PEMEKATAN SIRUP GLUKOSA DENGAN PROSES MIKROFILTRASI *CROSSFLOW*

Erliza Noor dan Greiche D. Kusumawardhani

Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

ABSTRACT

The production of glucose syrup involves several steps of operation i.e. the dilution of tapioca flour, cooking, neutralization, bleaching, filtration and evaporation. Among the operations, the evaporation process should be done carefully as it may cause browning and less quality product. The aim of this work was to look for an alternative way in concentrating glucose syrup by using membrane process. The process was carried by a crossflow microfiltration equipped with a 0,2 μm polyether sulfone membrane. Both physical and chemical factors were determined in order to gain maximum glucose syrup concentration. The operation above 1.44 atm and crossflow velocity of 1.15 m/s gave the highest flux. The flux was not influenced by concentration above the concentration of 550 g/L. The increased solution concentration obtained using these parameters was 1% in the single pass operation. Therefore, to achieve similar concentration after evaporation process (935 g/L), its requires recycling of solution by crossflow microfiltration 52 times.

PENDAHULUAN

Selain berbentuk kristal, gula juga dapat berbentuk cair yang dikenal sebagai sirup glukosa. Sirup glukosa umumnya diperoleh dengan menghidrolisis bahan yang mengandung karbohidrat seperti ubi kayu dan jagung. Proses hidrolisis tersebut dapat menggunakan katalis asam, enzim, maupun gabungan keduanya.

Proses produksi sirup glukosa memiliki keuntungan yaitu tidak adanya proses kristalisasi sehingga dapat menghemat biaya produksi. Proses ini juga memiliki kelemahan yaitu dihasilkannya sirup yang berwarna kuning kecoklatan akibat terlalu lama mengalami pemanasan. Tahap yang menggunakan pemanasan adalah evaporasi, yang bertujuan untuk menghilangkan air sehingga didapatkan sirup glukosa yang lebih pekat.

Pada penelitian ini dilakukan pemekatan sirup glukosa dengan proses mikrofiltrasi *crossflow* pada modul tubular dan jenis membran polieter sulfon dengan ukuran pori rata-rata 0,2 μm. Variabel penelitian adalah kecepatan *crossflow*, tekanan transmembran, dan konsentrasi sirup glukosa. Pengamatan dilakukan terhadap perubahan konsentrasi setelah filtrasi, fluks dan tingkat rejeksi.

Tujuan penelitian ini adalah memperoleh derajat kepekatan dan kemurnian glukosa tertinggi dengan variabel konsentrasi umpan, kecepatan *crossflow*, dan tekanan transmembran pada mikrofiltrasi *crossflow*. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi alternatif bagi perbaikan proses pemekatan sirup glukosa yang dilakukan secara evaporasi.

BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah jus sirup glukosa dengan berat molekul rata-rata 360 Da, NaOH teknis, dan *chlorine (hypochloride)*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pH-meter, spektrofotometer, refraktometer, gelas ukur, timbangan analitik, spatula, modul *capilarry* membran polieter sulfon, penangas air, termometer, gelas piala, pompa, *pressure gauge*, selang, dan kran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

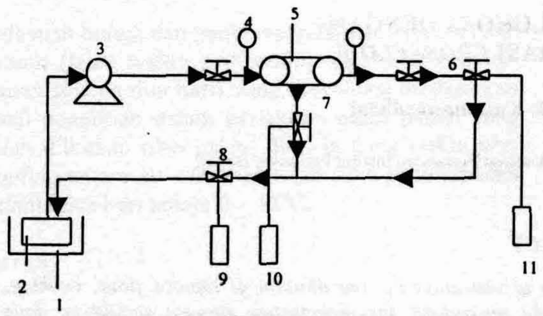
Sanitasi

Rangkaian alat tanpa modul dibilas dengan air destilat dengan suhu 50°C selama 5 menit untuk menghilangkan residu pada alat, dilanjutkan dengan pembilasan oleh NaOH 0.8% pada suhu 50°C selama 2 menit dan dibilas lagi oleh air destilat. Untuk menjaga agar membran tetap dapat bekerja dengan baik pada setiap proses operasi, membran dibersihkan kembali. Pencucian dilakukan dengan cara yang sama (*modul capilarry* terpasang). Membran disimpan dalam larutan *chlorine* 400 ppm.

Pemekatan Sirup Glukosa

Penentuan Fluks Air

Percobaan ini merupakan pengujian terhadap kinerja alat dan efektivitas pencucian membran. Percobaan dilakukan dengan cara mensirkulasikan air selama 60 menit dengan mempertahankan suhu umpan, tekanan transmembran dan kecepatan *crossflow* konstan



Keterangan gambar :

1.	Penangas air	7.	Aliran *permeate*
2.	Tangki umpan	8.	*Three way valve*
3.	Pompa	9.	Pengukuran laju alir
4.	*Pressure gauge*	10.	Pengambilan contoh *permeate*
5.	Modul membran		
6.	Aliran *rentetate*	11.	Pengambilan contoh *retentate*

Gambar 1. Rangkaian alat proses operasi mikrofiltrasi *crossflow*

Penentuan Kondisi Tunak Fluks Sirup Glukosa

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan waktu tunak. Waktu tercapainya kondisi tunak akan digunakan pada penelitian selanjutnya. Proses dilakukan pada suhu 50°C pada tekanan transmembran 1.44 atm dan kecepatan *crossflow* 1.2 m/det.

Pengamatan Pengaruh Kecepatan Crossflow terhadap Fluks

Percobaan ini dilakukan dengan mengoperasikan proses mikrofiltrasi pada berbagai kecepatan *crossflow* yaitu antara 0.4 sampai 1.15 m/det dengan mempertahankan tekanan transmembran pada 1.44 atm dan dilakukan pada tiga macam konsentrasi yaitu 286, 312, dan 352 g/L.

Pengamatan Pengaruh Konsentrasi Umpan terhadap Fluks

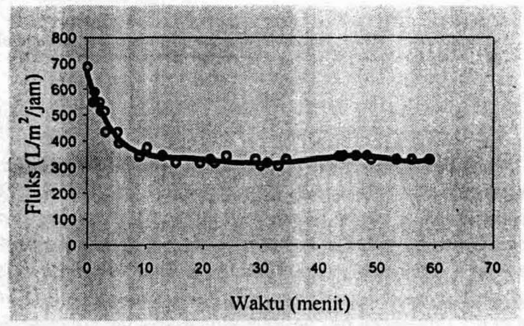
Percobaan dilakukan dengan mengoperasikan proses mikrofiltrasi pada berbagai konsentrasi umpan yaitu pada 220 g/L, 253 g/L, 289 g/L, 319 g/L, 352 g/L, 440 g/L, 495 g/L dan 550 g/L. dengan kecepatan *crossflow* 1 m/det dan tekanan transmembran 1.44 atm.

Analisis *Permeate*

Analisis *permeate* dilakukan dengan mengukur konsentrasi gula di *permeate* dengan refraktometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Fluks Air



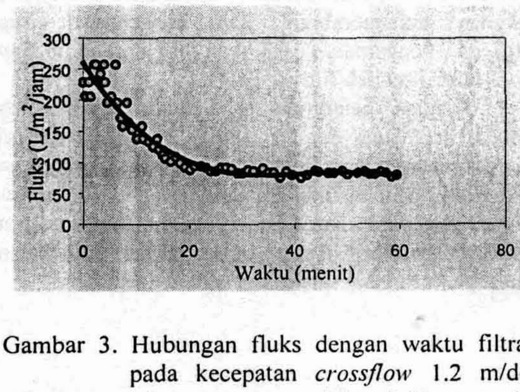
Gambar 2. Hubungan fluks air dengan waktu filtrasi pada kecepatan *crossflow* 2 m/det dan tekanan transmembran 1.52 atm

Pada Gambar 2, fluks air terlihat turun sangat cepat pada awal filtrasi dan mulai konstan pada menit ke 10 dengan nilai fluks rata-rata 358 L/m^2 jam, Setelah membran digunakan dalam proses dan dilakukan pencucian, fluks menurun sekitar 20%.

Penelitian Raekiansyah (2000) memperlihatkan bahwa fluks air pada membran polisulfon untuk isolasi asam hialuronat berkisar antara 301-330 L/m^2 jam. Kondisi ini dicapai saat proses berlangsung selama 15 menit. Dengan demikian, membran polieter sulfon ini memiliki kinerja cukup baik dengan nilai rata-rata fluks air yang hampir sama.

Penentuan Kondisi Tunak Pada Mikrofiltrasi Sirup Glukosa

Umpan yang digunakan pada proses mikrofiltrasi ini adalah jus sirup glukosa dengan konsentrasi 330 g/L, hasil hidrolisis asam. Suhu operasi yang digunakan adalah 50°C Grafik hubungan antara fluks sirup glukosa dengan lama filtrasi dapat dilihat pada Gambar 3.

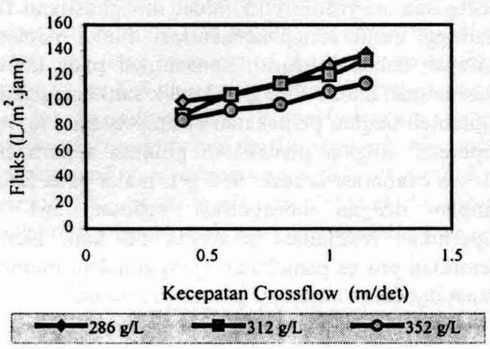


Gambar 3. Hubungan fluks dengan waktu filtrasi pada kecepatan *crossflow* 1.2 m/det, tekanan transmembran 1.44 atm, dan konsentrasi 330g/L

Kondisi tunak tercapai setelah menit ke-30 dengan nilai fluks berkisar antara 75-90 L/m^2.jam. Saat awal operasi, fluks menurun tajam karena terjadi pembentukan lapisan gel pada permukaan membran secara permanen. Saat pembentukan lapisan terhenti, nilai fluks akan relatif konstan.

Pengaruh Kecepatan *Crossflow* terhadap Fluks

Kecepatan *crossflow* merupakan peubah yang berpengaruh terhadap perubahan fluks terutama setelah terbentuk lapisan sel di permukaan membran. Kecepatan *crossflow* yang digunakan sebesar 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, dan 1.15 m/det, sedangkan konsentrasi umpan sebesar 286, 312 dan 352 g/L. Hubungan antara fluks dan kecepatan *crossflow* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan fluks dengan kecepatan *crossflow* pada berbagai konsentrasi umpan dengan tekanan 1.44 atm

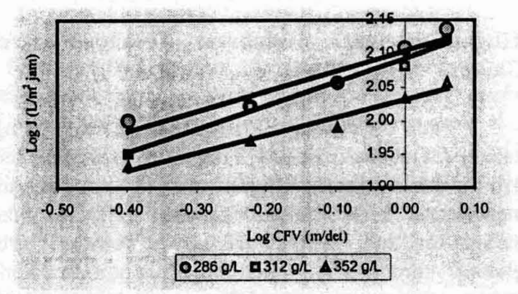
Semakin tinggi kecepatan yang digunakan maka nilai fluks yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin tinggi kecepatan *crossflow* akan mengurangi akumulasi partikel pada permukaan membran. Dengan demikian pembentukan lapisan gel dapat dikurangi. Aliran umpan yang sejajar terhadap permukaan membran akan menyapu partikel yang mengendap di atas permukaan membran dan semakin tinggi kecepatan *crossflow* semakin banyak partikel yang dapat digerakkan (Pritchard *et al.*, 1995). Hubungan antara fluks dan kecepatan *crossflow* juga dapat dijelaskan dengan persamaan berikut:

$$J = kV^{\alpha}$$

Penentuan koefisien transfer massa (k) dan nilai pangkat kecepatan aksial (α) dilakukan dengan plot data log CFV (*Crossflow Velocity*) dan log fluks. Hasil plot tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 5.

Tabel 1. Nilai α dan k pada berbagai konsentrasi umpan

C (g/L.)	K	α
286	127	0.29
312	124	0,35
352	108	0,26
		0,31



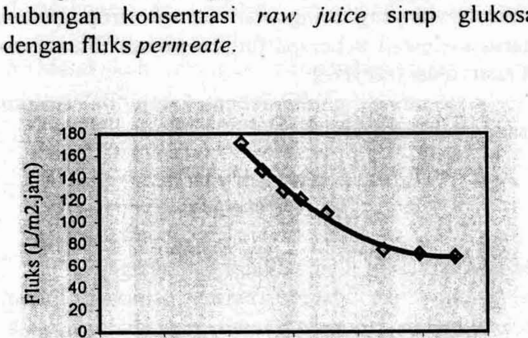
Gambar 5. Plot data log CFV(*Crossflow Velocity*) dan log J

Dari tabel di atas terlihat bahwa semakin besar konsentrasi yang digunakan maka nilai k akan semakin menurun. Nilai k berkisar antara 108 - 127 dan nilai α rata-rata 0.31. Hal ini berarti sesuai dengan nilai untuk aliran laminar. Persamaan fluks pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$J = k * V^{0.31}$$

Pengaruh Konsentrasi terhadap Fluks

Pengaruh konsentrasi *juice* sirup glukosa terhadap fluks membran dilakukan dengan mengoperasikan alat pada beberapa konsentrasi yaitu 220 g/L, 253 g/L, 289 g/L, 319 g/L, 352 g/L, 440 g/L, 495 g/L dan 550 g/L. Gambar 6 menunjukkan hubungan konsentrasi *raw juice* sirup glukosa dengan fluks *permeate*.



Gambar 6. Hubungan konsentrasi dan fluks pada tekanan transmembran 1.44 atm dan kecepatan *crossflow* 1 m/det

Gambar 6 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi akan menurunkan fluks sirup. Di sini terlihat adanya penurunan fase yang cepat kemudian diikuti oleh fase konstan. Fenomena ini sesuai dengan proses crossflow mikrofiltrasi yang umumnya dicirikan oleh adanya tiga fase, dimana fase ketiga umumnya fluks kembali menurun secara cepat (Pritchard *et al*, 1990). Pada penelitian ini, keterbatasan alat menyebabkan tidak dapat digunakan konsentrasi umpan yang lebih tinggi lagi.

Tingkat Rejeksi Membran Terhadap Sirup Glukosa

Pada penelitian ini, membran memiliki tingkat rejeksi antara 55-68%. Tingkat rejeksi yang rendah ini dikarenakan penggunaan sirup glukosa yang mempunyai berat molekul rendah. Hal ini tidak menguntungkan untuk proses pemekatan sirup glukosa karena selain mengeluarkan air dan komponen pengotor lainnya, glukosa turut lolos bersama komponen-komponen tersebut. Untuk mengatasi ini, maka ukuran pori membran yang digunakan perlu diperkecil.

Kenaikan Konsentrasi Sirup Glukosa Setelah Pemekatan

Dengan mengetahui konsentrasi *retentate* maka kenaikan konsentrasi dari larutan umpan adalah :

$$\text{Kenaikan Konsentrasi} = \frac{Cr - Cf}{Cf} \times 100\%$$

Melalui persamaan di atas, kenaikan konsentrasi dari larutan umpan menjadi larutan *retentate* adalah sekitar 1%. Hal ini berarti setiap kali melakukan proses filtrasi, konsentrasi akan bertambah sekitar 1% dari larutan umpan. Untuk menghasilkan konsentrasi yang diinginkan berarti sirup glukosa harus melewati beberapa tingkat proses filtrasi atau diresirkulasi (*recycle*)

Persamaan untuk menentukan jumlah resirkulasi adalah sebagai berikut:

$$Cn = Co \times (1 + y)^{n-1}$$

Dimana :

- Cn = konsentrasi akhir (g/L)
- C = konsentrasi awal (g/L)
- Y = kenaikan konsentrasi satu kali proses
- n = jumlah resirkulasi

Pada proses pemekatan dengan membran ini, satu kali proses dapat meningkatkan konsentrasi larutan sekitar 1%. Untuk memperoleh konsentrasi seperti hasil proses evaporasi, dengan menggunakan persamaan di atas diperlukan sebanyak 52 kali resirkulasi.

KESIMPULAN

Fluks tidak dipengaruhi oleh tekanan transmembran pada tekanan di atas 1.44 atm. Sedangkan kecepatan *crossflow* 1.15 m/det menghasilkan fluks tertinggi untuk setiap konsentrasi. Fluks memasuki wilayah bebas pengaruh konsentrasi pada konsentrasi umpan diatas 550 g/L. Untuk satu kali sirkulasi diperoleh tingkat pemekatan sirup sebesar 1%. Agar diperoleh tingkat pemekatan glukosa seperti hasil proses evaporasi sebesar 935 g/L maka pada larutan umpan dengan konsentrasi sebesar 561 g/L diperlukan resirkulasi sebanyak 52 kali. Dengan demikian proses pemekatan menggunakan membran dapat dijadikan alternatif proses evaporasi.

DAFTAR PUSTAKA

Cheryan, M. 1986. Ultrafiltration Handbook. Technomic Publ. Co. Inc., Lancaster, Pennsylvania.

Pritchard, M., J. A. Scott dan J. A. Howell. 1990. The concentration of yeast suspension by crossflow microfiltration. Dalam: Pyle, D. L. (Ed) Separations for Biotechnology. Elsevier Applied Science. London.

Pritchard, M., J. A. Howell dan R. W. Field. 1995. The ultrafiltration of viscous fluids. *J. Membrane Sci.*, 102:223-235.

Raekiansyah, M. 2000. Isolasi Asam Hialuronat dengan Teknologi Membran *Crossflow Microfiltration*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.