

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/314971569>

Studi Proses Pemisahan Gas CO₂ dari Gas Buang Industri Besi Baja Melalui Optimalisasi Rancangan Kontaktor Membran

Conference Paper · April 2010

CITATIONS

0

READS

190

2 authors:



Sri Agustina

UNTIRTA

16 PUBLICATIONS 146 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Hadi Wahyudi

UNTIRTA

17 PUBLICATIONS 75 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Experimental and numerical study of biomass gasification in circulating fluidized bed [View project](#)



Riset Hibah Internal [View project](#)



prosiding

"PEMANFAATAN BIOMASSA UNTUK PANGAN, ENERGI, DAN BAHAN KIMIA"



ISBN 978-979-98465-6-3

seminar

Teknik Kimia April 2010

22 april 2010



PROSIDING

SEMINAR TEKNIK KIMIA UNPAR 2010

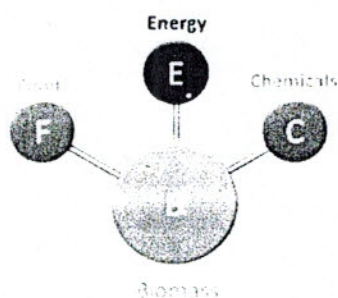
Pemanfaatan Biomassa untuk Pangan, Energi, dan Bahan Kimia

(ISBN 978-979-98465-6-3)

Penyusun :

Divisi Kesekretariatan

Seminar Nasional Teknik Kimia UNPAR 2010



JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
Jl. Ciumbuleuit No. 94, Bandung 40141

2010

Prakata

Seminar Teknik Kimia yang diadakan oleh Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan (UNPAR) pada tanggal 22 April 2010 ini merupakan kegiatan rutin tahunan yang telah kami adakan untuk kedelapan kalinya.

Pada seminar ini kami mengusung tema "*Pemanfaatan biomassa untuk pangan, energi, dan bahan kimia*". Sebagai negara agraris, pemanfaatan biomassa di Indonesia masih jauh dari optimal, sehingga kami memandang perlu ada usaha dan inisiatif untuk mendorong perkembangan pengetahuan dan aplikasi berbasis biomassa melalui suatu seminar.

Pada seminar ini, kami juga mengundang peneliti dan akademisi dari berbagai disiplin ilmu di luar teknik kimia untuk hadir dan membawakan makalah. Hal ini diharapkan dapat menjadi awal suatu jaringan kerjasama multidisiplin antar peneliti dari berbagai bidang keilmuan untuk bersama-sama mengembangkan penelitian dan industri berbasis bahan terbarukan (*renewable resources*) di Indonesia.

Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berpartisipasi dalam seminar ini, baik sebagai pemakalah, pendukung dana, maupun sebagai peserta seminar. Tanpa kehadiran dan bantuan Anda semua, seminar ini tidak akan dapat terlaksana. Khusus kepada para pemakalah, kami memberikan apresiasi yang setinggi-tingginya atas peran serta Anda pada seminar ini. Partisipasi Anda semua membangkitkan keyakinan, bahwa penelitian dan industri berbasis bahan terbarukan di Indonesia akan terus berkembang di masa mendatang.

Kami menyadari bahwa dalam penyelenggaraan seminar ini masih terdapat banyak kekurangan. Untuk itu, kami memohon maaf yang sebesar-besarnya, seraya berharap pada pelaksanaan seminar berikutnya hal-hal tersebut dapat terus diperbaiki. Kami juga sangat mengharapkan umpan balik berupa saran dan kritik dari seluruh hadirin.

Sebagai penutup, kami mengucapkan selamat mengikuti Seminar Teknik Kimia UNPAR 2010 – Pemanfaatan Biomassa untuk Pangan, Energi, dan Bahan Kimia.

Bandung, April 2010

Ketua Panitia,

Dr. Ir Buana Girisuta

Kata Sambutan Ketua Jurusan Teknik Kimia UNPAR

Pertama-tama marilah kita mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas terlaksananya acara Seminar Teknik Kimia UNPAR 2010 ini. Seluruh proses perancangan hingga pelaksanaan acara ini tentunya tidak pernah terlepas dari kuasanya.

Seminar Teknik Kimia UNPAR 2010 merupakan kegiatan rutin tahunan Jurusan Teknik Kimia UNPAR yang bekerja sama dengan Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia UNPAR. Seminar ini bertujuan untuk mempertemukan akademisi, peneliti, praktisi industri dan mahasiswa untuk bertukar pikiran, pengalaman, dan hasil-hasil penelitian. Seminar Teknik Kimia UNPAR 2010 juga berfungsi sebagai forum komunikasi bagi berbagai institusi pendidikan, lembaga penelitian, dan industri untuk membangun jejaring di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi dalam dunia teknik kimia.

Pertama-tama kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pemakalah, yang telah mempresentasikan hasil penelitiannya baik secara lisan maupun dengan poster. Kami juga berterima kasih pada seluruh staf dosen dan mahasiswa yang terlibat dalam kepanitiaan Seminar Teknik Kimia UNPAR 2010 ini, dan juga kepada Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia UNPAR yang telah membantu pelaksanaan acara seminar ini.

Akhir kata, terima kasih banyak atas kerja keras dan kerjasama seluruh pihak sehingga acara Seminar Teknik Kimia UNPAR 2010 dapat berlangsung dengan baik dan lancar, dan semoga memberikan tanggapan dan dampak yang positif bagi seluruh pihak.

Bandung, 14 April 2010
Ketua Jurusan Teknik Kimia UNPAR

Dr. Ir. Buana Girisuta

DAFTAR ISI

TKB-01	Rancangbangun Teknologi Tepatguna Biogas Arustiarso <i>Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Serpong</i>	1
TKB-02	Analisis Karakteristik Dimetileter (DME) Sebagai Pengganti LPG Untuk Bahan Bakar Dengan Sistem "External Combustion" Cahyo S. Wibowo ¹ , Riesta Anggarani ² , dan Lies Aisyah ³ <i>Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi (PPPTMGB) "LEMIGAS"</i>	5
TKB-03	Interaksi antara Biomassa Fitoplankton <i>Chlorella sp.</i> dengan Kromium dalam Medium Air Diah Kusmardini <i>Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal</i>	10
TKB-04	Studi Penghilangan Lignin pada Enceng Gondok sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioetanol Menggunakan Basa Kuat Eka Sari <i>Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa</i>	17
TKB-05	Studi Produksi Hidrogen dari Konversi Bioetanol Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Kombinasi Reformer dan Membran Eka Sari ¹ , Yusvardi ² , Mochammad Effendi ³ ¹ <i>Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa</i> ² <i>Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa</i> ³ <i>Jurusan Teknik Kimia, Itats</i>	24
TKB-06	Biokonversi Tandan Kosong Kelapa Sawit Menjadi Etanol Happy Widiastuti dan Djoko Santoso <i>Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia</i>	35
TKB-07	Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit sebagai Komposit Siti Agustina, Tri Widiyanto, dan Aida Soelaeman <i>Balai Besar Kimia dan Kemasan</i>	38
TKB-08	Pengaruh Pemanfaatan Biodiesel Terhadap Pengurangan Emisi Gas Buang Pada Mesin Generator Maymuchar, Cahyo S Wibowo, dan Dimitri R <i>PPPTMGB "Lemigas"</i>	43
TKB-09	Pemanfaatan Jamur Merang (<i>Volvariella Volvacea</i>) untuk Mendegradasi kandungan Lignin pada Komposting Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Penambahan Aktivator <i>Effective Mikroorganism EM-4</i> Nuniek Hendriani, Rendra Graha* dan S.R. Juliastuti <i>Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi sepuluh Nopember</i>	47

- TKB-10 **Analisis Sifat Fisika dan Kimia Bahan Bakar Minyak Diesel Hasil *Blending* Minyak Solar 48 dengan Minyak Jarak Murni** 55
Setyo Widodo¹, Cahyo S. Wibowo², dan Reza Sukaraharja²
¹ *Departemen Teknik Kimia FT-Universitas Indonesia*
² *PPPIMGB LEMIGAS*
- TKB-11 **Peningkatan Nilai Tambah Olein Sawit Melalui Pengembangan *Methyl Ester Sulfonic Acid* (MESA)** 60
S Mujdalipah
Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi, LPPM – Institut Pertanian Bogor
- TKB-12 **Pemanfaatan Limbah Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn) Untuk Produksi Biogas** 68
Sriharti dan Takiyah Salim
Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna LIPI
- TKB-13 **Pemanfaatan Limbah Jarak Pagar (*Jatropha curcas* Linn) Untuk Pembuatan Briket** 73
Sriharti dan Takiyah Salim
Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna LIPI
- TKB-14 **Biofuel Based on Palm Oil Feedstock: Current Research and Development in IOPRI** 78
Tjahyono Herawan, Frisda R. Panjaitan, Meta Rivana
Indonesian Oil Palm Research Institute
- TKB-15 **Biokonversi Limbah Kulit Singkong Menjadi Pakan Ternak Berprotein Tinggi** 84
Wikanastri Hersoelistyocini, Abdullah Moch Busairi
Universitas Diponegoro
- TPB-01 **Mempelajari Perubahan Pengaruh Bahan Penstabil dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Puree Sirsak (*Annona Muricata* Linn) Sebagai Bahan Pembuatan Sari Buah** 91
Agus Triyono
Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna - LIPI
- TPB-02 **Mempelajari Pengaruh Sukrosa Dan Lama Penyimpanan Terhadap Karakteristik Dan Organoleptik Blend Juice Lidah Buaya (*Aloe Vera*) Dan Jeruk Nipis (*Citrus Aurantifolia*)** 98
Agus Triyono
Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna - LIPI
- TPB-03 **Fermentasi Substrat Padat Batang Padi oleh *Aspergillus niger* untuk Produksi Enzim Selulase** 105
Akbarningrum Fatmawati, Wahyu Utomo, dan Cheria Kartika G.
Program Studi Teknik Kimia, Universitas Surabaya

TPB-04	Pengaruh Penambahan Enzim Selulase Dalam Proses Ekstraksi Pati Dari Empulur Sagu (<i>Metroxylon sp.</i>) Terhadap Rendemen dan Karakteristik Mutu Patinya Djajeng Sumangat dan Hadi Setianto <i>Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian</i>	111
TPB-05	Pembuatan Tepung Limbah Buah Nanas (<i>Ananas Comosus L. Merr</i>) dengan Variasi Suhu Pengeringan Doddy A. Darmajana <i>Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna LIPI</i>	116
TPB-06	Pemanfaatan Limbah Industri Sari Buah Nanas Untuk Nata De Pina (Pengaruh Amonium Sulfat Dan Sukrosa Terhadap Mutu Nata) Doddy A. Darmajana <i>Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI</i>	122
TPB-07	Kajian Perubahan Kadar Protein Pada Tahapan Proses Pembuatan Tahu Sumedang Euny Sholichah, Nok Afifah <i>Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI</i>	129
TPB-08	Meningkatkan Nilai Tambah Komoditi Kakao Melalui Pengembangan Usaha Olahan Kakao Di Sulawesi Tengah Savitri Dyah W.I.K.R dan Fitri Setiyoningrum <i>Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna – LIPI</i>	135
TPB-09	Viabilitas <i>L. casei</i> dan <i>L. bifementans</i> yang Disuplementasikan pada Sari Jagung Manis Fitri Setiyoningrum, Dewi Desnilasari, Cecep Erwan R <i>Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna – LIPI</i>	147
TPB-10	Pengembangan Produk ‘Kaki Naga’ Dari Ikan Laut Untuk Menunjang Program Gemar Makan Ikan (Gemari) Fitri Setiyoningrum, Rima Kumalasari, dan Ainia Herminiati <i>Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna – LIPI</i>	153
TPB-11	Sintesis <i>healthy cooking oil</i> dari Minyak Sawit Menggunakan Biokatalis Secara Kontinyu Heri Hermansyah, Sutrasno Kartoharjono, Rita Arbianti, Anondho Wijanarko, Anatta Wahyu Budiman, Diandra Novita, dan Muhammad Firdaus <i>Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia</i>	159
TPB-12	Sifat Fisik dan Palatabilitas Es Krim Labu Kuning (<i>Cucurbita moschata</i>) menggunakan Pengemulsi Pati Jagung (<i>Zea Mays L.</i>) dan Pati Garut (<i>Maranta arundinacea L.</i>) Sri Usmiati dan Nanan Nurdjannah	163

- TPB-13 **Kajian Peluang Inovasi dan Implementasi Pengembangan Platform Teknologi Bidang Pangan Fungsional di LIPI** 174
Rahmi Lestari Helmi
Pusat Inovasi-LIPI
- TPB-14 **Pengaruh Jenis dan Kadar *Plastisizer* terhadap Permeabilitas Uap Air dan Sifat Mekanik *Edible Film* dari Kitosan** 182
Ratna Ningsih¹, Siti Syamsiah
¹*Jurusan Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada*
- TPB-15 **Produksi Enzim Lipase dari *Aspergillus niger* dengan Induser Minyak Goreng Sawit** 189
Sri Wahyu Murni, Siti Diyar Khoiisoh, Renaldo Agustian Nugraha, dan Nurul Arifin Saleh Saputra
Program Studi Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta
- TPB-16 **Pertumbuhan dan Interaksi antara *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium longum* dengan *Escherichia coli* pada Sumber Karbon Berbagai Jenis Pati Sagu** 197
Suyanti, Sri Usmiati dan Endang Yuli Purwani
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
- TPB-17 **Pengaruh Konsentrasi Dan Jenis Gula Terhadap Sifat Fisiko Kimia Susu Kental Manis Kacang Hijau** 205
Taufik Rainman dan Wawan Agustina
Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI
- TPB-18 **Pengaruh Cara Dan Jenis Kemasan Terhadap Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Pisang Goreng Instan** 211
Thomas Indarto Putut Suseno¹, Yayuk Trisnawati², dan Suwito Suryomulyono Liemoh³
¹*Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya*
² *Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya*
³*Alumni Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya*
- TPB-19 **Optimasi Produksi Tepung Lidah Buaya (*Aloe vera*) dari Skala Pilot ke Skala Industri** 220
Tri Yuni Hendrawati
Program Studi Teknik Kimia Institut Sains dan Teknologi Al Kamal
- TPB-20 **Characteristics of α -Amylase From Local Soybean Sprouts** 229
Melody Angela Mary Gani¹), Maggy T Suhartono²), dan Julia Ratna Wijaya³)
¹ *Alumni of Food Technology Department Universitas Pelita Harapan*

⁴ Part time lecturer of Food Technology Department Universitas Pelita Harapan Karawaci

³ Full time lecturer of Food Technology Department Universitas Pelita Harapan Karawaci

- TRK-01 **Pengaruh In Kalsium Terhadap Kinerja Bakteri *Desulfovibrio desulfuricans* Untuk Mereduksi Sulfat Pada Air Limbah Buangan Industri Minyak Bumi** 240
Rully Darmawan, Hidayat Firdaus, Farid Effendi, Dyah Winarni R., S.R. Juliastuti
Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- TRK-02 **Uji Efektifitas Suhu dan Kadar Air Terhadap Pembentukan Polyc! Pada Reaksi Hidroksilasi Minyak Kedelai Terepoksidasi** 247
Edy Purwanto, Ulli Viola, dan Lanny Yovita
Jurusan Teknik Kimia Universitas Surabaya
- TRK-03 **Penggunaan Biokatalis Dari Kecambah Kecipir Pada Reaksi Hidrolisis Minyak Kelapa** 253
Erna Astuti dan Natalia Pratiwi
Program Studi Teknik Kimia Universitas Ahmad Dahlan
- TRK-04 **Penelitian Produksi Hydrogen dengan Menggunakan Photovoltaic-Water Hydrogen Electrolizer** 259
Ganesha Tri Chandrasa
Balai Besar Teknologi Energi -- BPP1, PUSPIPTEK
- TRK-05 **Penyisihan Fenol Secara Elektrokimia Dari Air Limbah Gasifikasi** 266
Hendriyana
Jurusan Teknik Kimia-FT, UNJANI
- TRK-06 **Rancang Bangun Reaktor Anerobik Bentuk Fixed Bed yang Bekerja Secara Gravitasi** 271
Salafudin, Sirin Fairus
Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Nasional Bandung
- TRK-07 **Pengaruh Olr (*Organic Loading Rate*) Terhadap Unjuk Kerja *Double Stages Biogas Reactor*: Skala Pilot** 275
Salafudin, Sirin Fairus, Riza Martwan, dan Ruben Haposan
Institut Teknologi Nasional
- TRK-08 **Usaha Menaikkan Konversi pada Proses Pembuatan Gliserol dari Minyak Kelapa Sawit dan Metanol dengan Katalisator H₂SO₄** 279
Titik Mahargiani
Jurusan Teknik Kimia Fak. Teknologi Industri UPN "Veteran"

TPM-01	Pencucian Membran Ultrafiltrasi Pada Pemekatan Enzim α-Amilase Adi Permadi <i>Departemen Teknik Kimia – Institut Teknologi Bandung</i>	284
TPM-02	Performa Backflush Pada Membran Ultrafiltrasi Sebagai Unit Pemurnian Awal Larutan Enzim α-Amilase Adi Permadi <i>Departemen Teknik Kimia – Institut Teknologi Bandung</i>	291
TPM-03	Pembuatan Membran Polysulfon Serat Berongga (Hollow Fiber) Untuk Pemisahan Zat Warna dari Air Buangan Industri Tenun Tradisional Sumatera Selatan Selastia Yuliaty <i>Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya</i>	296
TPM-04	Studi Proses Pemisahan Gas CO₂ Dari Gas Buang Industri Besi Baja Melalui Optimalisasi Rancangan Kontaktor Membran Sri Agustina¹ dan Hadi Wahyudi² ¹ <i>Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknik Untirta</i> ² <i>Jurusan Teknik Mesin, Fak. Teknik Untirta</i>	306
TPM-05	Pembuatan Filter Mikrofiltrasi Berbahan Clay dan Fly Ash dan Aplikasinya Dalam Pengolahan Limbah Cair Subriyer Nasir, Desi Anggraini, Rini Agustina <i>Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya</i>	312
TPM-06	Selektifitas Absorber Pada Membran Selulosa Asetat Untuk Pemisahan Gas CO₂/CH₄ Pada Tekanan Rendah Anda Lucia dan Adiwari <i>Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"</i>	319
TPM-07	Efek Polietilen Glikol Berwujud Padat Terhadap Membran Berbahan Dasar Selulosa Asetat Untuk Pemisahan Gas CO₂/CH₄ Pada Tekanan Rendah Adiwari ¹ , Dessy Yulia ¹ , Eva Fathul Karamah ² , Aryati Shinta Dewi ² ¹ <i>PPPTMGB "Lemigas"</i> ² <i>Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik UI</i>	324
TPM-08	Efek Polietilen Glikol Pada Membran Berbahan Dasar Polysulfon Untuk Pemisahan Gas CO₂ dan CH₄ Adiwari, Abdul Rizal Habibi, Yufliawati Away, dan Nurhasni <i>Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Minyak Dan Gas Bumi "LEMIGAS"</i>	330
TPM-09	Sintesis Nanopartikel CuO/ZnO/Al₂O₃ Menggunakan Metoda Polimer Assisted Pyrolysis Bebeh Wahid Nuryadin, Mikrajuddin Abdullah, Khairurrijal <i>Program Studi Fisika, Institut Teknologi Bandung</i>	340

OTK-01	Studi Pemanfaatan Campuran Limbah Abu Terbang (AT) dan Kapur (K) Untuk Menyerap Logam Berat Cd, Pb, Cr dan Zn	34
	Dasli Noerdin <i>Jurusan Kimia FMIPA UNJANI</i>	
OTK-02	Pemungutan Minyak Daun Jeruk Purut Menggunakan Metoda Ekstraksi-Enfleurasi	353
	Sri Wahyuni Santi R., Tunjung Wahyu W., Setiyo Puji R., dan Nita Indriyani <i>Program Studi Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta</i>	
OTK-03	Ekstraksi Steviosida dari Daun Stevia (Stevia rebaudiana) sebagai Pemanis Alami	360
	Titik Mahargiani, Sri Wahyu Murni, Murti Wahyuningsih, Achmad Rudiarto <i>UPN Veteran Yogyakarta</i>	
OTK-04	Ampo Terpiir Besi Oksida : Pembuatan Dan Karakterisasi	366
	Yuliani, HR <i>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang</i>	
OTK-05	Peningkatan Karakteristik Ampo sebagai Adsorben Melalui Metode Pilarisasi	378
	Yuliani, HR <i>Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Ujung Pandang</i>	
OTK-06	Peran Teknik Pencampuran Batubara Penyediaan Batubara Kokas	385
	Stefano Munir	
OTK-07	Pengukuran Volume dan Ukuran Pori-Pori Karbon Aktif Dari Batubara Air Laya	389
	Ika Monika, Tuti Hermawati <i>Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Mineral dan Batubara</i>	
OTK-08	Uji Terhadap Kapasitas Adsorpsi Ion Krom dan Tembaga yang Terjerap oleh Kitosan menggunakan Model Matematis Lagergren dan Ho	393
	Hargono, Kristinah Haryani <i>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro</i>	
RPP-01	Pemanfaatan Abu Sekam Padi dan Minyak Goreng Bekas Dalam Proses Pembuatan Sabun	398
	Diah Kusardini, Faridlatul Muflihah, Ayu Romadhona, Ikhsanudin <i>Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal</i>	
RPP-02	Pembuatan Resin Phenol Formaldehyde sebagai Prekursor Untuk Preparasi Karbon Berpori: Pengaruh Penambahan Senyawa Turunan Phenol	405
	Mamik Mardyaningsih ¹ , Rochmadi ² , Imam Prasetyo ² ¹ <i>Politeknik Negeri Kupang, Nusa Tenggara Timur</i>	

Studi Proses Pemisahan Gas CO₂ Dari Gas Buang Industri Besi Baja Melalui Optimalisasi Rancangan Kontaktor Membran

Sri Agustina^[1], Hadi Wahyudi^[2]

^[1] Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknik Untirta, Jl. Jend. Sudirman Km. 3,5 Cilegon, Banten
Telp./ Fax : (0254) 395502 / (0254) 395440

Email : sri_kadir@yahoo.com

^[2] Jurusan Teknik Mesin, Fak. Teknik Untirta, Jl. Jend. Sudirman Km. 3,5 Cilegon, Banten

Abstrak

Kontaktor membran serat berongga mulai banyak digunakan sebagai kontaktor gas – cair yang diantaranya adalah proses penyerapan CO₂ dari aliran gas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas kontaktor membran serat berongga untuk memisahkan gas CO₂ dari gas buang industri besi baja menggunakan pelarut MEA dan NaOH. Variabel operasi yang diamati adalah laju alir pelarut yang melalui kontaktor membran serat berongga dan temperatur cairan. Hasil studi memperlihatkan bahwa koefisien perpindahan massa pada kontaktor membran berbanding lurus dengan laju alir pelarut dan temperatur. Sehingga nilai fluks dan % penyisihan gas CO₂ yang didapatkan semakin naik seiring dengan kenaikan kedua variable tersebut. Studi juga membuktikan bahwa pelarut amin masih merupakan pelarut yang baik untuk meyisihkan gas CO₂ dalam kontaktor membran. Pelarut MEA dapat mencapai 100 % penyisihan dibandingkan pelarut NaOH yang hanya mencapai 63 % penyisihan gas CO₂.

Kata Kunci : Kontaktor Membran, Serat Berongga, Pemisahan Gas CO₂

Abstract

Hollow fiber membrane contactor are widely used as gas – liquid contactor for CO₂ gas removal from gas streams. This study aims to evaluate the effectiveness of hollow fiber membrane contactor to separate CO₂ from flue gas by using monoethanolamine (MEA) and NaOH solution as adsorbent. Variable operation was observed that the solvent flow rate through the hollow fiber membrane contactor and the temperatur of the liquid. The results of the study showed that the mass transfer coefficient in the membrane contactor is directly proportional to the solvent flow rate and temperatur. So the value of the flux and % of CO₂ allowance earned more up as the increase in both variable process. Studies also show that the solvent amin still a good solvent for CO₂ in meyisihkan membrane contactor. MEA solvent can reach 100% allowance over NaOH solvent which only reached 63% of CO₂ allowance.

Keywords : Membrane Contactor, Hollow Fiber, CO₂ gas separation

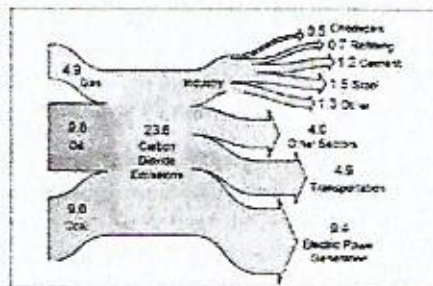
Pendahuluan

Pemanasan global (*global warming*) merupakan permasalahan lingkungan yang banyak mendapat perhatian serius saat ini. Konsekuensi yang timbul akibat pemanasan global antara lain meningkatnya temperatur rata-rata bumi dan tinggi permukaan air laut, kemarau yang berkepanjangan, meluasnya gurun, adanya gelombang panas, terpecah-belahnya ekosistem, dan berkurangnya aktivitas agrikultural. Gas CO₂ dalam udara memiliki kontribusi yang paling besar sebagai penyebab efek rumah kaca.

Berdasarkan observasi yang dilakukan laboratorium Mauna Loa, Hawaii, konsentrasi karbon dioksida di udara meningkat dengan cepat dari 310 ppmv pada tahun 1958 menjadi 370 ppmv di tahun 2001 (Majari, 2007). Peningkatan jumlah karbon dioksida ini terutama disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil yang memproduksi sekitar 24 milyar ton CO₂ per tahun dan hanya setengahnya yang dapat diabsorb oleh proses alam. Gas CO₂ dalam jumlah besar dapat juga ditemukan pada gas buang yang dihasilkan dari peralatan

industri seperti *steam generator*, *furnace*, *blast furnace* pada industri besi dan baja, *rotary kiln* pada industri semen, dan lain sebagainya.

Industri besi baja sebagai salah satu industri terbesar di Indonesia memberikan kontribusi yang cukup besar juga dalam pembuangan gas CO₂ ke udara bebas. Distribusi asal emisi gas CO₂ di dunia secara persentasi diperlihatkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1 Emisi Global CO₂ Dari Bahan Bakar Fosil (10¹⁵ g/Tahun)

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk memisahkan gas CO₂ dari campurannya adalah teknologi membran. Kemudian teknologi membran dikembangkan dan dimodifikasi dengan teknik absorpsi, sehingga tercipta teknologi baru yang disebut sebagai teknologi kontakor membran. Aplikasi kontakor membran untuk memisahkan gas CO₂ dari campuran gas mulai diaplikasikan di beberapa pabrik petrokimia dan gas alam.

Pada penerapannya terdapat beberapa alternatif rancangan kontakor membran untuk dapat diaplikasikan di industri yang membutuhkan. Seperti yang dijelaskan di atas, pada kontakor membran terjadi kontak non-dispersif, yang artinya tidak terjadi kontak secara langsung antara absorben dan gas. Permukaan (*interface*) fluida/fluida terbentuk pada mulut pori membran, dan perpindahan massa akan terjadi melalui difusi pada permukaan fluida di dalam pori membran. Berbeda dengan jenis membran *reverse osmosis* ataupun nanofiltrasi yang menggunakan tekanan sebagai gaya dorong karena pada kontakor membran gaya dorong yang digunakan adalah perbedaan konsentrasi. CO₂ akan berpindah dari gas yang memiliki konsentrasi CO₂ tinggi menuju cairan absorben yang memiliki konsentrasi CO₂ rendah.

Aplikasi kontakor membran hollow fiber di beberapa industri telah melalui beberapa penelitian, baik secara simulasi proses maupun pada skala laboratorium saja. Pada penelitian secara simulasi, kontakor membran hollow fiber dapat secara efektif menurunkan jumlah kebutuhan gas alam di pabrik besi spons (Agustina, 2007). Hal ini dilakukan melalui proses pemisahan gas CO₂ dari *tail gas*.

Parameter rancangan harus disesuaikan dengan komposisi gas umpan masuk dan kemurnian gas produk yang dihasilkan melalui proses pemisahan tersebut. Keberhasilan pemisahan gas CO₂ melalui kontakor membran sangat bergantung pada pemilihan material polimer, pelarut yang digunakan, serta variabel operasi yang paling baik untuk diterapkan pada proses pemisahan tersebut. Sehingga saat diperlukan kajian mendalam mengenai optimalisasi rancangan kontakor membran yang paling baik untuk diterapkan untuk memisahkan gas CO₂ dari gas buang industri besi baja.

Landasan Teori

Rancangan kontakor membran pada penelitian ini menggunakan jenis serat berongga atau *hollow fiber*. *Hollow fiber* dapat diartikan sebagai membran kapiler yang terdiri dari bagian *tube* dan *shell*, persis seperti *heat exchanger*. Pada kontakor membran, absorben mengalir didalam tube sedangkan aliran gas akan mengalir di bagian *shell* atau bisa juga sebaliknya. Jenis membran yang digunakan bisa berupa membran *porous* maupun membran *non-porous*.

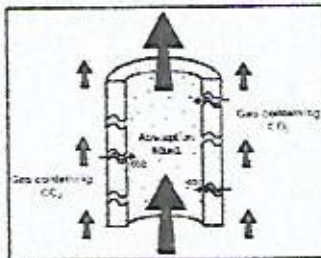
Pada membran *non-porous*, membran berfungsi sebagai batas antara fasa gas dan fasa liquid. Sedangkan pada membran *porous*, terjadi proses selektif dan perpindahan partikel yang terkontrol dari fasa gas ke fasa cairan. Akan tetapi, membran *porous* menyebabkan transfer perpindahan massa dari gas ke cairan mejadi kecil akibat tahanan dari membran. Sehingga, membran *porous* lebih disukai pada aplikasi kontakor membran.

Sementara itu juga telah dianalisa pengaruh variabel kondisi operasi terhadap syarat-syarat perancangan suatu teknologi membran untuk dapat diaplikasikan di suatu industri. Secara umum disimpulkan bahwa tekanan dan temperatur operasi memiliki pengaruh yang signifikan terhadap parameter daya guna membran, dan perancangan kontakor membran secara khusus (Dortmundt, 1999). Semakin tinggi temperatur, selektivitas akan semakin tinggi namun fluks akan semakin rendah. Sebaliknya semakin tinggi tekanan, selektivitas akan semakin rendah namun fluks membran akan semakin tinggi.

Beberapa keuntungan kontakor membran dibandingkan dengan kontakor konvensional, antara lain:

1. Kontak bersifat non-dispersif sehingga tidak mungkin terjadi *flooding* dan *entrainment*
2. Laju alir gas dan cairan lebih rendah dari kontakor konvensional dan dapat bervariasi secara bebas
3. Luas permukaan kontak yang sangat besar, yaitu 500-1500 m²/m³. Luas ini jauh lebih besar dari pada luas permukaan kontakor konvensional yaitu 100-250 m²/m³

4. *Hold up* pelarutnya rendah, sangat atraktif untuk pelarut yang mahal
 5. *Scale-up* dapat dilakukan dengan mudah
- Keuntungan yang diberikan oleh kontaktor membran menyebabkan ukuran kontaktor menjadi jauh lebih



Gambar 2. Kontak non-dispersif pada kontaktor membran

Perpindahan massa suatu komponen dari fasa gas ke dalam cairan yang mengalir di dalam membran *hollow fiber* terdiri dari tiga tahap, yaitu difusi solute dari fasa *bulk gas* ke permukaan membran, difusi melalui pori membran ke permukaan cairan, dan difusi dari permukaan cairan ke fasa *bulk cairan*. Koefisien perpindahan massa overall tergantung pada resisten perpindahan massa individual, untuk fasa gas (1/kg), membran (1/km), fasa cairan (1/mkLE) dengan persamaan sebagai berikut (Kreulen, *et al*):

$$\frac{1}{K_{ov}} = \frac{1}{k_g} + \frac{1}{k_m} + \frac{1}{m \cdot k_L E} \quad (1)$$

Saat ini, teknologi kontaktor membran bergerak ke arah pemakaian *dual hollow fiber membran* untuk proses absorpsi dan desorpsi secara simultan. Karakteristik *dual hollow fiber membran* dapat dilihat pada Gambar 2.7. Saat ini, pemakaian kontaktor membran hanya digunakan pada proses absorpsi, sedangkan proses regenerasi dilakukan dengan menggunakan temperatur tinggi untuk melepaskan gas CO₂ dari cairan absorbent. Dari sisi energi, hal ini sangat tidak efisien. Oleh karena itu, dikembangkan proses desorpsi yang juga dilakukan melalui membran.

Metodologi

Penelitian ini dilakukan melalui simulasi menggunakan software Hysys 3.2 Tujuan dari dilakukan simulasi ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas kontaktor membran serat berongga sebagai kontaktor proses penyerapan gas CO₂ dari campurannya, dengan menggunakan pelarut NaOH dan MEA (*Monoethanolamine*). Material membran yang digunakan dalam simulasi ditentukan terlebih dahulu berdasarkan penelitian terdahulu yang serupa. Hasil akhir dari proses simulasi diharapkan dapat menyimpulkan 3 hal, yaitu sebagai berikut :

kecil daripada kontaktor konvensional. Proses kontak non-dispersif pada kontaktor membran *hollow fiber* dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

- Material membran yang terbaik
- Absorbent yang terbaik
- Rancangan kontaktor membran yang dapat digunakan untuk memisahkan gas CO₂ dari gas buang pabrik besi baja

Karakteristik kontaktor membran

Material membran yang digunakan adalah membran polimer *Polyvinyltrimethylsilane (PVTMS)*. Pemilihan material membran berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Modigel dkk (2007), dimana didapatkan hasil pemisahan yang cukup baik pada saat memisahkan gas CO₂ dalam proses produksi biohidrogen.

Parameter simulasi proses dan modul membran yang digunakan ditetapkan terlebih dahulu untuk dapat mempermudah berjalannya simulasi yang diinginkan. Spesifikasi kontaktor membran serat berongga diperlihatkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Spesifikasi kontaktor membran serat berongga (S. Yan et al.)

Diameter dalam (ID) modul, m	0.08
Diameter luar (OD) serat, µm	442
Diameter dalam (ID) serat, µm	344
Panjang serat, m	0.8
Panjang modul, m	1.0
Jumlah serat	7000
Ukuran pori rata-rata, µm	0.02 x 0.2
Porositas serat, %	>45
Packing density, %	21.4
Luas kontaktor, m ² (kedalaman)	6.05

Sementara untuk batasan kondisi proses lainnya, seperti aliran gas, komposisi gas, dan sebagainya disesuaikan dengan data yang diperoleh dari pabrik besi baja.

Parameter Efektivitas Kontaktor Membran

Efektivitas kontaktor membran pada penelitian ini dilakukan melalui studi perpindahan massa komponen gas CO₂ dari aliran umpan gas buang. Koefisien perpindahan massa, *K_L*, yang terjadi didalam kontaktor dihitung melalui persamaan :

$$K_L = \frac{Q_L}{A} \ln \frac{c^* - c_0}{c^* - c_1} \quad (2)$$

Sementara fluks gas yang melalui membran dapat dihitung melalui persamaan :

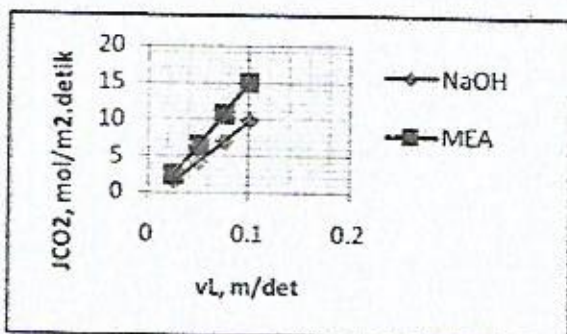
$$J = K_L \Delta C \quad (3)$$

Melalui penelitian ini akan dilihat bagaimana perubahan nilai Fluks gas CO₂ terhadap beberapa parameter kondisi operasi proses. Sehingga dapat disimpulkan variabel proses apa saja yang dapat mempengaruhi optimalisasi kerja kontaktor membran tersebut.

Hasil dan Pembahasan

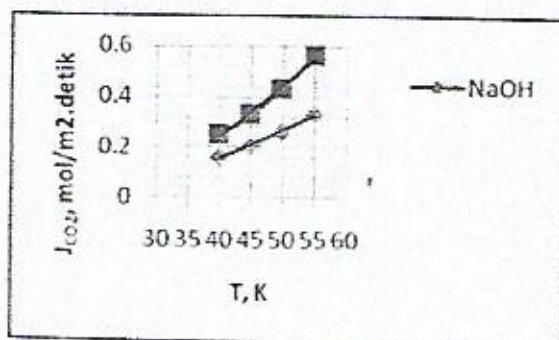
Studi perpindahan massa gas CO₂

Studi perpindahan massa dapat dilihat melalui fluks gas CO₂. Fluks gas CO₂ dapat didefinisikan sebagai banyaknya karbon dioksida yang berpindah persatuan waktu persatuan luas membran. Gambar berikut ini memperlihatkan hubungan antara fluks gas CO₂ yang diserap pelarut dengan laju alir pelarut pada kontaktor yang digunakan.



Gambar 3. Perubahan nilai fluks gas CO₂ dari campurannya terhadap laju alir pelarut, v_L

Dari gambar diatas terlihat bahwa fluks gas CO₂ yang diserap pelarut melalui kontaktor membran serat berongga bertambah besar dengan naiknya laju alir pelarut. Hal ini dikarenakan nilai fluks berbanding lurus dengan koefisien perpindahan massa seperti terlihat pada persamaan (19). Peningkatan laju alir akan meningkatkan turbulensi aliran sehingga arus *Eddy* yang terjadi juga akan semakin besar. Arus *Eddy* ini akan memperkecil hambatan yang terjadi disekitar aliran dan memperbesar koefisien perpindahan massa, sehingga nilai fluks akan mengalami peningkatan.



Gambar 4. Perubahan Nilai Fluks Terhadap Temperatur Cairan

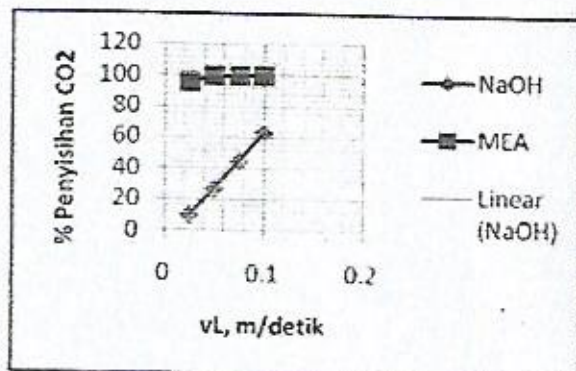
Hal yang sama juga diperlihatkan pada gambar 4 diatas, yang menunjukkan efek temperatur terhadap fluks gas CO₂. Semakin tinggi temperatur cairan absorber, maka nilai fluks gas CO₂ melalui kontaktor membran semakin tinggi pula. Pengaruh ini terlihat signifikan baik untuk pelarut MEA dan juga NaOH. Ketika temperatur cairan dinaikkan dari 40 °C hingga 55 °C, laju perpindahan massa naik dari 0,162 mol/m².detik menjadi 0,33 mol/m².detik untuk pelarut NaOH dan kenaikan dari 0,25 mol/m².detik menjadi 0,56 mol/m².detik untuk pelarut MEA. Dapat disimpulkan bahwa kenaikan temperatur cairan dapat menaikkan kelarutan CO₂ sehingga fluks mengalami peningkatan.

Sesuai dengan persamaan Arrhenius yang menyatakan konstanta laju reaksi dan difusi, temperatur dapat menaikkan laju reaksi. Tetapi kenaikan temperatur juga dapat menurunkan kelarutan CO₂, bila laju reaksi dan difusi yang terjadi pada kontak gas-liquid lebih besar dari kelarutan CO₂ dalam cairan. Karenanya efek temperatur terhadap fluks atau kelarutan CO₂ dalam beberapa cairan pelarut, khususnya untuk pelarut amin, seringkali tidak konsisten dengan teori awal. Hasil penelitian yang sebaliknya didapatkan oleh Kim & Yang (2008) dengan menggunakan AMP sebagai absorbent.

Serupa juga dengan hasil yang didapatkan oleh Tan & Chen (2007) dengan menggunakan campuran MEA dan piperazine (PZ) sebagai pelarut. Hal yang harus digarisbawahi adalah pemilihan temperatur cairan juga dapat dipengaruhi oleh material polimer membran yang digunakan. Sehingga untuk tiap material polimer akan memiliki kecenderungan yang berbeda pada pengaruh temperatur terhadap nilai fluks gas melalui kontaktor membran (S. Yan et al, 2007).

Studi Penyisihan Gas CO₂ menggunakan dua pelarut yang berbeda

Salah satu parameter yang sangat berpengaruh terhadap laju penyisihan gas CO₂ dalam proses kontaktor membran adalah laju alir cairan pelarut (K. Simmons et al., 2009). Gambar berikut memperlihatkan pengaruh tersebut melalui hasil yang didapatkan melalui simulasi.



Gambar 5. Pengaruh laju alir cairan terhadap laju penyisihan gas CO₂

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa kenaikan laju alir pelarut dapat menaikkan prosentase penyisihan gas CO₂, baik untuk pelarut amin dan NaOH. Ketika pelarut mengalir lebih cepat, konsentrasi gas pada permukaan luar serat sepanjang kontakor menjadi lebih sedikit, sehingga menghasilkan *gradient* konsentrasi yang lebih besar pada permukaan antar muka dan laju perpindahan yang lebih tinggi. Hal yang sama juga didapatkan melalui penelitian oleh M. AL-Marzouqi dkk (2008) menggunakan pelarut amin yang sama.

Pemilihan pelarut yang paling efektif

Dari ketiga parameter yang digunakan sebagai acuan untuk melihat pengaruh variable operasi dapat dilihat juga bahwa pelarut amin (MEA) memiliki efektifitas yang paling tinggi dibandingkan dengan pelarut non amin (NaOH).

Pemilihan pelarut harus didasarkan pada beberapa criteria. Penggunaan larutan reaktif untuk komponen gas dapat menghasilkan laju absorpsi yang tinggi dan mengurangi laju tahanan perpindahan massa cairan (A. Mansourizadeh, 2009). Hal ini pernah diteliti oleh Lu akk, dengan membandingkan penggunaan pelarut amin (MDEA) dan AMP. Hasil yang didapatkan adalah laju penyisihan gas CO₂ terbaik dengan menggunakan pelarut amin.

Salah satu factor penting dalam pemilihan pelarut adalah tegangan permukaan dari cairan pelarut tersebut. Meskipun membran yang digunakan untuk absorbs gas merupakan membran mikropori hidrofobik, pelarut dengan tegangan permukaan yang rendah dapat masuk ke dalam membran pori dan menyebabkan proses pembasahan membran terjadi secara bertahap. Umumnya, komponen organik dapat mengurangi tegangan permukaan dari larutan absorbent dan hal tersebut dapat ditemui pada larutan amin. Oleh karena itu dapat disimpulkan melalui simulasi ini, pelarut amin masih merupakan salah satu pelarut yang cukup efektif untuk digunakan dalam kontakor membran gas CO₂.

Kesimpulan

Berdasarkan pada tujuan penelitian yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

- Material membran *Polyvinyltrimethylsilane* (PVTMS) cukup baik digunakan dalam kontakor membran untuk menyisihkan CO₂ dari gas buang pabrik besi baja.
- Pelarut amin masih merupakan pelarut yang terbaik sebagai absorber gas CO₂ dalam proses penyisihan gas

CO₂ melalui kontakor membran, dimana % penyisihan dapat mencapai 100 % penyisihan.

- Terdapat 2 variabel proses yang memberikan pengaruh signifikan terhadap penyisihan gas CO₂, yaitu laju alir dan temperatur cairan pelarut. Keduanya memiliki kecenderungan yang sama, yaitu semakin tinggi laju alir dan temperatur cairan maka koefisien laju perpindahan massa semakin tinggi dan prosentase penyisihan pun akan semakin tinggi

Ucapan Terima Kasih

1. Dana Penelitian Program Hibah Bersaing DP2M DIKTI Tahun 2009
2. LPPM Untirta
3. Jurusan Teknik Kimia Untirta

Daftar Pustaka

- Agustina, S, 2007, "Kajian awal penerapan teknologi membran untuk memisahkan CO₂ dari tail gas di pabrik besi spons", Master Tesis
- Al-Marzouqi, M., El-Naas, M., Marzouk, S. A., Al-Zarooni, M., Abdullatif, N., Faiz, R., 2008, "Modelling of CO₂ absorption in membran kontakors", *Separation & Purification Technology Journal* Vol. 59, 286 – 293.
- Coker, D.T.; Prabhakar, R.; Freeman, B.D., 2003, *Tools for teaching : Gas Separation Using Polymer*, Chera. Eng. Education, Univ. Of Texas, Austin.
- Coker, D. T.; Freeman, B.D.; Fleming, G.K, 2006, "Modelling multicomponent Gas separation using hollow-fiber membran kontakors", *AIChE Journal* Vol 44 No.6, 1289-1303.
- Dhingra, S.S., "Mixed gas transport studi through polymeric membrans : A novel technique", Master Thesis
- Dormundt, D.; Doshi, K, 1999," **Recent Developments in CO₂ Removal Membran Technology**", Paper of UOP, LLC, Illinois, USA.
- Echt, W., "Hybrid system : Combining technologies leads to more efficient gas conditioning", Presented at the Laurence Reid Gas Conditioning Conference, 2002.
- Hägg, M.B., 2006, "Nanostructured membrans for gas separating", FUNMAT meeting, NTNU, Singapore.
- Jordal, K.; Bredessen, R.; Kvamsdal, H.M.; Bolland, O., 2004, "Separation of H₂-separating membran technology in gas turbine processes for CO₂ capture", *Journal Energy*, : 1269-1278.

- Kesting, 1993 R.E., A. K., Polymeric gas separation membran, John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Kluiters, S.C.A., 2004, "Status review on membran systems for hydrogen separation", Intermediate report EU Project MIGREYD NES-2001, Petten.
- Mansourizadeh, A., Ismail, A.F., 2009, "Hollow fiber gas-liquid membran kontaktors for acid gas capture : A review", Journal of Hazardous Materials.
- Mulder, M., 1996, Basic principle of membran technology, Kluwer Academic Publisher, Netherlands.
- Mussamma, A., 1996, "Teknologi membran pemisahan gas : Prospek dan tantangan", Prosiding Seminar Teknik Kimia Soehadi reksowardojo, ITB.
- Wong, S.; Bioletti R., 2002, "Carbon dioxide separation technologies", Carbon dan Energi Management Alberta Research Council, Edmonton, Canada.
- Xu, Z.; Wang, J.; Chen, W.; Xu, Y., "Separation and fixation of carbon dioxide using polymeric membran kontaktor". Institute of polymer science, Zhejiang University, Hangzhou, P. R. China.
- Yan, S., Fang, M., Zhang, W., Wang, S., Xu, Z., Luo, Z., Cen, K., 2006, "Experimental study on the separation of CO₂ from flue gas using hollow fiber membran kontaktors without wetting", Journal of Fuel Processing Technology