

PROSES PEMEKATAN JUS JERUK SIAM (*Citrus nobilis* L. var *microcarpa*) DENGAN REVERSE OSMOSIS

Erliza Noor¹, Adetiya Rachman², Setyadjit³, dan Dondy A Setyabudi³

¹Dept. Teknologi Industri Pertanian IPB,

²Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa-Barat

³Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian

Jl. Tentara Pelajar No. 12 A. Email: bb_pascapanen@litbang.deptan.go.id.

Jus jeruk hasil pemekatan dengan mikrofiltrasi masih mengandung total padatan terlarut yang rendah yaitu 6,8 °Brix. Tingkat kepekatan jus ini masih perlu ditingkatkan untuk mendapatkan konsentrat jus dengan cara mengurangi kandungan air dalam jus. Pada penelitian ini proses pemekatan dilakukan menggunakan reverse osmosis bertekanan rendah (*Low Pressure Reverse Osmosis*, LPRO) berbentuk lilitan spiral (*spiral wound*) berbahan poliamida dan luas permukaan 0,59 m². Tingkat pemekatan, kualitas jus, dan fluksi diamati pada berbagai variasi laju alir umpan (0,01; 0,015; 0,02; dan 0,03 m/det) dan tekanan trans-membran (TMP) 4, 6, dan 8 Bar. Pada laju alir umpan dan tekanan trans-membran masing-masing 0,03 m/det dan 8 Bar diperoleh tingkat pemekatan tertinggi mencapai 76% menghasilkan konsentrat jus sebesar 11,8 °Brix, dan fluksi 0,73 l m⁻² jam⁻¹. Tingkat pemekatan dengan LPRO ini cukup baik sebagai tahap awal proses pemekatan dengan *reverse osmosis* (RO).

Kata kunci: reverse osmosis, pemekatan jus jeruk, konsentrat

ABSTRACT. Erliza Noor, Adetiya Rachman, Setyadjit, and Dondy A Setyabudi. 2009. Concentration of citrus Siam (*Citrus nobilis*) juice by reverse osmosis. Concentration of citrus juice with microfiltration still contains total soluble solids that is 6.8 °Brix. Level concentration of this juice still require to be improved to get juice concentrate by lessening water content in juice. In this research, concentration process used low pressure reverse osmosis (LPRO) in form of circumference of spiral (spiral of wound) polyamide material and surface 0.59 m². Level of concentration, juice quality, and flux perceived at variation rate of flow (0.01, 0.015, 0.02, and 0.03 m/sec) and pressure of trans-membrane (TMP) 4, 6, and 8 Bar. At rate of flow and pressure of trans-membrane 0.03 m/sec and 8 Bar respectively, it was obtained a high level concentration 76% of equal to 11.8 °Brix, and flux 0.73 l h⁻¹ m⁻². This level of concentration with LPRO is adequate as early stage of concentration process of reverse osmosis (RO).

Keywords: reverse osmosis, citrus juice concentration, concentrate

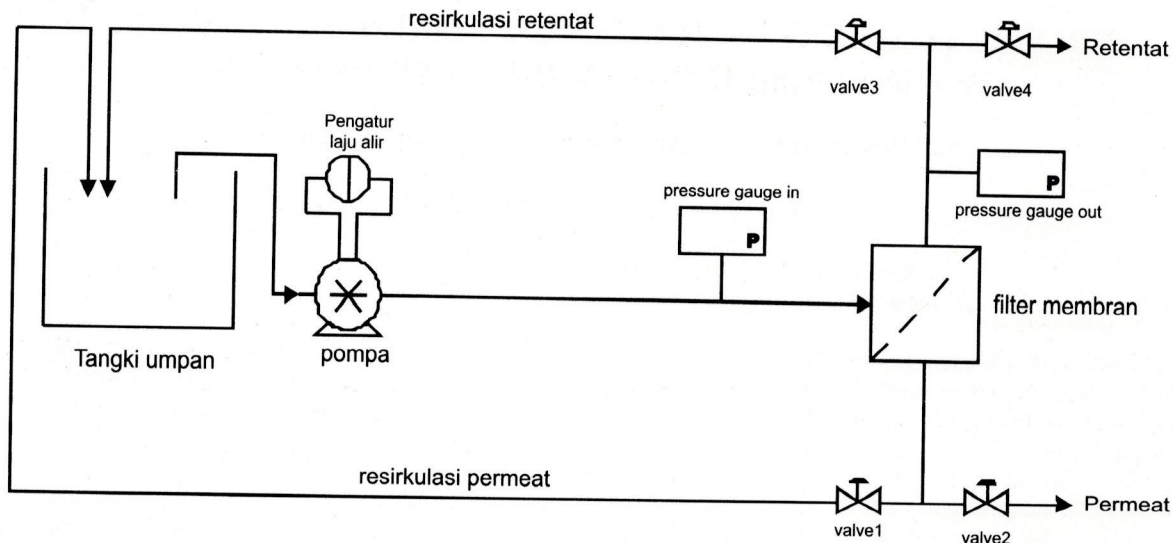
PENDAHULUAN

Jeruk merupakan salah satu komoditas unggulan di Indonesia dan menempati peringkat 2 produksi buah terbesar setelah pisang. Produksi buah jeruk Indonesia pada tahun 2007 mencapai 2,6 juta ton (BPS, 2008). Jenis jeruk yang ditanam di Indonesia sekitar 70-80% adalah jenis jeruk Siam. Produksi jeruk Indonesia menempati urutan ke-13 negara penghasil utama jeruk di dunia setelah Vietnam (Ditjen Tanaman Pangan, 2005).

Produksi jeruk Indonesia berbanding terbalik dengan konsumsi dan produk olahan jeruk yang beredar di dalam negeri. Jumlah impor jus jeruk dan konsentrat mencapai 2,2 ton dengan nilai mencapai 19,2 milyar rupiah (BPS, 2001). Pengembangan teknologi pengolahan jeruk menjadi jus, konsentrat, dan lain-lain sangat diperlukan untuk mengoptimalkan potensi produksi jeruk di Indonesia, terutama ketika terjadi kelebihan produksi yang tidak mampu diserap pasar (*over production*), maupun untuk memberikan nilai tambah jeruk *off grade* ukuran di segmen pasar jeruk segar (Anonymous, 2005).

Salah satu produk olahan jeruk yang memiliki peluang cukup baik untuk dikembangkan adalah konsentrat jus jeruk. Teknik yang umum dilakukan pada proses pemekatan jus adalah proses evaporasi. Kelemahan dari proses evaporasi yaitu penggunaan suhu yang tinggi dapat menurunkan kandungan gizi dan aroma konsentrat sari jeruk (Rao, 1995). Alternatif teknik yang dapat digunakan dalam proses pemekatan jus jeruk untuk menghindari hal tersebut adalah dengan penerapan aplikasi membran *Reverse Osmosis* (RO).

Proses RO bekerja pada temperatur operasi yang rendah sehingga membutuhkan konsumsi energi yang rendah, instalasi yang kompak dan pengoperasian yang mudah (Koseoglu *et al.*, 1990; Alvarez *et al.*, 2000; Girard dan Fukumoto, 2000). Kelebihan utama dari pemekatan RO adalah menghasilkan produk berkualitas tinggi dimana nutrisi, aroma dan komponen flavor bahan yang diolah dapat dipertahankan. Kekurangan dari proses ini adalah tingkat pemekatannya lebih rendah (kurang dari 36 °Brix) dibandingkan industri jus konvensional (evaporasi) yang mampu meningkatkan kepekatan hingga 65 °Brix. RO dalam hal ini harus dilihat sebagai proses awal, tetapi tetap



Gambar 1. Skema proses Reverse Osmosis jus jeruk Siam

Figure 1. Schematic process of Reverse Osmosis of Siam citrus juice

menghemat energi dan mengurangi penurunan mutu akibat proses. Tekanan osmotik yang digunakan berhubungan dengan tingkat kepekatan jus untuk mengatasi tekanan osmosis larutan jus agar proses dapat berlangsung. Berbagai penelitian telah dilakukan dengan menggunakan tekanan operasi (20–60 Bar) untuk pemekatan jus jeruk. Larutan jus umpan umumnya berkisar antara 8,2–11 °Brix, dan tingkat pemekatan yang diperoleh mencapai 63–340% menghasilkan konsentrat jus jeruk dengan total padatan terlarut sebesar 16–36 °Brix (Silva *et al.*, 1998; Cassano *et al.*, 2003; Jesus *et al.*, 2007). Umpan larutan jus yang tinggi ini memerlukan penggunaan tekanan RO diatas 20 Bar. Kinerja LPRO (kurang dari 10 Bar) untuk pemekatan jus jeruk belum pernah dilakukan, padahal efisiensinya cukup tinggi karena tidak memerlukan pompa berkapasitas tekanan yang tinggi, serta peralatan yang sederhana. Penelitian ini memperkenalkan LPRO dengan berbagai kondisi operasi (tekanan trans-membran dan laju alir umpan) untuk mendapatkan tingkat pemekatan jus optimum.

BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan Alat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium lingkup Departemen Teknologi Industri Pertanian IPB dan Laboratorium Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian pada April-Agustus 2008. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian adalah jus jeruk dari buah jeruk Siam Pontianak. Buah jeruk Siam Pontianak diperoleh dari pasar Bogor dengan waktu pengiriman kurang lebih satu malam (keterangan pedagang pasar). Jus jeruk hasil mikrofiltrasi ukuran pori 0,1 µm dengan konsentrasi umpan sebesar 6,5–8 °Brix.

Peralatan yang digunakan yaitu modul Mikrofiltrasi berbentuk *hollow fibre* dengan membran *polypropylene* (PP) berukuran pori 0,1 µm. Modul Reverse Osmosis (RO) berbentuk spiral berputar (*spiral wound*) menggunakan membran Poliamida (PA) yang mempunyai luas permukaan 0,59 m². Aliran umpan dengan moda umpan silang (*cross flow filtration*). Peralatan pengujian produk terdiri dari alat-alat gelas, refraktometer ABBE, neraca, spektrofotometer UV (tipe U2010, Hitachi), pH meter. Skema alat RO dapat dilihat pada Gambar 1.

B. Metode

1. Persiapan bahan baku

Tahapan persiapan bahan baku meliputi sortasi, pencucian, pengupasan kulit, dan pembuatan jus jeruk. Jeruk diekstrak menggunakan mesin *pulper*. Ampas dan biji hasil ekstraksi dibuang, sedangkan jus jeruk ditampung untuk proses penyaringan awal. Penyaringan dilakukan beberapa tahap, mula-mula dilakukan penyaringan menggunakan saringan berukuran 40 mesh, selanjutnya berturut-turut 65, 150, dan 200 mesh untuk menghilangkan partikel berukuran besar. Jus jeruk kemudian dipasteurisasikan pada suhu 70 °C selama 10 menit sebelum disaring pada mikrofiltrasi.

2. Mikrofiltrasi

Mikrofiltrasi jus jeruk bertujuan untuk menghilangkan rasa pahit yang disebabkan senyawa limonin dan naringin. Jus jeruk hasil persiapan bahan baku diumpankan ke membran mikrofiltrasi dengan kondisi operasi terbaik yang diperoleh pada penelitian sebelumnya (Aghitsni, 2008) yaitu tekanan trans-membran (TMP) 1,74 Bar dan laju alir 0,08 m det⁻¹.

3. Reverse Osmosis

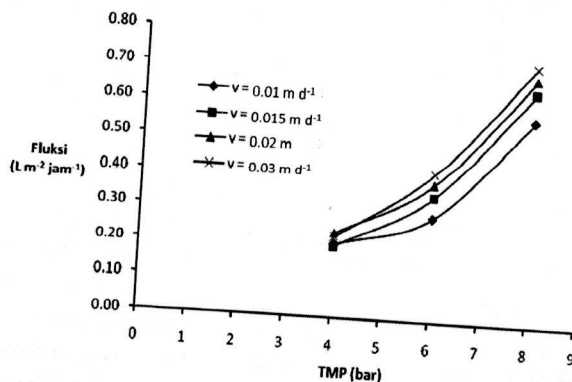
Penelitian dilakukan dengan menggunakan 4 laju alir umpan (0,01; 0,015; 0,02, dan 0,03 m det⁻¹) dan 3 tekanan trans-membran (TMP) 4, 6, dan 8 Bar. Pada tahap awal proses filtrasi, keluaran dari membran (retentat dan permeat) didaur-ulang (*recycling*) sampai diperoleh kondisi yang konstan (*steady state*). Penentuan waktu tunak (*steady state*) dilakukan dengan mengukur fluksi jus jeruk selama waktu tertentu menggunakan laju alir dan TMP yang konstan ($v = 0,03 \text{ m det}^{-1}$, $\text{TMP} = 8 \text{ Bar}$) dengan resirkulasi permeat dan retentat ke larutan umpan. Fluksi menunjukkan nilai konstan mulai menit ke-15 hingga menit ke-20. Waktu setelah 20 menit ini selanjutnya digunakan untuk pengambilan sampel, pengukuran fluksi dan analisis.

Pengukuran fluksi untuk berbagai parameter serta pengambilan contoh dilakukan setelah dicapai waktu tunak tersebut. Waktu tunak diperoleh pada saat tercapai fluksi yang konstan. Penentuan kondisi TMP dan laju alir terbaik dilihat dari hasil fluksi dan rejeksi tertinggi. Selanjutnya kondisi terbaik ini digunakan pada proses pengentalan yang dilakukan dengan meresirkulasi hanya aliran retentat, dan dilakukan pengukuran fluksi secara periodik selama proses pengentalan. Tingkat pemekatan akhir diukur pada saat nilai fluksi yang telah konstan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh TMP dan Laju Alir terhadap Fluksi

Pada TMP sebesar 4, 6 dan 8 Bar dan variasi laju alir 0,01; 0,015; 0,02; dan 0,03 m det⁻¹ menunjukkan peningkatan fluksi pada TMP yang semakin besar (Gambar 2) dan juga dengan pertambahan laju alir (Gambar 3). Kenaikan fluksi terhadap peningkatan TMP ini akibat semakin besarnya gaya dorong (*driving force*) pada proses pemisahan. Pada selang TMP yang digunakan terlihat bahwa fluksi sangat dipengaruhi oleh TMP (*dependent*), hal ini menunjukkan



Gambar 2. Pengaruh TMP terhadap fluksi jus jeruk pada variasi laju alir umpan

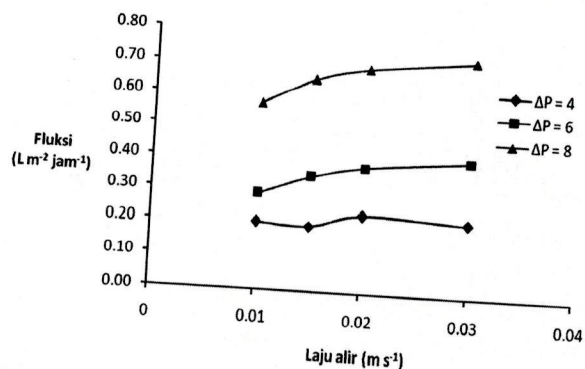
Figure 2. Influence of TMP to citrus juice flux on variation of flow rate

bahwa perpindahan massa pada selang yang digunakan masih berbanding lurus dengan tekanan. Pada tekanan tertinggi yang dapat dicapai pada sistem ini (TMP 8 Bar) belum dicapai kondisi dimana fluksi tidak dipengaruhi lagi oleh tekanan (*independent*), hal yang umumnya terjadi apabila terbentuk akumulasi massa pada permukaan membran. TMP maksimum dari sistem yang digunakan adalah 8 Bar, tergolong relatif rendah dibandingkan proses yang digunakan pada pemekatan jus jeruk yaitu hingga 60 Bar (Jesus *et al.*, 2007; Gomes *et al.*, 2005; Galaverna *et al.*, 2008) bahkan hingga 70 Bar untuk jus apel (Alvarez *et al.*, 2002). Semakin besar TMP yang digunakan semakin besar energi yang dibutuhkan. Penggunaan TMP yang rendah pada penelitian ini dapat dikategorikan sebagai proses awal untuk rangkaian tahapan pemekatan jus jeruk.

Kenaikan laju alir pada TMP yang tetap juga akan meningkatkan fluksi dalam orde yang lebih kecil dibanding kenaikan TMP (Gambar 3). Untuk TMP 8 Bar maka laju alir maksimum yang dapat dicapai pada sistem adalah 0,03 m det⁻¹. Pola kenaikan fluksi terhadap laju alir ini tipikal pada proses filtrasi. Pengaruh laju alir terhadap kinerja filtrasi jus buah-buahan dengan RO belum banyak dipublikasikan. Alvarez *et al.* (1997) menggunakan filtrasi RO untuk pemekatan jus apel mendapatkan pola peningkatan fluksi terhadap laju alir dengan pola yang sama. Kondisi operasi terbaik yang menghasilkan fluksi tertinggi untuk sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah TMP 8 Bar dan laju alir 0,03 m det⁻¹ dengan nilai fluksi sebesar 0,73 $\text{lm}^{-2} \text{jam}^{-1}$.

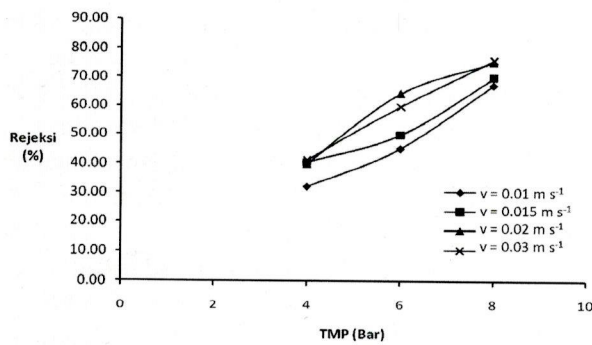
B. Pengaruh TMP dan Laju Alir terhadap Rejeksi

Pengaruh TMP terhadap rejeksi total gula (Gambar 4) menunjukkan kenaikan rejeksi total gula dengan peningkatan TMP. Peningkatan rejeksi gula dengan meningkatnya TMP terjadi karena perpindahan pelarut dalam hal ini air meningkat dengan peningkatan TMP. Peningkatan TMP lebih mempengaruhi perpindahan



Gambar 3. Pengaruh laju alir umpan terhadap fluksi jus jeruk pada variasi TMP

Figure 3. Influence of flow rate to citrus juice flux at variation of TMP

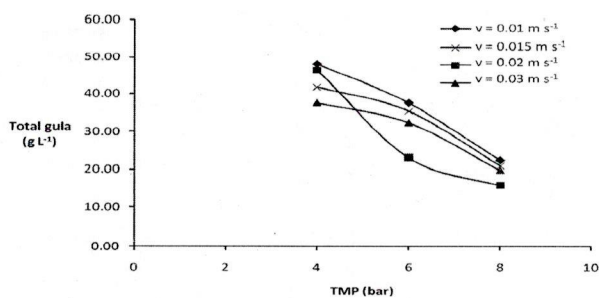


Gambar 4. Pengaruh TMP terhadap rejeksi total gula dikonsentrat jus jeruk pada variasi laju alir umpan jus jeruk
Figure 4. Influence of TMP to total sugar rejection sugar in citrus juice concentrate variation at flow rate citrus juice

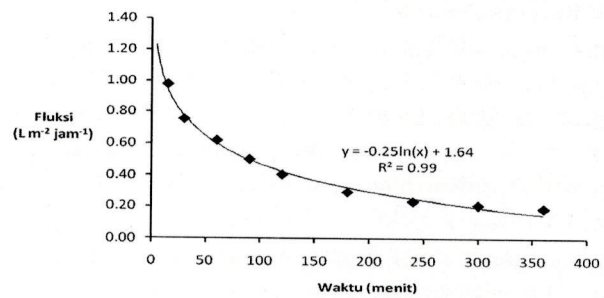
pelarut dibandingkan dengan perpindahan solut. Alvarez *et al.* (2002) menyatakan peningkatan kondisi operasi TMP akan meningkatkan rasio fluksi pelarut dan solut (N_B/N_A). Rejeksi gula tertinggi sebesar 76% diperoleh pada TMP 8 Bar dengan laju alir 0,03 m det⁻¹, sedangkan rejeksi terendah dengan nilai 32% didapat dari penerapan TMP 4 Bar pada laju alir 0,01 m det⁻¹.

Peningkatan perpindahan massa pelarut dibandingkan solut menyebabkan kandungan air lebih besar atau penurunan kandungan solut (dalam hal ini gula) pada aliran permeat. Hal ini dapat dilihat dari penurunan konsentrasi total gula permeat pada TMP dan laju alir tertinggi (Gambar 5). Fluksi yang lebih besar pada kondisi ini membawa sebagian besar air sehingga kandungan gula di retentat semakin besar seperti yang ditunjukkan oleh tingkat rejeksi total gula yang tinggi.

Penurunan konsentrasi total gula pada permeat dengan peningkatan TMP juga seiring dengan penurunan total padatan terlarut (TPT) pada permeat. TPT permeat hasil filtrasi RO berkisar antara 1,9 hingga 3,6 °Brix. Penurunan TPT pada filtrasi jus jeruk dengan RO juga didapat oleh Silva *et al.* (1998) dan Jesus *et al.* (2007). Pada TMP 20–60 Bar dan dengan bahan membran



Gambar 5. Pengaruh TMP terhadap konsentrasi total gula di permeat
Figure 5. Influence of TMP to total sugar concentration in permeate



Gambar 6. Fluksi selama pemekatan jus jeruk dengan resirkulasi hanya retentat menggunakan RO pada TMP 8 Bar dan laju alir umpan 0,03 m det⁻¹

Figure 6. Flux value during concentration of citrus juice with resirculation only on retentate by using RO at TMP 8 Bar and rate of flow 0.03 m sec⁻¹

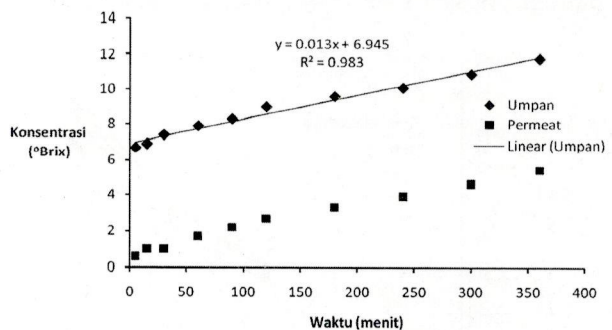
polisulfon (PS) diperoleh TPT sebesar 0,3–3,3 °Brix (Silva *et al.*, 1998), sedangkan dengan membran Polipropilen (PP) diperoleh TPT sebesar 0,28–1,37 °Brix (Jesus *et al.*, 2007).

Fluksi dan rejeksi yang tinggi menjadi indikator keberhasilan proses pemekatan jus. Untuk sistem membran pada penelitian ini, penggunaan TMP 8 Bar dan laju alir 0,03 m det⁻¹ merupakan kondisi terbaik untuk menahan gula pada jus hingga 76%.

C. Tingkat Pemekatan Jus Jeruk

Untuk mendapatkan tingkat pemekatan maksimum pada penelitian ini, dilakukan pemisahan dengan meresirkulasi larutan retentat saja, sedangkan aliran permeat dikeluarkan dari sistem. Proses pemekatan ini dilakukan selama 6 jam menggunakan kondisi terbaik (TMP 8 Bar dan laju alir 0,03 m det⁻¹) hasil penelitian diatas. Konsentrasi umpan awal jus jeruk yang digunakan sebesar 6,7 °Brix.

Fluksi menunjukkan penurunan selama proses filtrasi dengan pola parabola. Penurunan fluksi mulai tidak signifikan setelah 300 menit proses pemekatan. Hal ini



Gambar 8. Pengaruh konsentrasi umpan jus jeruk siam terhadap fluksi selama pemekatan jus dengan resirkulasi hanya larutan retentat pada proses RO

Figure 8. Influence of level of soluble solids flux of Siam citrus juice during concentration of juice with re-circulation only on condensation of retentate at process of RO

menunjukkan proses pemekatan sudah tidak efektif. Proses pemekatan berhenti ketika tidak ada lagi air yang dapat dipisahkan atau ketika nilai fluksi sama dengan nol. Waktu hingga terhentinya filtrasi diprediksi dari persamaan hubungan fluksi terhadap waktu (Gambar 6). Persamaan garis menunjukkan hubungan logaritma fluksi terhadap waktu dengan R^2 yang baik yaitu sebesar 99%. Konsentrasi konsentrat jus yang didapat setelah 6 jam pemekatan sebesar 11,8 °Brix atau diperoleh tingkat pemekatan sebesar 76%.

Penurunan fluksi pada pemekatan jus jeruk dipengaruhi oleh peningkatan konsentrasi umpan selama proses pemekatan (Gambar 7). Semakin lama waktu pemekatan jus jeruk, konsentrasi umpan menjadi meningkat yang diikuti dengan peningkatan total gula. Peningkatan konsentrasi umpan mendekati pola linier, meskipun konsentrasi permeat total gula lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi umpannya. Kenyataan ini mengisyaratkan bahwa terjadi peningkatan tekanan yang berpengaruh terhadap terjadinya penurunan fluksi pada proses pemekatan jus jeruk. Peningkatan konsentrasi umpan menyebabkan peningkatan tekanan osmosis yang berpengaruh terhadap terjadinya penurunan fluksi. Pengaruh peningkatan konsentrasi umpan terhadap fluksi ini menyebabkan terjadinya peningkatan total gula dan penurunan fluksi dengan pola mendekati parabola (Gambar 8).

Tingkat pemekatan untuk waktu yang lebih lama dapat diprediksi dengan persamaan garis pada Gambar 6. Konsentrasi konsentrat yang didapat ketika fluksi mendekati nilai nol atau setelah pemekatan berlangsung 11,77 jam berdasarkan persamaan tersebut yaitu sebesar 16,1 °Brix, sehingga tingkat pemekatan maksimal yang dapat dicapai 141%. Tingkat pemekatan ini cukup baik untuk pemekatan dengan TMP relatif rendah jika dibandingkan dengan tingkat pemekatan RO umumnya yang menggunakan tekanan diatas 20 Bar yaitu sebesar 63–340% (Jesus *et al.*, 2007; Silva *et al.*, 1998; Alvarez *et al.*, 1997). Penggunaan membran RO dengan tekanan rendah dalam penelitian ini dapat dipertimbangkan sebagai proses pra-pemekatan jus jeruk dari rangkaian pemekatan jus jeruk menggunakan RO pada tekanan yang lebih tinggi. Proses pra-pemekatan ini diharapkan dapat berdampak pada penurunan penggunaan energi proses pemisahan dengan RO.

KESIMPULAN

1. Penggunaan tekanan trans-membran (TMP) 8 Bar, laju alir umpan 0,03 m det⁻¹ pada modul *reverse osmosis* (RO) berbentuk spiral berputar dengan membran poliamida dapat memekatkan larutan jus jeruk Siam 11,8 °Brix, atau 76% selama 6 jam operasi.
2. Proses *low pressure reverse osmosis* (LPRO) menggunakan tekanan trans-membran (TMP) cukup efektif memekatkan jus jeruk.
3. Awal pemekatan jus jeruk direkomendasikan menggunakan proses LPRO untuk peningkatan derajat Brix yang mampu mengurangi penggunaan energi pada proses pemisahan *reverse osmosis* (RO).

DAFTAR PUSTAKA

- Aghistni, F. 2008. Model perpindahan massa pada mikrofiltrasi untuk penghilangan limonin dan naringin dari jus jeruk siam (*Citrus nobilis L. var microcarpa*) [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Anonymous. 2005. Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Jeruk. Direktorat Jenderal Hortikultura, Departemen Pertanian. Jakarta
- Alvarez, S., F. A. Riera, R. Alvarez, and J. Coca. 2002. Concentration of apple juice by Reverse Osmosis at laboratory and pilot-plant scales. *Ind. Eng. Chem. Res.* 41 (24): 6156 - 6164.
- Alvarez, S., F. A. Riera, R. Alvarez, J. Coca, F. P. Cuperus, S. T. Bouwer, G. Boswinkel, R. W. van Gemert, J. W. Veldsink, L. Giorno, L. Donato, S. Todisco, E. Drioli, J. Olsson, G. Tragardh, S. N. Gaeta, and L. Panyor. 2000. A new integrated membrane process for producing clarified apple juice and apple juice aroma concentrate. *J. Food Eng.* 46: 109-125.
- Alvarez, V., S. Alvarez, F. A. Riera, dan R. Alvarez. 1997. Permeate flux prediction in apple juice concentration by reverse osmosis. *J. Memb. Sci.* 127: 25-34.
- Aoyagi, A. and W. Shurtleff. 1979. Book of Tofu. New-Age Foods Study Center, USA.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2008. Horticulture Statistic 2002-2007. [terhubung berkala]. www.bps.go.id. [23 Nov 2008].
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2001. Statistik Impor Tahun 2000. Jakarta: BPS.
- Cassano, A., E., Drioli, G., Galaverna, R., Marchelli, G., Di Silvestro, and P., Cagnasso. 2003. Clarification and concentration of citrus and carrot juices by integrated membrane processes. *J. Food Eng.* 57: 153-163
- Galaverna, G., G. Silvestro, S. S., Cassano, A., Dossena, E., Drioli, and R., Marchelli. 2008. A new integrated membrane process for the production of concentrated blood orange juice: Effect on bioactive compounds and antioxidant activity. *J. Food Chem.* 106: 1021-1030.

- Girard, B., and L. R., Fukumoto. 2000. Membrane processing of fruit juice and beverages: a review. *Critical Reviews on Food Science and Nutrition*, 40(2): 91–157.
- Gomes, E. R. S., E. S., Mendes, N. C., Pereira, and S. T. D., Barros. 2005. Evaluation of the acerola juice concentrated by reverse osmosis. *Brazilian Arc. Biol. Technol.* 48: 175-183.
- Jesus, D. F., M. F., Leite, L. F. M., Silva, R. D., Modesta, V. M., Matta, dan L. M. C., Cabral. 2007. Orange (*Citrus sinensis*) juice concentration by reverse osmosis. *J. Food Eng.* 81: 287–291.
- Koseoglu, S. S., J. T., Lawhon, and E. W., Lusas. (1990). Use of membranes in citrus juice processing. *Food Technol.* 44(12): 90–97.
- Rao, M. A., 1995. Rheological Properties of Fluid Foods. *Di dalam* M. A., Rao dan S. S., Rizvi (Eds.). *Engineering Properties of Foods*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Silva, F. T., J. G., Jardine, dan V. M., Matta. 1998. Orange Juice Concentration (*Citrus Sinensis*) By Reverse Osmosis. *Ciênc. Techno.Aliment.* 18Jan/Apr:1.[terhubungberkala] www.scielo.br/scielo.php/3fscript/3dsci_arttext/26pid/3ds0101-20611998000100021 [24 Juni 2007].