



PENGARUH MEDIA GELATINASI (PERENDAMAN) AIR TERHADAP NILAI PERMEABILITAS POLYETHERSULFONE (PES) DENGAN BERAT MOLEKUL 5900

Teguh Smedi Bayu A 20120130142

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Teknik Mesin, Yogyakarta 55138, Indonesia

Teguh.psd@gmail.com

Abstrak

Kinerja dari membran Polyethersulfone (PES) dalam suatu proses filtrasi sangat dipengaruhi oleh jenis pelarutnya. sifat hidrofobik yang dimiliki PES menyebabkan membran PES dalam proses filtrasi sering mengalami fouling yang menyebabkan nilai permeabilitas dari membran menurun. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu adanya penambahan zat aditif lain seperti Polyethylene glycol (PEG) dan N-Dimethylacetamide (DMAc)

Kata kunci: Polyethersulfone, Polyethylene glycol, hidrofobik, fouling, N-Dimethylacetamide

1. Pendahuluan

Dewasa ini, perkembangan teknologi dan industri telah banyak membawa perubahan pada perilaku dan gaya hidup masyarakat serta situasi lingkungan. Bentuk perubahan yang dimaksud seperti konsumsi makanan, berkurangnya aktivitas fisik, dan meningkatnya polusi lingkungan. Tanpa disadari perubahan tersebut memberi pengaruh terhadap terjadinya transisi epidemiologi dengan semakin meningkatnya kasus-kasus penyakit tidak menular. Berdasarkan data Depkes RI Depkes 2007 diketahui 10 penyebab kematian terbanyak penyakit tidak menular seperti *stroke* (4,87%), perdarahan *intracranial* (3,71%), *septicemia* (3,18%), gagal ginjal (3,16%), jantung (2,67%), *diabetes melitus* (2,16%), *hipoksia intra uterus* (1,95%), radang susunan saraf (1,86%), gagal jantung (1,77%) dan *hipertensi* (1,62%). Berdasarkan estimasi Badan Kesehatan Dunia (WHO), secara global lebih dari 500 juta orang mengalami penyakit gagal ginjal kronik dan sekitar 1,5 juta orang harus menjalani hidup bergantung pada hemodialisis (cuci darah). Sementara itu di Indonesia, saat ini terdapat sekitar 70.000 penderita gagal ginjal kronik yang memerlukan cuci darah (Siswono, 2008 dalam Wisdatama, 2012). Hemodialisis adalah suatu metode yang digunakan pada penderita gagal ginjal kronik untuk menghilangkan sisa toksin, kelebihan air, cairan, dan untuk memperbaiki keseimbangan elektrolit, dengan prinsip filtrasi, osmosis, dan difusi, dengan menggunakan sistem dialisis melalui membran *semipermeable* (selaput atau lapisan tipis yang memiliki pori *sub-microscopic*). (Turker, 1999 dalam Wisdatama, 2012).

Gagal ginjal kronik (GGK) adalah suatu sindrom klinis yang disebabkan oleh penurunan fungsi ginjal, berlangsung secara progresif, serta bersifat *persisten* (menahun) dan *irreversible* (tidak dapat kembali pada keadaan semula) (Mansjoer, 2000 dalam Nurani, dkk. 2013). Ginjal merupakan organ penting dalam tubuh manusia, yang mengatur fungsi kesejahteraan dan keselamatan untuk mempertahankan volume, komposisi, dan distribusi cairan tubuh yang sebagian besar dijalankan oleh ginjal (Brenner, 1979 dalam Nurani, dkk. 2013). Kerusakan pada ginjal membuat sampah metabolisme dan air tidak dapat lagi dikeluarkan. Dalam kadar tertentu, sampah tersebut dapat meracuni tubuh, kemudian menimbulkan kerusakan jaringan bahkan kematian. Sehingga Penderita GKK membutuhkan penanganan khusus di rumah sakit berupa hemodialisis menggunakan mesin dialisis setiap minggunya. Pasien yang menderita GKK dalam menjalani terapi hemodialisis, membutuhkan waktu 12-15 jam untuk dialisis setiap minggunya, atau paling sedikit 3-4 jam per kali terapi. Kegiatan ini akan berlangsung terus-menerus sepanjang hidupnya (Bare dan Smeltzer, 2002 dalam Nurani, dkk. 2013). Walaupun fungsi ginjal untuk membersihkan darah dapat diambil alih oleh mesin dialisis, tingginya biaya yang harus dikeluarkan untuk satu kali proses hemodialisis (setidaknya memerlukan Rp.500.000,- per terapi) kerap dirasakan membebani penderita (Nurani, dkk. 2013). Selain permasalahan tersebut, mesin dialisis konvensional yang tidak minimalis, portabel, dan *no biocompatibility* (tidak dapat diterima oleh tubuh) menjadi kendala lain



yang dirasakan oleh penderita GKK. Demi menjawab permasalahan tersebut, maka Gu dan Miki (2009) melakukan sebuah penelitian tentang proses hemodialisis *Microfiltration* berbasis *Multilayered* (lapisan bertingkat) menggunakan membran *semipermeable* dengan pori-pori berukuran nano yang terbuat dari *polyether sulfone* (PES) memiliki sifat yang minimalis, portabel, *biocompatibility* (dapat diterima oleh tubuh), dan memiliki nilai permeabilitasnya tinggi.

Dalam penelitian ini, topik yang difokuskan adalah proses *Microfiltration* menggunakan membran berpori yang terbuat dari PES dengan *molecular weight* (berat molekul) 5900 serta penambahan *Polyethylene glycol* (PEG) sebagai zat adiktif dan *N-Dimethylacetamide* (DMAc) sebagai media pelarutnya. Untuk media gelatinasi (perendaman) sendiri, menggunakan dua variasi yang berbeda yaitu berupa akuades sebanyak 300 ml dengan penambahan *N-Methyl-2-pyrrolidone* (NMP) (2%, 4%, 6%, dan 8%) dan akuades sebanyak 300 ml tanpa penambahan NMP. Variasi ini diberikan, untuk mengetahui seberapa besar pengaruh media gelatinasi terhadap karakteristik yang terbentuk dari membran dan seberapa besar pengaruh nilai permeabilitasnya atau yang juga dikenal dengan istilah *water flux* terhadap masing-masing media gelatinasi yang divariasikan. Sehingga diharapkan akan diperoleh formula yang tepat dalam meningkatkan nilai permeabilitasnya. Metode yang digunakan dalam pembuatan membrannya, yaitu menggunakan metode *Phase inversion*. *Phase inversion* adalah salah satu metode yang digunakan dalam pembuatan membran polimer dari fase cair ke fase padat. Untuk pengujiannya sendiri, metode yang digunakan berupa difusi tes sebagai metode dalam menentukan nilai *water flux* dan juga koefisien difusinya.

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui tahapan – tahapan apa saja yang dilakukan dalam proses pembuatan membran

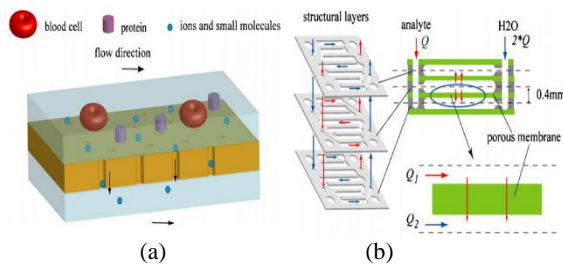
menggunakan PES dengan *molecular weight* 5900 dan juga media gelatinasi.

2. Mengetahui apa saja pengaruh karakteristik dan struktur pada membran jika media gelatinasinya divariasikan.
3. Untuk mengetahui mana yang memiliki nilai *water flux* dan koefisien difusi yang tertinggi dari media gelatinasi menggunakan NMP
4. Untuk menentukan seberapa besar nilai *water flux* dan koefisien difusi dari media gelatinasi yang hanya menggunakan akuades.
5. Untuk menentukan formula mana dari media gelatinasi yang dapat meningkatkan nilai permeabilitas pada membran.

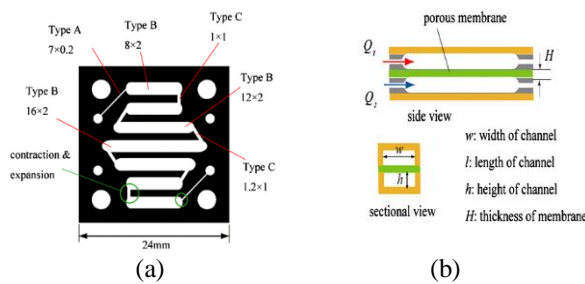
2. Tinjauan Pustaka Dan Dasar Teori

2.1 Membran *microfiltration*

Perkembangan teknologi membran pada berbagai bidang khususnya pada dunia kesehatan terus mengalami perkembangan dengan pesat, salah satu teknologi membran yang terus dikembangkan adalah hemodialisis *Microfiltration* menggunakan membran *semipermeable* dengan pori-pori berukuran nano yang memiliki ukuran minimalis, *biocompatibility*, dan permeabilitasnya tinggi. Semakin tinggi nilai permeabilitas dari suatu membran maka semakin baik pula kinerja dari membran tersebut. Gu dan Miki (2009) melakukan sebuah penelitian tentang *Wearable Artificial Kidney* (WAK) sebuah ginjal buatan berbasis *Micro filter* dengan sistem *Multilayered* yang lebih fleksibel digunakan untuk memisahkan limbah metabolisme dari tubuh. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian tersebut, membran *semipermeable* disusun secara berlapis menggunakan *structural layers* (lapisan tipis) terbuat dari material *Stainless steel* yang berfungsi sebagai *micro chamber* (ruang mikro) untuk digunakan sebagai tempat aliran darah dan atau *dialysate* (Setyawan, 2016)



Gambar 2.1. (a) Pemisahan selektif menggunakan membran berpori pada proses hemodialisis, (b) Struktur dari Micro filter berlapis (Gu dan Miki, 2009)



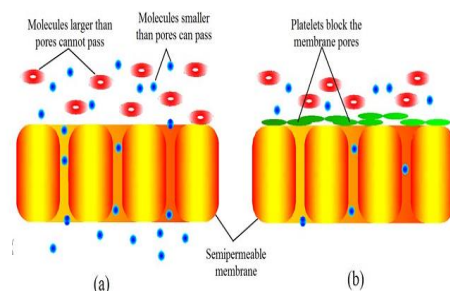
Gambar 2. 2. (a) Bentuk structural layer, (b) Aliran pada microchannel (Gu dan Miki, 2009)

Bahan dasar yang digunakan dalam proses pembuatan membrannya menggunakan PES dengan *molecular weight* 4800 (Sumitomo Chemical Co), zat adiktif Polivinilpirolidon (PVP) dengan *molecular weight* 35000 (Wako Pure Chemical Industries, Ltd), dan NMP (Kimia Murni Wako Industries, Ltd) yang bertindak sebagai zat pelarut dengan kombinasi perbandingan dari masing-masing campuran yaitu (20%, 20%, dan 60%).

Membran semipermeable adalah suatu selaput atau lapisan yang sangat tipis dan mempunyai pori sub-microscopic < 2 nm. Dimana partikel dengan bagian molekul *small dan middle molecular* (molekul kecil dan sedang) seperti *natrium, kalium, dan urea*, dapat melewati pori-pori membran, sedangkan partikel dengan bagian *large molecular* (molekul besar) seperti protein tidak dapat melalui pori-pori membran tersebut (To, dkk. 2015).

Dalam proses filtrasi, terbagi beberapa macam mekanisme filtrasi seperti: Microfiltration, Ultrafiltration, Nano filtration, dan Reverse osmosis (Jaffrin, 2015). Menurut Maria dan Kusuma (2013) Microfiltration atau

yang sering disingkat dengan (MF) adalah suatu proses dengan driving force (gaya dorong) beda tekanan, dimana koloid tersuspensi dan partikel dengan ukuran 0.1-20 μm dapat ditahan oleh membran dengan pori-pori berukuran micro. MF biasanya dioperasikan pada Trans Membran Pressure (TMP) yang relative rendah (< 50 psi atau 3,4 bar atau 0,35 Mpa) dan fluks permeatnya sangat tinggi ($10^{-4} - 10^{-2}$ m/s untuk membran tanpa fouling). Sedangkan membran yang berbasis Microfiltration merupakan membran dengan poros asimetrik, dengan ketebalan 10-150 μm , memiliki ukuran pori 0.05-10 μm , dan driving force yang diizinkan < 2 bar.



Gambar 2. 3. (a) Proses difusi dimana hanya berat molekul yang kecil saja bias melewati pori dari membran (b) Keadaan dimana terjadinya fouling pada membran (Prihandana, dkk. 2013)

Besarnya Besarnya efisiensi dari membran sangat ditentukan oleh dua faktor yaitu *water flux* dan banyaknya koefisien yang mampu terdifusi. Pada proses *Microfiltration*, nilai dari *water flux* dan koefisien difusi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jumlah pori-pori pada permukaan membran, diameter pori-pori, perbedaan tekanan pada membran, tebal efektif membran dan juga kerapatan serta keseragaman pori-porinya. Sifat mekanik dan struktur pori merupakan salah satu parameter dalam penentuan karakteristik membran. Sifat fisik, mekanik, dan struktur pori sangat dipengaruhi oleh jenis bahan pembuat dan proses pembuatan membran. Sedangkan kinerja atau penampakan membran pada saat pengoperasiannya terutama ditentukan oleh distribusi dan ukuran porinya (Mallevalle, 1996 dalam Anwar, 2006).

Water flux adalah jumlah volume permeate (adalah hasil dari pemisahan partikel-partikel yang dapat melewati membran) yang diperoleh pada operasi membran per-satuan luas permukaan membran dan per-satuan waktu. (Scott, dan Hughes, 1996 dalam Anwar, 2006) Sedangkan koefisien difusi adalah banyaknya partikel-partikel yang mampu terdifusi oleh membran. *Water flux* dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.1.

$$Water\ flux = \frac{L}{A \times h \times pressure} \dots\dots(2.1)$$

Dimana:

- Wf = *Water flux* (ml/mm²/jam.mmHg)
- L = Volume permeate (ml)
- A = Luas area membran (mm²)
- h = Lama waktu proses difusi (jam)
- p = Tekanan pembuluh arteri (mmHg)

Besarnya nilai dari koefisien difusi dapat di tentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Dc = \frac{QxH}{A} x \ln \left[\frac{CB-CA}{CB'-CA'} \right] \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

- Dc = Koefisien difusi (mm²/s)
- Q = *Flow rate* (ml/menit)
- H = Ketebalan membran (mm)
- A = Luas area membran (mm²)
- CB = Konduktivitas akuades (μs)
- CB' = Konduktivitas akuades terdifusi (μs)
- CA = Konduktivitas Nacl (μs)
- CA' = Konduktivitas Nacl terdifusi (μs)

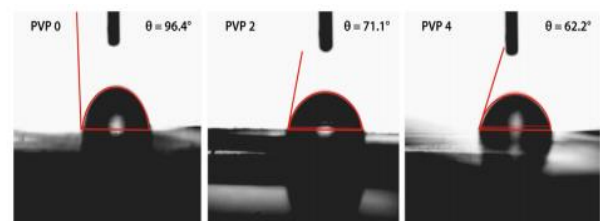
Selain besarnya nilai dari pada *water flux* dan koefisien difusi yang harus dicari, maka besarnya nilai *water contact angle* juga harus ditentukan. *Water contact angle* adalah sebuah parameter yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari pada zat adiktif dan pelarut yang digunakan, terhadap karakteristik pori-pori yang terbentuk serta kemampuan membran dalam memisahkan partikel yang ditandai dengan terbentuknya

kohesi pada permukaan membran. Besarnya nilai dari *water contact angle* dapat dicari dengan persamaan 2.3

$$\omega A = \gamma w (1 + \cos \phi) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana:

- γw = adalah tegangan permukaan air (7,2 × 10⁻² N / m)
- φ = Sudut



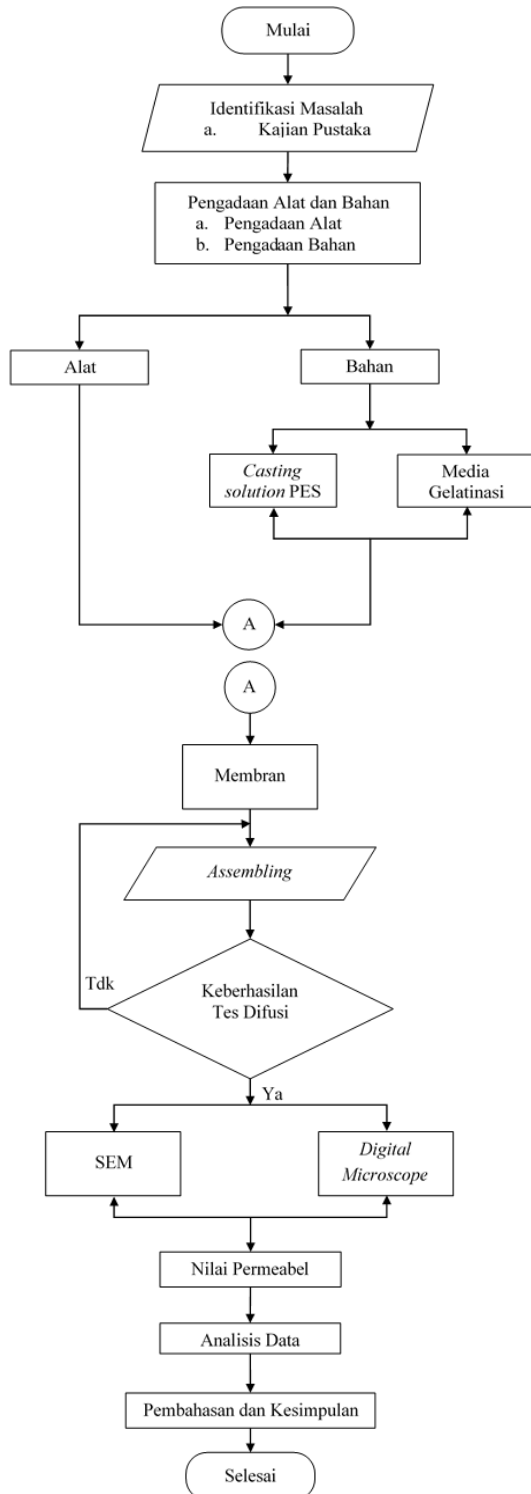
Gambar 2. 4. *Water contact angle* (Kanagaraj, dkk. 2015).

Perlu diketahui bahwa, menggunakan PES sebagai bahan dasar dalam pembuatan membran juga memiliki kelemahan yaitu karena sifatnya yang hidrofobik (tidak suka air). Hal tersebut menyebabkan permeabilitasnya untuk sistem larutan air tidak terlalu baik, dampak lain yang terjadi adalah sering terbentuknya *fouling* karena terjadinya pengendapan partikel-partikel di permukaan membran pada saat proses filtrasi, sehingga menyebabkan nilai *water flux* yang dihasilkan menurun dan juga umur pakai membran menjadi lebih pendek karena membran sangat mudah rusak (Radiman, dkk. 2012). Untuk itu, perlu adanya penambahan zat adiktif pada membran seperti PEG yang bertujuan untuk meningkatkan atau memodifikasi sifat-sifat mekanik, kimia, dan fisik pada membran, serta memperbaiki karakteristik dari pada PES yang semula bersifat hidrofobik menjadi hidrofilik (suka air). Penambahan PEG sebagai zat aditif pada membran dimaksudkan untuk memperbesar pori membran dengan tetap menjaga ketahanan membran terhadap faktor eksternal. Dapat dijelaskan bahwa PEG pada awalnya mengisi matriks dari membran selulosa asetat yang terbentuk. Selanjutnya dalam proses difusi antara pelarutan dengan non pelarut, aditif bersama dengan pelarut akan larut ke dalam non-pelarut meninggalkan

rongga atau pori pada membran sehingga *fluks* yang dihasilkan lebih tinggi (Akhilus dan Widiastuti, 2005 dalam Rosnelly, 2012).

3. Metode Penelitian

3.1 Proses Penelitian



Gambar 3. 1. Diagram alir penelitian

3.2 Bahan Penelitian

1. Bahan Pembuat Casting Solution PES

a. Polyether sulfone (PES)

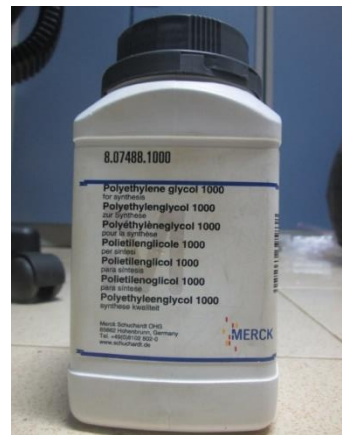
Membran PES yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari PES dengan *molecular weight* 5900 yang diproduksi oleh (Sumitomo Chemical Co., Japan).



Gambar 3. 2. Polyether sulfone (PES)

b. Polyethylene glycol (PEG)

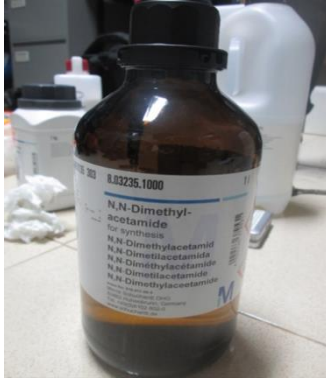
PEG yang digunakan pada penelitian ini, yang bertindak sebagai zat adiktif dengan nama produk *Polyethylene glycol 1000 for synthesis* yang di produksi oleh (Merck Schuchard OHG 85662 Hohenbrunn Germany).



Gambar 3.3 Polyethylene glycol (PEG)

c. N-Dimethylacetamide (DMAc)

DMAc yang digunakan pada penelitian ini yang bertindak sebagai pelarut dengan nama produk *N-Dimethylacetamide for synthesis* yang di produksi oleh (Merck Schuchard OHG 85662 Hohenbrunn Germany).



Gambar 3. 3. *N-Dimethylacetamide* (DMAc)

2. Bahan Pembuatan Media Gelatinasi

a. *N-Methyl-2-Pyrrolidone* (NMP)

NMP dipilih sebagai media pelarut yang digunakan dalam membuat media gelatinasi selain akuades. NMP yang digunakan dalam penelitian ini dengan nama produk EMPLURA® *N-Methyl-2-Pyrrolidone* yang di produksi oleh Merck KGaA, 64271 Darmstadt Germany.



Gambar 3. 5. *N-Methyl-2-Pyrrolidone* (NMP)

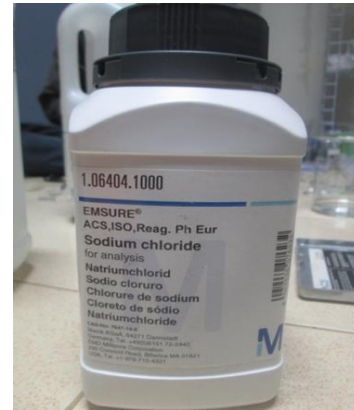
b. Akuades



Gambar 3. 4. Akuades

3. Bahan Pembuat Cairan Dialysate

a. Garam (*Sodium Chloride NaCl*)



Gambar 3. 5. Garam (*Sodium Chloride*)

Cairan *Dialysate* yang digunakan pada pengujian tes difusi menggunakan NaCl. Kadar nilai konduktivitas dari cairan *dialysate* pada penelitian ini ditentukan yaitu sebesar 380 μ/s (Siemens per micron). Nacl yang digunakan dengan nama produk EMSURE® ACS, ISO, Reag. Ph Eur *Sodium Chloride* yang di produksi oleh Merck KGaA, 64271 Darmstadt Germany

3.3 Alat Penelitian

1. *Microscope* Digital Dino Lite AM4515 series
2. *Micrometer*
3. *Magnetic Sitter*
4. Timbangan digital
5. *Syringe Pump*
6. *Conductivity Tester*

3.4 Pembuatan *Casting Solution* PES

Perbandingan dari masing-masing bahan PES 17.5 (gram), PEG 14.5 (gram), DMAc 68 (ml). Ketiga bahan dicampur kemudian di panaskan menggunakan *Magnetic Sitter* sampai dengan mencapai suhu di atas 50°C, kemudian di diamkan selama 1x24 jam.

3.5 Pembuatan Media Gelatinasi

Sediakan NMP dengan volume 6, 12, 18, 24 (ml) untuk rasio perbandingan NMP (2%, 4%, 6%, dan 8%) selanjutnya tambahkan pada masing-masing NMP tersebut akuades sampai volume pada masing-

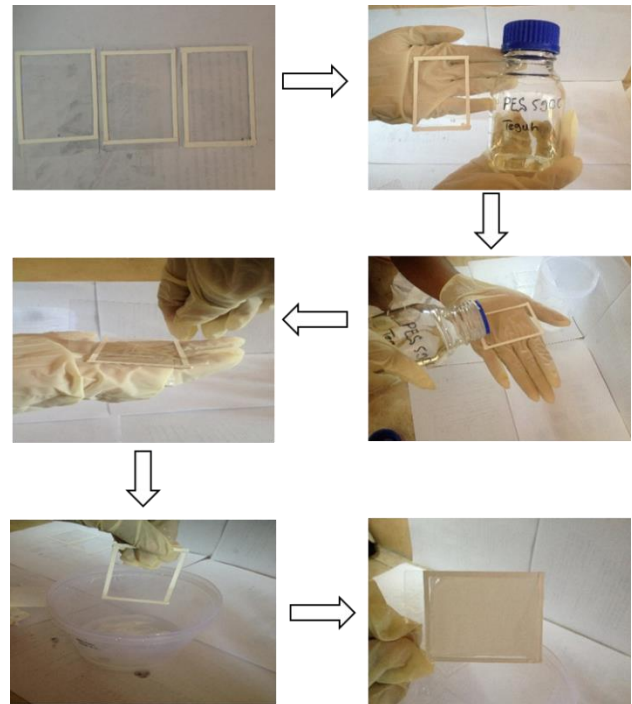
masing NMP berubah menjadi 300 (ml) dan untuk media gelatinasi tanpa penambahan NMP cukup dengan akuades dengan volume 300 (ml)



Gambar 3. 6. Media gelatinasi dengan variasi NMP 2%, 4%, 6%, 8%, dan 100% akuades

3.6 Proses Pembuatan Membran

Pada proses ini, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menyiapkan plat kaca. Plat kaca yang digunakan pada penelitian ini, memiliki dimensi 7,6 cm x 5,2 cm dengan ketebalan berkisar 1 mm. Pastikan plat kaca yang telah kita siapkan benar-benar bersih dari debu, air, dan juga minyak. pada bagian pinggir permukaan atas kaca dibingkai menggunakan *vinyl cutting sticker* Hal tersebut bertujuan sebagai pembatas agar ketika *casting solution* PES dituangkan pada permukaan kaca tidak tumpah dan juga membran yang didapatkan memiliki ketebalan 100 μm . *Casting solution* PES yang telah dibuat kemudian dituangkan secara perlahan di atas permukaan plat kaca dengan volume secukupnya Setelah itu, ratakan *casting solution* PES dan masukan pada masing-masing media gelatinasi sehingga terbentuk selaput tipis berwarna putih yang di sebut membran.



Gambar 3. 7. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pembuatan membran

3.7 Tes Difusi

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perbedaan tersebut terhadap nilai permeabilitasnya dan koefisien difusi, maka harus dilakukan tes difusi seperti yang ditunjukkan Gambar 3.19.



Gambar 3. 19. Pengujian tes difusi menggunakan satu syringe pump untuk menentukan nilai *water flux*

Tes difusi yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua jenis tes difusi yang pertama tes difusi untuk menentukan nilai water flux yaitu jenis pengujian difusi dengan menggunakan satu syringe pump dan satu jenis larutan dialysate berupa NaCl, sedangkan untuk menentukan besarnya nilai

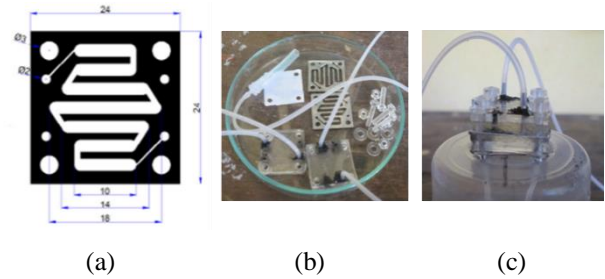
koefisiennya menggunakan dua buah syringe pump dan dua jenis larutan dialysate berupa Nacl dan akuade



Gambar 2. 11. Pengujian difusi tes menggunakan dua *syringe pumps* untuk menentukan nilai koefisien difusinya

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengujian tes difusi

1. Siapkan 1 buah syringe pump dalam keadaan on, menggunakan 1 syringe pump untuk mencari nilai water flux-nya sedangkan untuk mencari koefisien difusinya harus menyiapkan 2 buah syringe pump. kemudian atur *flow rate* (kecepatan aliran) 20 ml/h pada syringe pump tersebut sebelum proses running.
2. Siapkan dua buah layer dan juga membran, jepit membran di antara dua layer, dan potong membran sesuai dengan ukuran layer. Selanjutnya beri lubang pada keempat sisi dari membran sebagai tempat masuknya baut sesuai dengan diameter baut yang digunakan.
3. Membran yang telah dipotong dan diberi lubang, kemudian dipasang pada *chamber Microfiltration*. *Chamber* yang digunakan pada tes difusi ini, adalah hasil dari pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Prihandana. (2013) Adapun struktur geometrical dari *chamber Microfiltration* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.20



Gambar 3. 20. (a) Geometrical structural layer (Prihandana, dkk. 2013) (b) Komponen chamber Microfiltration, (c) Chamber Microfiltration

4. Siapkan cairan dialysate berupa Nacl 30 ml untuk menentukan besarnya nilai water flux tetapi jika ingin mencari nilai koefisien difusinya harus menggunakan 2 buah larutan dialysate Nacl dan akuades. Selanjutnya dimasukkan kedalam suntikan berukuran 60 ml dan dipasang pada *syringe pump*.
5. Sediakan juga 2 buah gelas beaker berukuran 50 ml yang telah diberi label sebagai tempat larutan yang terdifusi dan tidak terdifusi. Potong selang dengan panjang tertentu sebanyak empat buah, pasang dua buah pada saluran input (masuk) micro filter yang terhubung pada *syringe pump* dan dua pada saluran output (keluar) micro filter yang terhubung pada media penampungan hasil difusi.
6. Lama waktu yang ditentukan pada diffusion test ini 01:13 (menit). Set Stop watch pada angka 00:00 (menit) kemudian running bersamaan dengan syringe pump sampai dengan waktu yang telah ditentukan.
7. Setelah proses tes difusi selesai dilakukan, maka membran yang masih berada pada chamber micro filter dilepas dan ditempatkan sesuai dari pada media gelatinasinya. Hal tersebut dilakukan agar membran tidak rusak, sehingga membran masih dapat digunakan pada proses SEM dan juga contact angle analysis.

4. Hasil dan Pembahasan

5.1 Nilai Permeabilitas

Dari hasil pengujian difusi tes yang dilakukan pada membran dengan variasi media gelatinasi berupa akuades dengan penambahan NMP 2%, 4%, 6%, 8% serta akuades tanpa penambahan



NMP. Besarnya tekanan yang digunakan yaitu 10 kPa atau sesuai dengan 75.006 mmHg sedangkan untuk luas area efektif membran adalah 144 mm² sesuai dengan penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Gu dan Miki untuk mengetahui besarnya nilai permeabilitas atau yang juga dikenal *water flux*. Besarnya nilai permeabilitas dapat di hitung menggunakan persamaan 2.1 yang telah dibahas sebelumnya pada dasar teori.

$$Water\ flux = \frac{L}{A \times h \times p}$$

Dimana:

- Wf = Water flux (ml/h/mmHg)
- L = Volume permeate (ml)
- A = Luas area membran (m²)
- h = Lama waktu proses difusi (jam)
- p = Tekanan pada syringe pump (mmHg)

Contoh Perhitungan menggunakan data percobaan NMP 2 % (terlampir)

Diketahui:

- L : 8 (ml)
- A : 144 (m²)
- h : 2.23 (jam)
- p : 75.006 (jam)

$$Water\ flux = \frac{8\ (ml)}{144m^2 \times 2.23(jam) \times 75.006(mmHg)}$$

$$= 332.144\ (ml/m^2/h.mmHg)$$

5.2 Koefisien Difusi (Dc)

$$Dc = \frac{Q \times H}{A} \times \ln \left[\frac{CB - CA}{CB' - CA'} \right]$$

Dimana:

- Dc : Koefisien difusi (mm²/s)
- H : Ketebalan membran (μm)
- Q : Flow rate (ml/menit)

- A : Luas area membran (mm²)
- CB : Konduktivitas akuades (μs)
- CB' : Konduktivitas Akuades hasil difusi (μs)
- CA : Konduktivitas Nacl (μs)
- CA' : Konduktivitas Nacl hasil difusi (μs)

Contoh perhitungan menggunakan data percobaan NMP 2% (terlampir)

Diketahui:

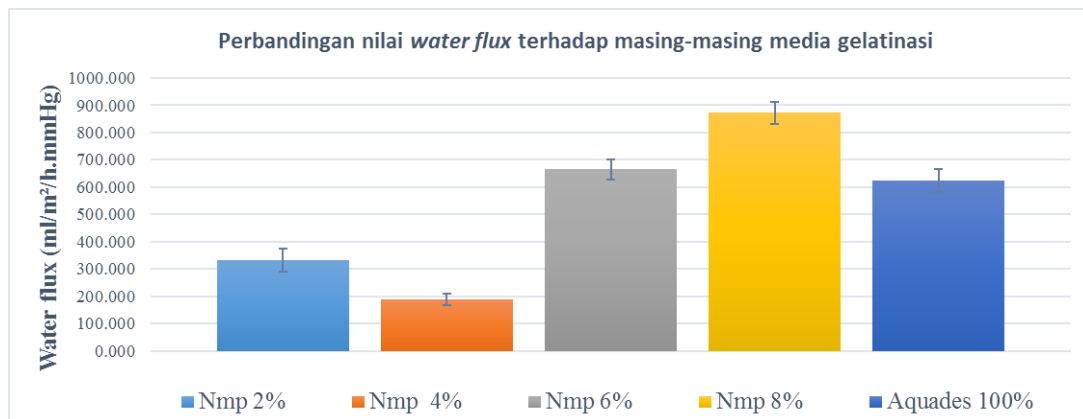
- Q : 0.333333333 (ml/menit)
- H : 97.333333 (μm)
- A : 144 (mm²)
- CB : 0 (μs)
- CB' : 45 (μs)
- CA : 280(μs)
- CA' : 251.6666667 (μs)

$$Dc = \frac{0.333(ml/menit) \times 97.333\ (\mu m)}{144\ (mm^2)} \times \ln \left[\frac{0\ (\mu s) - 280(\mu s)}{45\ (\mu s) - 251.666\ (\mu s)} \right]$$

$$Dc = 0.068422272\ (mm^2/s)$$

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan nilai water flux terhadap beberapa media gelatinasi yang divariasikan

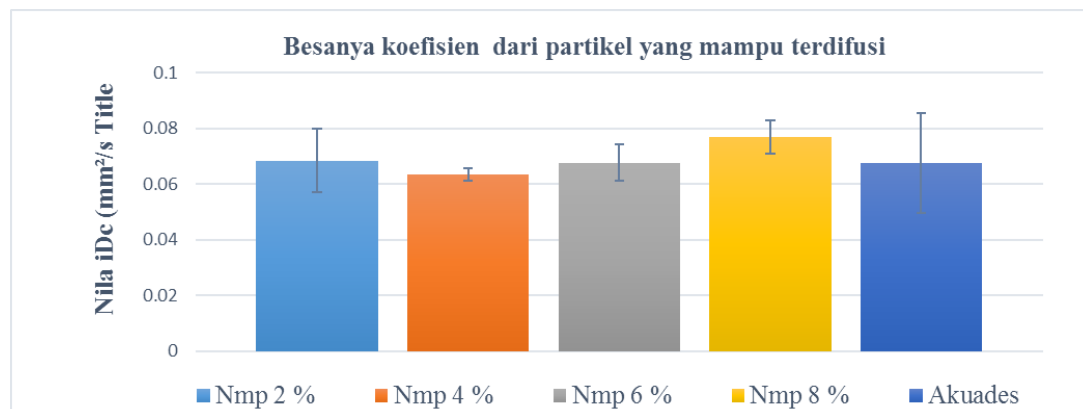
No	Variasi Media Gelatinasi Membran	Volume Permeat hasil difusi (ml)	Waktu (Jam)	Luas area membran (m ²)	Tekanan (mmHg)	Water flux (ml/m ² h.mmHg)
1	Nmp 2%	8	2.23	0.000144	75.006	332.144
2	Nmp 4%	4.5	2.23	0.000144	75.006	186.831
3	Nmp 6%	16	2.23	0.000144	75.006	664.288
4	Nmp 8%	21	2.23	0.000144	75.006	871.878
5	Aquades 100%	15	2.23	0.000144	75.006	622.770



Gambar 4. 1. Grafik perbandingan nilai water flux terhadap masing-masing media gelatinasi

Tabel 4. 1. Nilai Dc dari hasil perhitungan pada semua media gelatinasi pada membran

NO	Media Yang divariasikan	Q (ml/mnt)	H (µm)	A mm ²	CB (µ/s)	CB' (µ/s)	CA (µ/s)	CA' (µ/s)	NilaiDc (mm ² /s)
1	Nmp 2 %	0.333333333	97.33333	144	0	45	280	251.6666667	0.068422272
2	Nmp 4 %	0.333333333	96.33333	144	0	49	280	259.6666667	0.063444531
3	Nmp 6 %	0.333333333	90	144	0	57	280	259.3333333	0.067681896
4	Nmp 8 %	0.333333333	83.33333	144	0	58.33333333	280	246.3333333	0.076841752
5	Akuades	0.333333333	94.66667	144	0	54	280	259.6666667	0.067610598



Gambar 4. 4. Grafik perbandingan nilai Dc terhadap variasi media gelatinasi



5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini ada beberapa point yang dapat disimpulkan antara lain:

1. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam membuat membran PES yaitu pertama membuat casting solution PES yang menggunakan perbandingan PES 17.5 (gram), PEG, 14.5 (gram), dan DMac 68 (ml), selanjutnya casting solution dituangkan di atas film kaca dengan metode glass slide selanjutnya film kaca dimasukan pada media gelatinasi.
2. Tahapan awal yang dilakukan pada proses pembuatan media gelatinasi yaitu siapkan NMP sebanyak 6 (ml) kemudian ditambahkan akuades sehingga volumenya meningkat menjadi 300 (ml) untuk NMP 2% kemudian untuk NMP 4%, NMP yang digunakan sebanyak 12 (ml) sedangkan NMP 6% dan 8% masing-masing menggunakan NMP sebanyak 18 (ml) dan 24 (ml).
3. Membran yang terbuat dengan menggunakan PES serta penambahan PEG sebagai zat adiktifnya dan DMac sebagai media pelarutnya menggunakan media gelatinasi dengan penambahan Nmp memiliki karakteristik dan struktur pori-pori yang terbentuk lebih besar dibandingkan dengan membran yang menggunakan media gelatinasi akuades tanpa penambahan Nmp.
4. Dari hasil pengujian difusi tes, sebagai parameter dalam menentukan besarnya nilai water flux dan koefisien difusi terhadap masing-masing membran, Membran dengan media gelatinasi Nmp 4 % 186.831 (ml/m²/h.mmHg) mengalami penurunan dibandingkan dengan menggunakan media gelatin Nmp 2 % yaitu 332.144

(ml/m²/h.mmHg). Hal tersebut serupa juga terhadap nilai koefisien difusinya.

5. Nilai water flux dan koefisien difusi yang tertinggi dimiliki oleh membran dengan media gelatinasi Nmp 8 % yaitu sekitar 871.878 (ml/m²/h.mmHg) dengan nilai koefisien difusinya yaitu 0.076841752 (mm²/s). Sedangkan untuk membran yang menggunakan media gelatin akuades 100% yaitu sekitar 622.770 (ml/m²/h.mmHg) dan nilai koefisien difusi 0.067610598 (mm²/s) memiliki nilai water flux lebih rendah dibawah dari membran yang menggunakan media gelatin Nmp 6% yaitu 664.288 (ml/m²/h.mmHg) dan koefisien difusi 0.067681896 (mm²/s).
6. Semakin permeabilitas atau tidaknya suatu membran sangat di pengaruhi oleh karakteristik dan struktur dari pori-pori yang terbentuk semakin besar pori-pori yang terbentuk maka semakin tinggi nilai water flux dan koefisien difusinya maka semakin permeabilitas suatu membran.

5.2 Saran

Dalam penelitian ini penulis sangat menyadari masih banyak kekurangan yang dihadapi dalam melakukan penelitian ini, Adapun saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Mengingat tingginya tingkat kebocoran dalam pengujian tes difusi menggunakan *chamber micro filter* yang di buat secara manual menggunakan akrilik, sehingga perlu adanya *chamber micro filter* yang lebih standar untuk mengatasi permasalahan tersebut.
2. *Syringe pump* yang digunakan harus memiliki control panel yang dapat mengatur besar kecilnya



pressure sehingga dapat dengan mudah menentukan *pressure* yang digunakan.

3. Kecilknya tingkat keberhasilan dalam membuat membran dengan cara manual menggunakan metode glass slide tergantung tingkat ketelitian dari operator sehingga di perlukan alat spin coating yang dapat meningkatkan nilai keberhasilan dalam membuat membran.

Daftar Pustaka

- Anwar, Khairil. 2006. Tugas akhir “Variasi Komposisi Casting Dalam Metode Inversi Fase Proses Membran Selulosa Triasetat”. Bogor: Jurusan Pertanian IPB.
- Arahman, Nasrul. 2014. “Pengaruh Jenis Non-Pelarut Dan Penambahan Polimer Hidrofilik Terhadap Struktur Morphologi Membran Polietersulfon”. Jurnal Penelitian Aplikasi sains dan Teknologi (SNAT). Jurusan Teknik kimia Universitas Syiah Kuala.
- Burdick dan Jackson. 2000. “Material Safety Data Sheet Methylpyrrolidone” Publisher: Honeywell.
- Cheng, Chong. dkk. 2012. “The hydrodynamic permeability and surface property of polyether sulfone ultrafiltration membranes with mussel-inspired polydopamine coatings” Jurnal Penelitian membran
- Gu, Ye dan Miki Norihisa. 2007. “A Microfilter Utilizing A Polyethersulfone Porous Membrane With Nanopores”. Jurnal Of Micromechanics And Microengineering. Published: J. Micromech. Microeng. doi:10.1088/0960-1317/17/11/018.
- Ion, Silvia. 2015. Functionalized Polysulfones Synthesis, Characterization, and Application. Publisher: Taylor and Francis group. New York.
- Isehara, Saito A. 2011. High-Performance Membran Dialyzers. Publisher: Kargel.
- Jaffrin, Michel. 2015. Membrane Filtration Processes. Publisher: Book boon.
- Karakteristik dari N-Methyl-2-pyrrolidone Web. Diakses pada 03 agustus 2016 dari <https://en.wikipedia.org/wiki/N-Methyl-2-pyrrolidone> pada pukul 21:30.
- Mulder, Marcel. 1997. Basic Principles Of Membrane Technology. Publisher: Kluwer Academic. Netherlands
- Nurani, Maris Vika. dkk. 2013. “Gambaran Makna Hidup Pasien Gagal Ginjal Kronik yang Menjalani Hemodialisa”. Jurnal penelitian psikologi. Vol-11 Jurusan psikologi Universitas Esa Unggul, Halm. 1-2.
- Prihandana G.S., Ito H., Sanada I., Nishinaka Y., Kanno Y., and Miki N.(2014a). Permeability and blood compatibility of nanoporous parylene film-coated polyethersulfone membrane underlong-term blood diffusion. J. Appl. Polym. Sci. 131, 40024. doi:10.1002/app.40024
- Puntoajeng, Retnayu. 2006. Tugas akhir. “Produksi dan Karakterisasi dari Polisulfon dengan Pelarut N-Dimetilacetamid (DMAc)”. Bogor: Jurusan Pertanian IPB.



- Radiman, Cynhia L, 2002. "Pengaruh Perendaman Terhadap Permeabilitas Membran Polisulfon". Jurnal Penelitian matematika dan sains Vol-7 ITB.
- Rosnelly, Cut Meurah. 2012. "Pengaruh Rasio Adiktif Polietilen Glikol Terhadap Selulosa Asetat pada Pembuatan Membran Selulosa Asetat Secara Inversi Fasa". Jurnal penelitian rekayasa kimia dan lingkungan Vol-9 Jurusan Teknik Kimia Universitas Syiah Kuala, Halm. 25-29
- Said, Nusa Idaman. 2009. "Uji Kinerja Pengolahan Air Siap Minum dengan Proses Bio filtrasi, Ultra filtrasi dan Reverse Osmosis (Ro) dengan Air Baku Air Sungai". Jurnal Penelitian kima Vol-5 Teknologi Lingkungan.
- Setyawan, Martine Andre. 2016. Tugas akhir "Desain dan Fabrikasi Maze-Shaped Microfilter Bahan Ss 316l Menggunakan Teknik Electropolishing". Yogyakarta: Jurusan Teknik Mesin UMY.
- Struktur dari N-Dimetilacetamid (DMAc) Web. Diakses pada tanggal 17 Juli 2016 dari <https://www.chemspider.com/ChemicalStructure.29107.html> pada pukul 21:14.
- Technical Literature. 2004. Polyether sulfone (PES) Publisher: Mitsui Chemicals, Inc.
- To N, Sanada I, Ito H, Prihandana G. S., Morita S, Kanno Y and Miki N (2015). Water-permeable dialysis membranes for multi-layered micro dialysis system. Front. Bioeng. Biotechnol. 3:70. doi: 10.3389/fbioe.2015.00070
- Veronese, Francesco M. 2009. Pegylatedprotein Drugs:Basic Science And Clinical Applications. Publisher: Birkhauser Verlag, Basel-Boston-Berlin.
- Widyasmara, Maria dan Dewi, Cindika Kusuma. 2013. "Potensi Membran Mikro filtrasi dan Ultra filtrasi Untuk Pengolahan Limbah Cair Berminyak". Jurnal penelitian kimia Vol-2 Jurusan Teknik Kimia dan Industri Universitas Diponegoro, Halm. 295-307.
- Wisdatama, Fikri Santiago. 2012. Tugas akhir "Asuhan Keperawatan Klien Tn. S dengan Tindakan Hemodialisa di Rs Roemani Muhammadiyah Semarang". Semarang: Jurusan Keperawatan UMS.