

TEKNOLOGI PERVAPORASI UNTUK PENINGKATAN KADAR PATCHOULI ALKOHOL MINYAK NILAM MENGGUNAKAN MEMBRAN SELULOSA ASETAT

Pervaporation Technology to Increase Patchouli Alcohol Content in Patchouli Oil Using Cellulose Acetate Membrane

Yuliani Aisyah^{1,2}, P. Hastuti¹, H. Sastrohamidjojo³, C. Hidayat¹

¹Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

²Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Kampus UNSYIAH, Jl. Tgk. Hasan Krueng Kalee No.3, Darussalam, Banda Aceh 23111

³Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Sekip Utara, Bulaksumur, Yogyakarta 55281

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan kadar patchouli alkohol di dalam minyak nilam. Pembuatan membran dilakukan dengan menggunakan metoda inversi fasa. Pervaporasi minyak nilam dilakukan dengan menggunakan suhu 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C dan waktu pervaporasi 1, 2, 3 dan 4 jam. Analisis kadar patchouli alkohol dilakukan menggunakan kromatografi gas, sedangkan kinerja membran dinyatakan sebagai permeabilitas (fluks) dan selektivitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu dan waktu pervaporasi berpengaruh signifikan terhadap kadar patchouli alkohol, fluks dan selektivitas. Proses pervaporasi minyak nilam dapat meningkatkan kadar patchouli alkohol 1,89 kali dari kadar patchouli alkohol sebelum dilakukan pervaporasi, yaitu dengan menggunakan suhu pervaporasi 60 °C dan waktu pervaporasi 4 jam. Nilai fluks 0,163 kg/m² hr dan selektivitas 2,77.

Kata kunci: Patchouli alkohol, selulosa asetat, pervaporasi, fluks, selektivitas

ABSTRACT

An attempt to increase patchouli alcohol content in patchouli oil using membrane pervaporation has been carried out in this study. The preparation of cellulose acetate membrane in this study by was done using phase inversion method. The pervaporation process of patchouli oil was carried out at 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C and pervaporation time of 1, 2, 3 and 4 hours. Analysis of patchouli oil was carried out using gas chromatography, the separation performance membrane were expressed as a permeability (flux) and selectivity. There are significant effect of pervaporation temperature and time on patchouli alcohol content, flux and selectivity. The pervaporation process of patchouli oil using cellulose acetate membrane showed that the patchouli alcohol content increased 1.89 times of the initial content of patchouli alcohol before pervaporation, by using pervaporation temperature of 60 °C and pervaporation time of 4 hours. The highest value of flux 0,163 kg/m² hr and selectivity 2,77.

Keywords: patchouli alcohol, cellulose acetate, pervaporation, flux, selectivity

PENDAHULUAN

Tanaman nilam termasuk famili Labiatae, bangsa Lamiales dalam klas Angiospermae. Minyak nilam pada umumnya diproduksi dengan cara penyulingan uap, meskipun dapat juga digunakan metoda ekstraksi menggunakan pelarut dan superkritik CO₂ (Donelian dkk., 2009).

Kadar patchouli alkohol (PA) merupakan salah satu parameter yang menentukan mutu minyak nilam. Kadar patchouli alkohol menentukan harga minyak nilam. Menurut SNI 06-2385-2006, kadar patchouli alkohol dalam minyak nilam minimal 31 %, dan minimal 38 % menurut Essential Oil Association (1975) untuk standar mutu minyak nilam dalam pasar ekspor internasional. Di Indonesia, masih banyak ditemui minyak nilam mempunyai kadar patchouli alkohol dibawah 30 % (Yunus, 2006; Hidayat, 2006; Nuryanto, 2005; Suadi, 2005; Prakoso, 2004). Hal ini akan mengakibatkan rendahnya mutu/ kualitas, harga dan tidak memenuhi persyaratan yang ditentukan oleh pasar dunia.

Proses distilasi fraksinasi merupakan metoda yang umumnya digunakan untuk peningkatan kadar patchouli alkohol dalam minyak nilam. Namun, kelemahan dari metoda ini adalah memerlukan konsumsi energi yang tinggi sehingga dianggap mahal. Menurut Yuliani dkk. (2008), peningkatan kadar patchouli dapat dilakukan dengan menggunakan membran selulosa asetat melalui proses nanofiltrasi sehingga mampu memenuhi syarat minimal kadar patchouli alkohol. Sementara itu, dalam teknologi membran, telah dikembangkan suatu teknologi membran yang dapat diaplikasikan melalui proses pervaporasi, yaitu proses pemisahan yang menggunakan membran rapat, dimana umpan berupa campuran bahan organik yang mempunyai titik didih yang hampir sama pada tekanan atmosfer. Pemisahan dengan proses ini didasarkan pada kelarutan umpan terhadap membran, bukan oleh ukuran molekul umpan. Oleh karena itu membran yang digunakan pada pervaporasi adalah membran rapat yang selektif terhadap salah satu komponen umpan. Aplikasi pervaporasi untuk ekstraksi dan pemisahan minyak atsiri, terutama untuk pemisahan komponen aroma volatil sudah sering dilakukan, antara lain ekstraksi minyak atsiri Bergamot menggunakan pervaporasi (Figoli dkk., (2006), pemisahan multi komponen aroma volatil menggunakan pervaporasi (Raisi dkk., 2008). Pemisahan campuran etanol-air menggunakan pervaporasi (Kalyani dkk., 2008), pengaruh hidropobisitas dan ukuran molekul pada pemisahan pestisida aromatik (Kiso dkk., 2001). Namun, untuk peningkatan kadar patchouli alkohol dalam minyak nilam belum pernah diteliti.

Unjuk kerja pervaporasi dapat dinyatakan dengan fluks massa (kg/m² jam), koefisien permeabilitas, dan selektivitas pemisahan. Laju permeasi atau fluks adalah laju perpindahan

massa per satuan luas permukaan membran per satuan waktu. Pernyataan tersebut dirumuskan dalam persamaan:

$$J = \frac{1}{A} \left(\frac{dm}{dt} \right) \dots\dots\dots (1)$$

dimana, m = massa permeat (gram), A = luas permukaan membran (m²), t = waktu pengambilan sampel (jam), dm/dt = slope kurva massa permeat terhadap waktu. Selektivitas menyatakan kemampuan membran melewati suatu komponen relatif terhadap komponen lain. Selektivitas juga menyatakan seberapa banyak retentat yang ikut lolos bersama permeat. Secara matematis, selektivitas dirumuskan menjadi:

$$\alpha = \frac{(w_1/w_2)_{permeat}}{(w_1/w_2)_{umpan}} \dots\dots\dots (2)$$

dimana, α = selektivitas membran, (w₁)_{permeat} = berat permeat setelah pervaporasi (gram), (w₂)_{permeat} = berat permeat sebelum pervaporasi (gram), (w₁)_{umpan} = berat umpan setelah pervaporasi (gram), (w₂)_{umpan} = berat permeat sebelum pervaporasi (gram).

Pervaporasi melibatkan perubahan fasa cair umpan menjadi fasa uap di permeat. Hal ini dimungkinkan karena tekanan di bagian permeat dikondisikan serendah mungkin sehingga melewati tekanan jenuh komponen yang lebih mudah melewati membran. Kondisi ini diatur menggunakan pompa vakum atau gas pembawa. Gaya dorong dalam proses pervaporasi adalah perbedaan potensial kimia komponen yang lebih mudah melewati membran pada sisi umpan dan sisi permeat, baik melalui gradien konsentrasi, gradien tekanan, atau gradien suhu. Perubahan dari fasa cair ke fasa uap mengindikasikan adanya panas yang harus disediakan untuk penguapan permeat. Panas yang diberikan melalui pengaturan suhu proses pervaporasi, mempengaruhi kemampuan proses adsorpsi dan desorpsi komponen melewati membran.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh suhu dan waktu proses pervaporasi terhadap peningkatan kadar patchouli alkohol dalam minyak nilam guna menentukan kondisi pervaporasi yang tepat.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak nilam yang diperoleh dari hasil penyulingan petani nilam (*Pogostemon cablin Benth*) dari Kabupaten Aceh Selatan, Nanggroe Aceh Darussalam. Penyulingan tanaman nilam dilakukan dengan metoda penyulingan uap, dengan kapasitas alat penyulingan 20 kg tanaman nilam selama 6 jam. Minyak nilam yang diperoleh disimpan di dalam botol berwarna, ditutup dan diletakkan di dalam ruang dingin

dengan suhu 4 °C sampai dengan digunakan untuk penelitian.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan membran dan percobaan pervaporasi adalah polimer selulosa asetat (CA) merk Aldrich dengan kadar asetil 39,8 %, aseton teknis, nitrogen cair, etanol teknis,

Peralatan yang digunakan pada percobaan meliputi gelas kimia, labu erlenmeyer, labu bundar berleher, pengaduk magnetik, pelat kaca, batang silinder, neraca analitik, rangkaian alat pervaporasi dengan diameter modul 5 cm, Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (FTIR) IR Prestige-21, dan kromatografi gas Shimadzu GC-14B.

Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu tahap I dan tahap II. Percobaan tahap I terdiri atas karakterisasi umpan (minyak nilam), pembuatan membran dan karakterisasi membran. Karakterisasi umpan terutama penentuan komposisi umpan ditentukan menggunakan alat kromatografi gas. Pembuatan membran dilakukan dengan metoda inverse fasa melalui teknik penguapan pelarut. Karakterisasi membran dilakukan untuk mengetahui kestabilan membran yang akan digunakan. Percobaan tahap II adalah pervaporasi minyak nilam yang bertujuan untuk mengevaluasi peningkatan kadar patchouli alkohol dalam minyak nilam.

Rancangan Penelitian

Percobaan dilakukan dengan menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial dengan tiga kali ulangan. Faktor perlakuan yang dipelajari adalah aras suhu pervaporasi dan waktu pervaporasi. Parameter yang diamati dan dihitung adalah kadar patchouli alkohol, fluks dan selektivitas membran. Untuk mengetahui pengaruh setiap perlakuan, dilakukan analisa data dengan menggunakan analisis sidik ragam. Bagi perlakuan yang berpengaruh nyata dan sangat nyata, dilakukan uji beda rata-rata menggunakan uji Duncan pada taraf 5 % dan 1 % (Steel dan Torrie, 1980).

Prosedur Penelitian

Karakterisasi umpan. Karakterisasi umpan dilakukan untuk mengetahui komposisi umpan, dilakukan dengan menggunakan alat kromatografi gas. Kromatografi gas juga digunakan untuk analisis komposisi permeal yang dihasilkan. Kondisi kromatografi gas yang digunakan sebagai berikut: kolom Carbowax 20 m, suhu kolom 120 °C, suhu injektor: 150 °C, suhu detektor 180 °C, gas pembawa: nitrogen, laju gas pembawa 18 mL/menit, tekanan gas nitrogen 60 kPa, jumlah sampel 0,1 µL.

Pembuatan membran. Pembuatan membran pervaporasi selulosa asetat menurut metoda Permata (2008),

dengan modifikasi pada proses pengeringan. Membran dibuat menggunakan metoda inversi fasa melalui teknik penguapan pelarut. Aseton dicampur dengan selulosa asetat 15 % (b/b) dan diaduk perlahan sehingga dihasilkan *dope* selulosa asetat. *Dope* diaduk dengan pengaduk magnetik selama 24 jam sampai homogen, didiamkan di dalam lemari pendingin 10 °C selama 24 jam untuk menghilangkan gelembung (*debubbling*). Selanjutnya *dope* dikeluarkan dari lemari pendingin agar suhu *dope* kembali ke suhu kamar. Campuran *dope* dicetak pada pelat kaca sehingga diperoleh membran tipis, dibiarkan pada suhu kamar untuk melarutkan pelarutnya. Selanjutnya membran dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 50 °C selama 1 – 3 jam. Sebelum digunakan membran ditempatkan di dalam desikator untuk menghindari penyerapan air ke dalam membran. Membran yang digunakan berbentuk bulat dengan diameter 5 cm, sesuai dengan modul yang ada.

Karakterisasi membran.

a. Persen penyusutan

Penentuan persen penyusutan bidang dapat ditentukan dengan mengukur panjang bidang membran sebelum dan sesudah proses pengeringan. Persen penyusutan dihitung dengan persamaan:

$$\text{Penyusutan} = \frac{L_0 - L_1}{L_0} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

L_0 = panjang membran sebelum proses pengeringan

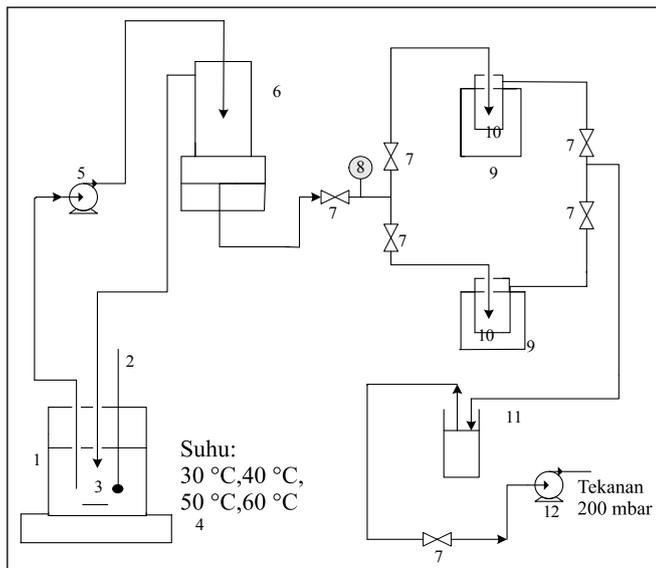
L_1 = panjang membran setelah proses pengeringan

b. Ikatan hidrogen

Penentuan spektrum IR senyawa selulosa asetat menggunakan cara pembuatan pellet KBr. Sebanyak 1 mg sampel digerus dengan 50 – 100 mg serbuk KBr, kemudian dicetak peletnya dengan menggunakan pompa tekanan hidrolik sehingga didapatkan pelet yang transparan. Pelet kemudian diukur menggunakan alat FTIR IR-Prestige-21. Sedangkan untuk membran selulosa asetat, penentuan spectrum IR dapat dilakukan secara langsung tanpa perlakuan awal, yaitu dengan menempatkan membran pada *holder* dan identifikasi puncak dapat dilakukan.

Pervaporasi. Pervaporasi dilakukan mengikuti tahap-tahap sebagai berikut: pemeriksaan sistem peralatan apakah mengalami kebocoran pada saat dilakukan pemvakuman, umpan dialirkan pada modul membran, pervaporasi dilakukan di dalam rangkaian alat yang disusun sesuai Gambar 1, permeal berupa fasa uap di tampung di dalam *cold-trap* untuk dibekukan, sampel permeal diambil setiap rentang waktu tertentu (1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam), setiap

sampel permeal yang diambil di cairkan kembali dengan cara dibiarkan pada suhu kamar, setiap sampel permeal yang telah dicairkan di timbang dan di analisis komposisinya dengan kromatografi gas.



Keterangan gambar:

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| 1) Tangki umpan | 7) Kerangan |
| 2) Termometer | 8) Pengukur tekanan vakum |
| 3) Pengaduk magnet | 9) Tabung dewar |
| 4) Hot Plate | 10) Cold trap |
| 5) Pompa sirkulasi | 11) Tabung pengaman |
| 6) Modul pervaporasi | 12) Pompa vakum |

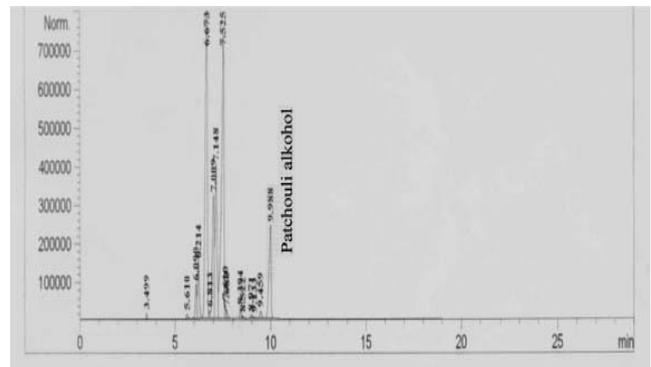
Gambar 1. Skema alat percobaan pervaporasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Umpan (Minyak Nilam)

Hasil analisis minyak nilam menggunakan kromatografi gas menunjukkan bahwa kadar patchouli alkohol dalam minyak nilam yang digunakan pada penelitian ini adalah 30,08 %, dengan waktu retensi 9,988 menit (Gambar 2).

Dengan demikian berarti kadar patchouli alkohol dalam minyak nilam yang digunakan dalam penelitian ini sudah memenuhi standar mutu SNI 06-2385-2006 untuk minyak nilam, namun belum memenuhi syarat untuk kadar patchouli alkohol menurut Essential Oil Association (EOA), oleh karena itu kadar patchouli alkohol masih perlu untuk ditingkatkan agar dapat memperluas jangkauan pasarnya. Menurut Yuliani dkk. (2008), terdapat 15 komponen kimia penyusun minyak nilam yang dapat teridentifikasi dengan menggunakan kromatografi gas spektrometri massa (GC-



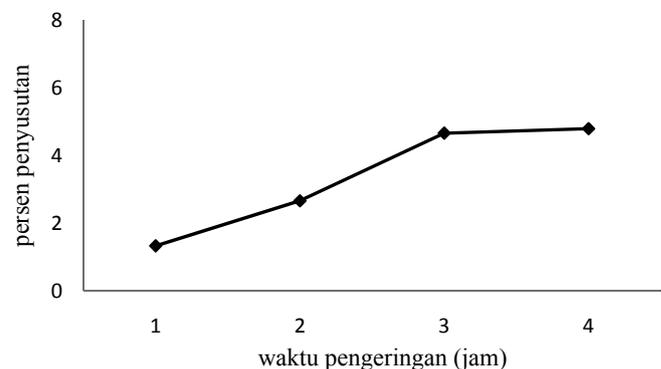
Gambar 2. Kromatogram minyak nilam menggunakan kromatografi gas

MS), dengan komponen-komponen yang mempunyai persentase terbesar adalah patchouli alkohol (32,60 %), δ -guaiana (23,07 %), α -guaiana (15,91 %), seychellena (6,95 %), dan α -patchoulena (5,47 %).

Karakteristik Membran

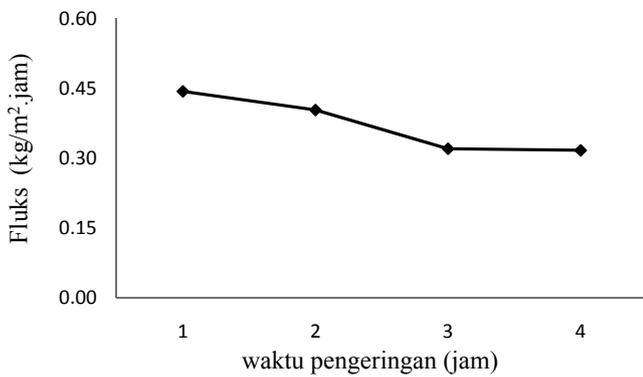
a. Persen penyusutan

Pengaruh proses pengeringan terhadap kinerja membran dilakukan dengan pengukuran persen penyusutan membran dan pengukuran fluks. Pengukuran persen penyusutan membran dimaksudkan untuk melihat keefektifan proses pengeringan yang berpengaruh terhadap ukuran pori membran.



Gambar 3. Persen penyusutan linier rata-rata membran terhadap waktu pengeringan

Pada Gambar 3 menunjukkan bahwa persen penyusutan linier rata-rata naik dengan naiknya waktu pengeringan sampai 3 jam, dan hampir mencapai konstan pada pengeringan dengan waktu 4 jam. Hal ini disebabkan makin banyaknya molekul air yang teruapkan, sehingga menaikkan persen penyusutan ukuran membran.



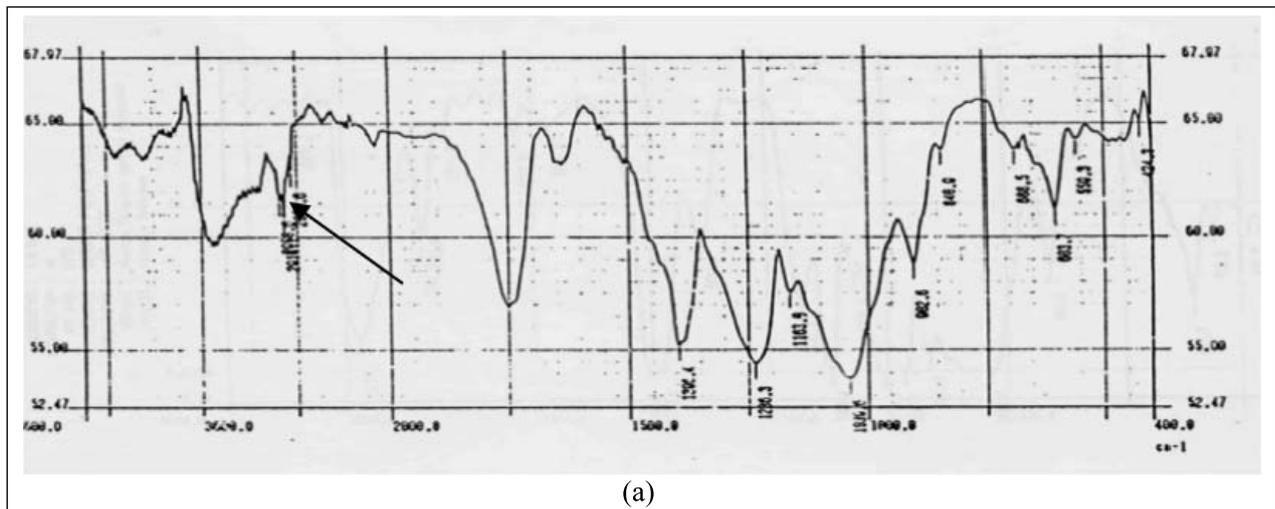
Gambar 4. Pengaruh waktu pengeringan terhadap fluks rata-rata membran

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa makin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan, fluks rata-rata yang dihasilkan makin kecil. Hal ini dapat terjadi

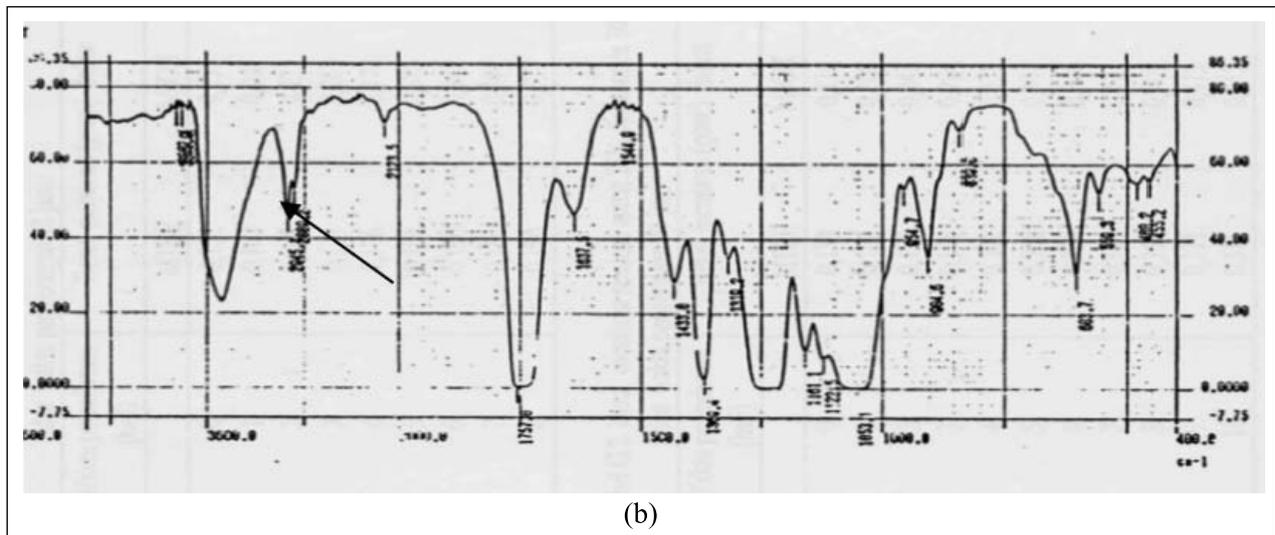
karena terjadinya penyusutan membran yang mengakibatkan menyempitnya pori. Menurut Sourijan (1966), penyusutan yang dihasilkan oleh proses pengeringan dapat mengubah tebal total membran yang berpengaruh terhadap kinerja membran. Fluks membran berbanding terbalik dengan tebal total membran, hal ini sesuai dengan hukum Fick atau Poisseulle.

b. Ikatan hidrogen

Aseton merupakan pelarut yang digunakan dalam pembuatan membran selulosa asetat. Aseton dapat membentuk ikatan hidrogen dengan selulosa asetat sehingga serbuk selulosa asetat akan membentuk sol. Pelarut aseton akan terbebaskan dari membran selulosa asetat setelah proses penguapan pada suhu kamar. Hilangnya aseton dan formamida dari membran selulosa asetat dapat dibuktikan dengan analisis spektrum IR (Gambar 5).



(a)



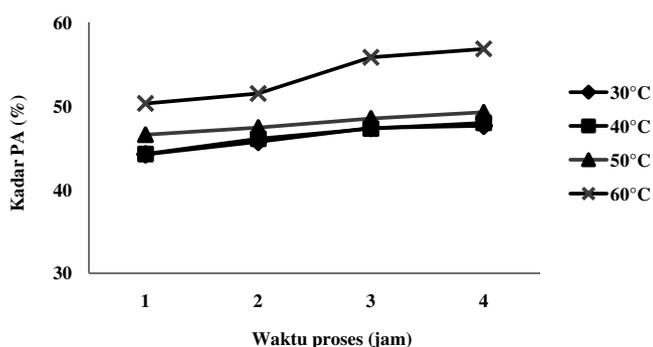
(b)

Gambar 5. Spektrum IR selulosa asetat (a), membran selulosa asetat (b)

Pada Gambar 5 menunjukkan bahwa spektrum yang dihasilkan antara serbuk selulosa asetat dan membran selulosa asetat adalah sama. Dari spektrum IR dapat dilihat tidak adanya puncak gugus -OH yang melebar pada daerah $3400\text{ cm}^{-1} - 2500\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan ciri khas untuk senyawa yang mempunyai ikatan hidrogen. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Marlina (1998). Hal ini menunjukkan bahwa aseton tidak membentuk ikatan hidrogen dengan selulosa asetat pada membran yang dihasilkan, sehingga tidak akan mempengaruhi proses pemisahan.

Kinerja Membran

Kadar patchouli alkohol. Kadar patchouli alkohol umpan sebesar 30,08 %. Kadar patchouli alkohol setelah proses pervaporasi membran selulosa asetat dengan suhu 30, 40, 50, 60 °C, dan waktu pervaporasi 1, 2, 3, 4 jam ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 6. Kadar patchouli alkohol setelah proses pervaporasi membran selulosa asetat pada suhu dan waktu pervaporasi berbeda

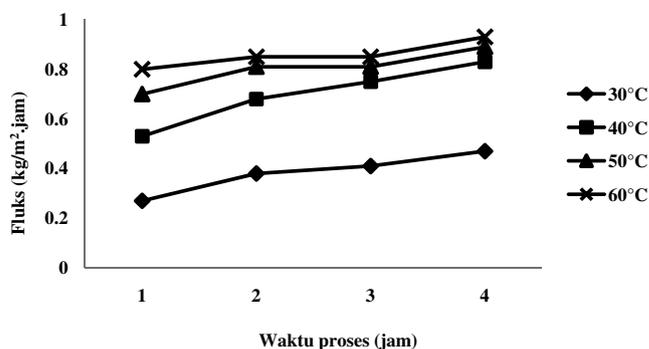
Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa kenaikan suhu pervaporasi akan meningkatkan kadar patchouli alkohol. Makin tinggi suhu peningkatan kadar patchouli alkohol yang dihasilkan makin besar. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa suhu dan waktu pervaporasi berpengaruh sangat nyata terhadap kadar patchouli alkohol. Terdapat interaksi pengaruh suhu dan waktu pervaporasi terhadap kadar patchouli alkohol. Proses membran dengan suhu 60 °C dan waktu pervaporasi 4 jam menghasilkan kadar patchouli alkohol yang terbesar yaitu 56,87 %, tetapi tidak signifikan jika dibandingkan dengan fluks pada suhu 60 °C dengan waktu pervaporasi 3 jam yaitu 55,87 %.

Peningkatan yang dicapai dalam penelitian ini 1,89 kali dari kadar awal patchouli alkohol yaitu 30,08 %. Pervaporasi potensial sudah memenuhi syarat ekspor perdagangan minyak nilam digunakan untuk meningkatkan kadar patchouli alkohol dalam minyak nilam. Pada penelitian ini kadar patchouli alkohol dapat ditingkatkan sehingga dengan demikian sudah

memenuhi syarat ekspor perdagangan minyak nilam yaitu minimal 38 % (minimal 38 %). Kecenderungan peningkatan patchouli alkohol dengan naiknya suhu pervaporasi dapat dimengerti dengan memperhatikan interaksi yang terjadi antara penetran (patchouli alkohol) dan membran (selulosa asetat) pada daerah atas membran yang telah mencapai kesetimbangan antara fasa umpan dengan lapisan membran. Menurut Marlina (1998), selama tahap kesetimbangan antara penetran dan membran terjadi, maka ikatan intermolekul antar penetran pada fasa umpan akan mengalami pelepasan untuk membentuk ikatan antar molekul dengan lapisan membran, kemudian penetran akan berdifusi ke dalam membran, untuk selanjutnya keluar sebagai permeat.

Pada pemisahan patchouli alkohol dan komponen non patchouli alkohol terjadi interaksi antara patchouli alkohol dengan selulosa asetat melalui ikatan kimia. Ikatan yang terjadi akibat interaksi tersebut adalah ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen ini juga dimiliki oleh sesama patchouli alkohol karena mempunyai gugus -OH. Jika ikatan antar penetran ini lebih lemah dari pada ikatan penetran-membran, maka pemutusan ikatan antar penetran lebih mudah terjadi, dan penetran akan lebih mudah berikatan dengan membran dan selanjutnya berdifusi ke dalam membran. Sedangkan komponen non patchouli alkohol tidak mampu berikatan hidrogen dengan sesamanya karena tidak memiliki gugus -OH, karena itu laju difusi patchouli alkohol dalam membran selulosa asetat lebih besar dibandingkan komponen non patchouli alkohol.

Nilai fluks. Fluks dan selektivitas membran pervaporasi sangat ditentukan oleh struktur morfologi membran tersebut dan kondisi operasi pervaporasi. Pada umumnya kenaikan suhu akan menaikkan fluks. Pengaruh suhu dan waktu pervaporasi terhadap nilai fluks dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Nilai fluks setelah pervaporasi membran selulosa asetat pada suhu dan waktu pervaporasi berbeda

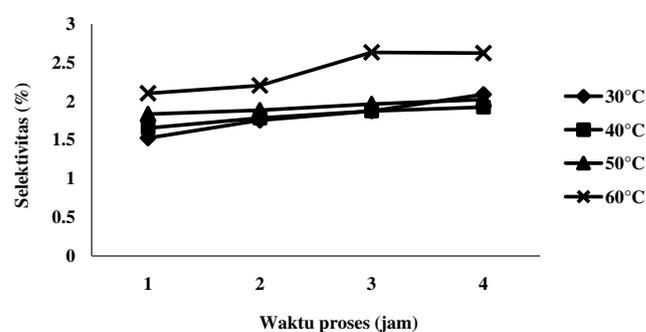
Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa suhu dan waktu pervaporasi berpengaruh sangat nyata terhadap fluks membran. Terdapat interaksi pengaruh suhu dan waktu pervaporasi terhadap fluks. Proses membran dengan suhu operasi 60 °C dan waktu pervaporasi 4 jam menghasilkan fluks tertinggi yaitu 0,163 kg/m².jam, tetapi tidak signifikan jika dibandingkan dengan fluks pada suhu 50 °C dengan waktu pervaporasi 3 jam yaitu 0,159 kg/m².jam.

Pada pengamatan nilai fluks membran diperoleh bahwa nilai fluks meningkat dengan bertambahnya waktu pervaporasi dan suhu. Peningkatan sampai 40 °C menunjukkan peningkatan fluks yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu yang lain. Makin besar suhu, fluks permeat yang dihasilkan makin besar. Kecenderungan di atas dapat dimengerti dengan memperhatikan interaksi yang terjadi antara penetrasi dan membran pada daerah atas membran yang telah mencapai kesetimbangan antara fasa umpan dengan lapisan membran.

Menurut Marlina (1998), peningkatan fluks membran seiring dengan kenaikan suhu juga dapat disebabkan karena adanya peningkatan energi kinetik molekul seiring dengan kenaikan suhu umpan. Makin tinggi energi kinetik molekul, makin mudah pula molekul tersebut melalui membran sehingga nilai fluks meningkat.

Pada membran *dense* yang terbuat dari material polimer, permeat mampu melewati membran dengan mekanisme *solution-diffusion*. Mekanisme *solution* digambarkan sebagai teradsorpsinya penetrasi melewati permukaan membran menuju struktur dalam membran. Mekanisme ini ditentukan oleh afinitas dari masing-masing komponen campuran terhadap material membran itu sendiri. *Diffusion* merupakan mekanisme Bergeraknya penetrasi secara molekuler di dalam membran yang ditentukan oleh konsentrasi sebagai *driving force*.

Selektivitas membran. Nilai selektivitas membran setelah proses pervaporasi membran selulosa asetat dengan perlakuan berbagai suhu dan waktu pervaporasi ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa suhu dan waktu pervaporasi berpengaruh signifikan terhadap nilai selektivitas membran. Terdapat interaksi pengaruh kecepatan dan waktu sentrifugasi terhadap nilai selektivitas. Peningkatan suhu menyebabkan selektivitas lebih tinggi. Hal ini seiring dengan peningkatan kadar patchouli alkohol. Peningkatan suhu dari 30 °C sampai 40 °C menghasilkan peningkatan nilai selektivitas yang lebih tinggi dibandingkan suhu yang lain. Peningkatan waktu pervaporasi sampai 3 jam menunjukkan nilai selektivitas yang meningkat, namun pada waktu 4 jam peningkatan selektivitas sudah mulai menurun.



Gambar 8. Nilai selektivitas setelah proses pervaporasi membran selulosa asetat pada suhu dan waktu pervaporasi berbeda

Peningkatan selektivitas seiring dengan peningkatan kadar patchouli alkohol. Makin meningkat selektivitas maka makin meningkat persentase penolakan terhadap senyawa non patchouli alkohol sampai mencapai keseimbangan. Kecenderungan ini dapat disebabkan karena terjadinya interaksi antara penetrasi dan membran pada daerah atas membran yang telah mencapai keseimbangan.

Selain hubungan dengan suhu, dapat dikemukakan pula bahwa selektivitas juga berbanding terbalik dengan fluks. Hal ini dapat dijelaskan dengan fenomena kenaikan energi kinetik molekul akibat kenaikan suhu. Peningkatan suhu menyebabkan energi kinetik molekul patchouli alkohol maupun non patchouli alkohol meningkat sehingga mempermudah difusi dari molekul-molekul tersebut. Akibatnya jumlah molekul yang melewati membran makin banyak, jika itu terjadi selektivitasnya akan berkurang karena molekul non patchouli alkohol pun menjadi lebih mudah berdifusi melalui membran.

KESIMPULAN

Peningkatan kadar patchouli alkohol dalam minyak nilam pada penelitian ini sudah mampu memenuhi syarat standar ekspor perdagangan internasional untuk minyak nilam. Penggunaan membran selulosa asetat merupakan satu metoda alternatif dan layak digunakan untuk peningkatan kadar patchouli alkohol dalam minyak nilam. Suhu dan waktu pervaporasi berpengaruh signifikan terhadap nilai fluks dan selektivitas membran. Dalam penelitian ini kadar patchouli alkohol dalam minyak nilam dapat meningkat sebesar 1,89 kali dari kadar patchouli alkohol awal yaitu dari 30,08 % menjadi 56,87 % setelah proses pervaporasi. Nilai fluks tertinggi diperoleh sebesar 0,163 kg/m².jam dan selektivitas 2,77.

DAFTAR PUSTAKA

- Donelian, A., Carlson, L.H.C., Lopes, T.J. dan Machado, R.A.F. (2009). Comparison of extraction of patchouli (*Pogostemon cablin*) essential oil with supercritical CO₂ and by steam distillation. *J. Supercritical Fluids* **2**: 15-20.
- Essential Oil Association of USA. (1975). *EOA Specifications and Standard*. EOA, New York.
- Figoli, A., Donato, L., Carnevale, R., Tundis, R., Statti, G.A., Menichini, F. dan Drioli, E. (2006). Bergamot essential oil extraction by pervaporation. *Desalination* **193**: 160-165.
- Hidayat, Y., (2006). *Pengaruh Volume Bahan Baku pada Destilasi Uap Minyak Atsiri dari Nilam*. Tesis UGM, Yogyakarta.
- Kalyani, S., Biduru, S., Sundergopal dan Abburi, K. (2008). Pervaporation separation of ethanol-water mixtures through sodium alginate membranes. *Desalination* **229**: 68-81.
- Katarzynski, D. dan Staudt-Bickel, S. (2006). Separation of multi component aromatic/ aliphatic mixtures by pervaporation with copolyimide membranes. *J. Desalination* **189**: 81-86.
- Kiso, Y., Sugiura, Y., Kitao, T. dan Nishimura, K. (2001). Effects of hydrophobicity and molecular size on rejection of aromatic pesticides with nanofiltration membranes. *J. Membrane Science* **192**: 1-10.
- Marlina (1998). *Pembuatan Membran Rapat Selulosa Asetat dan Aplikasinya pada Pemisahan MTBE dan Etanol Melalui Pervaporasi*. Tesis ITB, Bandung.
- Nuryanto (2005). *Optimasi Proses Penyulingan Nilam Menggunakan Variasi Jumlah Lubang Angsang pada Model Penyulingan dengan Uap*. Tesis UGM, Yogyakarta.
- Permata, A. A. (2008). *Aplikasi Membran Selulosa Asetat/ Zeolit untuk Pemisahan Campuran Alkohol-Air*. Skripsi ITB, Bandung.
- Prakoso, W. (2004). *Pengaruh Daerah Asal Bahan Baku Terhadap Rendemen dan Kadar Patchouli Alkohol pada Penyulingan Minyak Nilam*. Tesis UGM, Yogyakarta.
- Raisi, A., Abdolreza, A. dan Tahereh, K. (2008). Multicomponent pervaporation process for volatile aroma compounds recovery from pomegranate juice. *Journal of Membrane Science* **328**: 22-30.
- Soerijan, L. (1966). *Preparation and Performance of High-Flux Cellulose Acetate Desalination Membranes*. The MIT Press, England.
- Standar Nasional Indonesia. (2006). *Standar Minyak Nilam*. No. 06-2385-2006. Jakarta.
- Steel, R.G.D. dan Torrie, J.H. (1980). *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw Hill, New York.
- Suadi (2005). *Lama Pelayuan Bahan dan Pengaruhnya Terhadap Kadar Air, Rendemen dan Kadar Patchouli Alkohol Daun Nilam*. Tesis UGM, Yogyakarta.
- Yunus (2006). *Pengaruh Jenis Kondensor Destilasi Uap Terhadap Rendemen Minyak Nilam*. Tesis UGM, Yogyakarta.
- Yuliani, A., Pudji, H., Hardjono, S. dan Chusnul, H. (2008). Komposisi kimia dan sifat antibakteri minyak nilam (*Pogostemon cablin* Benth). *Majalah Farmasi Indonesia* **19** (3): 151-156.
- Yuliani, A., Pudji, H., Hardjono, S. dan Chusnul, H. (2010). Peningkatan kadar patchouli alkohol minyak nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dengan menggunakan membran selulosa asetat. *Agritech* **30**(3): 184-191.