

## Penghilangan Warna Larutan Gula dengan Membran Ultrafiltrasi

Heru Susanto\*, Anis Roihatin, I Nyoman Widiasta

Membrane Research Group, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Sodarto No 1-Tembalang, Semarang

\*heru.susanto@undip.ac.id

### Abstrak

Makalah ini menampilkan studi penghilangan warna pada larutan gula dengan menggunakan berbagai membran ultrafiltrasi komersial yang mempunyai ukuran pori berbeda-beda. Pengaruh pH larutan gula terhadap kinerja membran juga diselidiki. Kinerja membran dinilai dengan menggunakan parameter fluks permeal dan tingkat penghilangan warna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran dengan ukuran pori yang lebih kecil menghasilkan efisiensi penghilangan warna yang lebih tinggi dengan tingkat penghilangan warna mencapai 85%. Penghilangan warna pada kondisi larutan gula netral menunjukkan nilai tertinggi dibandingkan pada kondisi asam atau basa.

**Kata kunci:** Penghilangan warna gula, Ultrafiltrasi, Fouling

### 1 Pendahuluan

Gula merupakan salah satu komoditas selain merupakan kebutuhan pokok masyarakat gula juga digunakan pada berbagai industri, seperti industri makanan, minuman dan farmasi. Namun kondisi industri gula nasional dari waktu ke waktu tidak menunjukkan kinerja yang meningkat. Hal ini terbukti dari belum tercapainya target swasembada gula yang telah dicanangkan beberapa kali sejak tahun 2003. Jumlah impor gula nasional untuk industri makanan dan minuman terus mengalami peningkatan dari 300.000 ton pada tahun 2004 menjadi 2,4 juta ton pada tahun 2012 (Kementerian Pertanian, 2012). Lebih lanjut, permasalahan seperti rendahnya produktifitas dan kualitas serta tingginya biaya produksi masih sering dijumpai oleh pabrik gula Indonesia. Hal ini menyebabkan kinerja dan daya saing industri gula dalam negeri sangat rendah. Usaha-usaha untuk mengurangi impor gula telah banyak dilakukan mulai dari perluasan lahan, peningkatan teknik budi daya sampai pada peningkatan efisiensi produksi pabrik. Peningkatan efisiensi produksi gula pada tingkat pabrik masih dilakukan dengan cara-cara konvensional seperti menggantikan alat lama dengan alat baru, memperbesar kapasitas alat dan membangun pabrik baru dengan teknologi lama. Terobosan-terobosan penggunaan teknologi baru yang lebih efisien belum banyak dilakukan.

Untuk menghasilkan gula dengan kualitas tinggi diperlukan teknologi proses yang mampu menghilangkan impuritas makromolekul, senyawa berwarna dan mineral-

mineral yang berasal dari nira atau aditif atau hasil samping selama proses produksi. Teknologi proses produksi yang digunakan oleh pabrik gula konvensional saat ini tidak dapat diadopsi secara langsung untuk memproduksi gula kualitas tinggi karena kemampuan dalam menghilangkan impuritas relatif rendah. Salah satu alternatif teknologi yang dewasa ini dapat menghasilkan gula dengan kualitas tinggi dengan biaya relatif rendah adalah membran ultrafiltrasi.

Penggunaan teknologi ultrafiltrasi untuk klarifikasi nira tebu baik berdiri sendiri maupun digabungkan dengan proses koagulasi telah banyak dipublikasikan (e.g., Balakrishnan et al. (2000a,b, 2001); Bhattacharya et al. (2001); Ghost dan Balakrishnan (2000, 2003); Hamachi et al. (2003); Hinkova et al. (2002); Jacob dan Jaffrin (2000); Jegatheesan et al. (2009); Wenten dan Susanto (2000)) dan dipatenkan (e.g. Monclin (1995); Theoleyre dan Baudouin (2003); Fechter et al. (2004)). Secara umum, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa penggunaan membran ultrafiltrasi (UF) dapat (i) meningkatkan transmisi sukrosa mencapai dua kali lipat, (ii) meningkatkan kualitas gula (ICUMSA) dan kandungan bahan pengotor rendah, dan bebas dari unsur sulfur, (iii) meningkatkan rendemen 3 sampai 4% dari proses konvensional, (iv) kemurnian nira hasil ultrafiltrasi meningkat 1,5 sampai 2 kali lipat dibandingkan dengan proses konvensional, (v) menurunkan viskositas nira untuk proses lanjutan dan (vi) dapat menghilangkan protein, gum, dan koloid, serta (vii) dapat memperpendek tahapan proses, mereduksi kebutuhan bahan kimia dan energi, sehingga biaya produksi biaya produksi berpotensi dapat direduksi hingga 80%.

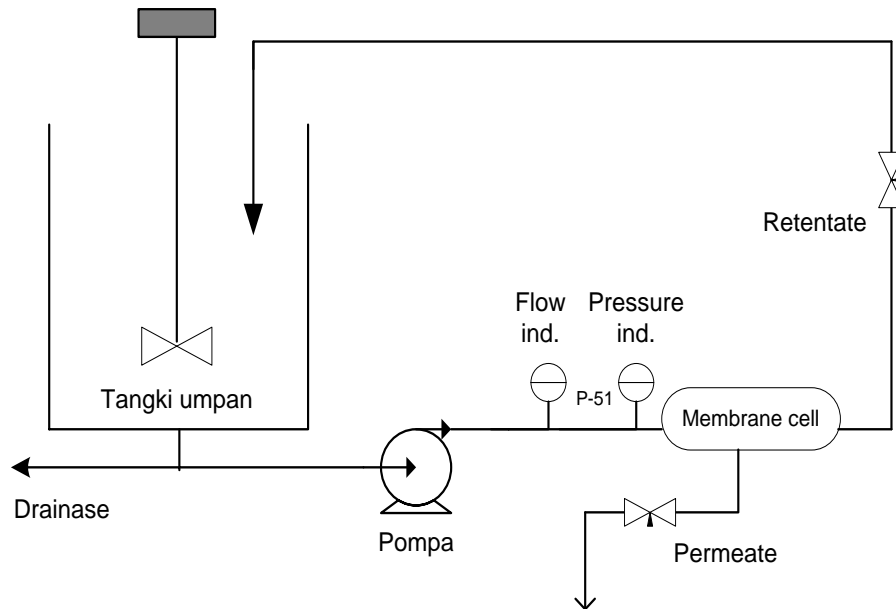
Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kinerja membran ultrafiltrasi terhadap dekolonisasi larutan gula. Kinerja berbagai jenis membran PES komersial (10, 20, 50 and 100 kDa molecular weight cut-off, MWCO) dinilai dari perilaku fluks dan pengurangan warna gula. Pengaruh kondisi filtrasi terhadap pengurangan warna gula dan perilaku fluks juga dipelajari.

## **2 Bahan dan Metode**

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini meliputi gula kristal warna coklat yang diperoleh dari Supermarket di Semarang, NaOH dan HCl (dari Merck) dan aquades. Larutan gula dibuat dengan konsentrasi 15% berat. Peralatan yang digunakan adalah seperangkat peralatan pengujian kinerja membran (Gambar 1), serta peralatan untuk analisis karakteristik nira meliputi spektrofotometer, refraktometer, dan pH meter. Membran yang dikaji dalam penelitian ini merupakan membran polimer komersial berbentuk flatsheet dengan luas permukaan membran 0,00125 m<sup>2</sup>. Data teknis membran yang digunakan untuk penelitian disajikan pada Tabel 1.

Sebelum digunakan, membran komersial direndam dengan aquades selama 30 menit untuk menghilangkan zat aditif yang ada pada membran. Alat uji ultrafiltrasi dibersihkan dengan cara dioperasikan dengan menggunakan aquades selama 15 menit untuk menghilangkan residu pada alat. Kemudian dibilas lagi dengan aquades segar.

Percobaan dekolorisasi larutan gula dilakukan dengan cara mensirkulasikan aquades selama 30 menit pada tekanan 3 bar untuk proses kompaksi terlebih dahulu. Fluks aquades (Jo) dihitung selama 10 menit. Selanjutnya larutan gula disirkulasikan selama 120 menit dengan tekanan 1 bar sesuai dengan prinsip aliran silang (cross flow).



**Gambar 1.** Skema alat proses ultrafiltrasi untuk penghilangan warna

Pengukuran dilakukan terhadap karakteristik umpan (larutan gula 15% berat) dan karakteristik hasil filtrasi, serta kinerja membran filtrasi (fluks dan tingkat rejeksi membran terhadap zat pewarna). Parameter karakteristik umpan dan hasil filtrasi meliputi total padatan terlarut (briks), warna larutan (ICUMSA) dan kejernihan (absorbansi). Tingkat peningkatan kejernihan diukur dengan membandingkan absorbansi umpan dan permeat pada panjang gelombang 420 nm.

**Tabel 1.** Spesifikasi Membran

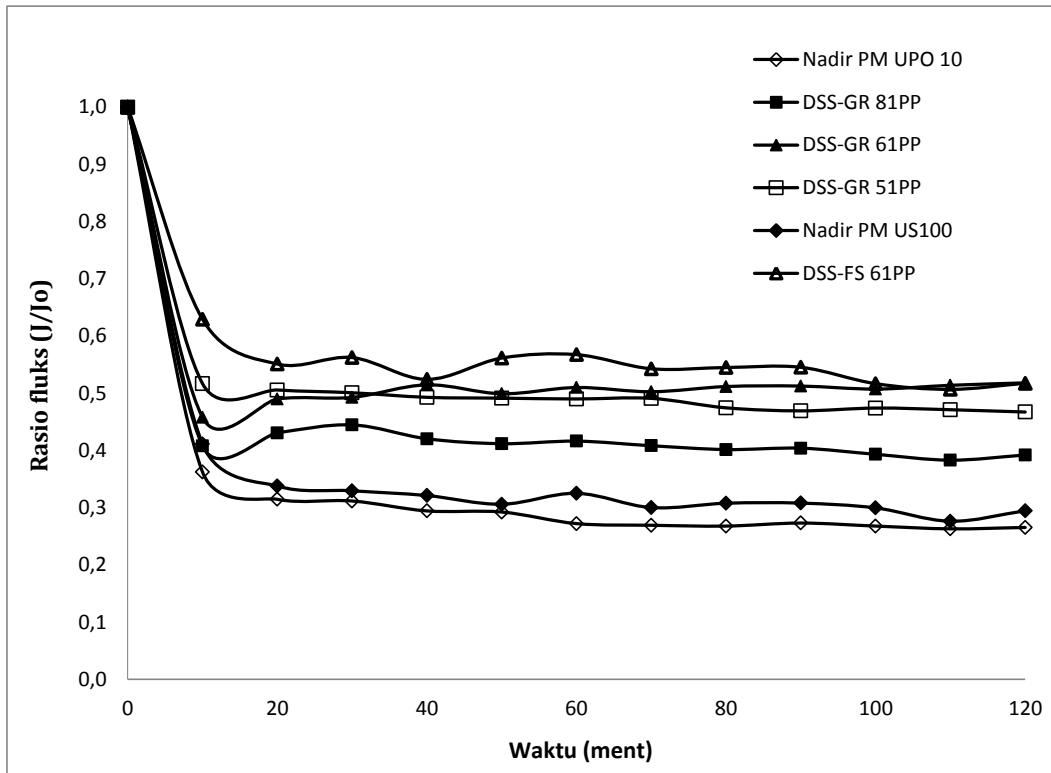
Jenis Membran	Karakteristik Membran		
	MWCO (kDa)	Bahan	Fluks Air (L/m <sup>2</sup> .jam)
Nadir PM UPO 10	10	PES	99,124
Nadir PM US 100	100	Polisulfon	121,124
DSS-GR81PP	10	Polisulfon	5,876
DSS-GR 61PP	20	Polisulfon	30,695
DSS-GR 51PP	50	Polisulfon	66,092
DSS-FS 61 PP	20	Polisulfon	71,041

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengaruh ukuran pori membran terhadap fluks dan pengurangan warna gula

Salah satu parameter penting kinerja proses membran filtrasi adalah fluks, karena nilai fluks menentukan luasan membran yang diperlukan. Gambar 2 menunjukkan perubahan fluks berbagai jenis membran selama operasi. Dari

gambar tersebut terlihat bahwa seiring dengan perubahan waktu operasi, nilai fluks larutan gula semakin menurun. Secara umum terlihat adanya penurunan fluks secara cepat pada awal waktu operasi dan setelah sekitar 40 menit fluks mencapai kondisi mendekati tunak (fluks tidak menurun lebih lanjut).



**Gambar 2.** Profil fluks pada ultrafiltrasi larutan gula dengan berbagai jenis membran. Secara umum membran dengan ukuran pori lebih kecil menghasilkan fluks yang lebih kecil pula (baik untuk membran dari Nadir maupun DSS). Untuk membran Nadir PM UPO 10 (10kDa) menunjukkan penurunan fluks yang paling besar mencapai 26% dari fluks awal. Begitu pula untuk membran jenis DSS, penurunan fluks yang paling besar dihasilkan oleh membran DSS GR 81 pp (10 kDa) mencapai 39 % dan penurunan fluks paling kecil oleh membran DSS GR 61 PP (20 kDa) mencapai 52% dari fluks awal.

Ukuran pori membran juga berpengaruh terhadap tingkat kejernihan dan pengurangan warna larutan gula yang dihasilkan. Tingkat kejernihan ditunjukkan dengan penurunan nilai absorbansi pada permeat. Data tingkat kejernihan dan pengurangan warna gula pada berbagai jenis membran ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Karakteristik Fluks Permeat pada Berbagai Jenis Membran

Jenis Membran	Karakteristik Pemeat	
	Peningkatan kejernihan (%)	Pengurangan Warna (%)
Nadir PM UPO 10	85,5	83,3
Nadir PM US 100	73,0	70,0
DSS-GR81PP	85,9	84,6

DSS-GR 61PP	86,9	85,9
DSS-GR 51PP	75,9	74,4
DSS-FS 61 PP	71,3	68,5

Membran dengan ukuran pori yang lebih kecil menghasilkan tingkat kejernihan yang lebih tinggi dan pengurangan warna larutan gula yang lebih besar. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hamachi etl al. (2003), fluks permeat menurun dan pengurangan warna larutan gula semakin besar dengan semakin kecilnya ukuran pori membran. Hal ini mengindikasikan bahwa pengurangan zat warna pada larutan gula merupakan mekanisme pengayakan berdasarkan ukuran pori.

Membran DSS GR 61 PP (20 kDa) mempunyai tingkat kejernihan yang paling tinggi dan pengurangan warna larutan gula yang paling besar. Penggunaan pori yang lebih besar dari 20 kDa akan menurunkan tingkat penghilangan makromolekul dan senyawa warna meskipun fluks yang dihasilkan menunjukkan nilai yang lebih besar. Lebih lanjut, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan membran UF dengan pori yang lebih kecil tidak meningkatkan tingkat kejernihan dan pengurangan warna larutan gula secara signifikan sementara fluks yang dihasilkan menurun sangat tajam.

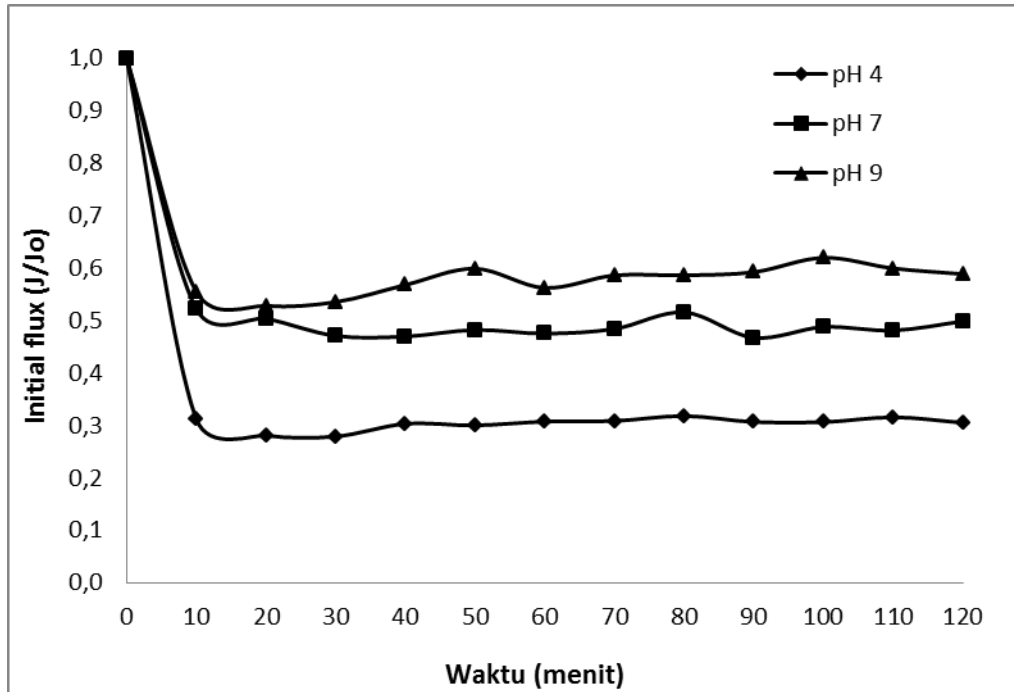
### 3.2 Pengaruh kondisi larutan umpan terhadap fluks dan pengurangan warna gula

Berdasarkan hasil uji kinerja berbagai jenis membran terhadap fluks dan karakteristik permeat, membran DSS GR 61 PP menghasilkan permeat dengan tingkat kejernihan yang paling tinggi dan pengurangan warna larutan gula yang paling besar sementara penurunan fluksnya menunjukkan nilai yang relatif kecil. Membran ini yang selanjutnya digunakan untuk mempelajari pengaruh kondisi larutan umpan pada operasi ultrafiltrasi karena mempunyai fluks yang cukup besar dan menghasilkan permeat dengan kualitas tinggi. Larutan umpan diatur pH nya sehingga berada pada kondisi asam (pH 4), netral (pH 7) dan basa (pH 9). Pengaruh kondisi larutan umpan terhadap penurunan fluks dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada kondisi asam (pH=4), fluks mengalami penurunan paling tajam dibandingkan pada kondisi netral dan basa. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan (Balakrishnan et al., 2000b), dimana larutan gula yang asam akan menghasilkan fluks rendah dan menyebabkan fouling yang tinggi. Meningkatnya fluks pada pH yang lebih tinggi bisa disebabkan karena adanya perubahan konformasi dari protein zat pengotor. Pengaruh kondisi pH larutan umpan juga berpengaruh terhadap tingkat kejernihan dan pengurangan warna larutan gula. Karakteristik fluks permeat pada berbagai kondisi pH disajikan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3, dapat dilihat bahwa tingkat kejernihan paling tinggi dan pengurangan warna larutan gula yang paling besar diperoleh pada kondisi netral, sedangkan pada kondisi asam menunjukkan hasil yang terendah. Hal ini disebabkan pada kondisi asam akan menghasilkan fouling yang tinggi. Pada kondisi basa, tingkat kejernihan

dan pengurangan warna tidak lebih signifikan daripada pada kondisi netral. Hal ini kemungkinan disebabkan karena adanya pembentukan warna (lebih gelap) karena kerusakan gula.



Gambar 3. Profil fluks larutan gula pada berbagai kondisi pH larutan umpan

Tabel 3. Karakteristik warna permeat pada berbagai kondisi pH

pH	Karakteristik Pemeat	
	Peningkatan kejernihan (%)	Pengurangan Warna (%)
pH 4	74,4	70,2
pH 7	83,4	81,9
pH 9	79,9	78,4

#### 4 Kesimpulan

Kinerja beberapa membran komersial (10, 20, 50 dan 100 kDa MWCO) dari perusahaan yang berbeda untuk penghilangan warna pada larutan gula telah dibandingkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membran dengan ukuran pori yang lebih kecil menghasilkan tingkat efisiensi yang lebih tinggi dalam pengurangan warna mencapai 85% dan penurunan fluks yang semakin besar mencapai 26% dari fluks awal. Sedangkan larutan umpan pada pH netral (=7) mnghasilkan permeat dengan tingkat kejernihan dan pengurangan warna yang paling tinggi dibandingkan pada kondisi asam maupun basa.

#### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibiayai oleh DIKTI melalui program Penelitian Prioritas Nasional Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI).

**Daftar Pustaka**

- Kementerian Pertanian, RI, 2012: [www.deptan.go.id](http://www.deptan.go.id). 16 September 2013
- Wenten, I G. , H. Susanto dan M. Purwasasmita. 2000. "Ultrafiltrasi sebagai alternatif peningkatan efisiensi proses klarifikasi pada industri gula". *Reaktor*. 4: 1-7
- Balakrishnan, M. M. Dua, P.N. Khairnar. 2001. "Significance of membrane type and feed stream in the ultrafiltration of sugarcane juice" *Sep. Sci. Technol.* 36: 619-625
- Balakrishnan, M. M. Dua, J.J. Bhagat. 2000a. " Evaluation of ultrafiltration for juice purification in plantation white sugar manufacture". *Int. Sugar J.* 1213: 21-30
- Balakrishnana, M., M. Dua, J.J. Bhagat. 2000a. "Effect of operating parameters on sugarcane juice ultrafiltration: results of a field experience". *Separation and Purification Technology*. 19: 209 – 220
- Bhattacharya, P.K., S. Agarwal, S. De , U.V.S.R. Gopal. 2001. "Ultrafiltration of sugar cane juice for recovery of sugar: analysis of flux and retention" *Sep. Purif. Technol.* 21: 247-253
- Fechter, W.L. P.A. Brewer, V.D. Pypekamp, I.A. Smith. 2004. *Treatment of sugar juice*. US Patent No. 6709527
- Ghosh, A.M., M. Balakrishnan. 2003. "Pilot demonstration of sugarcane juice ultrafiltration in an Indian sugar factory". *J. Food Eng.* 58: 143-152
- Ghosh, A.M., M. Balakrishnan, M. Dua, J.J. Bhagat. 2000. "Ultrafiltration of sugarcane juice with spiral wound modules: on-site pilot trials". *J. Membr. Sci.* 174: 205-214
- Hamachi, M. B, .B. Gupta, R. Ben Aim. 2003. "Ultrafiltration: a means for decolorization of cane sugar solution". *Separation and Purification Technology*. 30: 229-239
- Hinkova, A., Z. Bubnik, P. Kadlec, J. Pridal. 2002. "Potentials of separation membranes in the sugar industry". *Sep. Sci. Technol.* 26: 101-113
- Jacob, S., M.Y. Jaffrin. 2000. "Purification of brown cane sugar solutions by ultrafiltration with ceramic membranes: Investigation of membrane fouling". *Sep. Sci. Technol.* 35: 989-999
- Jegatheesan, V. D.D. Phong, L. Shu, R.B. Aim. 2009. "Performance of ceramic micro- and ultrafiltration membranes treating limed and partially clarified sugarcane juice" *J. Membr. Sci.* 27: 69-78
- Monclin, J.P. 1995. *Process for producing refined sugar directly from sugarcane*. US Patent No. 5468300
- Theoleyre, M.A., S. Baudouin. 2003. *Method and plant for the production of refined sugar from a sugared juice*. Patent application publication No. 0230301 A1