

B2

PROSIDING

ISSN 1411-4216

SEMINAR NASIONAL

REKAYASA KIMIA & PROSES 2003

23 - 24 JULI 2003



JURUSAN TEKNIK KIMIA
UNIVERSITAS DIPONEGORO

- C.9. *Aspek Ekonomi Pemanfaatan Limbah Kotoran Sapi Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Biogas di Jawa Tengah*, **Rifky Ismail, Ody Anjar Wicaksono, Rupinus Perangin-angin, Nazaruddin Sinaga**, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNDIP
- C.10. *Pemilihan Mesin Penggerak Generator Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBG)*, **Awaludin, Wahyu Panuntun, Wiji S.A., Nazaruddin Sinaga**, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNDIP
- C.11. *Kesetimbangan Fase Padat-Cair Polistiren Dalam Pelarut Toluena-Etanol Dengan Model Flory II, Modified Unifac Dan Unifac-Free Volume*, **M. Sri Prasetyo Budi**, Jurusan Teknik Kimia Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
- C.12. *A New Equation of State For Predicting Densities of Liquids and Supercritical Fluids*, **Ratnawati Hartono**, Chemical Engineering Department, Diponegoro University, Semarang **G.A. Mansoori**, Chemical Engineering Department, University of Illinois at Chicago USA, **Aryadi Suwono**, Mechanical Engineering, Department, Bandung Institute of Technology, Bandung
- C.13. *Prospek Penggunaan Gas Alam Sebagai Bahan Bakar Melalui Teknologi Fuel Cell*, **Moh. Djaeni**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- C.14. *Metode Heat Pump Sebagai Alternatif Efisiensi Energi Pada Menara Distilasi*, **Zahrul Mufrodi**, PS Teknik Kimia, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta, **Syech Munawar**, Pascasarjana Teknik Kimia, UGM, Yogyakarta, **Arief Budiman**, Centre for Process System Engineering, Jurusan Teknik Kimia, FT-UGM
- C.15. *Hidrogen dari Air sebagai Sumber Energi Masa Depan yang Ramah Lingkungan*, **Amir Rusli**, Pusat Pendayagunaan Iptek Nuklir-Batan, Jakarta
- C.16. *Investigasi Aktivitas Katalis Limonit Soroako pada Proses Pencairan Batubara Banko Tengah*, **Muksin Saleh**, UPT-LSDE, BPP Teknologi, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Tangerang
- C.17. *Hubungan Antara Komposisi Minyak Nabati Bahan Mentah dengan Kualitas Bahan Bakar Biodiesel*, **Tatang H. Soerawidjaja dan Adrisman Tahar**, Kelompok Penelitian dan Pengembangan Energi, Institut Teknologi Bandung

penting

D. TEKNOLOGI PEMISAHAN

- D.1. *Pengaruh pH dan Penambahan Alkohol Terhadap Kualitas Pektin Dari Kulit Buah Coklat*, **Munas Martynis dan Ellyta Sari**, Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta, Padang.
- D.2. *Prospek Aplikasi Membran Filtrasi Pada Produksi Gula Indonesia*, **Imron Rosidi dan Kaseno**, Balai Pengkajian Bioteknologi, BPPT
- D.3. *Pengaruh Tekanan Ruang Permeasi Terhadap Derajat Pemisahan Dan Fluks Pada Proses Pervaporasi Campuran Etanol-Air*, **Rofiq Sunaryanto dan Kaseno**, Balai Pengkajian Bioteknologi, BPPT
- D.4. *Pengambilan Asam Asetat Dari Limbah Nata De Coco*, **Suryani dan Ellyta Sari**, Jurusan Teknik Kimia Universitas Bung Hatta, Padang.
- D.5. *Destilasi Air Garam Menggunakan Tenaga Panas Sinar Matahari*, **Dwi Astuti**, Jurusan Teknik Kimia FTI, UPN "Veteran" Yogyakarta
- D.6. *Pengaruh Tekanan Pada Penyulingan Uap Minyak Daun Cengkeh* **Nurhidayati**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, **Triyogo Wibowo**, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Agroindustri/ P3A, BPPT,
- D.7. *Ekstraksi Minyak Gaharu Dengan Metode Perebusan*, **Triyogo Wibowo**, Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Agroindustri/ P3A, BPPT, **Nurhidayati**, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta,
- D.8. *Pemodelan Matematis Dan Simulasi Proses Ekstraksi Padat-Cair*, **Agus Saptoru**, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional.
- D.9. *Desalinasi Larutan NaCl Menggunakan Distilasi Membran Tipe Direct Contact*, **Mahreni, Suryanto**, Jurusan Teknik Kimia, FTI UPN Veteran Yogyakarta
- D.10. *Penjerapan Ion Cu Dalam Air Buangan Elektrolisis Dengan Batu Apung Sebagai Penjerap*, **Sri Suhenny**, Jur. Teknik Kimia FTI UPN Veteran Yogyakarta.
- D.11. *Sequancing Strategies For Distillation Combined with Decantation System*, **Suhendra**, Department of Chemical Engineering, Ahmad Dahlan University, Yogyakarta Indonesia, **Fred Compant, Werner Witt**, Department of Plant Design and Safety Technology, Germany.



DESALINASI LARUTAN NaCl MENGGUNAKAN DISTILASI MEMBRAN TIPE *DIRECT CONTACT*

Mahreni dan Suryanto

Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia – FTI -UPN “Veteran” Jogjakarta
Jl. SWK Lingkar Utara 104 Condong Catur Jogjakarta :Telp/Fax : (0274)486889
Email : Mahreni@centurymail.com

Abstrak

Teknologi membran telah diaplikasikan di berbagai bidang terutama di bidang teknologi pemisahan. Teknologi pemisahan dengan membran merupakan teknologi baru yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang timbul pada teknologi pemisahan konvensional. Keuntungan menggunakan membran diantaranya untuk mengurangi pencemaran lingkungan dan konsumsi energi, karena pemisahan dengan membran berlangsung pada temperatur dan tekanan yang relatif rendah serta tidak menggunakan aditif kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja membran distilasi tipe direct contact (DCMD) untuk desalinasi larutan NaCl dengan mengamati fluks permeat dan persen rejeksi sebagai fungsi parameter kecepatan umpan, temperatur dan konsentrasi umpan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan membran hidropobik dari bahan polipropilen bentuk modul shell and tube yang mempunyai ukuran diameter pori 0,2 μm , porositas 0,75 diameter dalam fiber 0,3 mm, diameter luar fiber 0,6 mm, diameter dalam shell 3 cm, panjang fiber 25 cm, jumlah fiber 100 dan tortuositas 3. Cara kerja membran dalam penelitian ini adalah larutan umpan pada suhu tertentu dipompa menuju membran masuk ke bagian shell. Pada bagian tube dialirkan fluida pengangkut (air) dengan pola aliran berlawanan arah. Fluks permeat dihitung dengan mengukur selisih volume air pengangkut sebelum dan sesudah proses pemisahan pada selang waktu tertentu. Kondisi operasi terbaik pada penelitian ini didapatkan pada suhu umpan 60°C dan kecepatan umpan 0,065 m/dtk didapat fluks 0,006208 kg/m².dtk dengan persen rejeksi 99,69 %.

Pendahuluan

Teknologi pemisahan dengan membran telah diaplikasikan di berbagai bidang terutama di bidang teknologi pemisahan. Pemisahan dengan membran diharapkan dapat mengatasi permasalahan-permasalahan yang timbul pada pemisahan secara konvensional yaitu masalah pencemaran lingkungan dan konsumsi energi. Pemisahan dengan membran bisa dilakukan pada temperatur dan tekanan relatif rendah sehingga sangat sesuai untuk digunakan untuk pemisahan komponen-komponen yang sensitif terhadap suhu tinggi seperti produk-produk bioteknologi. Disamping itu proses pemisahan dengan membran tidak banyak menggunakan aditif kimia dengan demikian akan mengurangi beban pencemaran lingkungan.

Permasalahan yang dihadapi pada proses pemisahan dengan membran pada umumnya adalah masalah fouling dan polarisasi konsentrasi. Fouling menyebabkan hambatan perpindahan massa melalui membran makin besar sehingga perlu energi lebih besar. Polarisasi konsentrasi menyebabkan penurunan fluks. Fouling biasanya terjadi pada membran yang terbuat dari bahan yang bersifat hidrofilik. Sifat hidrofilik materi membran menyebabkan permukaan membran bisa dibasahi oleh cairan sehingga solute yang ada di dalam cairan umpan bisa masuk ke dalam pori-pori membran. Pada kondisi tertentu akan terjadi pengendapan solute di dalam pori-pori dan akan menutupi sebagian pori-pori membran. Pada penelitian ini membran terbuat dari polimer yang bersifat hidropobik. Permukaan membran tidak terbasahi oleh cairan yang dapat masuk ke dalam pori-pori membran adalah uap yang ada di permukaan membran. Dengan demikian fouling tidak akan terjadi.

Membran distilasi merupakan suatu teknologi pemisahan baru dengan menggunakan membran yang bertujuan untuk mengatasi masalah pemisahan dengan membran generasi sebelumnya yaitu masalah fouling seperti yang terjadi pada membran *reverse osmosis* dan *ultra filtrasi*.

Tinjauan pustaka

Distilasi membran adalah proses pemisahan dengan menggunakan membran yang terbuat dari bahan polimer yang bersifat hidropobik. Gaya dorong pada kedua sisi membran adalah beda tekanan uap. Uap yang ada di sisi umpan masuk ke dalam pori-pori membran secara konveksi dan difusi menuju ke sisi permeat. Di sisi permeat uap diembunkan oleh fluida cair sebagai pengangkut permeat kemudian keluar dari modul membran. Sepanjang perjalanan uap dari sisi umpan ke sisi permeat melalui pori-pori mendapat hambatan perpindahan masa dan perpindahan panas. Yaitu hambatan perpindahan di sisi umpan, hambatan di dalam pori-pori dan hambatan di sisi permeat.

Prinsip kerja distilasi membran secara umum adalah mengontakkan larutan umpan pada salah satu sisi membran (sisi umpan). Sementara pada sisi membran yang lain (sisi permeat) dialirkan fluida yang bertugas untuk menarik uap air dari dalam pori-pori membran. Hal ini dilakukan agar fraksi mol uap air di sisi permeat selalu lebih kecil dari pada sisi umpan sehingga akan selalu terjadi perpindahan massa dari sisi umpan ke sisi permeat. Jika sebagai fluida penarik adalah fase cair maka sistem ini disebut distilasi membran tipe direct contact (DCMD)

Fungsi membran hanya sebagai pembatas antara fase umpan dan permeat. Fluks permeat merupakan fungsi gradien tekanan antara kedua sisi membran. Untuk menaikkan fluks dapat dilakukan dengan jalan memperkecil hambatan pada sisi umpan, hambatan di dalam pori-pori dan hambatan di sisi permeat serta memperbesar gradien tekanan pada kedua sisi membran tersebut. Untuk memperkecil hambatan perpindahan bisa dilakukan dengan memperbesar kecepatan aliran umpan dan fluida pengangkut. Sedangkan untuk memperbesar gradien tekanan dengan memperbesar temperatur umpan.

Landasan teori

Kinerja membran diukur dengan menggunakan dua parameter yaitu persen rejeksi dan fluks permeat. Definisi persen rejeksi (R) adalah satu dikurangi perbandingan konsentrasi permeat/konsentrasi umpan atau dapat ditulis dalam persamaan (1)

$$R = 1 - \left[\frac{C_P}{C_F} \right] \dots\dots\dots (1)$$

Fluks permeat yang melewati membran dapat dituliskan,

$$\left[\frac{N_A}{A} \right] = \frac{K(BM)}{RT} (P_1^o - P^o) \dots\dots\dots (2)$$

Tekanan uap dipermukaan membran di sisi umpan (P_1^o) dan tekanan uap di permukaan membran di sisi permeat (P^o) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Antoine,

$$P^o = \exp \left[18,3036 - \frac{3816,44}{T - 46,11} \right] \dots\dots\dots (3)$$

Hambatan total dari sisi umpan ke sisi permeat ($1/K$) merupakan jumlah hambatan di sisi umpan. Di dalam membran dan di sisi permeat,

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_M} + \frac{1}{K_U} + \frac{1}{K_P} \dots\dots\dots (4)$$

Sedangkan tahanan masing-masing dapat dituliskan dengan persamaan (5,6,7)

$$K_M = \frac{D_{A-B} \epsilon}{\delta \chi} \dots\dots\dots (5)$$

$$K_U = \frac{S_h D_{A-B}}{d_e} \dots\dots\dots (6)$$

$$K_P = \frac{S_h D_{A-B}}{d_s} \dots\dots\dots (7)$$

Bilangan Sherwood (S_h) di dalam fiber dapat dicari dari persamaan Le've'que seperti pada persamaan (8) sedangkan di luar fiber dengan persamaan (9)

$$S_h = 1,62 P_e^{0,525} \dots\dots\dots(8)$$

$$S_h = 1,25 \left[\frac{R_e d_e}{\delta} \right]^{0,93} S_c^{0,33} \dots\dots\dots(9)$$

Dengan mengukur suhu umpan, dan kecepatan permeat maka konstante diatas dapat dihitung, sehingga fluks dapat diperkirakan secara teoritis. Adapun persen rejeksi (R) didapatkan berdasarkan hasil analisa konsentrasi NaCl di dalam umpan dan permeat dengan menggunakan konduktivimeter.

Batasan masalah

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Konsentrasi (0; 3000; 4000; 5000; 6000)
2. Temperatur umpan (45;50;55;60) °C.
3. Kecepatan umpan (0,048; 0,054; 0, 06; 0,066; 0,07 m/dk)
4. Kecepatan air pengangkut tetap.

Pelaksanaan percobaan

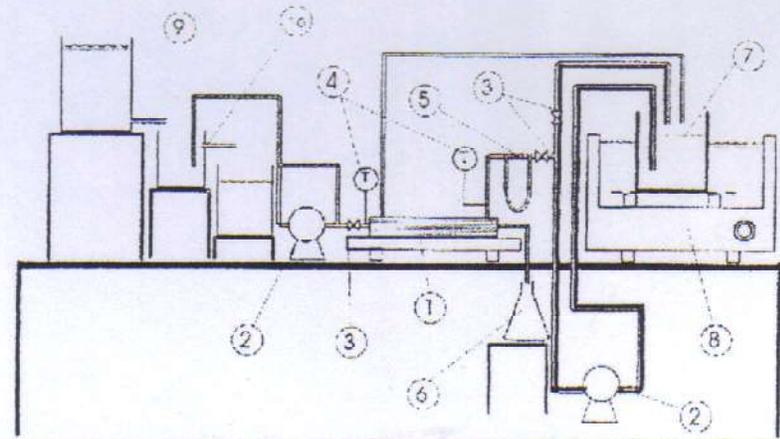
Bahan dan alat :

A. Bahan : NaCl (Teknis dan PA) dan aquades bebas Cl

B. Alat :

1. Modul membran shell and tube
2. Water bath
3. Pompa sirkulasi umpan
4. Termometer
5. Alat pengukur kecepatan alir
6. Pipa
7. Tangki penampung
8. Konduktivimeter

C. Gambar alat :



Gambar 1. Rangkaian alat percobaan

Keterangan Gambar :

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1. Membran distilasi | 7. Bak umpan |
| 2. Pompa sirkulasi | 8. Water bath |
| 3. Kran | 9. Bak air pengangkut |
| 4. Termometer | 10. Over flow |
| 5. Orifice meter | |
| 6. Erlenmeyer | |

D. Cara percobaan :

Larutan NaCl di dalam tangki penampung dipanaskan sampai mencapai suhu tertentu kemudian larutan dipompa menuju membran pada bagian shell. Retentatnya dikembalikan ke tangki umpan. Pada bagian tube membran dialirkan fluida pengangkut yang berfungsi mengangkut permeal. Permeal bersama fluida pengangkut ditampung dalam erlenmeyer. Fluks permeal diukur dengan mengukur volume fluida yang tertampung dikurangi fluida pengangkut. Sedangkan konsentrasi NaCl di dalam permeal diukur dengan konduktivimeter.

D. Hasil dan pembahasan.

1 Menguji permeabilitas membran :

Kondisi operasi : T umpan = 50°C ; T fluida pengangkut = 33°C ; V umpan = 0,048 m/dtk.

Waktu = 60 menit. Fluks permeal yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 1,

Tabel 1. Fluks permeal diukur setelah waktu operasi 1 jam. Dilakukan delapan kali pengamatan.

Run	Percobaan ke	Volume permeal + fluida pengangkut
1	1	800
2	2	803
3	3	801
4	4	798
5	5	802
6	6	800
7	7	799
8	8	800

2. Fluks permeal hasil percobaan dengan variasi temperatur umpan pada berbagai konsentrasi umpan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Fluks permeal pada berbagai temperatur dan konsentrasi larutan umpan.

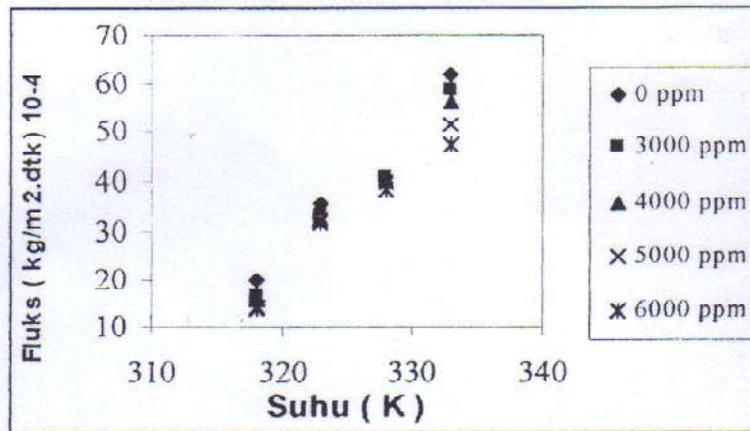
T Umpan (K)	0 ppm	3000 ppm	4000 ppm	5000 ppm	6000 ppm
318	0,001961	0,001665	0,001557	0,001409	0,001367
318	0,001969	0,001680	0,001584	0,001432	0,001370
323	0,003557	0,003334	0,003265	0,003232	0,003198
323	0,003540	0,003336	0,003281	0,003212	0,003168
328	0,004177	0,004066	0,004036	0,003928	0,003803
328	0,004085	0,004089	0,004043	0,003961	0,003826
333	0,006205	0,005861	0,005622	0,005531	0,005399
333	0,006208	0,005864	0,005623	0,005166	0,004709

3. Fluks permeal hasil percobaan dengan variasi kecepatan umpan pada berbagai konsentrasi dapat dilihat pada tabel 2.

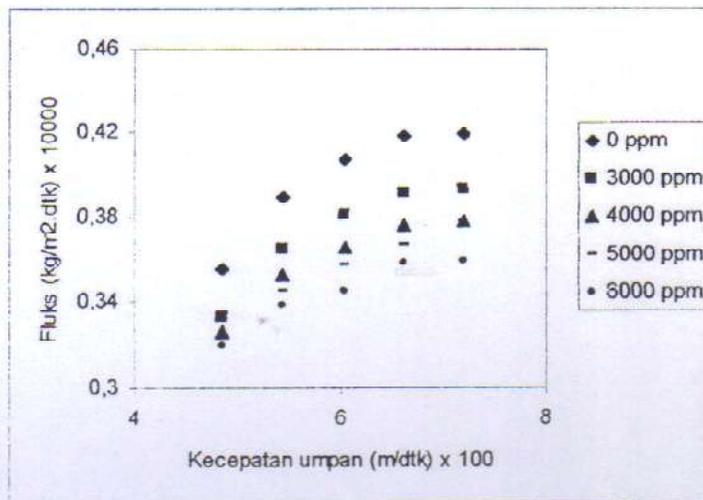
Tabel 3. Hubungan antara kecepatan umpan dan fluks permeal pada berbagai konsentrasi larutan umpan.

Delta h	V (m/dtk)	0 ppm	3000 ppm	4000 ppm	5000 ppm	6000 ppm
6	0,048488	0,003557	0,003334	0,003265	0,003232	0,003198
8	0,054398	0,003894	0,003646	0,003525	0,003453	0,003388
10	0,060308	0,004075	0,003812	0,003662	0,003572	0,003448
12	0,066216	0,004185	0,003916	0,003766	0,003672	0,003583
14	0,072128	0,004199	0,003933	0,003782	0,003785	0,003592

Tabel 2 dan 3 dibuat grafik seperti pada gambar 2 dan 3 dibawah ini :



Gambar 2. Grafik hubungan suhu dan fluks pada berbagai konsentrasi umpan



Gambar 3. Grafik hubungan kecepatan umpan dan fluks pada berbagai konsentrasi

Uji permeabilitas menunjukkan harga fluks konstan selama delapan kali uji dengan lama waktu uji satu jam, hal ini menunjukkan bahwa membran bekerja stabil. Tabel 2 dan gambar 2 menunjukkan bahwa fluks naik apabila temperatur umpan makin tinggi, hal ini sesuai dengan persamaan Antoine bahwa tekanan murni uap air makin besar apabila suhu makin besar. Pada suhu tetap, dan konsentrasi makin besar fluks makin kecil. Hal ini disebabkan karena makin tinggi konsentrasi solute di dalam larutan, maka tekanan uap makin kecil karena sifat koligatif larutan. Dengan demikian gradien tekanan makin kecil. Sesuai dengan persamaan (2) apabila gradien tekanan makin kecil. Maka fluks makin kecil. Tabel 3 dan gambar 3 menunjukkan bahwa makin besar kecepatan umpan, fluks juga makin besar karena makin besar kecepatan, maka hambatan di sisi umpan makin kecil. Hal ini disebabkan makin tinggi turbulensi aliran, maka koefisien perpindahan massa dan panas makin besar sesuai dengan persamaan (6) dan persamaan (9). Persen rejeksi tidak dipengaruhi oleh konsentrasi solute di dalam umpan. Hal ini ditunjukkan dari hasil penelitian yang menunjukkan bahwa persen rejeksi diatas 99 %.

Kesimpulan

Fluks permeat sangat dipengaruhi oleh temperatur, sedangkan pengaruh kecepatan umpan tidak signifikan terhadap kenaikan fluks permeat. Persen rejeksi tidak dipengaruhi oleh konsentrasi solute di dalam umpan maupun oleh perubahan kecepatan umpan.

Daftar lambang :

Lambang	Arti lambang	Satuan	Lambang	Arti lambang	Satuan
R	% Rejeksi	-	χ	Tortuositi	-
C_p	Konsentrasi permeat	Gram/liter	δ	Tebal membran	cm
C_F	Konsentrasi umpan	Gram/liter	Sh	Bilangan Sherwood	-
N_A/A	Fluks	$Kg/m^2.dtk$	Pe	Bilangan peklet	-
K	Koefisien perpindahan massa	Cm/dtk	Re	Bilangan Reynold	-
T	Suhu	K	Sc	Bilangan Schmidh	-
R	Konstante gas	Liter.atm/mol K	BM	Berat molekul	Gr /mol
P^o	Tekanan uap murni	atm	K_M	Koefisien perp. Massa membran	Cm/dtk
K_M	Koefisien perp. Massa membran	Cm/dtk	K_U	Koefisien perp. Massa di sisi umpan	Cm/dtk
K_p	Koefisien perp. Massa di sisi permeat	Cm/dtk	D_{A-B}	Diffusivitas	Cm^2/dtk

Daftar pustaka.

- Ariono, D., 1996, "Proses Pemisahan Dengan Membran" Laboratorium pemisahan dan pemurnian, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Bandung.
- Fane, A.G., RW. Shcofiel and C.J.D Fell, 1987 "The efficient use of energy in Membrane Distillation" Desalination Vol 64, P. 231-243.
- Franken, A.C.M., J.A.M Nolten. M.H.V Mulder, D. Bargeman and C.A Smoders, 1987 "Wetting Criteria for applicability of Membrane Distillation" Journal of Twente University.
- Holman. J.P., 1981, "The Heat Transfer", 5th.ed, Mc Grow Hill, New York.
- Irvan, 1998, " Distilasi membran Dengan Sweeping Gas", Thesis Magister Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung.