

UJI KINERJA MEMBRAN ULTRAFILTRASI DENGAN BOVINE SERUM ALBUMIN SEBAGAI LARUTAN UMPAN

Syahril Ahmad

Pusat Penelitian Kimia (P2K)-LIPI
Jl. Cicitu 21/154D, Sangkuriang, Bandung 40132
e-mail : syahrilas@yahoo.com

ABSTRAK

UJI KINERJA MEMBRAN ULTRAFILTRASI DENGAN BOVINE SERUM ALBUMIN SEBAGAI LARUTAN UMPAN. Larutan *Bovine Serum Albumin (BSA)* pada berbagai suhu, pH, laju alir sirkulasi dan tekanan operasi telah dipakai sebagai larutan umpan dalam rangka mempelajari kinerja membran ultrafiltrasi polisulfon. Membran polisulfon yang dipakai adalah membran serat berongga yang mempunyai *Molecular Weight Cut Off (MWCO)* sebesar 60 kDa. Pengamatan difokuskan pada parameter fluks dan koefisien rejeksi membran yang diamati dari harga protein yang lolos dan tertahan oleh membran selama proses berlangsung. Hasil percobaan memperlihatkan bahwa suhu, pH larutan umpan *BSA*, laju alir sirkulasi dan tekanan operasi dapat mempengaruhi kinerja membran dilihat dari segi fluks dan koefisien rejeksi membran. Suhu larutan umpan yang tinggi akan menurunkan fluks membran tetapi menaikkan koefisien rejeksi membran. Koefisien rejeksi membran semakin besar dan fluks semakin kecil pada pH larutan mendekati titik isoelektris protein. Tekanan larutan umpan yang tinggi akan menaikkan fluks membran tetapi menurunkan koefisien rejeksi membran. Koefisien rejeksi membran semakin kecil dan fluks semakin besar pada kecepatan aliran sirkulasi yang rendah.

Kata kunci : Membran Ultrafiltrasi, *Bovine Serum Albumin*, Larutan umpan, Fluks, Koefisien rejeksi

ABSTRACT

PERFORMANCE STUDY OF ULTRAFILTRATION MEMBRANE WITH BOVINE SERUM ALBUMIN AS FEED SOLUTION. Bovine serum albumin solutions at different temperature, pH, flow rate and operation pressure have been used as feed solution for studying performance of ultrafiltration membrane. Polysulfone membranes used for this experiment were in form of hollow fibers that have *Molecular Weight Cut Off (MWCO)* 60 kDa. Observation was focused on flux parameter and rejection coefficient towards protein during the process. Result shows that temperature, pH of BSA feed solution, flow rate and operation pressure can affect the flux and rejection coefficient of membrane. High temperature feed solution tend to decrease the flux but increase rejection coefficient. Rejection coefficient of membrane will increase while flux decreasing at pH of feed solution near to protein isoelectric point. High pressure of feed solution will increase flux but decrease rejection of membrane. Rejection of membrane will decrease and flux will increase when the process operated in slow flow rate.

Key words : Ultrafiltration Membrane, Bovine Serum Albumin, Feed solution, Flux, Rejection coefficient

PENDAHULUAN

Membran polimer sintesis banyak dipakai dalam industri untuk proses pemisahan baik untuk pemisahan gas maupun pemisahan cairan. Proses membran sangat menarik dalam proses pemisahan makromolekul seperti protein karena memberikan beberapa keuntungan terutama konsumsi energi rendah, tidak membutuhkan aditif dan tidak ada perubahan fasa. Fluks merupakan ukuran kinerja membran yang dikontrol oleh dua fenomena yaitu polarisasi konsentrasi dan *fouling*. Polarisasi konsentrasi adalah terjadinya penumpukan molekul pada permukaan membran sehingga dapat memperkecil harga fluks, sedangkan *fouling* adalah

proses dimana *solute* atau partikel mengendap pada permukaan membran atau dinding pori membran yang juga mengakibatkan pengurangan laju alir fluks [1-4].

Telah banyak riset tentang polarisasi konsentrasi dan *fouling* dilakukan [4-10], yang mengatakan bahwa *fouling* dipengaruhi oleh jenis membran, karakteristik larutan umpan dan kondisi operasi. Namun demikian hasil penelitian ini belum dapat mengungkapkan semua hal tentang kinerja membran dan parameter yang mempengaruhinya. Oleh karena itu teknik pemisahan dengan membran masih memerlukan pembuktian untuk mendapatkan hasil terbaik dalam proses pemisahan.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari kinerja membran ultrafiltrasi dalam berbagai kondisi larutan umpan (suhu, pH, tekanan operasi dan laju alir sirkulasi) terhadap fluks dan koefisien rejeksi membran.

METODE PERCOBAAN

Bahan

Semua bahan yang dipakai dalam percobaan ini berkualitas pro analisis yaitu : *Bovine Serum Albumin (Merck)*, Asam sulfat (*Merck*), *Reagent Lowry*, Epoksi resin, larutan penyangga (*buffer solution*) pH 3, pH 5, pH 7, pH 9, pH 11 dan *Glycerine*. Membran yang dipakai adalah membran serat berongga yang mempunyai *MWCO* sekitar 60 kDa.

Peralatan

Satu unit alat uji membran, spektrofotometer *UV-Vis (Novaspec 1201)*, *waterbath*, pompa peristaltik dan *stopwatch*.

Cara Kerja

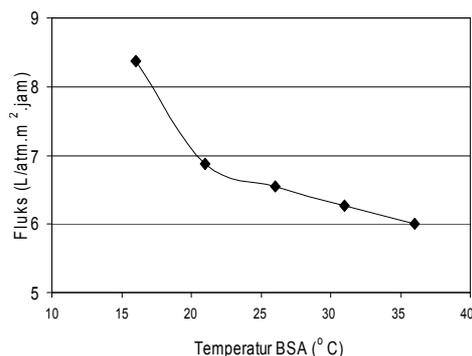
Pengujian membran dilakukan dalam bentuk bundel yang terdiri dari 10 lembar hingga 20 lembar membran dengan panjang sekitar 50 cm dan pada kedua ujungnya dilem dengan epoksi resin. *Waterbath* dipakai untuk mengatur suhu larutan umpan *BSA* dan larutan penyangga dipakai untuk mengatur pH larutan *BSA*.

Pada percobaan ini variasi kondisi yang diamati adalah suhu larutan umpan (16 °C, 21 °C, 25 °C, 31 °C dan 36 °C), pH larutan umpan (pH 3, pH 5, pH 7, pH 9 dan pH 11), tekanan operasi (0,5 atm, 1,0 atm, 1,5 atm, 2,0 atm dan 2,5 atm) dan kecepatan aliran sirkulasi larutan umpan (88,95 mL/menit, 108,34 mL/menit, 128,75 mL/menit, 171,18 mL/menit dan 276,88 mL/menit).

Pompa peristaltik dipakai untuk menggerakkan cairan untuk masuk ke dalam membran. Selama pengujian, membran larutan umpan mengalir masuk membran dan *permeat* ditampung pada *beaker glass* sedangkan *retentat* yang tidak dapat menembus membran dikembalikan ke tangki semula. Setelah tercapai kondisi stabil, diukur laju fluks dan koefisien rejeksi membran dengan mengukur konsentrasi protein dalam *permeat* dan *retentat*. Konsentrasi protein dalam *permeat* dan *retentat* diukur dengan alat spektrofotometer *UV-Vis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

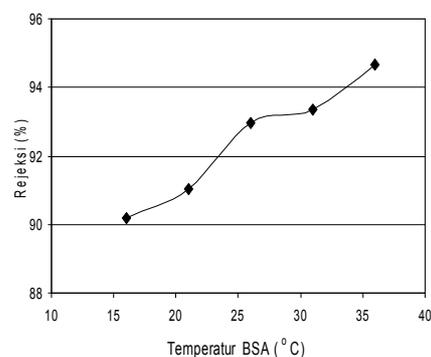
Pada Gambar 1 hingga Gambar 8 dapat dilihat hubungan antara fluks dan koefisien rejeksi membran terhadap perubahan suhu dan pH larutan umpan, tekanan operasi dan laju alir sirkulasi.



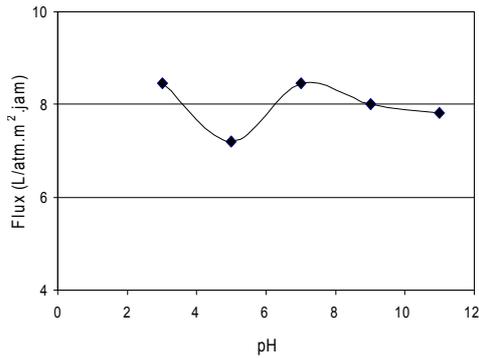
Gambar 1. Pengaruh suhu larutan *BSA* terhadap fluks membran

Pada Gambar 1 terlihat bahwa kenaikan suhu larutan umpan *BSA* dapat menurunkan fluks membran. Penurunan yang sangat tajam terlihat pada suhu dari 16 °C ke 21 °C dan kenaikan suhu selanjutnya perubahan fluks mulai menurun. Perubahan harga fluks membran pada berbagai suhu larutan umpan ini disebabkan karena terjadi perubahan sifat protein, dimana pada suhu tinggi larutan protein akan mengalami perubahan struktur karena molekul protein berbenturan satu sama lain sehingga ada kecenderungan protein akan membentuk molekul yang lebih besar. Disamping itu juga akan terjadi denaturasi protein pada suhu yang lebih tinggi. Kedua faktor ini mengakibatkan solubilitas protein dalam larutan berkurang sehingga menyebabkan terjadinya penurunan fluks.

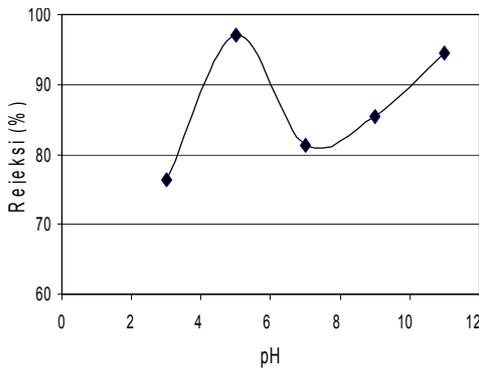
Pada Gambar 2 dapat dilihat pengaruh kenaikan suhu larutan umpan *BSA* terhadap koefisien rejeksi membran. Dapat terlihat bahwa kenaikan suhu larutan umpan *BSA* diikuti dengan kenaikan koefisien rejeksi membran. Pada suhu tinggi protein yang terdapat dalam larutan *BSA* cenderung membentuk molekul besar sehingga tidak dapat melewati membran dan fenomena ini dikenal dengan denaturasi protein. Kalau larutan *BSA* dipanaskan maka akan terlihat larutan menjadi keruh karena kelarutan protein pada kondisi ini berkurang dan molekul protein membentuk *aggregate* sehingga molekul protein menjadi lebih besar dari ukuran molekul sebelumnya. Inilah yang menyebabkan kenaikan koefisien rejeksi kalau suhu larutan umpan *BSA* dinaikkan.



Gambar 2. Pengaruh suhu larutan *BSA* terhadap koefisien rejeksi membran



Gambar 3. Pengaruh pH larutan BSA terhadap fluks membran



Gambar 4. Pengaruh pH larutan BSA terhadap koefisien rejeksi membran

Pengaruh pH larutan BSA terhadap fluks dapat dilihat pada Gambar 3. Fluks terendah didapatkan pada pH 5 dan fluks terbesar didapatkan pada pH 3 dan pH 7. Pada pH 5 kondisi protein dalam larutan berada dalam keadaan netral, tidak bermuatan atau titik ini disebut sebagai titik isoelektris protein. Karena pada pH ini protein netral kelarutan protein menjadi rendah dan protein cenderung membentuk *aggregate* menjadi molekul besar dan protein dengan mudah diserap pada permukaan membran.

Berbeda dengan kondisi larutan BSA pada pH lain, larutan akan bermuatan positif atau negatif. Pada kondisi larutan BSA berada pada pH di bawah 5 larutan protein akan bermuatan positif, dan pada kondisi larutan BSA berada pada pH di atas 5 maka larutan protein akan bermuatan negatif. Sifat protein tergantung pada kondisi disekitarnya dan kondisi ini akan mempengaruhi fluks membran.

Pengaruh pH larutan BSA terhadap koefisien rejeksi membran dapat dilihat pada Gambar 4. Pada larutan BSA yang berada pada pH 5 didapatkan koefisien rejeksi membran terbesar, karena protein berada pada kondisi netral, kelarutannya rendah dan cenderung beragregate membentuk molekul yang lebih besar sehingga selektifitas membran semakin tinggi. Pada pH 3 dan pH 7 larutan protein bermuatan sehingga kelarutannya bertambah dan koefisien rejeksinya menurun lagi.

Pada Gambar 5 terlihat bahwa kenaikan tekanan larutan umpan BSA juga akan menimbulkan kenaikan pada fluks membran. Kenaikan tekanan operasi dalam proses ultrafiltrasi terlihat berbanding lurus dengan kenaikan fluks membran dan dari persamaan regresi didapatkan persamaan linier dengan persamaan sebagai berikut :

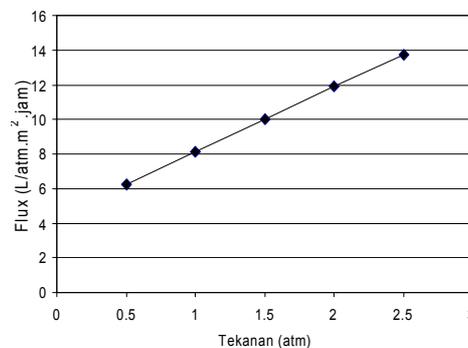
$$Y = 3,762 X + 4,382 \text{ dengan koefisien korelasi } (R^2) = 1$$

dimana :

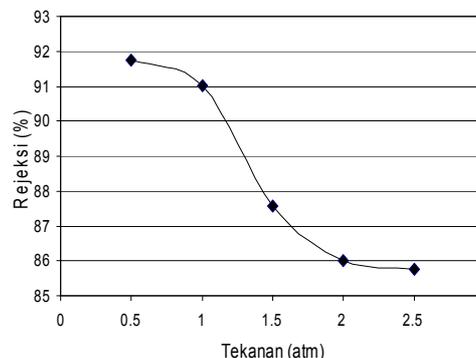
- Y = Fluks membran
- X = Tekanan operasi

Kenaikan fluks akibat kenaikan harga tekanan disebabkan karena tekanan yang besar akan mendorong cairan lebih cepat melewati pori-pori membran. Berbeda dengan koefisien rejeksi membran, kenaikan tekanan larutan umpan BSA mengakibatkan turunnya koefisien rejeksi (Gambar 6). Pada tekanan tinggi molekul-molekul protein yang terdapat dalam larutan BSA terdorong dengan kuat memasuki pori-pori membran sehingga tidak banyak yang tertahan oleh membran. Penurunan yang sangat tajam dari koefisien rejeksi membran terlihat dari kenaikan tekanan operasi dari 0,5 atm sampai tekanan operasi 1,5 atm sedangkan kenaikan selanjutnya penurunan koefisien rejeksi tidak begitu tajam.

Seperti tertera pada Gambar 7 kenaikan aliran sirkulasi larutan BSA akan menaikkan fluks membran karena terjadinya peningkatan dorongan cairan diatas permukaan membran sehingga memudahkan larutan



Gambar 5. Pengaruh tekanan terhadap fluks membran



Gambar 6. Pengaruh tekanan terhadap koefisien rejeksi membran

melintasi membran. Perubahan yang signifikan tampak diawal kenaikan kecepatan aliran sirkulasi yaitu antara 88 mL/menit sampai kecepatan aliran 128 mL/menit. Untuk kecepatan aliran sirkulasi lebih dari 128 mL/menit, tetap terjadi kenaikan fluks namun tidak signifikan. Arah aliran sirkulasi selama proses ultrafiltrasi larutan *BSA* adalah sejajar dengan arah permukaan membran sedangkan arah aliran *permeat* tegak lurus terhadap membran. Hal ini akan menghalangi penumpukan molekul besar pada permukaan membran sehingga memudahkan molekul kecil melewati membran.

Keunggulan pemisahan secara membran dibanding dengan proses pemisahan secara konvensional dimana arah aliran fluks dan larutan umpan sama yaitu vertikal terhadap permukaan membran sehingga mudah terjadi penyumbatan karena penumpukan molekul besar pada permukaan membran.

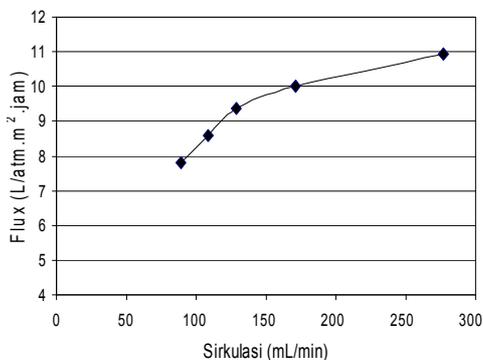
Pengaruh kecepatan aliran sirkulasi larutan *BSA* terhadap koefisien rejeksi membran dapat dilihat pada Gambar 8. Penurunan koefisien rejeksi sangat tajam terjadi dari kecepatan sirkulasi 88 mL/menit hingga 150 mL/menit, dimana penurunan fluks terlihat linier hingga titik ini dengan persamaan regresi sebagai berikut :

$$Y = -0,047X + 99,441$$

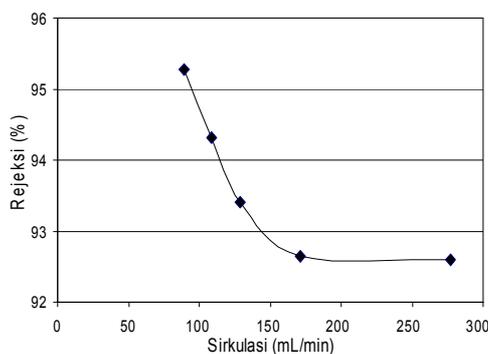
dimana :

$$R^2 = 0,9991$$

Y = Koefisien Rejeksi



Gambar 7. Pengaruh kecepatan aliran sirkulasi terhadap fluks membran



Gambar 8. Pengaruh kecepatan aliran sirkulasi terhadap koefisien rejeksi membran

X = Kecepatan aliran sirkulasi

Terjadinya penurunan koefisien rejeksi pada peningkatan aliran sirkulasi disebabkan karena adanya peningkatan dorongan cairan diatas permukaan membran yang memaksa *solute* melewati membran dengan mudah dan kesempatan untuk terjadinya penyumbatan membran (*fouling*) akan berkurang.

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa besarnya harga fluks dan koefisien rejeksi suatu membran sangat tergantung pada sifat dan kondisi larutan umpan itu sendiri disaat proses pemisahan berlangsung. Untuk larutan umpan *BSA* yang di dalamnya terdapat protein yang sifatnya sangat sensitif terhadap panas, perubahan suhu larutan sangat berpengaruh pada harga fluks dan koefisien rejeksi. Senyawa protein yang terdapat dalam larutan umpan *BSA* kondisinya dapat berubah dengan perubahan pH larutan dan hal ini akan berpengaruh pada harga fluks dan koefisien rejeksi membran.

Pada larutan umpan bersuhu tinggi dan mengandung protein atau larutan umpan yang mengandung protein tetapi berada pada pH titik isoelektris protein, akan terjadi penurunan fluks dan cenderung mendorong terbentuknya *fouling*. Kenaikan tekanan mendorong dan kecepatan aliran sirkulasi selama proses ultrafiltrasi berlangsung mengakibatkan naiknya harga fluks membran tetapi menurunkan koefisien rejeksi membran itu sendiri.

DAFTAR ACUAN

- [1]. HAIYOU HUANG, THAYER A. YOUNG and JOSEPH G. JACANGELO, *Environ. Sci. Technol.*, **42** (2008) 714-720
- [2]. J. BRUIJN, A. VENEGAS and R. BORQUEZ, *Desalination*, **148** (2002) 131-136
- [3]. T. CHAABANE, et al, *Desalination*, **200** (2006) 406 - 408
- [4]. CHIEN-HWA YU, *Separation and Purification Technology*, **64** (2008) 206-212
- [5]. J.S. VROUWENVELDER, *Journal of Membrane Science*, **326** (2009) 36-44
- [6]. LI GAO, BEIBEI TANG and PEIYI WU, *Journal of Membrane Science*, **326** (2009) 168-177
- [7]. XINCHENG XUA et al, *Journal of Membrane Science*, **326** (2009) 103-110
- [8]. ZHAO-QI TANG, *Separation and Purification Technology*, **64** (2009) 332-336
- [9]. C. TORRAS et al, *Desalination*, **235** (2009) 122 - 138
- [10]. SAYYED SIAVASH MADAENI and SHAHRAM SHARIFNIA, *Iranian Polymer Journal*, **3** (2000) 143 - 151