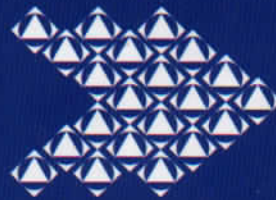
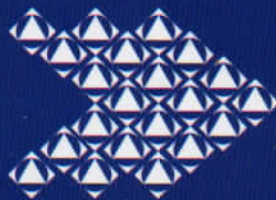
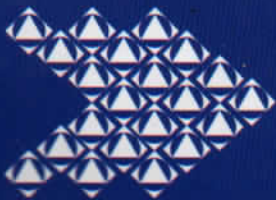


No.3 Vol.13, Juli - Sept 2009



rekayasa

Jurnal Teknologi
Institut Teknologi Nasional - Bandung





No.3 Vol.13, Juli - Sept 2009

jurnal
itenas

SUSUNAN PENGELOLA JURNAL ITENAS REKAYASA

Penerbit:

Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat
Institut Teknologi Nasional

Penasehat:

Rektor Itenas

Penanggung Jawab:

Ketua Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat

Pemimpin Redaksi:

Dr. Ing. Mohammad Alexin Putra

Editor Pelaksana:

Widji Indahing Tyas, Ir., MT.

Dwi Kurniawan, S.T., M.T.

Siti Saodah, S.T., M.T.

Salafudin, S.T., M.T.

Liman Hartawan, S.T., M.T.

Rr. Rosa Karnita, Dra., M.Sn

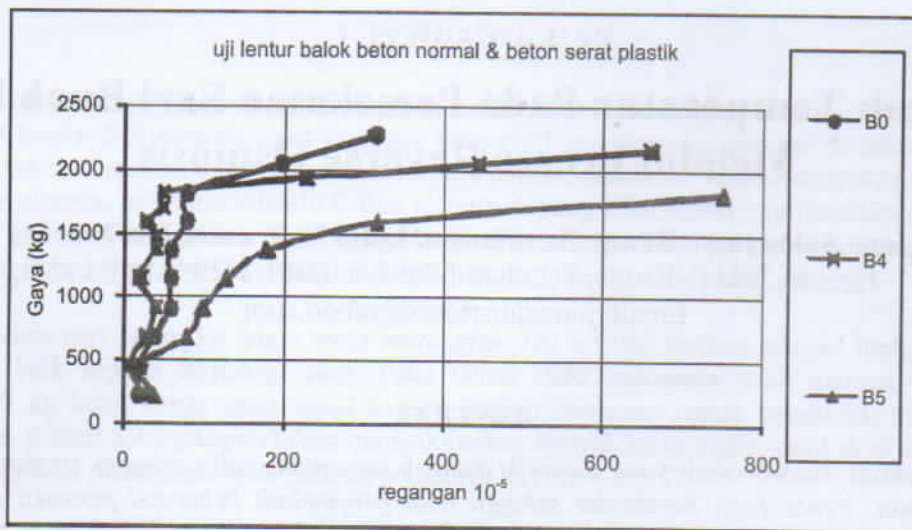
Jurnal Itenas Rekayasa (Jurnal Teknologi Institut Teknologi Nasional) diterbitkan 4 kali dalam satu tahun. Berisi tulisan yang diangkat dari hasil penelitian dan kajian analisis di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi.

Alamat redaksi dan tata usaha:

Lembaga Penelitian dan Pengembangan Institut Teknologi Nasional
Fakultas, Gedung 14 Lantai 3
Jl. PHH. Mustapa 23 Bandung 40124
Telp. 7272215 Pes.158 Fax. 7202892 e-mail: lpp@itenas.ac.id



itenas
Institut Teknologi Nasional



Gambar 3. Kurva analisis uji kuat lentur balok beton normal dan beton plastik terhadap regangan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BSN. *SNI 03-2834-2000 – Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal.*
- [2] ISO, (2009). *Product Data Sheet BarChip60, ISO 9001. Elasto Plastic Concrete.*
- [3] ISO, (2009). *Technical Procedure Batching and Mixing, Product : BARCHIP Structural Synthetic Fibre, ISO 9001. Elasto Plastic Concrete.*
- [4] ASTM. *Designation C 1550 – 04, Standard Test Method for Flexural Toughness of Fiber Reinforced Concrete (Using Centrally Loaded Round Panel).*
- [5] Japan Engineering Consultants, Co., Ltd., Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan, Pusat Penelitian Pengembangan Jalan dan Jembatan, (2008). "Program Penelitian Pengembangan Kemampuan dan Pembuatan Pedoman dan Manual Pekerjaan Jalan dan Jembatan, "Concrete Testing Manual" ", *Seri Pengujian Bahan Beton*, Juli.
- [6] Japan Engineering Consultants, Co., Ltd dan Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan, Pusat Penelitian Pengembangan Jalan dan Jembatan, (2008). "Program Penelitian Pengembangan Kemampuan dan Pembuatan Pedoman dan Manual Pekerjaan Jalan dan Jembatan, "Concrete Guide" ", *Seri Teknik Beton untuk Jembatan*, Juli.

Pengaruh Temperatur Pada Pemekatan Sari Buah Nenas Melalui Proses Reverse Osmosis

Jono Suhartono, Ronny Kurniawan, Lidia Mulyasari, Ria Nita P.
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, ITENAS, Bandung
Email: jonosuhartono@yahoo.com

ABSTRAK

Nenas merupakan buah-buahan yang memiliki banyak kegunaan, yaitu sebagai sumber kalori dan sumber vitamin. Nenas juga berkhasiat sebagai obat penyembuh beberapa penyakit dan banyak digunakan di industri makanan, kertas dan tekstil. Saat ini produksi nenas di Indonesia cukup besar, akan tetapi tingkat konsumsi nenas penduduk Indonesia masih rendah yang mengakibatkan banyak buah nenas yang tidak termanfaatkan karena mengalami penurunan mutu bahkan pembusukan. Hal ini memerlukan suatu alternatif pengolahan pasca panen agar buah nenas akan tetap memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Salah satu alternatifnya yaitu membuat sari buah nenas. Pembuatan sari buah ini dapat menggunakan berbagai cara, diantaranya adalah dengan metode membrane. Penelitian ini bertujuan untuk memekatkan sari buah nenas dengan menggunakan membran Ultrafiltrasi sebagai clarifying dan membran Reverse Osmosis sebagai pemekat. Penelitian dilakukan dengan variasi beda tekan antara 4-6,5 bar dan temperatur antara 27 – 45 °C. Produk kemudian dianalisis kadar air dan vitamin C. Dari penelitian ini diperoleh hubungan dimana semakin tinggi temperatur maka kadar air yang diperoleh akan semakin kecil. Hasil optimal yang diperoleh pada penelitian ini terjadi pada kondisi operasi temperatur 45 °C dan tekanan 5,5 bar dimana diperoleh kadar air minimum sebesar 69,025 % volume dengan konsentrasi vitamin C pada kondisi operasi tersebut sebesar 0,33 mg/ml.

Kata kunci: Nenas, vitamin C, temperatur, reverse osmosis.

ABSTRACT

Pineapple is a fruit that has many uses, namely as a source of calories and vitamins. Pineapple is also used as medicine and utilized in food, paper and textile industry. Pineapple production in Indonesia is quite high, however the consumption is still low which resulted in a lot of pineapple become degraded even spoiled if not utilized. This requires an alternative post-harvest processing for pineapple so that the fruit will still have high economical value. One of the alternatives proposed in this research is to make pineapple juice using ultra filtration membrane as a clarifier and reverse osmosis (RO) membrane as a concentrator. This research was conducted with varying pressure differences between 4 – 6,5 bar and temperature between 27 – 45 °C. The concentrated juice were analyzed for water content and vitamin C. The research showed that the higher the temperature used in the process the lower the water content in pineapple juice. Optimum process condition was gained at temperature operation of 45 °C and pressure 5.5 bar which obtained the minimum water content of 69.025 %volume and vitamin C concentration of 0.33 mg/ml.

Keywords: pineapple, vitamin C, temperature, reverse osmosis.

1. PENDAHULUAN

Nenas atau nanas bukan tanaman asli Indonesia. Nenas masuk ke wilayah Indonesia pada tahun 1599. Penyebaran nenas di Indonesia pada mulanya hanya sebagai tanaman pengisi di lahan pekarangan, namun lambat laun meluas dikebunkan di seluruh wilayah nusantara. Nenas merupakan sumber kalori dan sumber vitamin, terutama vitamin C dan vitamin A yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Nenas juga berkhasiat sebagai obat penyembuh beberapa penyakit dan buah ini juga dapat bermanfaat bagi industri makanan, kertas, dan tekstil [3].

Produksi nenas dari tahun ke tahun terus meningkat, hal ini diakibatkan adanya budidaya tanaman yang lebih baik seperti teknologi baru. Pada tahun 2003 Indonesia telah mampu memproduksi 677.089.000 kg buah nenas akan tetapi karena tingkat konsumsi nenas penduduk Indonesia yang rendah yaitu sekitar 2,4 kg/kapita/tahun mengakibatkan banyak buah nenas yang tidak termanfaatkan karena mengalami penurunan mutu bahkan pembusukan [2].

Hal ini memerlukan suatu alternatif pengolahan pasca panen agar buah nenas akan tetap memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Usaha yang dapat dilakukan salah satunya adalah dengan mengolah nenas menjadi sari buah yang dapat dikonsumsi secara langsung. Salah satu metode pembuatan sari buah adalah dengan menggunakan membran. Teknologi membran saat ini telah berkembang pesat. Membran digunakan untuk memisahkan komponen-komponen tertentu tergantung pada ukurannya. Teknologi membran ini tidak memerlukan energi yang besar, sederhana, dan mempunyai kemampuan memisahkan yang tinggi [4]. Dalam pengolahan nenas menjadi sari buah ini digunakan membran *Ultrafiltrasi* dari bahan polimer untuk penjernihan dan membran *Reverse Osmosis* untuk proses pemekatannya.

2. METODOLOGI

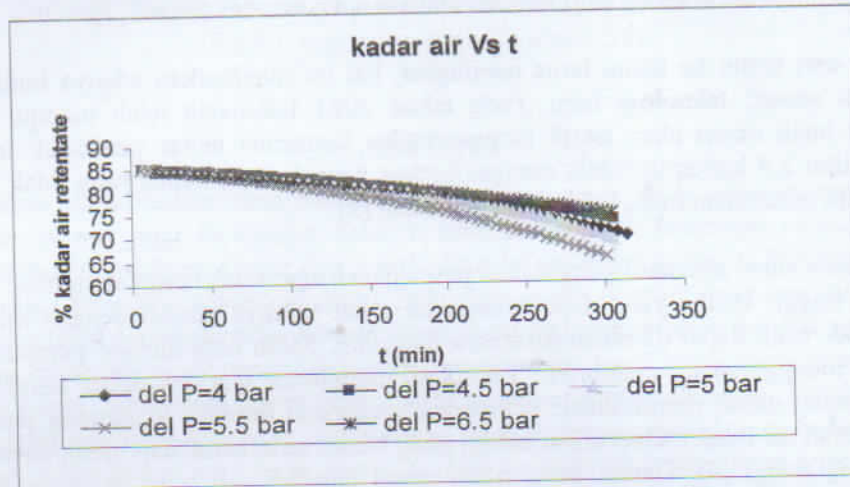
Proses pemekatan sari buah nenas ini dilakukan dengan teknologi membran. Membran yang digunakan dua jenis yaitu membran *Ultrafiltrasi* dan membran *Reverse Osmosis*. *Ultrafiltrasi* berfungsi sebagai *clarifying* sedangkan untuk memekatkannya digunakan *Reverse Osmosis*. Proses *reverse osmosis* adalah salah satu proses pemekatan cairan yang menggunakan media membran *dense* dengan tahanan hidrodinamik. Membran *reverse osmosis* digunakan untuk memisahkan zat terlarut yang memiliki berat molekul yang rendah seperti garam anorganik atau molekul organik kecil seperti glukosa dan sukrosa dari larutannya. Umumnya besar tekanan kerja yang diterapkan minimal 3 kali lipat tekanan *osmosis* larutan, karena pori membran yang digunakan sangat kecil, mendekati *dense*, maka mekanisme pemisahan yang terjadi tidak berdasarkan ukuran molekul tetapi lebih berdasarkan mekanisme *solution-diffusion*. Dimana sebagai *driving force* adalah berupa tekanan yang diberikan oleh *diaphragm pump*, sehingga peristiwa osmosis akan terjadi sebaliknya, yaitu perpindahan massa dari larutan pekat ke larutan encer. Dalam hal ini massa yang akan berpindah adalah air, karena membran yang digunakan hanya mampu dilewati oleh air. Maka, analisa yang dilakukan hanyalah menentukan kadar air yang terdapat pada *retentate*-nya. Proses ini dilakukan secara kontinyu dimana *retentate* atau konsentrat (bagian yang direjeksi oleh membran) keluar dari bagian atas modul membran dan dikembalikan ke dalam tangki umpan. Sedangkan *permeate* (bagian yang melewati membran) ditampung di tangki lainnya.

Pada penelitian pemekatan sari buah nenas dengan menggunakan membran *reverse osmosis* secara kontinyu ini dilakukan variasi tekanan kerja untuk mendapatkan tekanan optimum dan temperatur umpan masuk yang digunakan adalah 27 °C, 35 °C, dan 45 °C. Sehingga kita dapat mengetahui tekanan, temperatur dan waktu optimum untuk mendapatkan sari buah nenas dengan kadar air diinginkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Beda Tekan terhadap Kadar Air yang Dihasilkan

Dalam percobaan ini beda tekan dilakukan pada range tekanan 4-6,5 bar dan range temperatur yang digunakan 27-45 °C. Sebelum dipekatkan dengan membran *reverse osmosis*, terlebih dahulu dilakukan *pre-treatment* pada umpan menggunakan membran ultrafiltrasi untuk menghilangkan partikel-partikel yang lebih besar sehingga tidak cepat terjadi *fouling* pada saat proses pemekatan.



Gambar 1. Kurva karakteristik hubungan antara % kadar air terhadap waktu pada berbagai beda tekan

Berdasarkan Gambar 1. di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar beda tekan maka kadar air cenderung menurun, akan tetapi pada beda tekan 6,5 bar kadar air meningkat. Semakin tinggi beda tekan maka proses pengurangan kadar air akan semakin besar karena waktu yang diperlukan untuk menghasilkan permeate semakin cepat (pada beda tekan 4 – 5,5 bar). Hal ini disebabkan semakin tinggi beda tekan yang diberikan sampai tercapainya tekanan terbaik, maka semakin mudah umpan melewati membran akibat semakin besarnya *driving force* yang didapat oleh umpan sehingga fluks yang dihasilkan semakin besar. Akan tetapi, seiring bertambahnya tekanan akan menyebabkan semakin meningkatnya kecepatan penumpukan *cake* pada membran sehingga air akan sulit melewati membran karena *driving force*nya semakin kecil. Hal tersebut yang membuat proses pengurangan kadar air menjadi kecil (pada beda tekan 6,5 bar).

Mulder, [1] menuliskan dalam bukunya hubungan fluks terhadap beda tekanan adalah berdasarkan persamaan berikut:

$$J_w = A \cdot (\Delta P - \Delta \pi) \quad (1)$$

dengan:

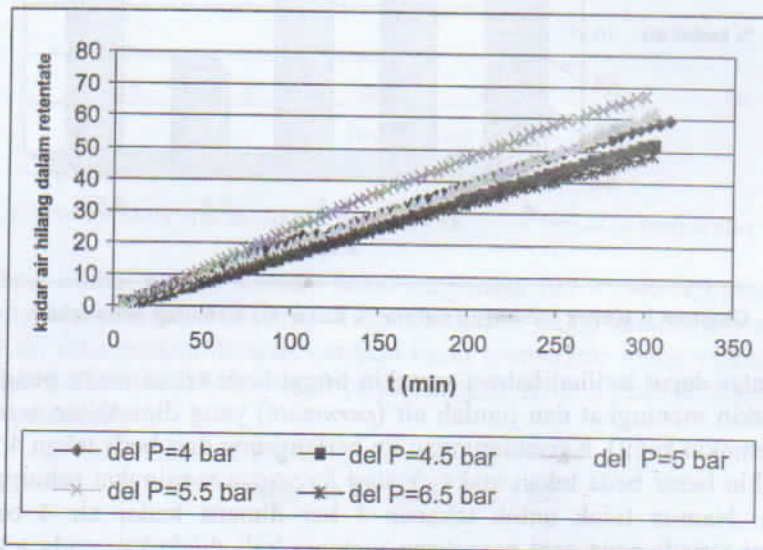
$$\Delta \pi = \frac{RT}{V_i} \left[\ln \frac{C_{w,2}^s}{C_{w,1}^s} \right] \quad (2)$$

A adalah koefisien permeabilitas membran, yang merupakan fungsi hambatan ($A = 1/R$). Sehingga dapat diketahui hubungan antara fluks (laju alir *permeate*), *driving force* ($\Delta P - \Delta \pi$), tekanan osmotik sari buah, dan konsentrasi sari buah. Jika konsentrasi semakin besar maka tekanan osmotik akan semakin besar, mengakibatkan *driving force* semakin kecil sehingga fluks (laju alir *permeate*) yang dihasilkan semakin kecil juga, begitu pula sebaliknya.

Pada proses pemisahan dengan beda tekan yang sama, semakin lama maka hambatan yang timbul akan semakin besar, yang diakibatkan oleh terbentuknya *cake*. Semakin lama proses berjalan maka akan terbentuk *cake* yang menyebabkan hambatan semakin besar akibatnya koefisien permeabilitas membran semakin kecil sehingga fluks semakin kecil bahkan terhenti karena *driving force* yang diberikan sudah tidak mampu lagi untuk melakukan proses pemisahan. Akan tetapi pada percobaan

ini, dari data yang diperoleh hambatan yang terjadi sangat kecil, karena pada umpan terlebih dahulu dilakukan *pre-treatment* menggunakan membran ultrafiltrasi, maka umpan yang masuk *reverse osmosis* untuk proses pemekatan umumnya sudah memiliki ukuran partikel yang relatif kecil. Hal ini mengakibatkan tercapainya waktu jenuh akan semakin lama karena *fouling* tidak cepat terjadi akibat dari hambatan yang terjadi sangat kecil. Atas pertimbangan keterbatasan umpan maka membatasi proses pemisahan dilakukan selama 5 jam untuk setiap beda tekan.

3.2 Pengaruh Beda Tekan terhadap Penghilangan Air dalam Retentate



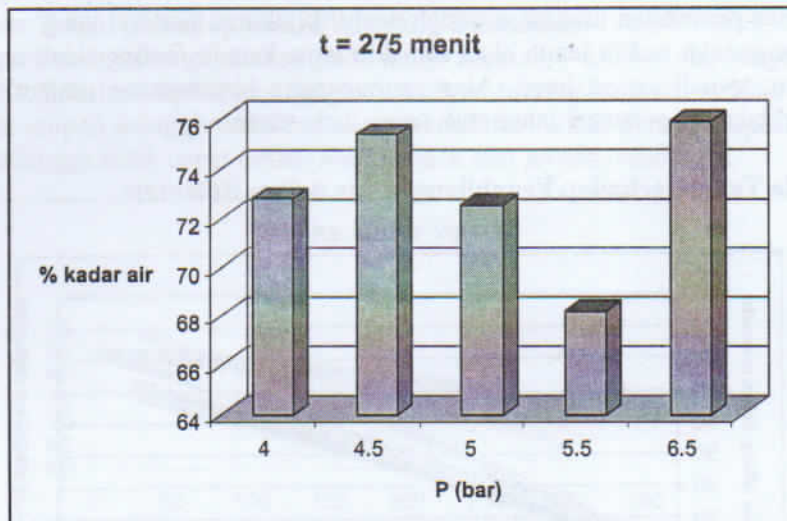
Gambar 2. Kurva karakteristik hubungan antara jumlah air yang hilang terhadap waktu untuk setiap beda tekan

Dari Gambar di atas juga dapat dilihat adanya kecenderungan semakin tinggi beda tekan maka proses penghilangan air semakin meningkat (volume *permeate* semakin banyak). Hal ini disebabkan semakin tinggi beda tekan maka semakin mudah umpan melewati membran akibat semakin besarnya *driving force* yang didapat oleh umpan.

Berdasarkan persamaan $J_w = A \cdot (\Delta P - \Delta \pi)$ fluks atau laju alir *permeate* berbanding lurus dengan beda tekan dan koefien permeabilitas ($A=1/R$, dimana R adalah hambatan). Untuk melewati air melalui membran, tekanan yang diberikan harus lebih besar dari tekanan osmotik nenas. Berdasarkan persamaan Van't Hoff yaitu $\pi=C_{Ai} \cdot R \cdot T$ tekanan osmotik berbanding lurus dengan konsentrasi air terlarut, sehingga dengan kenaikan konsentrasi maka tekanan osmosis akan semakin besar sehingga fluks aliran akan semakin kecil.

Peristiwa *fouling* berpengaruh terhadap jumlah air yang dipisahkan. Peristiwa *fouling* mengakibatkan terjadinya penurunan fluks, hal itu disebabkan hambatan pada membran yang semakin besar. Pada beda tekan operasi yang terlalu besar, peristiwa *fouling* akan cepat terjadi karena terbentuknya *cake* juga cepat. Dengan hambatan yang semakin besar akibat adanya *cake* dan diikuti oleh penurunan *driving force* akibat kenaikan konsentrasi, maka pada beda tekan operasi yang cukup besar proses pemisahan akan cepat terhenti.

3.3 Penentuan Beda Tekan Terbaik



Gambar 3. Kurva hubungan antara % kadar air terhadap beda tekan

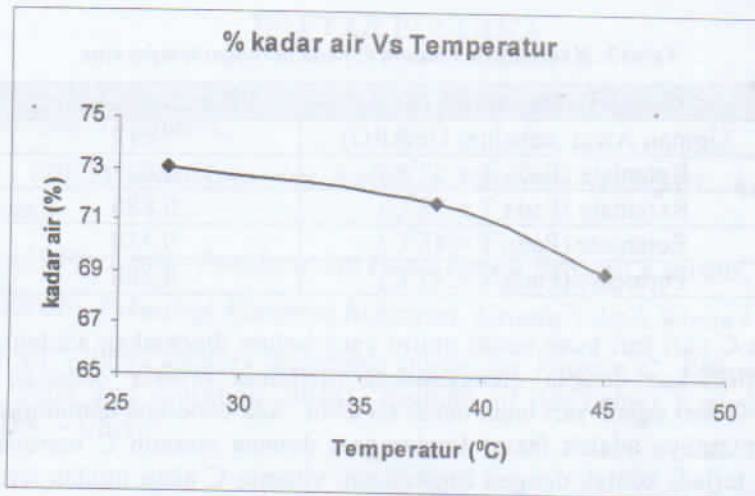
Dari Gambar 3. di atas dapat terlihat bahwa semakin tinggi beda tekan maka penghilangan kadar air pada *retentate* semakin meningkat dan jumlah air (*permeate*) yang dipisahkan semakin besar (kadar air pada *retentate* semakin kecil). Kecenderungan itu berlangsung dari beda tekan 4,5 – 5,5 bar, hal ini terjadi karena semakin besar beda tekan maka *driving force*-nya meningkat sehingga air akan mudah melewati membran. Namun tidak untuk tekanan 4 bar dimana kadar air 4 bar < dari 4,5 bar kemungkinan hal ini terjadi pada saat percobaan pertama kali dilakukan pada tekanan 4 bar, yaitu dilakukan pencucian menggunakan NaOH sehingga penumpukan *cake* yang telah lama (*fouling*) dapat dihilangkan sehingga fluks yang dihasilkan lebih besar. Selanjutnya, pada beda tekan 6,5 bar penghilangan kadar air pada *retentate* akan menurun dan jumlah air (*permeate*) yang dihasilkan akan semakin kecil. Fenomena itu terjadi karena pada beda tekan yang terlalu besar penumpukan *cake* cepat terjadi sehingga air sulit melewati membran akibatnya pengurangan kadar air menurun. Untuk beda tekan yang lebih kecil dari 4 bar, tidak ada *permeate* yang dihasilkan karena *driving force*-nya tidak cukup untuk melewatkan air pada membran sehingga tidak ada pengurangan kadar air. Berdasarkan persamaan 1 bahwa fluks (laju *permeate*) dipengaruhi beda tekan operasi, beda tekan operasi harus tiga kali lebih besar dari tekanan osmotik sari buah. Sehingga dapat diketahui bahwa beda tekan terbaik adalah pada 5,5 bar. Beda tekan terbaik itu sendiri yaitu beda tekan yang menghasilkan kadar air paling rendah.

3.4 Pengaruh Temperatur pada Proses Pemekatan

Percobaan ini bertujuan untuk mencari pengaruh temperatur terhadap perolehan % kadar air pada proses pemekatan sari buah nenas yang dilakukan pada tekanan terbaik (optimal). Dari berbagai variasi temperatur yang digunakan diperoleh data sebagai berikut:

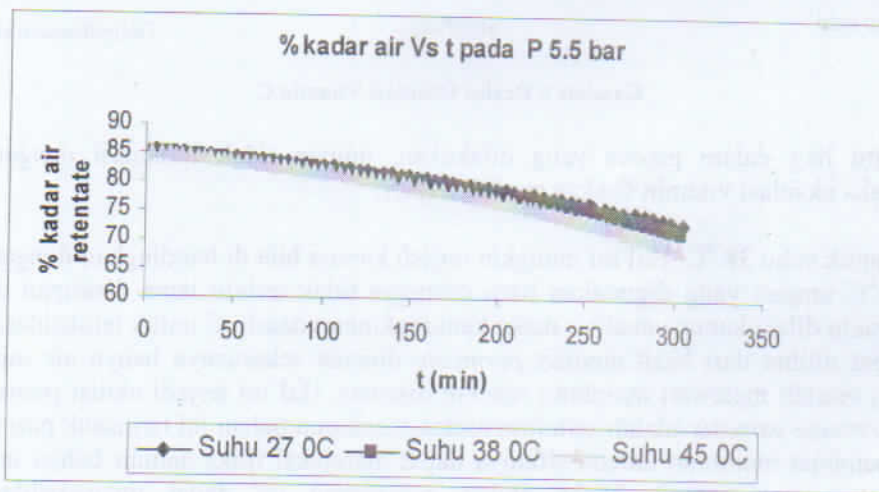
Tabel 1. Hubungan antara % kadar air terhadap temperature

T (°C)	% kadar air
27	73,067
38	71,696
45	69,025



Gambar 4. Kurva karakteristik hubungan antara % kadar air terhadap temperatur (pada 5 jam)

Dari Gambar 4. dapat dilihat bahwa semakin besar temperatur (27 °C -45 °C) maka % kadar air yang diperoleh cenderung semakin kecil. Seiring dengan semakin tinggi temperatur maka fluksnya akan semakin besar hal ini dikarenakan dengan semakin besar temperatur maka viskositas fluidanya akan semakin rendah dan kelarutan padatan tersuspensi menjadi lebih besar sehingga fluida akan lebih mudah melakukan penetrasi.



Gambar 5. Kurva karakteristik hubungan antara % kadar air terhadap waktu pada berbagai variasi temperatur

Dari Gambar 5. dapat dilihat bahwa untuk mencapai suatu nilai kadar air atau volume *permeate* tertentu, waktu aliran *permeate* yang dibutuhkan akan semakin cepat untuk setiap kenaikan temperatur. Dari Gambar 5 juga dapat dilihat bahwa pada waktu tertentu, konsentrasi pada *retentate* akan semakin besar seiring dengan kenaikan temperatur akibat penurunan kadar air dalam *retentate*.

Dari persamaan Van't Hoff $\pi=C_{Ai}.R.T$, diperoleh hubungan antara temperatur terhadap tekanan osmosis dimana semakin tinggi temperatur maka tekanan osmosis akan semakin besar. Sedangkan dari persamaan fluks $J_w = A.(\Delta P-\Delta\pi)$ dimana $\Delta\pi = \pi_{akhir} - \pi_{awal}$ dengan π_{awal} berubah mengikuti kenaikan temperatur maka diperoleh hubungan dimana dengan bertambah besarnya nilai tekanan osmosis, maka fluks aliran akan semakin besar. Dengan demikian diperoleh hubungan antara temperatur dan fluks aliran dimana semakin tinggi temperatur maka fluks aliran akan semakin besar.

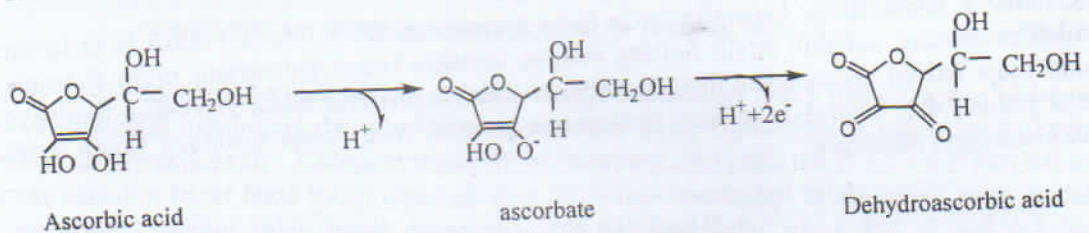
3.5 Kandungan Vitamin C pada Hasil Pemekatan

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan pada berbagai variasi temperature, dilakukan analisis kandungan vitamin C dalam sari buah nenas pada saat sebelum dan sesudah dilakukannya pemekatan, sehingga diperoleh hasil pada Tabel 2. sebagai berikut:

Tabel 2. Kandungan Vitamin C pada berbagai temperatur

Sampel Pada ΔP 5,5 bar	Vitamin C (mg/ml)
Umpan Awal (sebelum UF&RO)	1,012
Retentate (Pada $T = 27^{\circ}C$)	0,827
Retentate (Pada $T = 38^{\circ}C$)	0,880
Retentate (Pada $T = 45^{\circ}C$)	0,330
Permeate (Pada $T = 45^{\circ}C$)	0,308

Kandungan vitamin C dari sari buah nenas murni yang belum dipekatan adalah sebesar yaitu 1,012 mg/ml. Setelah dipekatan dengan menggunakan membran *reverse osmosis*, terjadi penurunan kandungan vitamin C dari dalam sari buah nenas tersebut. Ada beberapa kemungkinan dari penurunan kandungan ini, diantaranya adalah faktor lingkungan, dimana vitamin C merupakan reduktor yang kuat, sehingga jika terjadi kontak dengan lingkungan, vitamin C akan mudah teroksidasi. Garza [5], menuliskan dalam bukunya bahwa Vitamin C (*ascorbic acid*) akan teroksidasi menjadi *dehydroascorbic acid* dimana reaksinya adalah seperti pada Gambar 6.



Gambar 6 Reaksi Oksidasi Vitamin C

Oleh karena itu jika dalam proses yang dilakukan, umpan tidak terisolasi dengan benar dari lingkungan, maka oksidasi vitamin C akan mudah terjadi.

Namun tidak untuk suhu $38^{\circ}C$. Hal ini mungkin terjadi karena bila di dibandingkan dengan suhu $25^{\circ}C$, pada suhu $38^{\circ}C$ umpan yang digunakan baru sehingga tidak terlalu lama disimpan di lingkungan sampai pada waktu dilakukannya analisis maka kemungkinan vitamin C untuk teroksidasi lebih kecil. Selain itu, dapat dilihat dari hasil analisis *permeate* dimana seharusnya hanya air saja yang dapat terpisah (lolos) setelah melewati membran *reverse osmosis*. Hal ini terjadi akibat pemanasan, bahan dari membran *reverse osmosis* adalah selulosa asetat, meskipun bahan ini termasuk polimer yang baik untuk bahan pembuat membran karena sifatnya dapat merejeksi fluks namun bahan ini mempunyai range temperatur yang sempit. Maka akibat pemanasan ini dapat menyebabkan terjadinya pengembangan pori pada membran *reverse osmosis* sehingga memungkinkan lolosnya vitamin C dari membran *reverse osmosis* akibat ukuran molekulnya menjadi lebih kecil dibanding ukuran pori membran yang telah mengembang.

4. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan ini bisa disimpulkan bahwa tekanan terbaik diperoleh pada tekanan 5,5 bar. Juga semakin tinggi temperatur maka persen kadar air pada *retentate* akan semakin kecil. Kadar air minimum yang diperoleh pada beda tekan terbaik adalah sebesar 69,026 % volume dan kandungan vitamin C sebesar 0,330 mg/ml pada kondisi operasi temperatur $45^{\circ}C$

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mulder, Marcel, (1996). *Basic Principles of Membrane Technology*, 2nd Edition, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht.
- [2] Hutabarat, R., (2003). *Agrobisnis dan Budidaya Tanaman Nenas*, PT. Atalya Rileni Sudeco, Jakarta-Indonesia.
- [3] Rukmana, R., (1996). *Nenas, Budidaya dan Pasca Panen*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- [4] I G. Wenten, (2000). *Teknologi Membran Industrial*, Jurusan Teknik Kimia ITB, Bandung.
- [5] Garza, C., et all, (2000). *Dietary Reference Intake for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy Press, Washington, D.C - USA.