

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengaruh Penambahan PEG Terhadap Ketebalan Membran

Fabrikasi membran menggunakan PES dengan berat molekul 5900, dengan PEG sebagai zat aditif dan menggunakan DMAc sebagai pelarut dengan rasio perbandingan masing-masing bahan yaitu PES 17.5 (gram), PEG (14,5) dan DMAc 68 (ml) menghasilkan *casting solution* yang memiliki *viskositas* tinggi. Meskipun pada penelitian ini ketebalan membran di atur 100  $\mu\text{m}$ , dengan pemasangan *cutting sticker* pada film kaca dengan metode glass slide, tetapi media gelatinasi dengan penambahan NMP dan juga zat aditif berupa PEG memberikan peranan terhadap ketebalan yang terbentuk dari membran. Hal tersebut karena parogen PEG yang memiliki sifat mudah larut terhadap pelarut sehingga molekul PEG terdifusi ke dalam bak koagulasi. Banyaknya molekul PEG yang meninggalkan membran selulosa asetat secara tidak langsung ketebalan membran juga ikut menurun. (Chou dkk, 2007 dalam Rosnelly, 2012). Pada penelitian ini metode yang di gunakan untuk mengetahui ketebalan membran dengan cara mengukur langsung menggunakan micrometer yang di lakukan sebanyak tiga kali dengan metode ragam acak. Tebal tidaknya sebuah membran dapat sangat mempengaruhi nilai koefisien difusinya.



PES Akuades 100



PES NMP 2 %



PES NMP 4 %



PES NMP 6 %



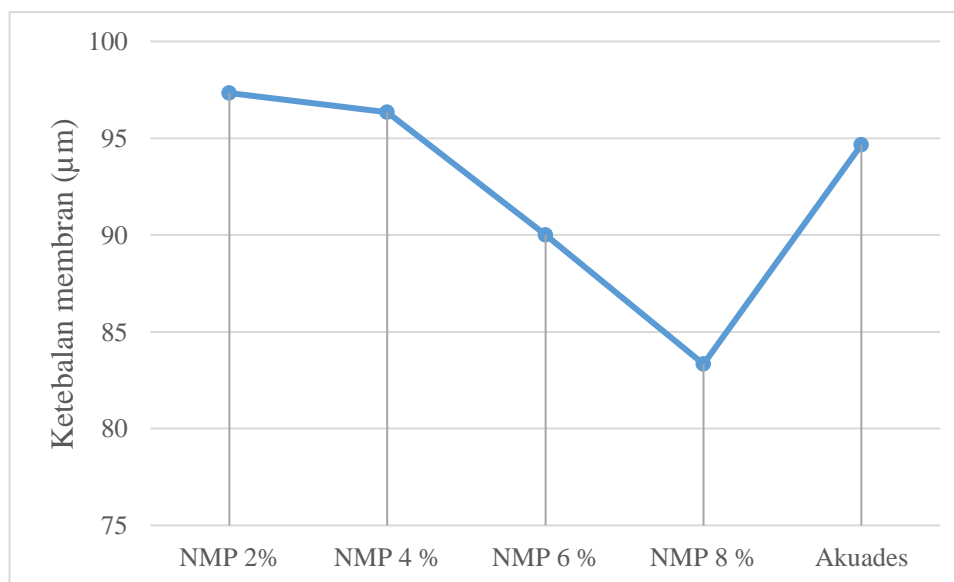
PES NMP 8 %

Gambar 4. 1. Pengukuran ketebalan terhadap masing-masing membran dengan menggunakan mikrometer

Tabel 4. 1. Data hasil pengukuran ketebalan terhadap masing-masing membran

NO	NMP (%)	Akuades (%)	Tebal (mm)	1 mm = 1000 um	um
1	2		0.102	1000	102
			0.097	1000	97
			0.093	1000	93

NO	NMP (%)	Akuades (%)	Tebal (mm)	1 mm = 1000 $\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
2	4		0.099	1000	99
			0.093	1000	93
			0.097	1000	97
3	6		0.091	1000	91
			0.086	1000	86
			0.093	1000	93
4	8		0.081	1000	81
			0.076	1000	76
			0.093	1000	93
5		100	0.098	1000	98
			0.094	1000	94
			0.092	1000	92



Gambar 4. 2. Grafik perbandingan ketebalan membran terhadap variasi media gelatinasi

#### 4.2 Pengaruh Luas Area Membran Terhadap Nilai *Water Flux*

Luas area efektif dari membran merupakan salah satu parameter yang memberikan pengaruh besar terhadap kenaikan nilai atau penurunan nilai permeabilitas. Semakin luas area yang membran yang dilewati larutan umpan (*feed*) pada *structure layer* maka semakin banyak permeate yang di hasilkan (Setyawan, 2016).

### 4.3 Perhitungan *Water flux*

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, dengan besarnya tekanan yang digunakan yaitu 10 kPa atau sesuai dengan 75.006 mmHg sedangkan untuk luas area efektif membran adalah 144 mm<sup>2</sup> sesuai dengan penelitian yang sebelumnya dilakukan oleh Gu dan Miki (2009) 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.

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

Dimana:

- Wf = *Water flux* (ml/h/mmHg)
- L = Volume permeate (ml)
- A = Luas area membran (m<sup>2</sup>)
- h = Lama waktu proses difusi (hour)
- p = Tekanan pada *syringe pump* (mmHg)

Contoh Perhitungan menggunakan data percobaan NMP 2 % (terlampir)

Diketahui:

- L = 8 (ml)
- A = 144 (m<sup>2</sup>)
- h = 2.23 (jam)
- p = 75.006 (mmHg)

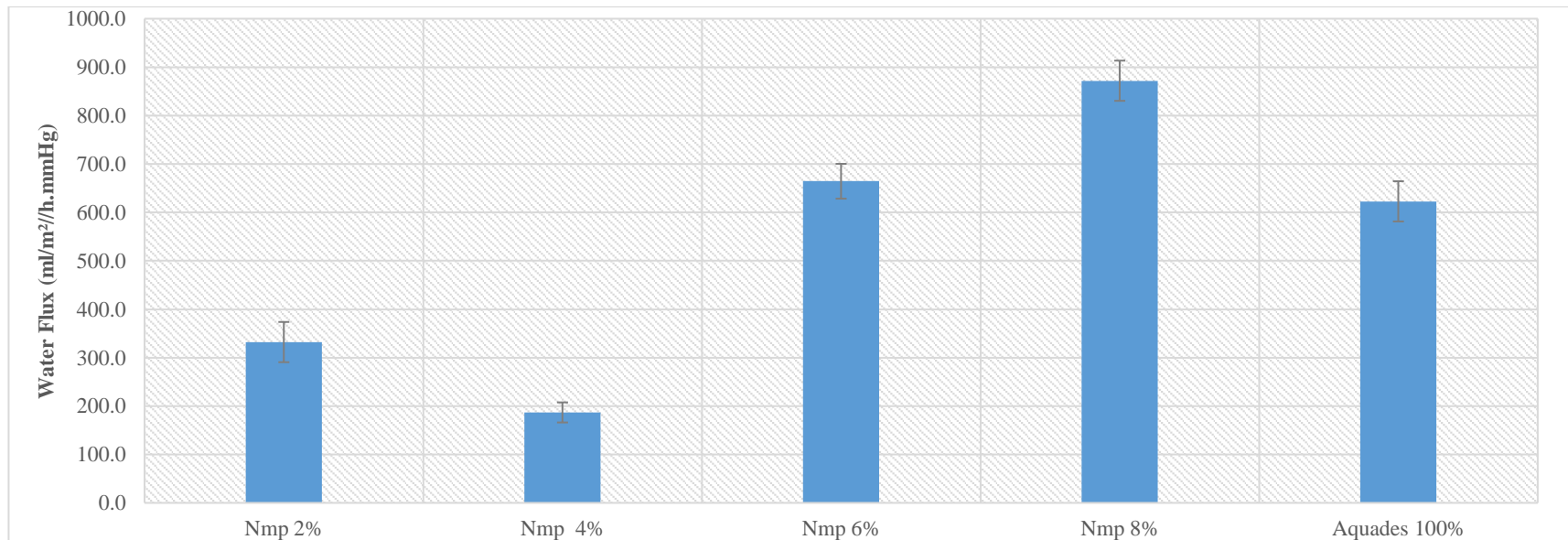
$$\begin{aligned} \text{Water flux} &= \frac{8 \text{ (ml)}}{144\text{m}^2 \times 2.23\text{(jam)} \times 75.006\text{(mmHg)}} \\ &= 332.144 \text{ (ml/m}^2\text{/h.mmHg)} \end{aligned}$$

Tabel 4. 2. Hasil Percobaan untuk mencari nilai *water flux*

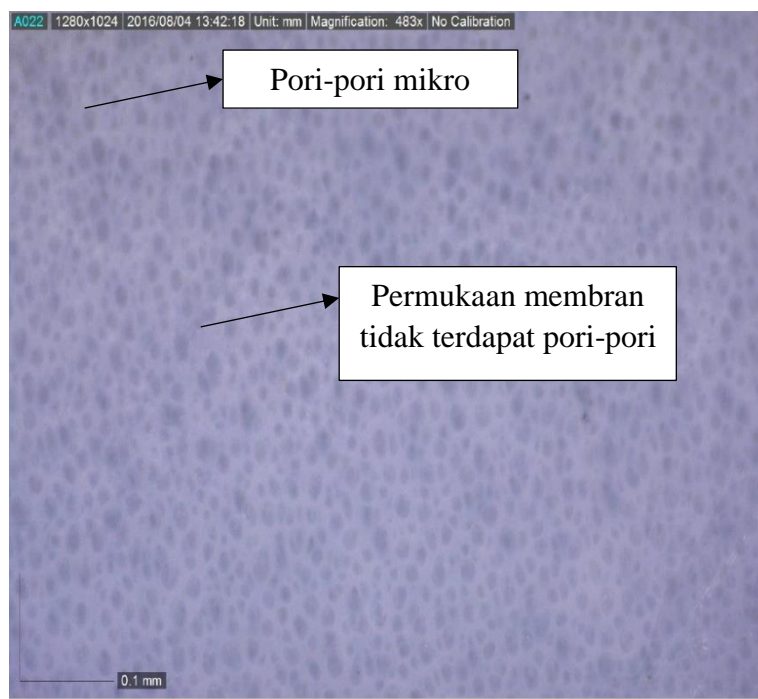
No	Jumlah Percobaan	Variasi Media Gelatinasi	Volume NaCl Terdifusi (ml)	Waktu (Jam)	Luas Area Membran (m <sup>2</sup> )	Tekanan Syringe Pump (mmHg)	Nilai <i>Water Flux</i> (ml/m <sup>2</sup> /h.mmHg)
1	A	Akuades 100%	16	2.23	0.000144	75.006	664.288
	B		14	2.23	0.000144	75.006	581.252
	C		15	2.23	0.000144	75.006	622.77
	Rata-rata		15				622.77
2	A	NMP 2 %	8	2.23	0.000144	75.006	332.144
	B		7	2.23	0.000144	75.006	290.626
	C		9	2.23	0.000144	75.006	373.662
	Rata-rata		8				332.144
3	A	NMP 4 %	4	2.23	0.000144	75.006	166.072
	B		5	2.23	0.000144	75.006	207.59
	C		4.5	2.23	0.000144	75.006	186.831
	Rata-rata		4.5				186.8
4	A	NMP 6 %	16.5	2.23	0.000144	75.006	685.047
	B		15	2.23	0.000144	75.006	622.77
	C		16.5	2.23	0.000144	75.006	685.047
	Rata-rata		16				664.288
5	A	NMP 8 %	21	2.23	0.000144	75.006	871.878
	B		20	2.23	0.000144	75.006	830.36
	C		22	2.23	0.000144	75.006	913.396
	Rata-rata		21				871.878

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan nilai *water flux* terhadap beberapa media gelatinasi yang divariasikan

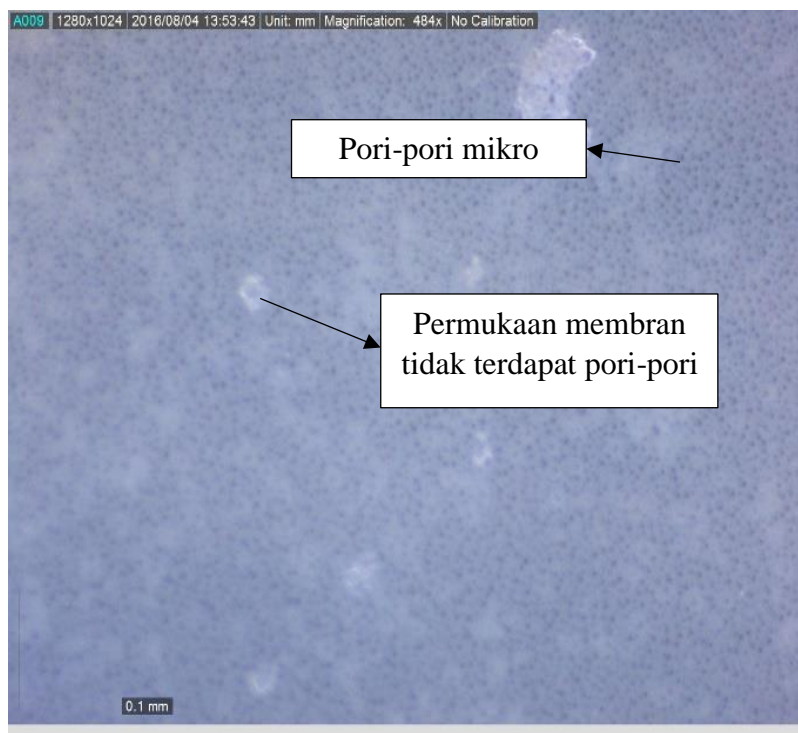
No	Media gelatin yang divariasikan	Volume Permeate hasil difusi (ml)	Waktu (Jam)	Luas area membran (m <sup>2</sup> )	Tekanan (mmHg)	<i>Water flux</i> (ml/m <sup>2</sup> /h.mmHg)
1	NMP 2%	8	2.23	0.00014	75	332.1
2	NMP 4%	4.5	2.23	0.00014	75	186.8
3	NMP 6%	16	2.23	0.00014	75	664.2
4	NMP 8%	21	2.23	0.00014	75	871.8
5	Akuades 100%	15	2.23	0.00014	75	622.7

Gambar 4. 3. Grafik perbandingan nilai *water flux* terhadap masing-masing media gelatinasi

dilihat dari hasil analisis pada Tabel 4.2. dan juga Gambar 4.3. pada grafik dapat disimpulkan bahwa besarnya nilai konsentrasi dari NMP yang diberikan berpengaruh terhadap nilai *water flux* yang dihasilkan. hal tersebut karena, dipengaruhi oleh *casting solution* PES pada saat perendaman bak koagulasi. namun pada penelitian ini membran dengan variasi media gelatin NMP 4% memiliki nilai *water flux* yaitu 186.8 (ml/m<sup>2</sup>/h.mmhg) yang mengalami penurunan dibandingkan dengan variasi media gelatin NMP 2 % memiliki nilai *water flux* yaitu 332.1 (ml/m<sup>2</sup>/h.mmhg). Besarnya penurunan tersebut disebabkan oleh pori-pori yang terbentuk pada media gelatinasi NMP 4% memiliki diameter yang lebih kecil serta bentuknya tidak merata, yang artinya ada bagian tertentu dari pada membran tidak terdapat pori-pori. Sehingga banyaknya volume permeate yang dihasilkan juga mengalami penurunan. Berbeda halnya pada variasi media gelatinasi NMP 2 % karakteristik pori-pori yang dimiliki berdiameter jauh lebih besar, bentuknya yang lebih seragam, serta keteraturannya yang lebih rapat sehingga mempengaruhi volume permeate yang dihasilkan. Perbedaan tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.4. dan 4.5.



Gambar 4. 4. Diameter pori yang terbentuk beserta keseragamannya pada membran dengan media gelatinasi NMP 2 %



Gambar 4. 5. Diameter pori yang terbentuk beserta keseragamannya pada membran dengan media gelatinasi NMP 4 %

Nilai *water flux* yang paling tertinggi terdapat pada membran dengan variasi media gelatinasi NMP 8% ,6%, akuades 100 %, 2%, dan 4%. Sedangkan untuk media gelatinasi akuades 100% tanpa penambahan NMP nilai *water flux*-nya yaitu sebesar 622.7 (ml/m<sup>2</sup>/h.mmHg) cenderung dapat mendekati dari nilai *water flux* dari media gelatinasi NMP 6% yaitu sebesar 664.2 (ml/m<sup>2</sup>/h.mmHg).

#### 4.4 Koefisien Difusi (Dc)

Adalah salah satu parameter yang digunakan dalam penelitian ini, untuk mengetahui seberapa banyak jumlah dari partikel hasil larutan permeate yang dapat terdifusi oleh membran selama proses pengujian difusi tes dalam kurun waktu tertentu. Besarnya nilai dari Dc juga erat hubungannya dengan karakteristik dari pori-pori yang terbentuk pada masing-masing membran, serta besarnya ukuran partikel yang mampu terdifusi atau tidak. Semakin besar nilai Dc maka semakin permeabilitas sifat dari suatu membran tersebut. Data yang di peroleh dari hasil perhitungan Dc, digunakan untuk menentukan mana diantara kelima media



gelatinasi NMP 2%, 4%, 6%, 8% dan akuades yang memiliki nilai Dc paling besar. Besarnya nilai Dc dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$D_c = \frac{Q \times H}{A} \times \ln \left[ \frac{C_B - C_A}{C_{B'} - C_{A'}} \right]$$

Dimana:

- Dc : Koefisien difusi (mm<sup>2</sup>/s)
- H : Ketebalan membran (μm)
- Q : Flow rate (ml/menit)
- A : Luas area membran (mm<sup>2</sup>)
- 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 (mm<sup>2</sup>)
- CB : 0 (μs)
- CB' : 45 (μs)
- CA : 280(μs)
- CA' : 251.6666667 (μs)

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

$$D_c = 0.068422272 (\text{mm}^2/\text{s})$$

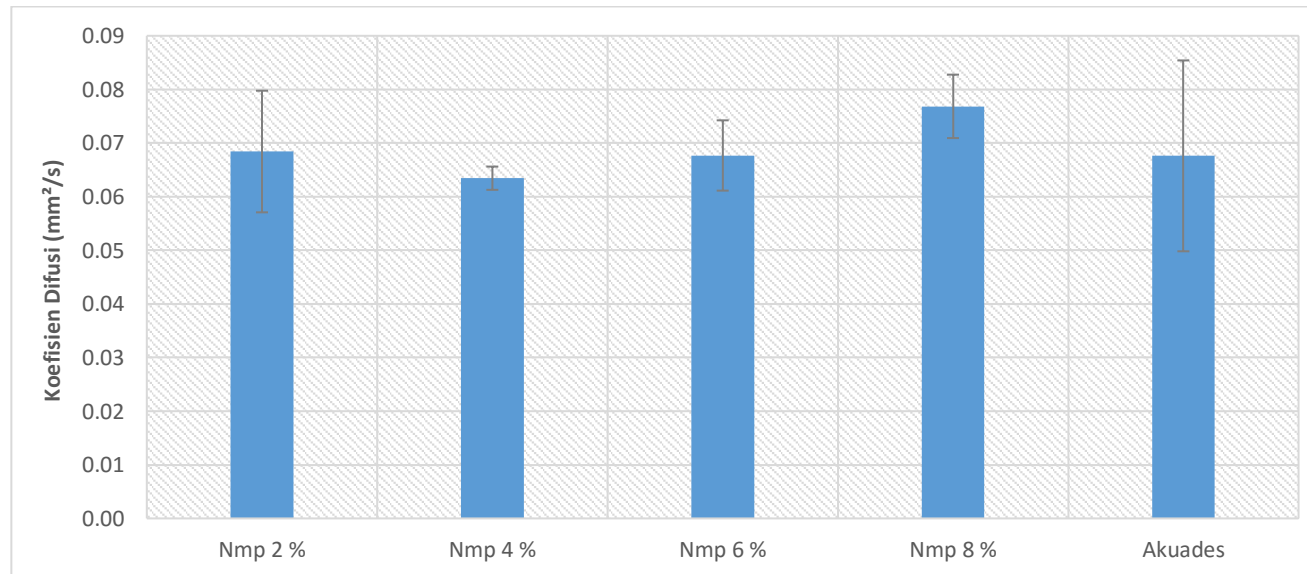
Tabel 4. 4. Hasil Percobaan untuk mencari nilai Koefisien Difusi

NO	Jumlah Percobaan	Variasi Media Gelatin	Flow rate Q (ml/mnt)	Ketebalan Membran (h) (mm)	Luas Area Membran (A) (mm <sup>2</sup> )	Konduktivitas NaCl Sebelum percobaan (CA) (μ/s)	Konduktivitas NaCl Sesudah percobaan (CA') (μ/s)	Konduktivitas Akuades Sebelum percobaan (CB) (μ/s)	Konduktivitas Akuades Sebelum percobaan (CB) (μ/s)	Nilai Dc (mm <sup>2</sup> /s)
1	A	Akuades	0.333333	98	144	280	250	0	60	0.08796
	B		0.333333	94	144	280	259	0	50	0.06363
	C		0.333333	92	144	280	270	0	52	0.05330
	Rata-rata			94.666666			259.66666		54	0.06830
2	A	NMP 2 %	0.333333	102	144	280	250	0	50	0.07944
	B		0.333333	97	144	280	250	0	45	0.07000
	C		0.333333	93	144	280	255	0	40	0.05686
	Rata-rata			97.333333			251.66666		45	0.06877
3	A	NMP 4 %	0.333333	99	144	280	250	0	40	0.06592

	B		0.333333	93	144	280	260	0	50	0.06193
	C		0.333333	97	144	280	269	0	57	0.06246
	Rata-rata			96.333333			259.666666		49	0.06344
4	A	NMP 6 %	0.333333	91	144	280	260	0	50	0.0606
	B		0.333333	86	144	280	258	0	60	0.06898
	C		0.333333	93	144	280	260	0	61	0.07351
	Rata-rata			90			259.333333		57	0.06769
5	A	NMP 8 %	0.333333	81	144	280	250	0	60	0.07270
	B		0.333333	76	144	280	244	0	60	0.07386
	C		0.333333	93	144	280	245	0	55	0.08347
	Rata-rata			83.333333			246.333333		58.333333	0.07668

Tabel 4. 5. Nilai Dc dari hasil perhitungan pada semua media gelatinasi pada membran

NO	Media gelatin yang divariasikan	Q (ml/mnt)	H ( $\mu\text{m}$ )	A $\text{mm}^2$	CB ( $\mu\text{/s}$ )	CB' ( $\mu\text{/s}$ )	CA ( $\mu\text{/s}$ )	CA' ( $\mu\text{/s}$ )	Nilai Dc ( $\text{mm}^2\text{/s}$ )
1	NMP 2 %	0.33	97.33	144	0	45.00	280	251.7	0.07
2	NMP 4 %	0.33	96.33	144	0	49.00	280	259.7	0.06
3	NMP 6 %	0.33	90.00	144	0	57.00	280	259.3	0.07
4	NMP 8 %	0.33	83.33	144	0	58.33	280	246.3	0.08
5	Akuades	0.33	94.67	144	0	54.00	280	259.7	0.07



Gambar 4. 6. Grafik perbandingan nilai Dc terhadap variasi media gelatinasi

Nilai koefisien difusi yang didapatkan dari hasil pengujian menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan hasil dari nilai pada *water flux*. Dari Gambar 4.6. grafik perbandingan nilai Dc terhadap media gelatinasi dapat disimpulkan dari beberapa media gelatinasi yang divariasikan, media gelatinasi dengan NMP 8% tetap memiliki nilai Dc yang paling tinggi di antara variasi yang lain. Besar kecilnya nilai tersebut, sangat dipengaruhi dari pada struktur dan karakteristik pori-pori yang terbentuk pada permukaan membran, luas efektif membran yang digunakan (A), besarnya nilai konduktivitas hasil tes difusi (CB, CB', CA, CA'), kecepatan *flow rate* (Q) yang ditentukan dan tebal tipisnya membran yang digunakan (H).

#### **4.5 Pengaruh Penambahan Pelarut NMP Terhadap Morfologi Membran**

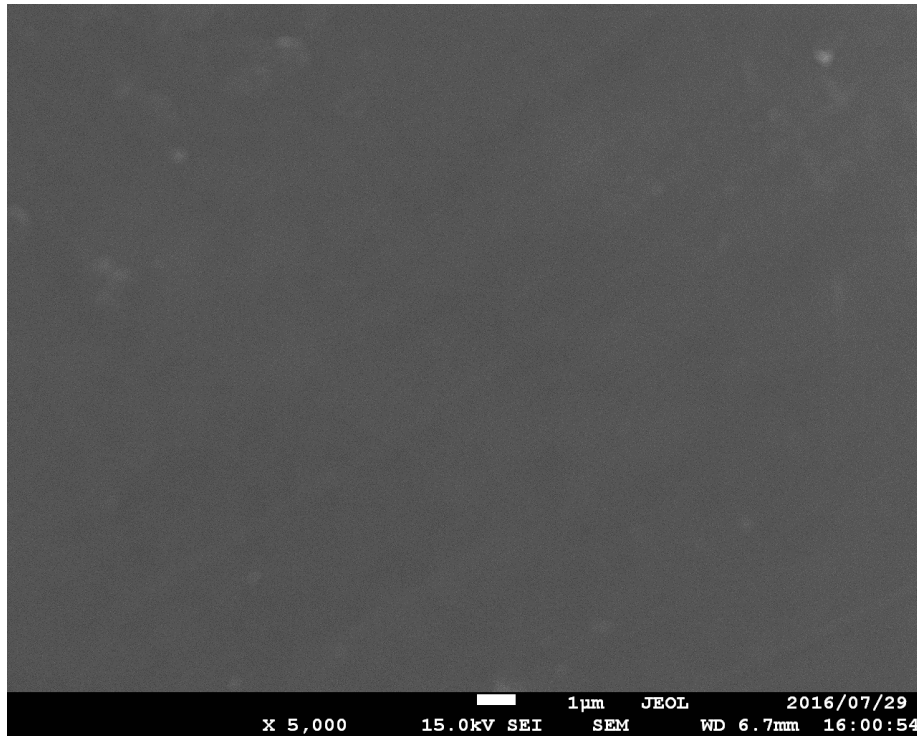
Membran yang terbentuk pada penelitian ini menggunakan metode *phase inversion* dimana perubahan bentuk polimer dari fase cair menjadi padatan dengan kondisi terkendali. Hal tersebut di tandai dengan adanya media gelatinasi sebagai koagulasi antara pelarut berupa NMP dan non pelarut berupa akuades. Morfologi dari membran yang terbentuk, sangat di pengaruhi oleh sistem pelarut, dan non pelarut, konsentrasi polimer, komposisi bak koagulasi dan komposisi larutan polimer (Mulder, 1996 dalam indarti, dkk 2012) menurut Mulder, (1996) ada dua mekanisme pembentukan morfologi terhadap membran yaitu mekanisme *instantaneous demixing* yang artinya bahwa struktur membran akan terbentuk segera setelah lapisan film di masukan ke dalam media gelatinasi. Sedangkan *delayed demixing* adalah keadaan dimana karakteristik membran tidak dapat langsung terbentuk ketika lapisan film di masukan ke dalam media gelatinasi. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa pembuatan membran pada penelitian ini menggunakan mekanisme *instantaneous demixing*, karena membran PES akan segera terbentuk setelah lapisan film di masukan pada media gelatinasi. Penambahan jenis pelarut berupa NMP memiliki peran yang penting untuk mendestabilkan partikel koloid, dengan cara mengikat senyawa dari non pelarut berupa akuades sehingga terbentuknya larutan yang bersifat homogen. Pada saat *casting solution* PES di masukan kedalam bak koagulasi, zat aditif berupa PEG yang terlebih dahulu mengisi matriks dari polimer PES pada skala nano akan

terlepas dari matriks, selanjutnya akuades dan NMP akan terdifusi masuk mengisi matriks yang telah kosong. Karena sifat dari NMP mudah melarutkan, NMP yang terdifusi bersama dengan Akuades u akan berusaha melarutkan polimer PES sehingga akan terbentuknya pori-pori pada membran. (Arahman, 2014).

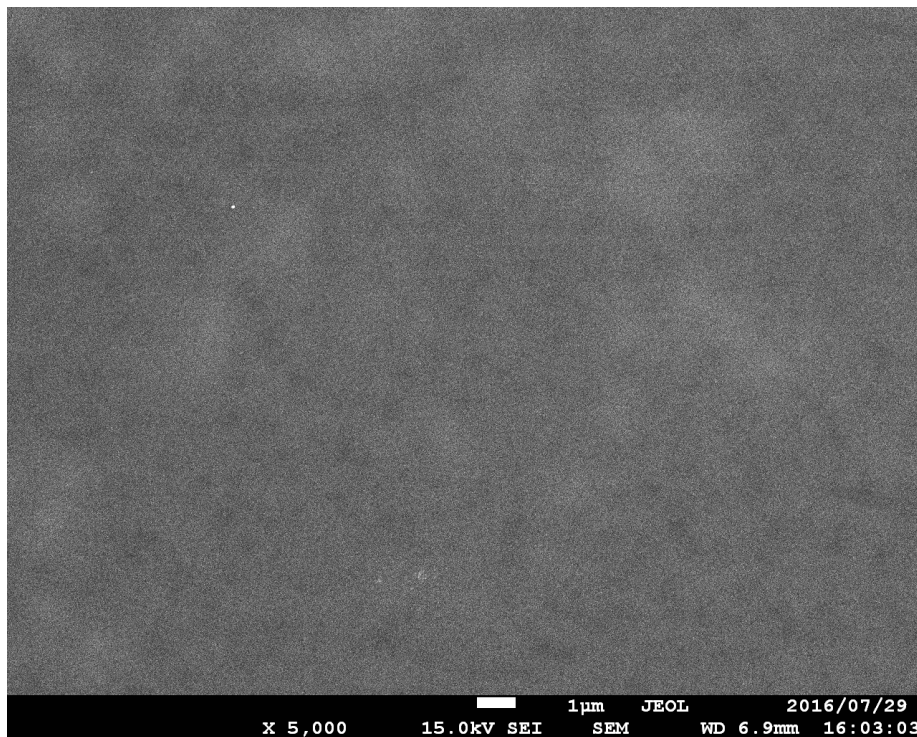
#### **4.6 Analisis Morfologi Membran Menggunakan *Scanning Elektron***

##### ***Microscope (SEM)***

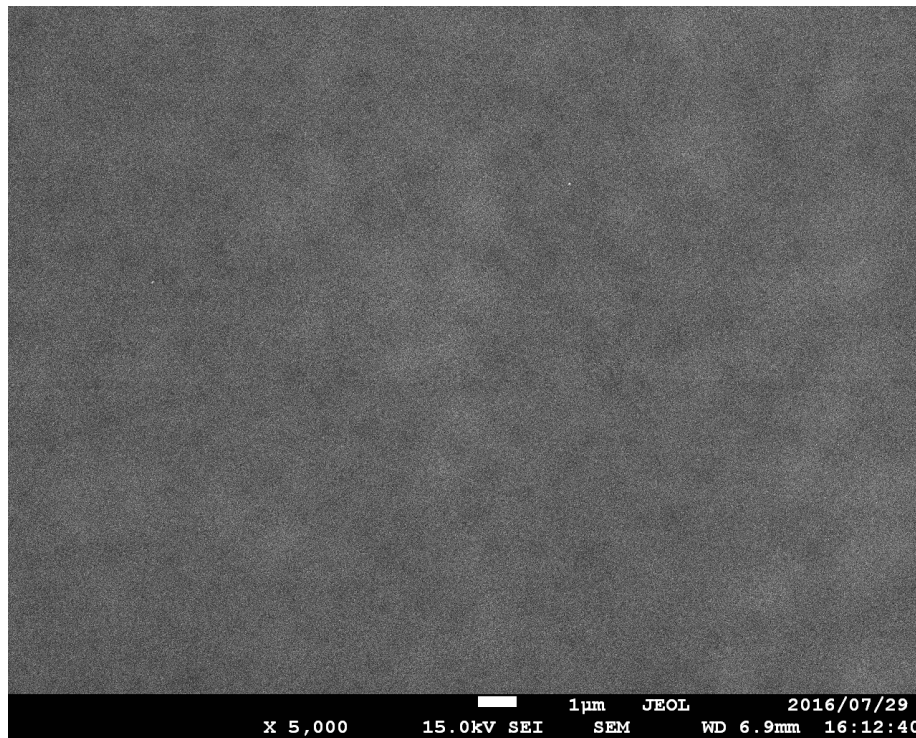
Morfologi pada membran kerat kaitannya dengan tinggi tidaknya nilai permeabilitas suatu membran. Untuk mengetahui hal tersebut perlu dilakukannya analisis menggunakan SEM. Prinsip kerja dari SEM yang dapat melakukan pembesaran sampai dengan ribuan kali perbesaran, membuat karakteristik pori-pori dengan skala nano yang tidak dapat dilihat menggunakan mikroskop digital dapat diperjelas. Sehingga dengan mudah dapat dilakukan proses analisis terhadap pori-pori membran yang erat hubungannya terhadap nilai permeabilitas membran itu sendiri. Membran PES yang dibuat dengan menggunakan zat aditif PEG dan jenis pelarut DMAc pada penelitian ini, memiliki dua jenis karakteristik pori-pori yang terbentuk. Hal menunjukkan bahwa membran tersebut merupakan membran asimetrik karena struktur pori bagian atas lebih rapat dibandingkan struktur pori bagian bawah, pori-pori yang terbentuk pada bagian atas membran memiliki ukuran nano sedangkan bagian bawah membran berukuran mikro (Prihandana, 2013). Masing-masing sampel dari pada media gelatinasi NMP 2%, 4%, 6%, 8% serta akuades 100%, di ambil untuk dilakukan proses analisis menggunakan SEM JSM-7500 dengan perbesaran 5000x. Membran dengan media gelatinasi menggunakan akuades memiliki pori-pori yang terbentuk jauh lebih rapat dan memiliki diameter yang lebih kecil. Sedangkan media yang menggunakan media gelatinasi dengan penambahan NMP menyebabkan perubahan bentuk dari pada karakteristik membran PES Pori-porinya yang terbentuk memiliki diameter yang lebih besar dan keseragaman yang lebih teratur.



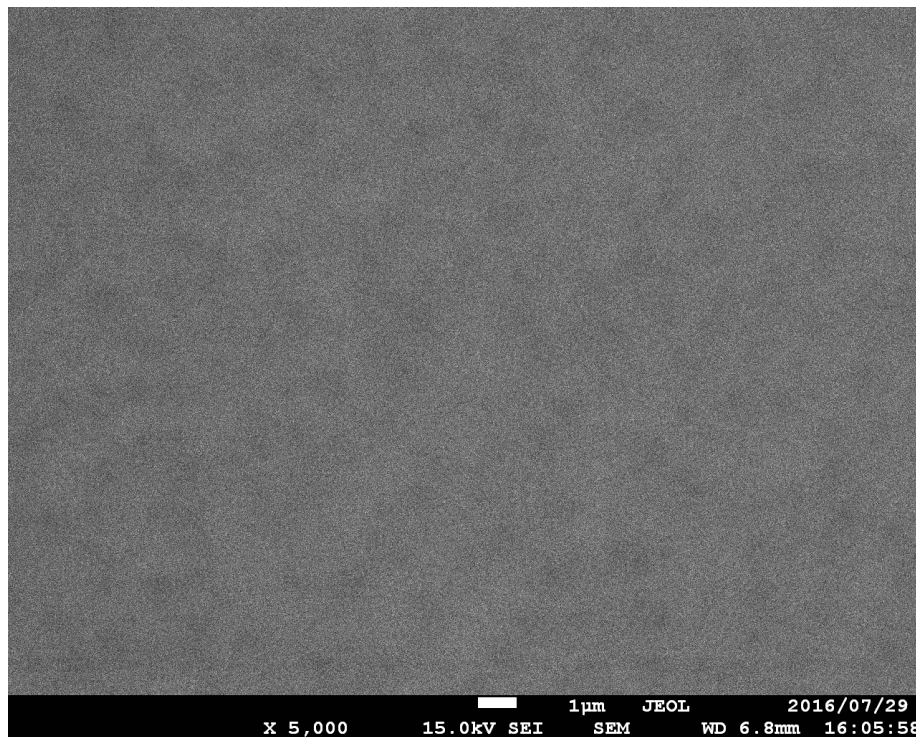
Gambar 4. 7. Nano pori pada lapisan atas membran PES Akuades 100% dilihat menggunakan SEM dengan 5000 x perbesaran



Gambar 4. 8. Nano pori pada lapisan bagian atas membran PES NMP 2 % dilihat menggunakan SEM dengan 5000 x perbesaran

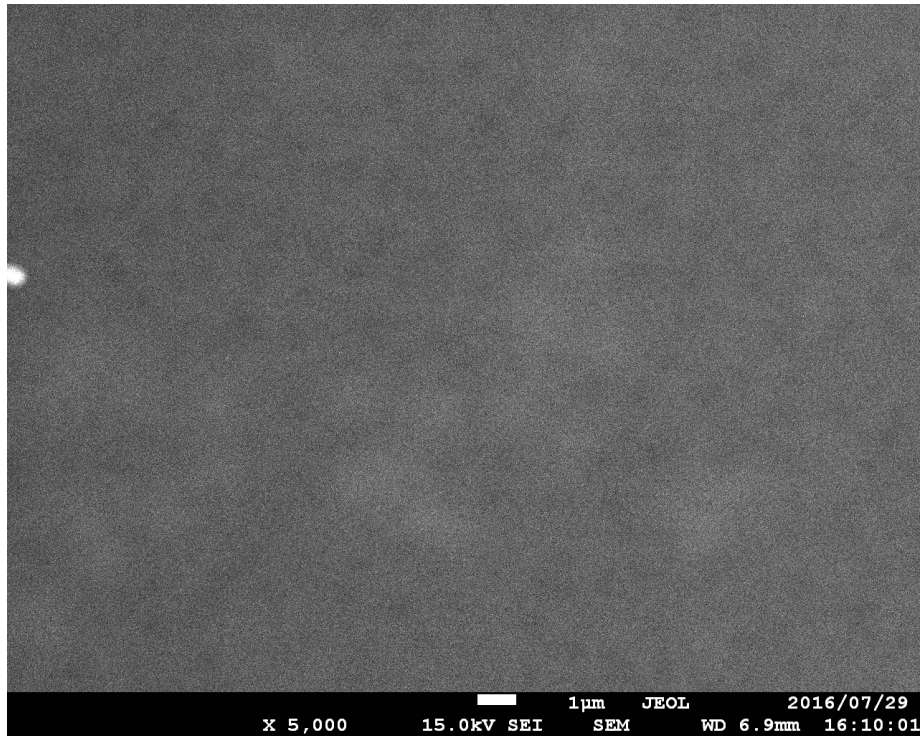


Gambar 4. 9. Nano pori pada lapisan bagian atas membran PES NMP 4 % dilihat menggunakan SEM dengan 5000 x perbesaran

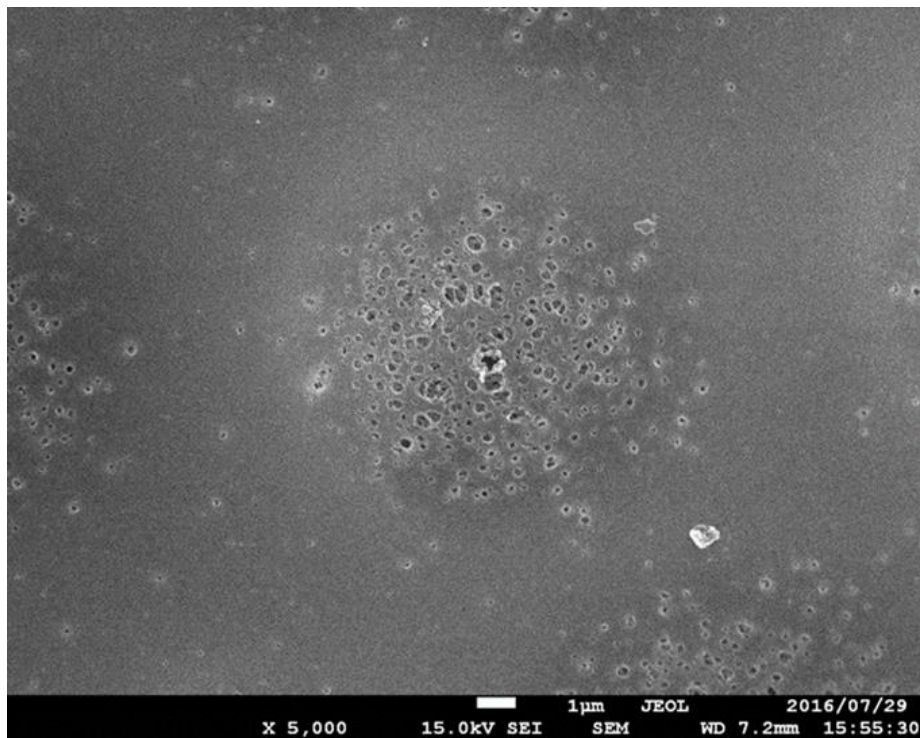


Gambar 4. 10. Nano pori pada lapisan bagian atas membran PES NMP 6 % dilihat menggunakan SEM dengan 5000 x perbesaran





Gambar 4. 11. Nano pori pada lapisan bagian atas membran PES NMP 8 % dilihat menggunakan SEM dengan 5000 x perbesaran



Gambar 4. 12. Mikro pori pada bagian bawah membran PES dilihat menggunakan SEM dengan 5000 x perbesaran

#### 4.7 Water Contact Angle (WCA)

Besar kecilnya nilai dari *water flux* dan koefisien difusi berbanding terbalik terhadap nilai WCA yang di peroleh. Dari hasil pengujian di dapatkan membran yang dibuat dengan variasi media gelatinasi NMP 4% memiliki sudut kontak yang cenderung mendekati  $90^\circ$  atau tegak lurus yaitu sebesar  $78^\circ$ , kemudian NMP 2% ( $75^\circ$ ), NMP 6% ( $62^\circ$ ), NMP 8% ( $56^\circ$ ) dan akuades ( $72^\circ$ ). Membran dengan media gelatin NMP 4% menunjukan sifat yang cenderung hidrofobik dimana air yang diteteskan pada permukaan tidak dapat dengan mudah meresap masuk kedalam pori-pori dari membran sehingga dibutuhkan gaya dorong yang relatif besar untuk membuat air mampu meresap dengan baik kedalam pori-pori membran. Berbeda halnya dengan membran yang dibuat dengan media gelatinasi NMP 8% yang memiliki sifat yang cenderung hidrofilik, itu artinya air dapat dengan mudah meresap kedalam pori-pori membran sehingga tidak dibutuhkan *driving force* untuk membuat air meresap kedalam pori-pori membran.



Gambar 4. 13. *Water contact angle* yang terbentuk pada membran dengan variasi media gelatin Akuades



Gambar 4. 14. *Water contact angle* yang terbentuk pada membran dengan variasi media gelatin NMP 2%



Gambar 4. 15. *Water contact angle* yang terbentuk pada membran dengan variasi media gelatin NMP 4%



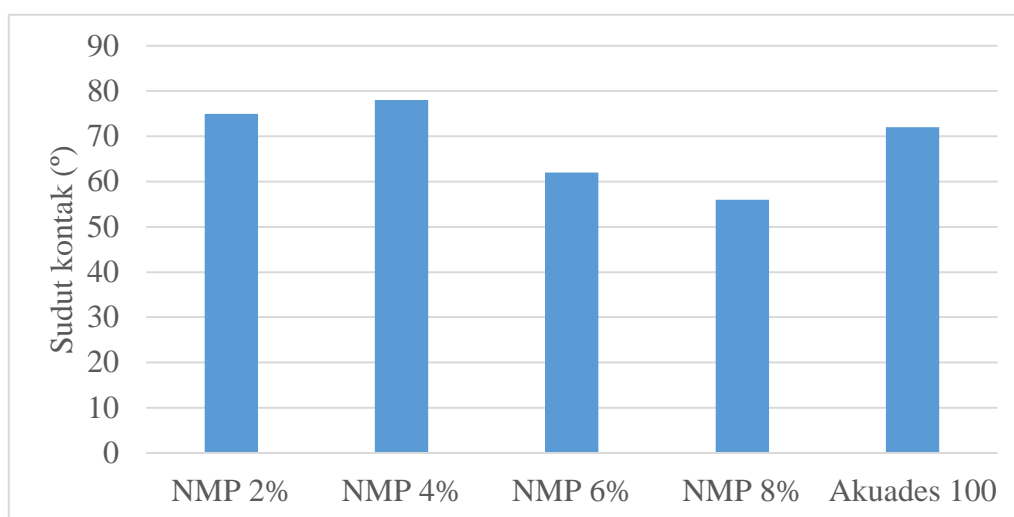
Gambar 4. 16. *Water contact angle* yang terbentuk pada membran dengan variasi media gelatin NMP 6%



Gambar 4. 17. *Water contact angle* yang terbentuk pada membran dengan variasi media gelatin NMP 8%

Tabel 4. 6. Data Hasil Pengujian *Water contact angle* terhadap variasi media gelatinasi

NO	Variasi media Gelatinasi	<i>Water Contact Angle</i>
1	NMP 2%	75°
2	NMP 4%	78°
3	NMP 6%	62°
4	NMP 8%	56°
5	Akuades 100	72°



Gambar 4. 18. Grafik Perbandingan nilai *water contact angle* terhadap media gelatinasi yang divariasikan

