

PENJERNIHAN NIRA TEBU MENGGUNAKAN MEMBRAN ULTRAFILTRASI DENGAN SISTEM ALIRAN SILANG

Suprihatin¹⁾

ABSTRACT

CLARIFICATION OF SUGAR CANE JUICE USING CROSSFLOW MEMBRANE ULTRAFILTRATION

Membrane ultrafiltration is one alternative technology to produce a high quality cane sugar with reasonable cost, because its ability to produce a brighter color and lower impurities as well as sulphur free of product. This technology can reduce process steps, chemical and energy demand, so that the production cost is potentially reduced significantly. This research work was aimed to study the performance of various membrane filtrations in the application for clarifying sugar cane juice, covering the achievable flux, membrane rejection against impurities, and quality of the filtered juice. The experiments were conducted according to the principle of cross flow using three different transmembrane pressures of 0.7, 1.4, and 2.1 bar and cross flow rate of 0.42 m/s. Various membranes were studied in this experiments both commercial ultrafiltration membrane and ultrafiltration membrane prepared in our laboratory. Sugar cane juice before and after clarification were characterized by measuring the parameters of brix, sucrose concentration, solution color, clarity, and pH. The polisulfone membrane, which was prepared in our laboratory, produced fluxes in the range of 25-30 L/m².h at the transmembrane pressures of 0.7-2.1 bar. The membranes increased clarity of the juice from app. 10 to 60% of transmission and reduced color up to 80-90%, comparable with the results of the commercial ultrafiltration membrane.

Keywords: cane sugar industry, sugar cane juice clarification, membrane ultrafiltration

ABSTRAK

Membran ultrafiltrasi merupakan salah satu alternatif teknologi untuk menghasilkan gula bermutu tinggi dengan biaya relatif rendah, karena aplikasi membran ultrafiltrasi dalam industri gula mampu memperbaiki warna produk, menurunkan kadar bahan pengotor, dan menghasilkan produk bebas dari unsur sulfur. Teknologi ini juga diyakini dapat memperpendek tahapan proses, mereduksi kebutuhan bahan kimia dan energi sehingga biaya produksi berpotensi dapat direduksi. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kinerja berbagai jenis membran ultrafiltrasi dalam aplikasinya untuk pemurnian nira tebu, mencakup fluks yang dapat dicapai, nilai rejeksi membran ultrafiltrasi terhadap bahan pengotor nira, dan mutu nira yang dihasilkan. Penelitian ini dilakukan sesuai dengan prinsip aliran silang (*cross flow*), menggunakan 3 tingkat tekanan, yaitu 0,7, 1,4, dan 2,1 bar dan laju alir silang 0,42 m/s. Ciri nira tebu sebelum dan sesudah filtrasi ditentukan melalui pengukuran total padatan

terlarut (Brix), kadar sukrosa (polarisasi), warna larutan, kejernihan, dan pH. Membran ultrafiltrasi polisulfon yang dibuat sendiri di laboratorium mampu menghasilkan fluks berkisar 25-30 L/m².jam pada tekanan 0,7-2,1 bar. Membran tersebut mampu meningkatkan nilai kejernihan dari 10 menjadi 60% transmisi dan menurunkan warna hingga 80-90%, setara dengan kemampuan membran ultrafiltrasi komersial.

Kata kunci: industri gula, pemurnian nira tebu, membran ultrafiltrasi

PENDAHULUAN

Gula merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peran strategis karena gula adalah salah satu kebutuhan pokok masyarakat umum dan industri makanan, minuman, dan farmasi. Kebutuhan gula nasional terus meningkat, namun hanya sekitar setengah dari kebutuhan gula nasional dipenuhi dari produksi dalam negeri, selebihnya dipenuhi dari gula impor. Industri gula nasional saat

1) Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor. Kampus IPB Darmaga, PO Box 220 Bogor 16002. e-mail: suprihatin@indo.net.id

masih menghadapi berbagai masalah besar, diantaranya adalah rendahnya mutu produk dan produktivitas, serta tingginya biaya produksi. Hal ini menyebabkan kinerja dan daya saing industri gula dalam negeri sangat rendah.

Secara konvensional, produksi gula dimulai dengan tahapan penggilingan tebu untuk memisahkan cairan nira (larutan gula) dari ampas tebu (bagas). Selain sukrosa, nira tebu juga mengandung bahan pengotor berupa bahan-bahan non-gula hingga 50%, seperti gula pereduksi, asam organik, asam anorganik, asam amino, protein, pati, lilin, gum, mineral (seperti kalium, magnesium, kalsium, dan silika), bahan pembentuk warna (klorofil), dan bahan tersuspensi lainnya. Bahan pengotor tersebut harus dipisahkan sedini mungkin sebelum nira diproses lebih lanjut untuk menghindari masalah warna, inversi sukrosa, peningkatan viskositas, dan pembentukan molase yang berlebih. Kuantitas dan mutu produk akhir sangat ditentukan oleh efisiensi proses pemisahan bahan pengotor tersebut (Abbara *et al.* 2007).

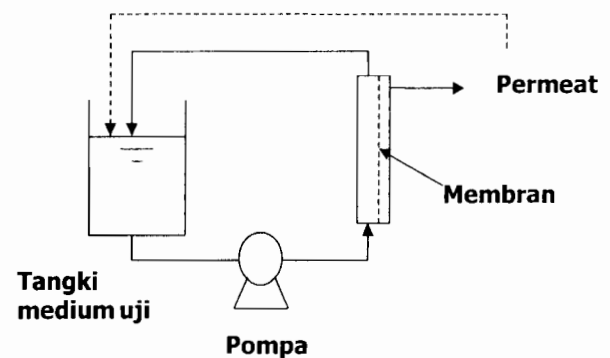
Salah satu alternatif teknologi yang dewasa ini diyakini mampu menghasilkan gula dengan mutu tinggi dan biaya relatif rendah adalah membran filtrasi (Kaseno *et al.* 2002, Abbara *et al.* 2007, Mathlouthi 2007). Penerapan membran filtrasi dalam industri gula dapat meningkatkan mutu hasil (warna dan kandungan bahan pengotor rendah, serta bebas dari unsur sulfur). Teknologi ini dapat memperpendek tahapan proses, mereduksi kebutuhan bahan kimia dan energi sehingga biaya produksi berpotensi dapat direduksi. Dalam proses produksi gula tebu, membran dapat diterapkan untuk penjernihan nira tebu, jika membran ultrafiltrasi (UF) digunakan sebagai pengganti tahapan proses pengapuran, karbonatasi, dan sulfitasi sehingga penggunaan bahan kimia kapur, CO₂, dan SO₂ dapat dihindari, serta dihasilkan gula putih dengan kadar sulfur rendah.

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kinerja berbagai jenis membran filtrasi yang disiapkan sendiri di laboratorium untuk penjernihan nira tebu. Kinerja proses membran dinilai dari tingkat fluks membran, reduksi bahan pengotor nira, dan mutu nira hasil filtrasi. Kinerja membran tersebut kemudian dibandingkan dengan kinerja membran komersial.

METODE

Bahan utama yang digunakan untuk penelitian ini adalah nira tebu yang diperoleh dari batang tebu yang digiling. Tebu yang telah ditebang segera (kurang dari 24 jam) segera digiling untuk menghindari terjadinya inversi sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Sebelum digiling, tebu dibersihkan dahulu dari daun-daun kering atau tanah yang menempel untuk mengurangi pengotor kasar pada nira. Nira yang diperoleh dari penggilingan 10 batang tebu dengan panjang ± 100 cm dan diameter ± 7 cm sekitar 2,5 L nira. Sebelum memasuki proses penjernihan menggunakan membran, nira mentah disaring terlebih dahulu menggunakan kain saring untuk mengurangi beban kerja membran.

Bahan yang digunakan untuk pencirian nira adalah larutan trietanolamin 0,1 M, HCl 0,1 M, aluminium sulfat 0,9 M, NaOH 4,4 M, NaOH 0,8%, dan akuades. Pencirian nira dilakukan sesuai dengan prosedur SNI 01-3140-2001/Rev 1992 (BSN 1992). Peralatan yang digunakan adalah seperangkat peralatan pengujian kinerja membran (Gambar 1), spektrofotometer UV-Vis, refraktometer Saccharomat, tabung *optical cell* (kuvet), membran filter 0,45 μm , dan membran *filter holder*.



Gambar 1 Peralatan uji membran filtrasi untuk penjernihan nira

Membran yang dikaji dalam penelitian ini mencakup membran yang dibuat sendiri di laboratorium, bahan-bahan dasar kitosan, selulosa asetat, dan polisulfon. Membran ini berbentuk lembaran (*plate*) dengan luas permukaan membran 25 cm². Selain itu, sebagai pembanding dikaji juga membran ultrafiltrasi komersial berbahan poli-

akrilonitril (*polyacrylonitrile*/PAN) berbentuk *hollow fibre* dengan diameter luar 1,2 mm, diameter dalam 0,5 mm, dan ukuran pori 0,01 μm . Panjang *hollow fibre* berjumlah 100 dengan panjang masing-masing 40 cm sehingga diperoleh total luasan luar *fibre* 0,1 m^2 atau setara dengan 0,0628 m^2 permukaan dalam. Data teknis membran yang digunakan untuk penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi teknis membran yang digunakan untuk percobaan

	Jenis Membran			
	Polisulfon 12% (PS 12)	Polisulfon 14% (PS 14)	Kitosan 10%	Selulosa asetat 18%
Tipe membran	Plate	Plate	Plate	Plate
Luas permukaan membran (cm^2)	25	25	25	25
Bahan	Polisulfon	Polisulfon	Kitosan	Selulosa asetat
Fluks air ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$)	387	340	45	171
Fluks larutan albumin 500 ppm ($\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$)	90	90	10	32
Rejeksi terhadap albumin (%)	94	94	20	57

Sebelum digunakan, modul membran dibersihkan dengan cara pembilasan menggunakan air distilasi dengan suhu 50 $^{\circ}\text{C}$ selama 5 menit untuk menghilangkan residu pada alat. Kemudian pembilasan dilanjutkan dengan menggunakan NaOH 0,8% pada suhu 50 $^{\circ}\text{C}$ secara sirkulasi selama 2 menit dan dibilas lagi dengan akuades.

Percobaan penjernihan nira dilakukan dengan cara mensirkulasikan nira tebu selama 180 menit dengan laju aliran silang (v) 0,42 m/s menggunakan 3 tingkat tekanan transmembran (p), yaitu 0,7, 1,4 dan 2,1 bar sesuai dengan prinsip aliran silang. Fluks nira berbagai jenis membran ditentukan untuk mengetahui kemampuan membran dalam melewatkan sejumlah volume nira tebu dan membandingkan kemampuan berbagai jenis membran tersebut.

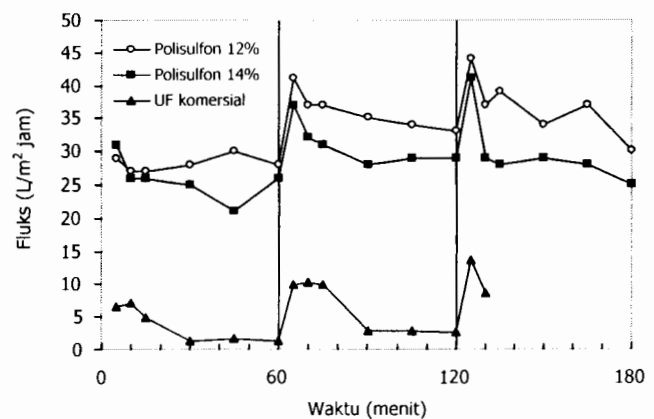
Pengukuran dilakukan terhadap ciri umpan (nira tebu) dan ciri hasil filtrasi (permeat), serta fluks dan tingkat rejeksi membran terhadap pengotor nira. Parameter ciri umpan dan hasil filtrasi meliputi total padatan terlarut (Brix), kadar sukrosa (polarisasi), warna larutan, kejernihan, dan pH. Brix diukur dengan

menggunakan refraktometer. Polaritas menunjukkan jumlah kadar sukrosa dalam larutan. Warna nira dinyatakan dalam satuan ICUMSA (*International Commission for Uniform Method of Sugar Analysis*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fluks

Salah satu parameter penting kinerja proses membran filtrasi adalah fluks, karena nilai fluks menentukan luasan membran yang diperlukan. Dari Gambar 2 terlihat bahwa seiring dengan perubahan waktu operasi, nilai fluks nira semakin menurun. Hal ini terjadi karena kotoran-kotoran yang terdapat dalam nira berpindah secara konvektif menuju ke permukaan membran akibat aliran permeat sehingga kotoran dalam nira menutupi sebagian permukaan membran dan fluks menurun.



Gambar 2 Fluks berbagai jenis membran ($v = 0,42 \text{ m}/\text{s}$, $p = 0,7$ bar untuk waktu operasi 0-60 menit, $p = 1,4$ bar untuk waktu operasi 60-120 menit, dan $p = 2,1$ bar untuk waktu operasi 120-180 menit)

Pada semua kasus teramati adanya penurunan fluks secara cepat pada awal waktu operasi dan setelah sekitar 30 menit fluks mencapai kondisi mendekati tunak (fluks tidak menurun lebih lanjut). Pada kondisi tunak terjadi keseimbangan antara laju transpor secara konvektif ke arah permukaan membran dan laju transpor balik difusif dari permukaan membran ke arah aliran utama umpan. Nilai fluks yang dicapai pada kondisi dipengaruhi oleh jenis membran dan tekanan transmembran. Pada tekanan transmembran 0,7 bar diperoleh fluks sekitar 25 $\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ untuk membran PS 14 dan 30 $\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$ untuk

membran PS 12. Peningkatan tekanan transmembran menjadi 1,4 bar dan 2,1 bar menyebabkan peningkatan nilai fluks menjadi sekitar 33 L/m²jam untuk PS 12 dan 30 L/m²jam untuk PS 14. Nilai ini jauh lebih tinggi dibanding dengan nilai fluks UF komersial, yang hanya sekitar 3 L/m²jam pada kondisi yang sama. Rendahnya nilai fluks UF membran *hollow fibre* ini disebabkan oleh kecilnya diameter dalam *fibre* (hanya 0,5 mm) sehingga pori membran mudah tersumbat. Pengubahan sistem pengaliran umpan, yaitu dari sisi luar *fibre* dan aliran permeat menuju ke dalam *fibre*, merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi penyumbatan *fibre* membran.

Sebagai pembandingan, pada Tabel 2 disajikan nilai fluks yang dapat dicapai berbagai jenis membran dalam aplikasinya untuk penjernihan nira hasil penelitian dari Thailand (Promraksa *et al.* 2004). Membran UF dengan MWCO (*molecular weight cut-off*) lebih dari 10 kDa menghasilkan fluks berkisar 14-16 L/m².jam, sedangkan membran dengan MWCO lebih kecil menghasilkan fluks permeat rendah. Membran selulosa asetat dengan MWCO 5 kDa menghasilkan fluks hanya sekitar 1 L/m².jam, dan membran polisulfon dengan MWCO 10 kDa menghasilkan fluks sekitar 2 L/m².jam.

Tabel 2 Fluks berbagai jenis membran ultrafiltrasi hasil penelitian dibandingkan dengan data pustaka

Membran UF polisulfon buatan sendiri:				
MWCO	69 kDa			
Fluks (L/m ² jam)	25-30			
UF Poliakrilonitril (PAN) komersial:				
MWCO / Ukuran pori	0,01 µm			
Fluks (L/m ² jam)	3-5			
UF polisulfon ^{*)} :				
MWCO	300 kDa	100 kDa	30 kDa	10 kDa
Fluks (L/m ² jam)	16,49	15,88	14,04	1,98
UF Triasetat ^{*)} :				
MWCO	20 kDa	10 kDa	5 kDa	
Fluks (L/m ² jam)	21,13	32,83	62,39	
MF selulosa asetat (CA) dan selulosa nitrat (CN) ^{*)} :				
Ukuran Pori	0,2 µm	0,2 µm	0,8µm	
Bahan	CN	CA	CA	
Fluks(L/m ² jam)	21,13	32,83	62,39	

^{*)}Promraksa *et al.* (2004)

Penelitian menggunakan membran kitosan 10% dan membran selulosa asetat 18% menunjukkan bahwa fluks nira kedua jenis membran tersebut nilainya sangat kecil, yaitu masing-masing 0,41 L/m².jam dan 0,81 L/m².jam. Hal ini disebabkan oleh adanya *fouling*, yaitu gejala penyumbatan pori membran oleh bahan pengotor nira atau adanya interaksi antara bahan pengotor tersebut dan membran. Akibat tingginya kecenderungan terjadinya *fouling*, jenis membran ini tampaknya tidak sesuai untuk filtrasi nira tebu.

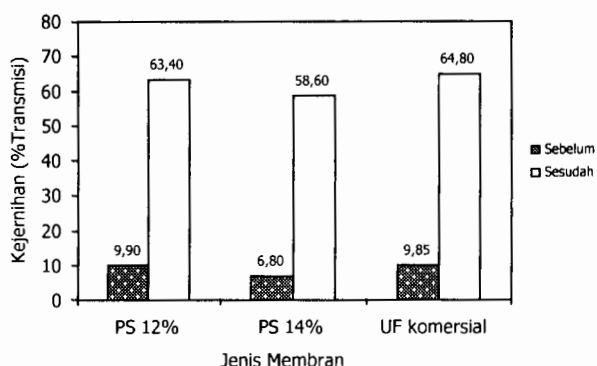
Efektivitas Filtrasi

Nira mentah hasil dari penggilingan tebu berwarna cokelat agak kehitam-hitaman karena masih mengandung zat-zat bukan gula seperti kotoran kasar (tanah, ampas halus), dan bahan tersuspensi (getah lilin, bahan organik non-sukrosa). Selama filtrasi terjadi pemisahan bahan-bahan yang lebih besar dari ukuran pori membran dengan bahan dengan ukuran lebih kecil dari ukuran pori membran. Akibat proses pemisahan tersebut, maka terjadi perubahan ciri nira yang ditandai adanya peningkatan kejernihan dan penurunan warna nira.

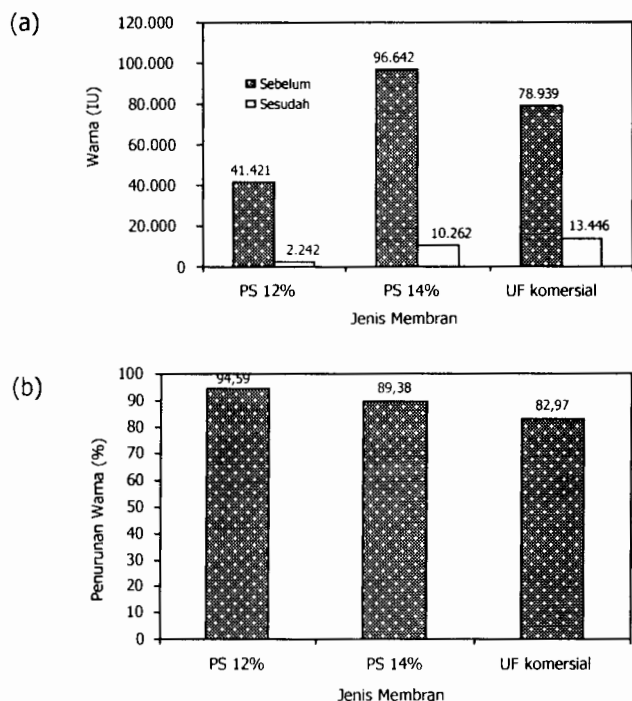
Tingkat kejernihan nira diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 373 nm. Satuan yang digunakan adalah persen transmisi dengan akuades sebagai pembandingan (100%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah melewati membran filter kejernihan nira meningkat sangat berarti. Sebagai contoh, dengan polisulfon 12% kejernihan nira meningkat dari 9,9 menjadi 63,4% transmisi, sedangkan dengan membran UF komersial kejernihan meningkat dari 9,85 menjadi 64,8% transmisi. Perbandingan kejernihan nira sebelum dan sesudah filtrasi disajikan pada Gambar 3. Dari hasil tersebut tampak bahwa hasil penjernihan dengan menggunakan membran yang disiapkan sendiri di laboratorium sebanding dengan hasil penjernihan dengan menggunakan membran filtrasi komersial.

Warna pada nira tebu disebabkan oleh kotoran-kotoran (tanah, lilin, lemak) terlarut dan tersuspensi yang terbawa pada proses penggilingan. Warna kristal gula sangat dipengaruhi oleh warna dan kemurnian nira. Semakin rendah warna cairan umpan, semakin baik warna gula yang dapat dihasilkan. Penghilangan

warna secara konvensional dilakukan dengan afinasi (pemisahan warna secara mekanik), karbonasi,



Gambar 3 Perbandingan kejernihan nira sebelum dan sesudah filtrasi dengan menggunakan berbagai jenis membran



Gambar 4 Perubahan warna nira akibat filtrasi, (a) warna nira sebelum dan sesudah filtrasi, dan (b) persen penurunan warna akibat dari filtrasi dengan menggunakan berbagai jenis membran

fosfataasi, karbon aktif, dan resin penukar ion. Warna tersebut dihilangkan sebelum tahapan proses kristalisasi. Sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 4, warna nira dapat direduksi secara signifikan dengan menggunakan membran filtrasi. Penurunan warna nira berkisar antara 80 dan 90 persen. Dengan meng-

gunakan membran filtrasi untuk pemurnian nira tebu, prekursor warna dapat dipisahkan dari nira sebelum nira diproses lebih lanjut di unit evaporasi dan kristalisasi. Penghilangan prekursor warna akan meningkatkan mutu gula yang dihasilkan. Sebagaimana halnya dengan parameter kejernihan, hasil penjernihan dengan menggunakan membran filtrasi yang disiapkan sendiri di laboratorium sebanding dengan hasil penjernihan dengan menggunakan membran filtrasi komersial, ditinjau dari parameter warna.

Uji coba membran ultrafiltrasi oleh Kaseno *et al.* (2002) menunjukkan membran ultrafiltrasi mampu mereduksi warna dan kekeruhan nira masing-masing sebesar 50% dan 99%, serta mereduksi dekstran dan polisakarida hingga 100% dan 96%. Hasil serupa (Mathlouthi 2001) menunjukkan bahwa dengan menggunakan ultrafiltrasi dapat dicapai eliminasi kekeruhan dan warna nira tebu masing-masing sebesar 90% dan 20%.

Ciri Nira Hasil Filtrasi

Sebagaimana dibahas di atas, berbagai bahan pengotor dengan ukuran lebih besar dari ukuran pori membran akan ditahan oleh membran filtrasi. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan kejernihan nira atau penurunan warna nira. Tabel 3 menunjukkan ciri nira hasil filtrasi membran. Warna nira yang dihasilkan oleh membran polisulfon 12% adalah 11.439 IU sedangkan warna hasil membran ultrafiltrasi komersial adalah 13.614 IU. Hasil ini masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian Nutabonis (2004), yakni 8.726 IU. Hal ini diperkirakan karena pada penelitian Nutabonis (2004) sebelum disaring dengan membran, nira tebu didefekasi terlebih dahulu sehingga telah mengurangi sebagian besar kotoran yang terkandung dalam nira.

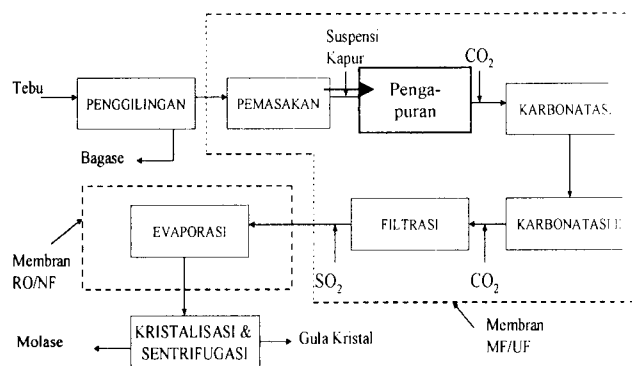
Tabel 3 Ciri nira hasil filtrasi

Parameter \ Jenis membran	PS 12%	PS 14%	UF komersial
pH	5,39	5,63	6,01
Brix (%)	9,44	10,10	8,64
Polarisasi (%)	9,45	9,90	7,60
Warna (IU)	2.242	10.262	13.614
Kejernihan (% transmisi)	63,40	58,60	64,80

Secara teknis, faktor terpenting dalam pemilihan membran ultrafiltrasi adalah bahan membran dan ukuran pori, yang umumnya dinyatakan dalam bobot molekul (Dalton). Bahan membran memengaruhi ketahanan fisik dan kimia membran terhadap pengaruh nira. Keberhasilan proses membran untuk penjernihan nira ditentukan oleh kemampuannya mengeliminasi partikel-partikel terlarut dan tersuspensi, makromolekul seperti polisakarida, dekstran, pati, gum, lilin, dan klorofil.

Membran filtrasi juga dapat digunakan dalam pemekatan nira tebu sebagai pengganti evaporasi, jika digunakan membran osmosis balik (RO) atau nanofiltrasi (NF). Dengan mengganti proses evaporasi dengan proses membran filtrasi, kebutuhan energi dapat direduksi dan kerusakan produk akibat pemasaran dapat diminimumkan. Mengingat sekitar 50% kebutuhan energi untuk produksi gula tebu digunakan dalam tahap evaporasi (pemekatan nira), maka potensi tertinggi untuk mereduksi energi terletak pada tahapan peningkatan konsentrasi nira encer, misalnya peningkatan konsentrasi bahan kering refraktometrik dari 12-14% menjadi maksimum 30% menggunakan membran filtrasi. Hasil uji coba (Abbara *et al.* 2007) menunjukkan bahwa penggunaan membran nanofiltrasi mampu meningkatkan konsentrasi sukrosa dari sekitar 14% menjadi 17-19% dengan tingkat fluks sekitar 30 L/m²jam pada tekanan 40 bar. Permeat mengandung gula kurang dari 0,5%. Skema proses produksi gula, serta unit operasi yang dapat digantikan oleh proses membran disajikan pada Gambar 5. Sourirajan dan Matsura (1985) melaporkan, membran ultrafiltrasi mampu meningkatkan efisiensi proses pemurnian nira tebu dan berpotensi mengurangi biaya operasional hingga 80%.

Membran ultrafiltrasi dengan ukuran pori 0,01-0,1 µm dapat digunakan untuk menggantikan proses pemurnian nira secara konvensional. Hal ini karena jenis membran ini mampu menahan pengotor makromolekul non-gula (protein, polisakarida, dekstran, lilin, getah) serta dapat menghasilkan nira dengan kejernihan tinggi dan warna rendah. Chou (2002) mengembangkan suatu proses yang disebut sebagai *SAT Process (Simplified Advanced Technology Process)*, yaitu suatu proses yang terdiri atas tahapan penambahan bahan penjernih ke dalam nira



Gambar 5 Skema proses konvensional produksi gula tebu dan unit operasi yang dapat digantikan oleh membran filtrasi ditunjukkan dalam kotak bergaris putus-putus (Cheryan 1998)

(penjernihan primer), dilanjutkan dengan penjernihan proses membran ultrafiltrasi. Proses ini mampu menghasilkan gula rafinasi dengan warna 80-200 IU, mengurangi kehilangan sukrosa hingga lebih dari 2%, dan mengurangi kadar sulfat/sulfit dalam gula. Penelitian lain oleh Godshall *et al.* (2002) menggunakan membran spiral KOCH di dalam proses gula memberikan hasil: (i) penurunan warna sekitar 4-48%, (ii) penurunan kekeruhan sebesar 93%, (iii) pengurangan pati sebesar 73%, (iv) pengurangan dekstran sebesar 63%, dan (v) pengurangan total polisakarida sebesar 73%.

Untuk pengembangan lebih lanjut aplikasi membran dalam industri gula, teknologi membran juga dinilai prospektif untuk diaplikasikan produksi sirup glukosa dari nira tebu. Nira tebu yang telah dijernihkan diinversi dengan enzim invertase terimobilisasi dan dipisahkan menjadi fruktosa dan glukosa. Berbagai enzim seperti dekstranase dan amilase dapat ditambahkan pada tahapan proses ekstraksi nira untuk membantu meningkatkan perolehan glukosa yang terpolimerisasi. Produksi langsung sirup gula dari nira tebu dengan berbagai tingkat konsentrasi D-glukosa, D-fruktosa, dan sukrosa dapat digunakan sebagai strategi untuk memenuhi permintaan jenis industri pangan/minuman dan sebagai respons terhadap kecenderungan penolakan konsumen terhadap penggunaan sirup jagung transgen. Diversifikasi formula sirup glukosa-fruktosa-sukrosa dapat dijadikan solusi fleksibel bagi permintaan pasar yang senantiasa berubah (Mathlouthi 2001).

KESIMPULAN

Teknologi membran ultrafiltrasi dapat menurunkan biaya produksi dan meningkatkan mutu produk gula karena membran ini mampu memisahkan komponen pengotor nira yang ukurannya lebih besar dari pada ukuran pori membran, seperti protein pati, dekstran, lilin, dan klorofil. Hasil kajian penjernihan nira tebu menggunakan membran ultrafiltrasi yang disiapkan sendiri di laboratorium mampu menghasilkan fluks antara 25-30 L/m²jam pada tekanan transmembran 0,7-2,1 bar dan laju aliran silang 0,42 m/s. Membran ultrafiltrasi yang dibuat dari polisulfon ini mampu meningkatkan kejernihan nira dari sekitar hanya 10 menjadi 60% transmisi (akuades memiliki kejernihan 100% transmisi), dan menurunkan warna sekitar 80-90 persen, setara dengan kemampuan membran ultrafiltrasi komersial. Ciri nira hasil filtrasi adalah sebagai berikut: pH 5,4-6,0, Brix 8,6-10,1%, polaritas: 7,6-9,9%, warna: 2.242-13.614 IU, dan kejernihan 58,6-64,8% transmisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Sdr. Bunga Ardhika Puri dan Sdr. M. Doni Darmawan atas perannya dalam pelaksanaan percobaan di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbara AA, Abdel-Rahman AK, Bayoumi MR. 2007. Application of membrane filtration to the sugar industry, state of the art. <http://www.ceic.unsw.edu.au/centers/membrane/imstec03/content/papers/DAI/imstec092.pdf>. [1 Apr 2007].
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. 1992. Syarat Mutu Gula Kristal Putih (SNI 01-3140-2001/Rev 1992). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Cheryan M. 1998. *Ultrafiltration and Microfiltration*. Basel: Technomic.
- Chou CC. 2002. White and Refined Sugar Production from Cane Sugar Factories. <http://www.esugartech.com>. [21 Apr 2005]
- Godshall MA, Iqbal K, Moore S and Triche R. 2002. Potential New Product Development Using Membran. Sugar Processing Research Institute, Inc., New Orleans, Louisiana. *Di dalam* 2002 SPRI Conference. <http://www.spriinc.org/buton7abs2002.html>. [21 Apr 2005].
- Kaseno, Wulyoadi, Sasmito, Koesnandar. 2002. *Penerapan Teknologi Membran pada Pemurnian Nira Tebu pada Pabrik Gula*. Jurnal Sains dan Teknologi 7(2a):02. <http://www.IPTEK.net.id> [artikel online].
- Mathlouthi M. 2001. Highlights of the twentieth century progress in sugar technology and the prospects for the 21st century. Centre Europo'Agro, Universite de Reims http://www.neltec.dk/spri_2000.pdf. [1 Apr 2007].
- Nutabonis LM. 2004. Kajian Aplikasi Teknologi Membran Pada Proses Pemurnian Nira Tebu [tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Promraksa A, Srijanboon K, Flood A, Flood C. 2004. A study of the effectiveness of producing raw sugar crystals without the use of purification by lime treatment. Project Report. School of Chemical Engineering, Suranaree University of Technology, Thailand. <http://www.irpus.org/abstract45/45/a69.pdf>. [1 Apr 2007]
- Sourirajan S, Matsuura T. 1985. Reverse Osmosis/ Ultrafiltration Process Principles. National Research Council. Canada. *Di dalam* Wenten IG, 2002. Future Industrial Prospect of Membran Technology in Indonesia. <http://www.floindo.com/>. [11 Apr 2005].