75
	30	0,1342	0,1346	0,1602	113,03	113,37	134,9	120,44 ± 7,24
	35	0,1528	0,1526	0,1812	110,31	110,16	130,8	117,10 ± 6,86
	40	0,1712	0,1698	0,1990	108,14	107,26	125,7	113,70 ± 6,01
	45	0,1894	0,1866	0,2150	106,35	104,77	120,7	110,61 ± 5,07
	50	0,2076	0,2028	0,2296	104,91	102,48	116	107,81 ± 4,17
	55	0,2252	0,2186	0,2428	103,46	100,43	111,5	105,14 ± 3,32
	60	0,2430	0,2342	0,2461	102,33	98,63	103,6	101,53 ± 1,50

➤ **Membran B**

A (m ²)	Menit ke-	Volume Air (L)			J (L/m ² jam)			$(\bar{J} \pm \Delta J)$
		1	2	3	1	2	3	
0,0024	5	0,0274	0,0194	0,0270	138,46	98,04	136,44	124,31 ± 13,15
	10	0,0508	0,0416	0,0508	128,36	105,11	128,36	120,61 ± 7,75
	15	0,0740	0,0648	0,0746	124,65	109,15	125,66	119,82 ± 5,34
	20	0,0940	0,0868	0,0980	118,76	109,66	123,81	117,41 ± 4,14
	25	0,1130	0,1078	0,1176	114,21	108,95	118,86	114,01 ± 2,86
	30	0,1314	0,1278	0,1362	110,67	107,64	114,71	111,01 ± 2,05
	35	0,1494	0,1470	0,1542	107,85	106,12	111,32	108,43 ± 1,53
	40	0,1666	0,1658	0,1724	105,24	104,73	108,90	106,29 ± 1,31
	45	0,1834	0,1842	0,1974	102,98	103,43	110,84	105,75 ± 2,55
	50	0,1998	0,2022	0,2204	100,97	102,18	111,38	104,84 ± 3,29
	55	0,2156	0,2198	0,2384	99,05	100,98	109,52	103,18 ± 3,22
	60	0,2314	0,2372	0,2484	97,45	99,89	104,61	100,65 ± 2,10

➤ **Membran C**

A (m ²)	Menit ke-	Volume Air (L)			J (L/m ² jam)			$(\bar{J} \pm \Delta J)$
		1	2	3	1	2	3	
0,0024	5	0,0228	0,0166	0,0198	115,22	83,89	100,06	99,72 ± 9,05
	10	0,0454	0,0412	0,0408	114,71	104,10	103,09	107,30 ± 3,72
	15	0,0674	0,0610	0,0604	113,53	102,75	101,74	106,01 ± 3,77
	20	0,0896	0,0810	0,0818	113,20	102,33	103,34	106,29 ± 3,47
	25	0,1110	0,1008	0,1074	112,19	101,88	108,55	107,54 ± 3,02
	30	0,1330	0,1208	0,1256	112,02	101,74	105,79	106,52 ± 2,99
	35	0,1546	0,1426	0,1434	111,61	102,95	103,52	106,03 ± 2,80
	40	0,1758	0,1642	0,16565	111,05	103,72	104,61	106,46 ± 2,31
	45	0,1972	0,1852	0,1866	110,73	103,99	104,77	106,50 ± 2,13
	50	0,2182	0,2068	0,2060	110,27	104,50	104,10	106,29 ± 1,99
	55	0,2392	0,2324	0,2248	109,89	106,77	103,27	106,64 ± 1,91
	60	0,2462	0,2466	0,2430	103,68	103,85	102,33	103,29 ± 0,48

➤ **Membran D**

A (m ²)	Menit ke-	Volume Air (L)			J (L/m ² jam)			$(\bar{J} \pm \Delta J)$
		1	2	3	1	2	3	
0,0024	5	0,0334	0,0322	0,0274	168,78	162,72	138,46	156,66 ± 9,26
	10	0,0588	0,0622	0,0546	148,57	157,16	137,96	147,90 ± 5,55
	15	0,0798	0,0896	0,0818	134,42	150,93	137,79	141,05 ± 5,04
	20	0,1008	0,1164	0,1030	127,35	147,05	130,13	134,84 ± 6,16
	25	0,1178	0,1396	0,1270	119,06	141,09	128,36	129,50 ± 6,39
	30	0,1336	0,1616	0,1540	112,52	136,11	129,70	126,11 ± 7,04
	35	0,1486	0,1780	0,1660	107,28	128,50	119,84	118,54 ± 6,16
	40	0,1626	0,1930	0,1854	102,71	121,91	117,11	113,91 ± 5,77
	45	0,1756	0,2072	0,2054	98,60	116,34	115,33	110,09 ± 5,75
	50	0,1886	0,2212	0,2236	95,31	111,78	112,99	106,69 ± 5,70
	55	0,2006	0,2350	0,2408	92,16	107,96	110,62	103,58 ± 5,76
	60	0,2124	0,2484	0,2458	89,45	104,61	103,51	99,19 ± 4,88

➤ **Membran E**

A (m ²)	Menit ke-	Volume Air (L)			J (L/m ² jam)			$(\bar{J} \pm \Delta J)$
		1	2	3	1	2	3	
0,0024	5	0,0158	0,0164	0,0150	79,84	82,88	75,80	79,51 ± 2,05
	10	0,0320	0,0346	0,0310	80,85	87,42	78,33	82,20 ± 2,71
	15	0,0480	0,0524	0,0472	80,85	88,27	79,51	82,88 ± 2,72
	20	0,0638	0,0702	0,0622	80,60	88,69	78,58	82,62 ± 3,09
	25	0,0792	0,0876	0,0772	80,05	88,54	78,02	82,20 ± 3,22
	30	0,0942	0,1046	0,0922	79,34	88,10	77,65	81,70 ± 3,24
	35	0,1092	0,1214	0,1070	78,83	87,64	77,25	81,24 ± 3,23
	40	0,1238	0,1374	0,1214	78,20	86,79	76,69	80,56 ± 3,15
	45	0,1380	0,1536	0,1354	77,49	86,25	76,03	79,92 ± 3,19
	50	0,1522	0,1696	0,1492	76,91	85,71	75,40	79,34 ± 3,21
	55	0,1662	0,1854	0,1628	76,35	85,17	74,79	78,77 ± 3,23
	60	0,1802	0,2008	0,1760	75,89	84,56	74,12	78,19 ± 3,23

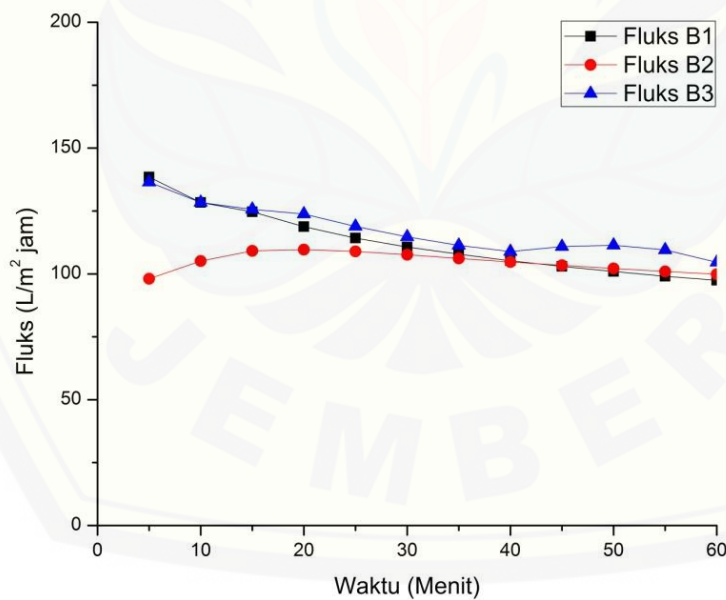
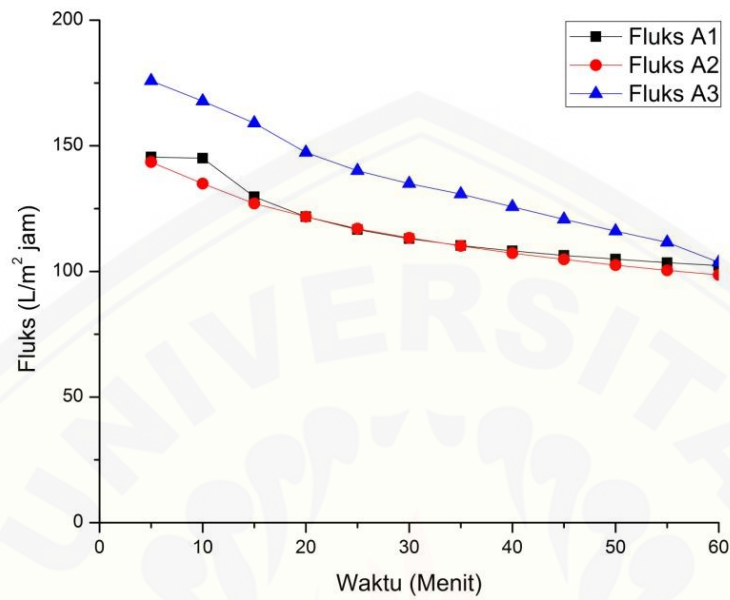
➤ **Membran F**

A (m ²)	Menit ke-	Volume Air (L)			J (L/m ² jam)			$(\bar{J} \pm \Delta J)$
		1	2	3	1	2	3	
0,0024	5	0,0164	0,0124	0,0210	82,88	62,66	106,12	83,89 ± 12,56
	10	0,0330	0,0276	0,0420	83,38	69,74	106,12	86,41 ± 10,61
	15	0,0496	0,0436	0,0630	83,55	73,44	106,12	87,71 ± 9,66
	20	0,0662	0,0586	0,0840	83,63	74,03	106,12	87,93 ± 9,51
	25	0,0826	0,0730	0,1050	83,48	73,78	106,12	87,79 ± 9,58
	30	0,0990	0,0870	0,1260	83,38	73,27	106,12	87,59 ± 9,71
	35	0,1154	0,1010	0,1470	83,31	72,91	106,12	87,45 ± 9,81
	40	0,1316	0,1148	0,1680	83,13	72,52	106,12	87,26 ± 9,92
	45	0,1474	0,1286	0,1890	82,76	72,21	106,12	87,03 ± 10,02
	50	0,1644	0,1418	0,1920	83,08	71,66	97,03	83,92 ± 7,34
	55	0,1808	0,1550	0,1980	83,06	71,21	90,96	81,74 ± 5,74
	60	0,1972	0,1682	0,2040	83,04	70,83	85,91	79,93 ± 4,62

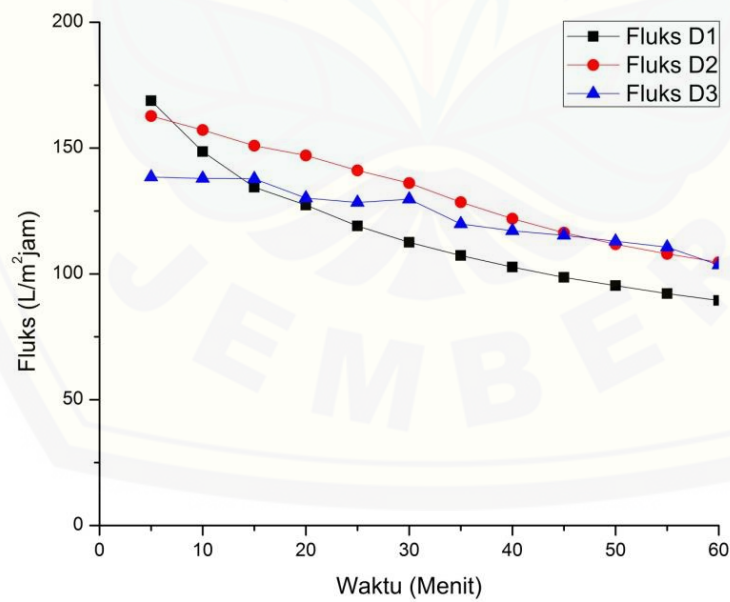
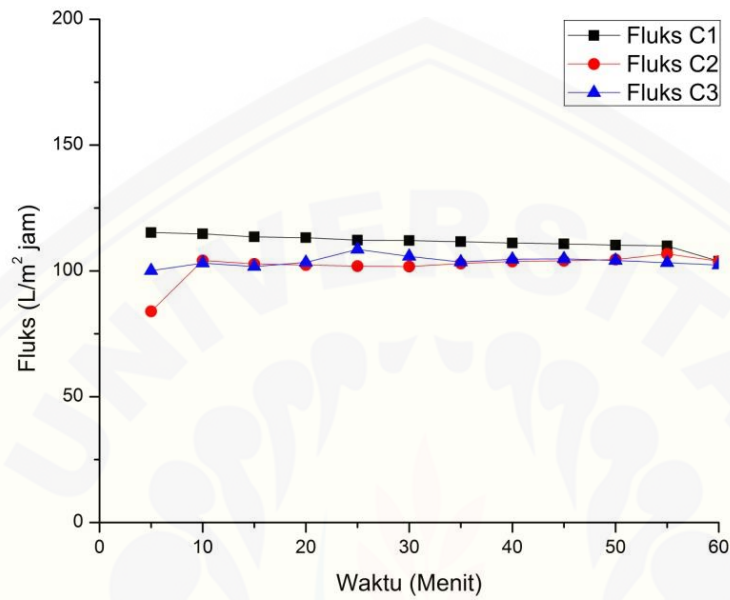
➤ **Membran K**

A (m ²)	Menit ke-	Volume Air (L)			J (L/m ² jam)			$(\bar{J} \pm \Delta J)$
		1	2	3	1	2	3	
0,0024	5	0,0212	0,0250	0,0240	107,13	126,34	121,28	118,25 ± 5,75
	10	0,0434	0,0490	0,0470	109,66	123,81	118,76	117,41 ± 4,14
	15	0,0654	0,0728	0,0714	110,16	122,63	120,27	117,69 ± 3,82
	20	0,0868	0,0900	0,0942	109,66	113,70	119,01	114,12 ± 2,71
	25	0,1082	0,1070	0,1142	109,36	108,14	115,42	110,97 ± 2,25
	30	0,1294	0,1290	0,1370	108,99	108,65	115,39	111,01 ± 2,19
	35	0,1504	0,1542	0,1570	108,58	111,32	113,34	111,08 ± 1,38
	40	0,1714	0,1794	0,1700	108,27	113,32	107,39	109,66 ± 9,00
	45	0,1924	0,2024	0,1900	108,03	113,65	106,68	109,45 ± 2,13
	50	0,2134	0,2244	0,2150	107,84	113,40	108,65	109,96 ± 1,73
	55	0,2340	0,2424	0,2360	107,50	111,36	108,42	109,09 ± 1,16
	60	0,2428	0,2476	0,2430	102,25	104,27	102,33	102,95 ± 0,66

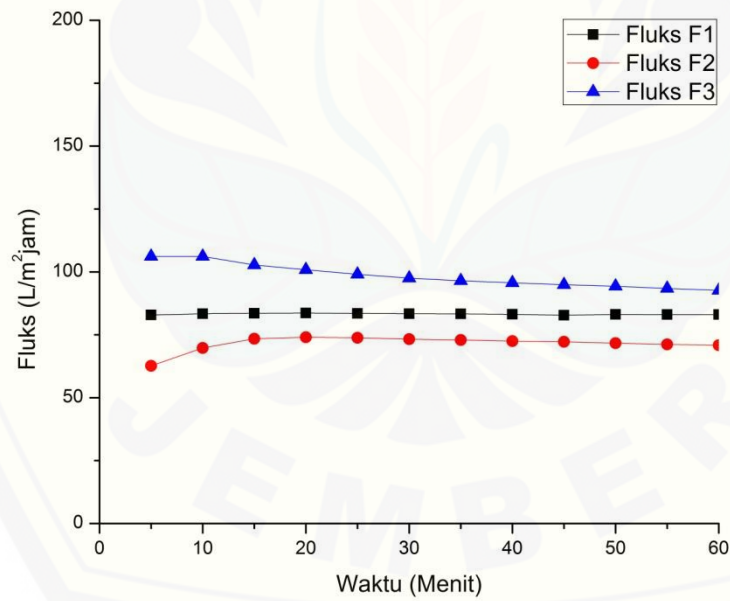
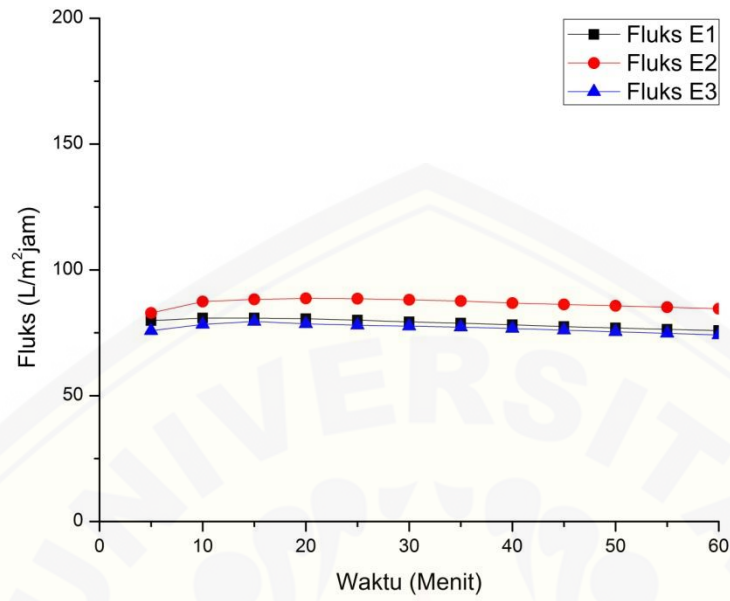
- **Grafik fluks pada proses filtrasi dengan variasi suhu karbonisasi membran non-arang.**



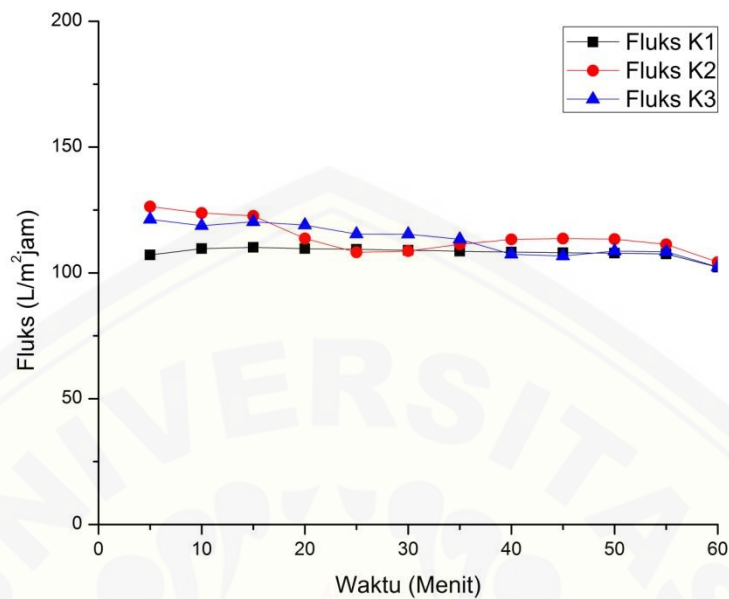
Keterangan: suhu karbonisasi arang A (300°C), B (350°C)



Keterangan: suhu karbonisasi arang C (400°C), D (450°C)



Keterangan: suhu karbonisasi arang E (500°C), F (550°C)



Keterangan: suhu karbonisasi arang K (nilon)

➤ **Uji ANOVA untuk fluks air**

SUMMARY

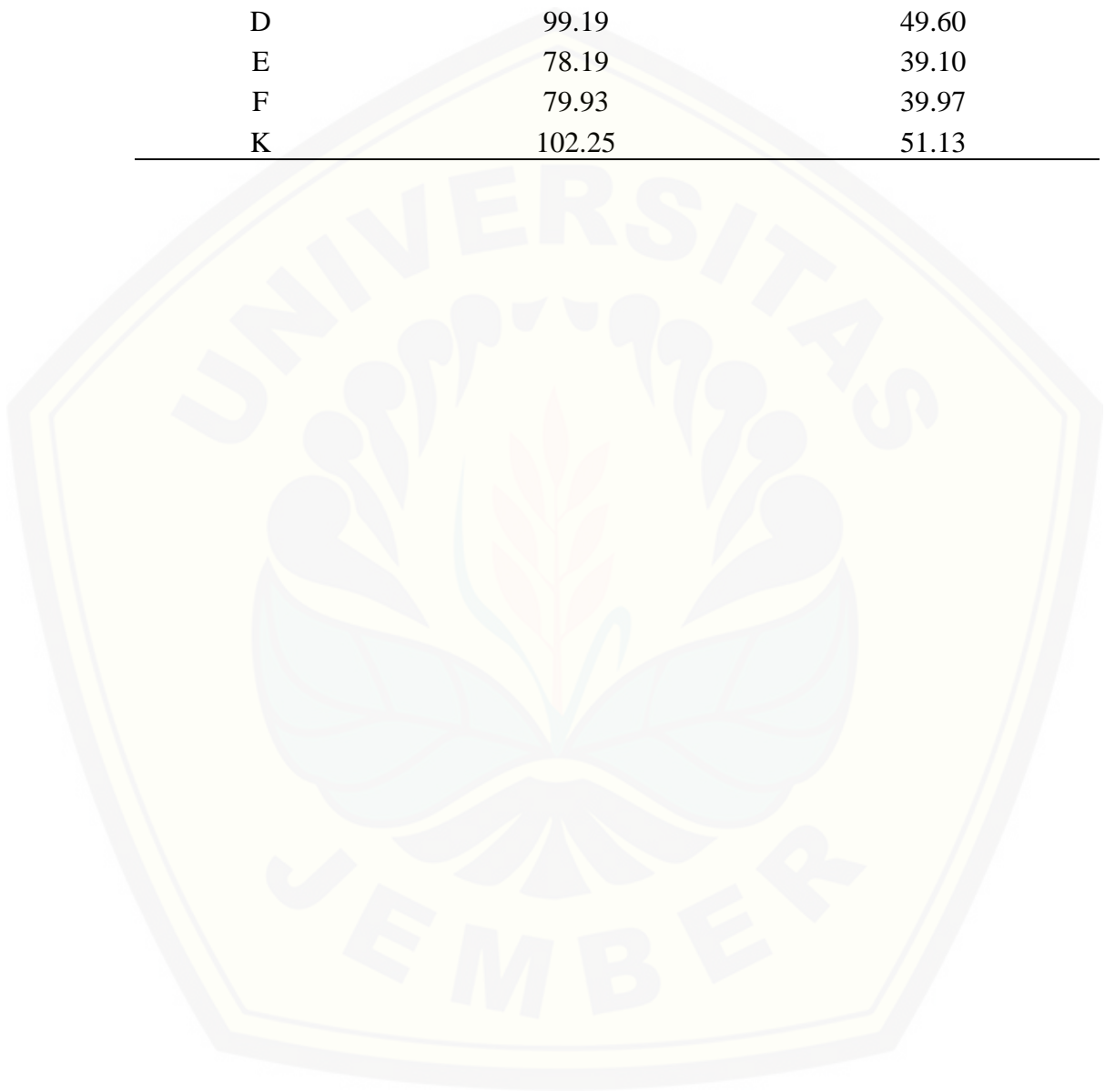
<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
102.33	2	202.27	101.135	12.55005
97.45	2	204.5	102.25	11.1392
103.68	2	206.18	103.09	1.1552
89.45	2	208.12	104.06	0.605
75.89	2	158.68	79.34	54.4968
83.04	2	156.74	78.37	113.7032
102.25	2	206.6	103.3	1.8818

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	1644.591	6	274.0985	9.812698	0.004075	3.865969
Within Groups	195.5313	7	27.93304			
Total	1840.122	13				

➤ **Koefisien Permeabilitas**

Membran	$J(\text{L}/\text{m}^2 \text{ jam})$	Permeabilitas
A	101.53	50.77
B	100.65	50.33
C	103.29	51.65
D	99.19	49.60
E	78.19	39.10
F	79.93	39.97
K	102.25	51.13



E. Hasil pengukuran swelling dengan variasi suhu karbonisasi membran nilon-arang

Membran	d_{basah} (mm)			d_{kering} (mm)			\overline{SD} (%)	$(\overline{SD} \pm \Delta SD)$ (%)
	1	2	3	1	2	3		
A	0,25	0,24	0,26	0,22	0,22	0,25	8,06	8,06 ± 2,36
B	0,32	0,21	0,23	0,31	0,20	0,21	5,53	5,53 ± 1,65
C	0,18	0,19	0,22	0,17	0,16	0,19	11,66	11,66 ± 3,12
D	0,22	0,21	0,22	0,17	0,16	0,19	20,06	20,06 ± 3,23
E	0,20	0,27	0,30	0,19	0,26	0,29	5,05	5,05 ± 0,79
F	0,23	0,22	0,23	0,18	0,17	0,20	19,17	19,17 ± 3,08
K	0,24	0,23	0,24	0,19	0,17	0,19	22,58	22,58 ± 1,75

➤ **Uji ANOVA**

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
12	2	12.18	6.09	10.0352
3.13	2	13.46	6.73	7.7618
5.56	2	29.43	14.715	2.31125
22.37	2	37.45	18.725	51.71445
5	2	10.15	5.075	3.78125
21.74	2	35.77	17.885	46.94805
20.83	2	46.92	23.46	13.8338

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	636.9102	6	106.1517	5.448235	0.021254	3.865969
Within Groups	136.3858	7	19.48369			
Total	773.296	13				