

Techno, ISSN 1410 - 8607
Volume 12 No. 1, April 2011
Hal. 01 - 07

KAJIAN SIFAT FISIK FILM TIPIS NATA DE SOYA SEBAGAI MEMBRAN ULTRAFILTRASI

Studies on Physical Thickness of Nata De Soya Film as Ultrafiltration Membrane

Endar Puspawiningtias¹, Neni Damajanti²

^{1,2} Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto
Jl. Raya Dukuh Waluh, PO BOX 202 Purwokerto 53182

¹Email: endartyas@yahoo.com

ABSTRACT

"Whey" is one of liquid waste water that was produced from tofu making process. There are many research that process whey to waste water that ready to dispose. One of whey utilization to product that more useful is as of nata making raw material, that often called nata de soya. The contain of nata is cellulose (Bergenia,1982). Cellulose that produced via fermentation process by bacteria often called microbial cellulose. Based of physic and chemical properties that owned by microbial cellulose, be required a study about possibility nata de soya as separated membrane especially ultrafiltration membrane.

The Goal of this research are to study about influence of NaOH and H₂SO₄ concentration to density, swelling degree, water flux, nata de soya membrane rejection.

The result of this research show that NaOH and H₂SO₄ treatment influence to physical and chemical properties of nata de soya thin layer. Greatest density and smallest swelling degree are 0,94gr/cm³ and 210% at NaOH 6 % treatment. Greatest density and smallest swelling degree are 0,92gr/cm³ and 216% at H₂SO₄ 8 % treatment. Flux value generated at several NaOH concentration average 18,89 Lm⁻²jam⁻¹bar⁻¹. By Murder (1996), ultrafiltration membrane has operational pressure range 1.0 – 5.0 bar and water flux 10 -50 Lm⁻²jam⁻¹bar⁻¹, thus flux test result show that nata de soya thin layer adequate as ultrafiltration membrane. Smallest water flux value is obtained at NaOH 6 % concentration is 15.68 Lm⁻²jam⁻¹bar⁻¹. Fluctuating graph at influence of NaOH concentration to rejection coefficient has not been able to conclude best treatment to obtain maximum rejection coefficient, but overall average rejection coefficient at NaOH treatment to nata de soya thin layer is 47,6%.

Keyword : ultrafiltration membrane, nata de soya

PENDAHULUAN

Pada saat ini, pengkajian teknologi proses tidak hanya ditinjau dari produk yang dihasilkan akan tetapi penanganan dan pemanfaatan limbah yang dihasilkan merupakan salah satu parameter pengkajian teknologi proses yang dianggap laik sebagai teknologi proses yang tepat guna dan berdaya guna. Pengolahan limbah sebagai salah satu parameter pengkajian teknologi proses, mendorong para ilmuwan melakukan berbagai penelitian mengenai pengolahan limbah. Penelitian dimulai dari pengolahan limbah menjadi limbah yang siap buang (tidak mencemari lingkungan) sampai dengan pemanfaatan limbah menjadi produk baru yang termanfaatkan.

Pada dasarnya tahu adalah endapan protein dari sari kedelai panas yang menggunakan bahan

penggumpal (Hermana,1985). Pada saat proses pengendapan tidak semua protein ikut mengendap, sehingga sisa protein yang tidak tergumpal dan zat-zat lain yang larut dalam air akan terdapat dalam limbah cair tahu. Selain air, limbah cair tahu masih mengandung protein, lemak, karbohidrat serta komponen nutrisi lain. Komponen nutrisi yang terdapat dalam limbah cair tahu ini sangat cocok untuk pertumbuhan bakteri acetobacter xylinum yang dapat menghasilkan produk nata de soya. Nata de soya yang dihasilkan dari limbah cair tahu mempunyai rendemen 62,57%, tekstur 0,85 mm/g/det dan kadar selulosa 0,43 %. (Erwin, 2003). Selulosa yang terdapat didalam nata de soya merupakan jenis selulosa bacterial karena terbentuk dari proses fermentasi oleh bakteri. Beberapa teknologi pemanfaatan selulosa bacterial adalah sebagai bahan diafragma transduser, bahan pencampur dalam industri kertas, karakterisasi

sifat listrik dan magnetnya, sebagai support untuk sensor glukosa dan membran dialisis (Ighuci,2000). Pemanfaatan selulosa bacterial sebagai membran inilah yang mendorong untuk diadakannya penelitian tentang kajian sifat fisik film tipis nata de soya sebagai membran ultrafiltrasi.

Tujuan dan manfaat penelitian

Dari rumusan masalah tersebut di atas, dapat dirumuskan tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH dan H₂SO₄ pada proses pemurnian dan aktivasi nata de soya terhadap berat jenis dan derajat swelling membran nata de soya.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH dan H₂SO₄ terhadap fluks air dan rejeksi membran nata de soya
3. Mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH terhadap koefisien rejeksi pada membran nata de soya

Manfaat dari penelitian ini menambah pengetahuan pada pengembangan dibidang separasi khususnya yang berbasis pada selulosa mikrobial, manfaat lebih jauh, membran nata de soya dapat digunakan pada industri yang menggunakan proses separasi seperti industri buah olahan.

METODOLOGI

Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tahap studi pustaka, proses pembuatan nata de soya dan perlakuan terhadap nata de soya untuk mengetahui sifat fisik film tipisnya sebagai membrane ultrafiltrasi.

Variabel Percobaan

Variabel yang akan di kaji pada penelitian ini adalah pH umpan, dan waktu operasional terhadap fluks air, dengan kisaran variabel sebagai berikut :

Konsentrasi NaOH (%b/b)	:
2, 4, 6, 8, 10	
Konsentrasi H ₂ SO ₄	:
2, 4, 6, 8, 10	
Waktu operasional terhadap fluks (menit)	:
5, 10, 15, 20, 25, 30	

Parameter yang akan diamati adalah sifat fisik membran yaitu berat jenis dan derajat swelling serta karakteristik membran yaitu fluks air dan rejeksi.

Proses Pembuatan nata de soya

- a. Persiapan Bahan Baku
Bahan yang digunakan adalah limbah cair tahu, gula pasir, asam asetat, (NH₄)₂SO₄, NaOH, aquades dan starter acetobacter xylinum.
Alat yang digunakan adalah nampan plastic, neraca analitik, Koran, karet gelang dan beberapa peralatan gelas.
- b. Pembuatan nata de soya
Pembuatan nata desoya diawali dengan mempersiapkan media fermentasi yang terdiri dari limbah cair tahu sebanyak 500 ml dididihkan lalu ditambahkan 25 gram gula pasir atau 5 % dari volume limbah cair tahu

(Choirunnisa dkk, 2001), dan 3 gram (NH₄)₂SO₄. Setelah dingin ditambahkan asam asetat sampai mencapai pH 4, kemudian inokulasikan dengan starter acetobacter xylinum dan diinkubasikan pada suhu 30 - 32°C selama 14 hari.

c. Tahap Pemurnian

Nata yang sudah terbentuk selanjutnya dicuci dengan air mengalir selama 24 jam, hal ini dilakukan untuk menghilangkan asam yang masih terkandung di dalam nata. Selanjutnya dicuci dengan NaOH 2 % (Piluharto, 3003) selama 1 jam pada suhu 80 - 90 °C. Kemudian dicuci kembali dengan air sampai pH netral. Nata yang telah dimurnikan selanjutnya ditekan-panas pada 120 °C dan tekanan 250 kgf/mm². Film yang diperoleh selanjutnya diperlakukan dengan perendaman pada larutan alkali (NaOH:2, 4, 6, 8, 10 %) sampai 24 jam (Piluharto,2003) dan larutan H₂SO₄ (Phisesidharta,2004) kemudian dicuci kembali dengan air sampai pH netral.

Uji sifat fisik film tipis Nata de Soya .

Sifat fisik yang akan di uji pada film tipis nata de soya adalah uji berat jenis, derajat swelling, fluks air dan uji rejeksi.

a. Uji berat jenis

Pengujian berat jenis dilakukan dengan menimbang film kering nata de soya, kemudian hasilnya dibagi dengan volume kering. Penentuan volume dilakukan dengan perkalian luas alas x tebal film.

b. Uji Derajat Swelling

Uji derajat swelling dilakukan dengan merendam film dalam air pada suhu ruang hingga tercapai kesetimbangan penyerapan air. Film kemudian diangkat dari air dan derajat swelling dapat dihitung dengan persamaan :

$$\%swelling = \frac{BK - BA}{BA} \times 100$$

Dimana : BK = Berat kesetimbangan
BA = Berat awal

Uji Karakteristik membran

a. Uji Fluks air

Film yang diperoleh dipotong berbentuk lingkaran dengan diameter 4,5 cm. Ukuran ini disesuaikan dengan disain alat ultrafiltrasi. Penentuan fluks air diperoleh dengan mengukur banyaknya volume air yang melewati tiap satuan luas permukaan membran per satuan waktu. Flujs volume dinyatakan sebagai berikut :

$$J_v = \frac{V}{A.t}$$

Kajian Sifat Fisik Film Tipis Nata De Soya sebagai Membran Ultrafiltrasi

Dimana :

J_v = fluks volume (L/m²jam)

A = luas permukaan (m²)

t = waktu (jam)

Sebelum uji fluks air, terlebih dahulu dilakukan kompaksi terhadap membran yang akan diuji. Kompaksi dilakukan dengan mengalirkan air melewati membran hingga diperoleh fluks air yang konstan.

b. Uji Rejeksi.

Membran dikarakterisasi dengan mengukur fluks air dan koefisien rejeksi terhadap larutan uji Dekstran T-500. Penentuan fluks dilakukan setelah membran dikompaksi dengan tekanan 3 atm. Koefisien rejeksi dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

R = koefisien rejeksi

C_p = konsentrasi permeat

C_r = konsentrasi retentat.

Penentuan koefisien rejeksi diukur dengan metode spektrofotometri dimana larutan

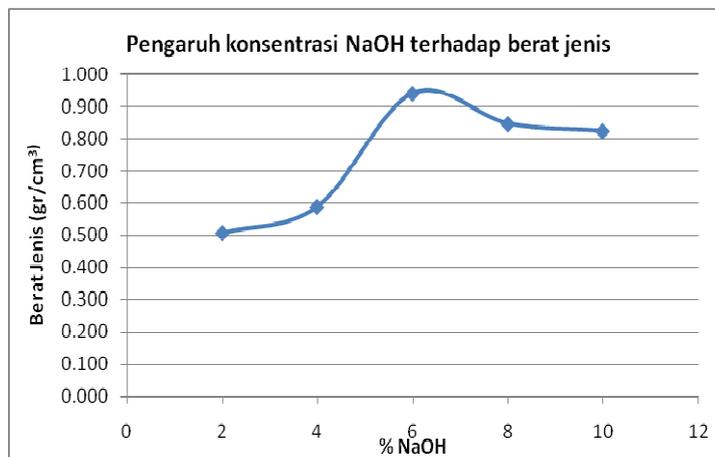
dekstran bagian permeat maupun retentat diencerkan 25 x kemudian ditambahkan fenol 5 % dan H₂SO₄.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap berat jenis film nata de soya.

Berat jenis merupakan salah satu parameter sifat fisik membran. Berat jenis berhubungan dengan struktur dari lapisan film nata de soya. Semakin tinggi berat jenis menunjukkan bahwa struktur lapisan film semakin rapat dan sebaliknya. Dalam hal ini, karena lapisan film nata de soya merupakan selulosa, maka semakin tinggi berat jenis menunjukkan bahwa hubungan antar rantai molekul selulosa semakin kuat.

Perendaman lapisan tipis nata de soya menggunakan NaOH menurut Piluharto (2001), dimaksudkan untuk meningkatkan kemurnian dari selulosa yang dihasilkan sehingga hubungan Antar rantai dalam selulosa semakin kuat melalui ikatan hydrogen antar rantai sehingga struktur selulosa menjadi lebih rapat. Grafik 4.1. menampilkan pengaruh konsentrasi NaOH terhadap berat jenis dari lapisan tipis nata de soya.



Grafik 1. Pengaruh Konsentrasi NaOH terhadap berat jenis

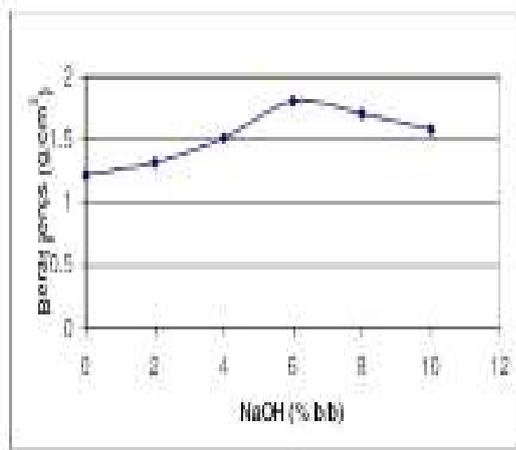
Dari grafik 4.1. menunjukkan bahwa dari konsentrasi NaOH 2 % sampai 6 % menaikkan densitas film nata de soya sampai sekitar 0.94 gr/cm³ dan setelah itu cenderung untuk turun dan kemudian mendekati konstan. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan menggunakan NaOH terhadap film nata de soya mempengaruhi sifat kemurnian film/selulosa,

sehingga hubungan antara rantai molekul selulosa semakin kuat melalui ikatan hidrogen (Piluharto, 2001). Sehingga dapat dikatakan bahwa konsentrasi NaOH akan meningkatkan struktur film menjadi lebih rapat. Konsentrasi optimum untuk memperoleh berat jenis yang maksimum adalah pada konsentrasi NaOH 6 %.

Hal ini setara dengan yang dilaporkan oleh Piluharto (2001).

Perbandingan dengan penelitian sebelumnya.

Piluharto (2001), melaporkan dalam kajiannya mengenai sifat fisik lapisan film tipis membran de coco bahwa dengan perlakuan yang sama menghasilkan berat jenis maksimum dari film nata de coco sebesar 1.801 gr/cm³ pada konsentrasi NaOH 6 %. Grafik 4.2. menampilkan hasil kajian Piluharto(2001) mengenai pengaruh konsentrasi NaOH terhadap berat jenis film nata de coco.

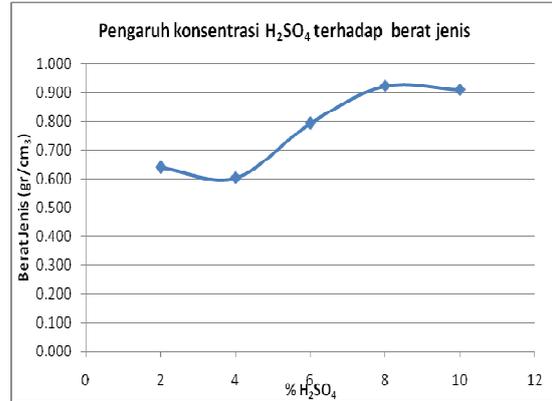


Grafik 2. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap berat jenis film nata de coco (Piluharto,2001)

Dari grafik 2. jika dibandingkan dengan grafik 1. menunjukkan bahwa berat jenis yang dihasilkan oleh film nata de coco lebih besar dibandingkan dengan film nata de soya. Hal ini berarti bahwa struktur film yang terdapat di dalam film nata de coco lebih rapat dibandingkan pada film nata de soya.

Pengaruh konsentrasi H₂SO₄ terhadap berat jenis

Perendaman lapisan tipis nata de soya menggunakan H₂SO₄, menurut Pisesidharta (2004), merupakan tahap aktivasi dari selulosa. Selama aktivasi, terjadi reaksi hidrolisis selulosa nata menghasilkan rantai-rantai selulosa yang lebih pendek. Reaksi ini juga menghasilkan gugus-gugus hidroksil bebas akibat adanya proses pemecahan ikatan-ikatan hydrogen intraseluler maupun ekstraseluler dari selulosa. Grafik 4.3. menampilkan pengaruh konsentrasi H₂SO₄ terhadap berat jenis.



Grafik 3. Pengaruh konsentrasi H₂SO₄ terhadap berat jenis

Dari grafik 3. menunjukkan kenaikan bahwa pada konsentrasi H₂SO₄ 4 %, berat jenis mengalami penurunan, namun tidak terlalu signifikan. Pada konsentrasi H₂SO₄ 6 %, berat jenis mengalami peningkatan yang signifikan yaitu sekitar 0.2 gr/cm³. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan film dengan larutan H₂SO₄ akan meningkatkan kerapatan struktur film nata de soya.

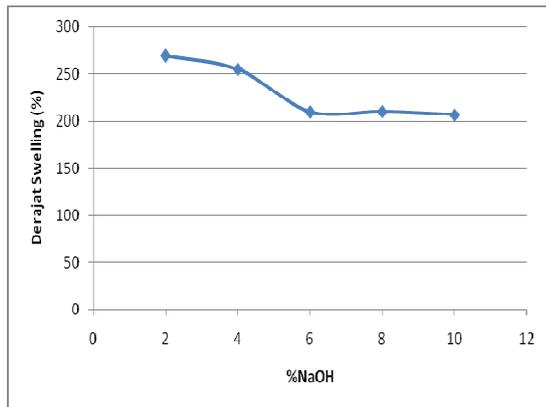
Analisis derajat penggelembungan (swelling)

Derajat penggelembungan (*swelling*) merupakan salah satu parameter sifat fisik membran. Semakin rapat struktur dari film, menyebabkan proses difusi air ke dalam film lebih sulit. Uji ini dilakukan dengan merendam film dalam air pada suhu ruang hingga tercapai kesetimbangan penyerapan air.

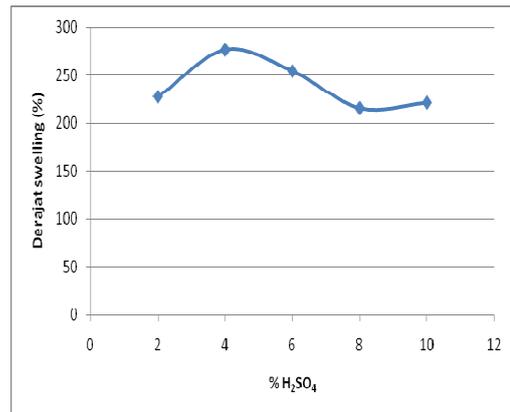
Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap derajat swelling

Grafik 4. menampilkan pengaruh konsentrasi NaOH terhadap derajat swelling. Dari grafik 4.4. terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi NaOH, derajat swelling semakin rendah. Kalo dilihat kesesuaian dengan grafik 4.2, bahwa pada konsentrasi NaOH 6 %, nilai berat jenis menunjukkan harga yang maksimum, sedangkan nilai derajat swelling menunjukkan harga yang minimum. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar berat jenis, maka struktur film semakin rapat, sehingga proses difusi air ke dalam film lebih sulit yang berakibat pada derajat swelling menjadi rendah.

Kajian Sifat Fisik Film Tipis Nata De Soya sebagai Membran Ultrafiltrasi



Grafik 4. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap derajat swelling



Grafik 5. Pengaruh konsentrasi H₂SO₄ terhadap derajat swelling

Pengaruh konsentrasi H₂SO₄ terhadap derajat swelling

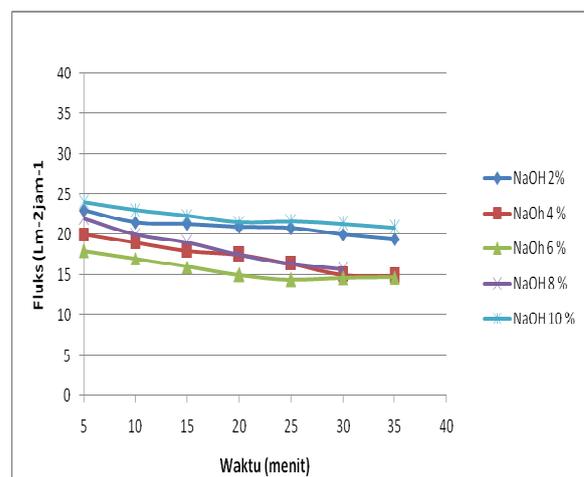
Grafik 5. menampilkan pengaruh konsentrasi H₂SO₄ terhadap derajat swelling. Grafik tersebut juga memberikan pengaruh yang setara dengan pengaruh NaOH terhadap derajat swelling, dimana konsentrasi H₂SO₄ 4% yang menghasilkan berat jenis terendah yaitu 0,6 gr/cm³, akan menghasilkan derajat swelling tertinggi yaitu sebesar 275 %. Dan sebaliknya konsentrasi H₂SO₄ 8 % yang menghasilkan berat jenis tertinggi yaitu 0.92 gr/cm³, akan menghasilkan derajat swelling terendah yaitu sebesar 216 %.

Secara keseluruhan, hasil perlakuan NaOH terhadap film nata de soya tidak memberikan perbedaan secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan H₂SO₄ terhadap film nata. Hal ini terlihat dari nilai berat jenis dan derajat swelling yang dihasilkan, perlakuan NaOH terhadap film memberikan nilai berat jenis tertingginya yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan dengan H₂SO₄. Demikian juga pada nilai derajat swelling, perlakuan NaOH terhadap film nata memberikan nilai terendah derajat swelling lebih kecil dibandingkan dengan nilai terendah derajat swelling pada perlakuan H₂SO₄ pada film nata. Namun menurut Pishesidharta (2004), tahap aktivasi menggunakan H₂SO₄ menghasilkan struktur lapisan film yang cenderung amorf.

Uji Karakteristik membran

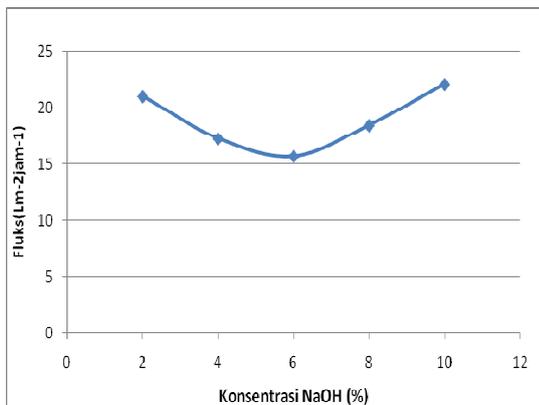
Uji Fluks air

Fluks air atau kecepatan permeasi merupakan salah satu parameter yang menentukan pada kinerja membran. Sebelum dilakukan uji fluks, dilakukan uji kompaksi untuk memperoleh harga fluks yang konstan pada tekanan operasional yang diberikan. Grafik 6. menampilkan hasil uji kompaksi pada konsentrasi NaOH yang berbeda. Dari grafik terlihat bahwa nilai fluks yang dihasilkan pada beberapa konsentrasi NaOH rata-rata 18,89. Menurut Mulder (1996) membran ultrafiltrasi mempunyai rentangan tekanan operasional pada 1,0 – 5,0 bar dengan fluks air antara 10 – 50 Lm⁻²jam⁻¹bar⁻¹. Dengan demikian hasil uji fluks dapat menunjukkan bahwa film nata de soya memenuhi syarat sebagai membran ultrafiltrasi.



Grafik 6. Pengaruh waktu operasional terhadap Fluks air

Grafik 7. menunjukkan pengaruh konsentrasi NaOH terhadap Fluks. Besarnya nilai fluks air ditentukan oleh banyaknya pori dan ukuran pori. Dari grafik terlihat bahwa sampai konsentrasi NaOH 6 %, harga fluks mengalami penurunan. Nilai Fluks terendah yang dicapai adalah sebesar $15.58 \text{ Lm}^{-2}\text{jam}^{-1}\text{bar}^{-1}$. Hal ini sesuai dengan uji berat jenis dan uji swelling bahwa pada pada konsentrasi NaOH 6 % menunjukkan berat jenis paling besar dan drajat swelling yang paling rendah. Sehingga dapat dikatakan pada konsentrasi NaOH 6 % yang menyebabkan meningkatnya kemurnian selulosa sehingga hubungan antar rantai dalam selulosa semakin kuat melalui ikatan hydrogen antar rantai sehingga berindikasi pada semakin rapatnya ukuran pori.

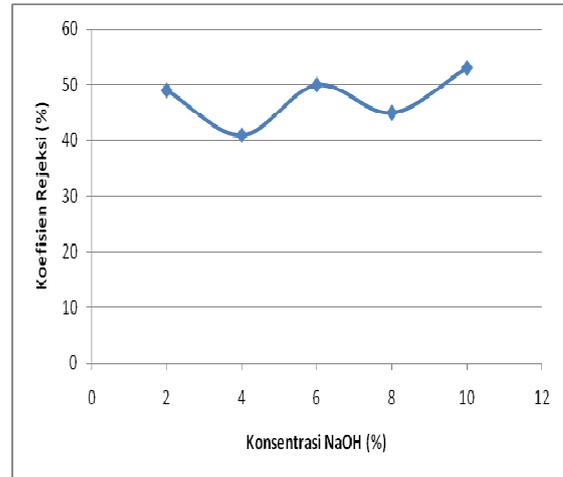


Grafik 7. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap Fluks

Uji Rejeksi

Selektivitas suatu membran merupakan ukuran kemampuan suatu membran menahan suatu spesi atau melewatkan suatu spesi tertentu lainnya. Selektivitas membran tergantung pada interaksi antar muka dengan spesi yang akan melewatinya, ukuran spesi dan ukuran pori permukaan membran. Parameter yang digunakan untuk menggambarkan selektivitas membran adalah koefisien Rejeksi (R). Menurut Mulder (1996), syarat sebuah membrane dikelompokkan menjadi membrane ultrafiltrasi apabila bisa memisahkan larutan dengan berat molekul $10^4 - 10^6$ dalton. Zat terlarut yang dipakai sebagai larutan uji adalah Dekstran T-500 atau dekstran dengan berat molekul 500.000 dalton.

Grafik 4.8 menampilkan pengaruh konsentrasi NaOH terhadap koefisien rejeksi. Dari Grafik terlihat bahwa kenaikan konsentrasi NaOH menghasilkan koefisien rejeksi yang fluktuatif. Hal ini dimungkinkan karena adanya beberapa pori dengan ukuran lebih besar dibandingkan ukuran rata-rata, sehingga mengakibatkan nilai rejeksi relatif rendah. Grafik yang fluktuatif tersebut belum bisa menyimpulkan kondisi perlakuan yang terbaik untuk mendapatkan koefisien yang maksimum. Namun secara keseluruhan, koefisien rejeksi rata-rata pada perlakuan NaOH terhadap film tipis nata de soya adalah 47.6 %.



Grafik 8. Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap koefisien Rejeksi

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Perlakuan menggunakan NaOH terhadap film nata de soya mempengaruhi sifat fisik film tipis nata de soya. Berat jenis paling besar yaitu $0,94\text{gr/cm}^3$ dan derajat swelling terkecil adalah 210% pada perlakuan film nata de soya pada konsentrasi NaOH 6 %.
2. Perlakuan menggunakan H_2SO_4 terhadap film nata de soya mempengaruhi sifat fisiknya. Konsentrasi H_2SO_4 8 % menghasilkan berat jenis tertinggi yaitu $0,92 \text{ gr/cm}^3$, akan menghasilkan derajat swelling terendah yaitu sebesar 216 %.
3. Hasil perlakuan NaOH terhadap film nata de soya tidak memberikan perbedaan secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan H_2SO_4 terhadap film nata.
4. Nilai fluks yang dihasilkan pada beberapa konsentrasi NaOH rata-rata 18,89. Menurut Mulder (1996) membran ultrafiltrasi mempunyai rentangan tekanan operasional pada 1,0 – 5,0 bar dengan fluks air antara 10 – 50 $\text{Lm}^{-2}\text{jam}^{-1}\text{bar}^{-1}$. Dengan demikian hasil uji fluks dapat menunjukkan bahwa film nata de soya memenuhi syarat sebagai membran ultrafiltrasi.
5. Nilai flus air terendah diperoleh pada konsentrasi NaOH 6 % yaitu sebesar $15.68 \text{ Lm}^{-2}\text{jam}^{-1}\text{bar}^{-1}$.
6. Grafik yang fluktuatif pada pengaruh konsentrasi NaOH terhadap koefisien rejeksi belum bisa menyimpulkan kondisi perlakuan yang terbaik untuk mendapatkan koefisien yang maksimum. Namun secara keseluruhan, koefisien rejeksi rata-rata pada perlakuan NaOH terhadap film tipis nata de soya adalah 47.6 %.

Saran

Kajian Sifat Fisik Film Tipis Nata De Soya sebagai Membran Ultrafiltrasi

1. Perlu kajian lebih lanjut untuk memperbaiki kinerja film tipis nata de soya sebagai membrane, parameter yang perlu dikaji adalah suhu dan penambahan aditif pada film nata.
2. Perlu hati-hati dalam proses pengepresan, diperkirakan terdapatnya pori-pori yang ukuran lebih besar dibandingkan ukuran rata-rata, sehingga mengakibatkan nilai rejeksi relatif rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim,2000., *TAHU*, Deputi Menegristek Bid. Pendayagunaan dan Pemasyarakatan ilmu Pengetahuan dan Teknologi, Jakarta
- Erwin, 2003, *Pengaruh Penambahan Amonium Sulfat (NH₄)₂SO₄ Dan Waktu Penundaan Bahan Baku Limbah Cair Tahu Terhadap Kualitas Nata de Soya*, Univ. Muhammadiyah Malang, Malang
- Handayani IP dkk,1999.*Penanganan Air Limbah Tahu Melalui Pengembangan Model Usaha Industri Nata De Soya di Kotamadya Bengkulu*, FP UNIB.Surabaya.
- Ighuci,2000. *Review Bacterial Cellulose-A Masterpiece of Nature's Arts*, J. Material Science
- Jay Shah & R.Malcolm,2004, *Towards Electronic Paper Displays Made From Microbial Cellulose*, springer-Verlag
- Lestari, R.S.E., 1994, *Memasyarakatkan Model Usaha Industri Nata de Soya dalam Rangka Perwujudan Pengembangan Agroindustri Akrab Lingkungan*. Pangan 20 (V): 60-64.
- Mulder M, 1996, *Basic Principles of Membrane Tecnology*,2nd edition, kluwer academic Publisher
- Piluharto,2003, *Kajian Sifat Fisik Film Tipis Nata de Coco Sebagai Membran Ultrafiltrasi*, FMIPA Unjem, Jember
- Pisesidharta,E,2004, *Preparasi Membran Nata De coco-Etilendiamin dan Studi Karakteristik Pengikatanya terhadap ion Cu²⁺*.FMIPA Unjem, Jember
- Syed Ali dkk,2000, *Membran Separation and Ultrafiltration*, www.membrane.com