

ISSN : 1693 - 1750

PROSIDING



SEMINAR

TJIPTO UTOMO

VOLUME 5 TAHUN 2007

SUMBER DAYA ALAM INDONESIA :
PERANAN TEKNOLOGI KIMIA DALAM PEMANFAATANNYA
SECARA BERKELANJUTAN



Kamis , 30 Agustus 2007
Kampus ITENAS
Jl. P.H.H. Mustafa No.23 Bandung

Jurusan & Himpunan Mahasiswa
Teknik Kimia

Institut Teknologi Nasional (ITENAS) Bandung



DAFTAR MAKALAH/PAPER Seminar Tjipto Utomo 2007

- A-1 Metode Pembelajaran Kooperatif Mempersiapkan Mahasiswa Teknik Kimia Memasuki Dunia Kerja.
Lie Hwa, Lieke Riadi, Ivonne Edrika, Teknik Kimia Universitas Surabaya
- A-2 Kuliah Keahlian : Sebuah Alternatif Metode Pendidikan Di Teknik Kimia.
Iwan Mu'min Basarah, Departemen Produksi PT. Rajawali Hiyoto - Cimahi
- A-3 Pemanfaatan Sumber Daya Alam lokal Untuk Penumbuhan Usaha Pengolahan Pisang Di Kabupaten Malinau Kalimantan Timur.
Rachmini Saparita, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna - LIPI
- A-4 Mikroba Mempercepat Pengomposan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit.
Suharwaji Sentana, Suyanto, M. Akham Subroto, Suprapedi, Sudiyono, Ruchiat dan Suryono, Pusat Penelitian Fisika LIPI – Bandung
- A-5 Pemanfaatan Sampah Kota Menjadi Kompos Dalam Komposter Skala Rumah Tangga.
Sriharti dan Takiyah Salim, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna – LIPI
- A-6 Verifikasi Insinerator PPF – OG CCB 1.50 untuk Pembakaran Sampah Organik Padat.
Mamat, Pusat Penelitian Fisika – LIPI
- A-7 Pembuatan Briket dari Tempurung Kelapa dengan Penambahan Polietilen.
Ronny Kurniawan, Carlos Holmes L.T, Rachmat Muttaqien, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional
- A-8 Pembuatan Briket Arang Sawit sebagai Alternatif Sumber Energi.
Didin Suwardin, M. Solichin, A. Anwar, A. Vachlepi dan M. Purbaya, Pusat Penelitian Karet – Balai Penelitian Sembawa
- A-9 Reaksi Hidrolisis Minyak Zaitun Menggunakan Lipase *Rhizopus oryzae* yang di Imobilisasi Melalui Metode Adsorpsi.
Praswati PDK Wulan, Muhammad Titis Rejoso, Heri Hermansyah, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- A-10 Sawdust sebagai Sumber Energi Pembangkit Uap di Industri Pengolahan Kayu.
Mamat, Pusat Penelitian Fisika - LIPI
- A-11 Pengolahan Air Limbah Pemasakan dan Pemutihan Pulp menggunakan Reaktor *Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*.
Yusup Setiawan, Balai Besar Pulp dan Kertas (BBPK) – Departemen Perindustrian
- A-12 Effect of Total Ammonia Nitrogen on liquid Manure Digestion.
Salafudin, Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional

- B-1 Pemodelan Kecepatan Ekstraksi Karagenan Dari Rumput Laut Jenis *Eucheuma Spinosum*.
Suhendro dan Herti Utami, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Lampung
- B-2 Teknik Pemisahan Senyawa Aktif Dari Tumbuhan Kandis Gajah (*Garcinia Griffithii* T. Anders) Sebagai Kandidat Obat Asam Urat.
Elfita, Dachriyanus, Husein, H. Bahti, dan Supriyatna, Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya Palembang.
- B-3 Teknologi Pengolahan Parboiled Berprotein Tinggi Dari Tepung Ubijalar (*Ipomoea batatas L.*).
Ainia Herminati, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna – LIPI
- B-4 Usaha Peningkatan Potensi Tumbuhan Kandis (*garcinia celebica* linn.) Sebagai Obat Diare.
Madyawati Latief, Dachriyanus, Husein, H. Bahti dan Supriyatna, Jurusan Budi Daya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Jambi Mahasiswa Program Pascasarjana, Universitas Padjadjaran, Bandung. Jurusan Farmasi, Fakultas MIPA, Universitas Andalas, Padang. Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Padjadjaran, Bandung. Fakultas Farmasi, Universitas Padjadjaran, Bandung.
- B-5 Program Pengembangan Sumber Daya Manusia dalam Pembinaan Usaha Kecil di Jawa Barat.
Rachmini Saparita, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna - LIPI
- B-6 Optimasi Sintesis Kitosan Dari Limbah Cangkang Rajungan Dan Pemanfaatannya Sebagai Adsorben Logam Cd (II) Pada Air Limbah.
Yuliusman dan Wulan Erna Komariah, Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- B-7 Sintesis Dimethyl Ether Sebagai Bahan Baku Industri Kimia.
Suratno Lourentius, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala, Surabaya
- B-8 Implementasi Penggunaan Perangkat Lunak Excel untuk Optimasi Pengolahan Data Profil Usaha Kecil Menengah.
Rachmini Saparita, Risnandar, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna - LIPI.
- B-9 Upaya Implementasi Konservasi Energi pada Industri Tekstil Proses Weaving.
Muhammad Affendi, Kelompok Energi - Pusat Penelitian Fisika – LIPI
- B-10 Pemanfaatan Sumber Daya Air Tawar untuk Membangun Usaha Perikanan Darat di Kabupaten Malinau: Peluang dan Kendala Pengembangannya.
Rachmini Saparita, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna - LIPI
- B-11 Rehabilitasi dan Pemanfaatan Lahan Kritis Melalui Pemanfaatan *Vetiver zizanioides* sebagai tanaman perintis.
Lies Sriwuryandari, Ambar Susilorukmi, Pusat Penelitian Fisika - LIPI
- B-12 Esterifikasi Eugenol dengan Asam Format
Carlina D Ariono, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional.

- C-1 Coal Fly Ash Conversion to Zeolite for Cr(VI) and Ni(II) Removal from Wastewaters.
Yoga Pratama, Heri Tri Putranto, Dwiwahju Sasongko, Department of Chemical Engineering, FTI, Institut Teknologi Bandung
- C-2 Adsorpsi Ion Logam Tembaga (Cu^{2+}) Menggunakan Tulang Sapi dalam Kolom Fixed Bed.
Jono Suhartono, Sirin Fairus, I Made Arie, Rolly Milda, Institut Teknologi Nasional
- C-3 Pengaruh Suhu Operasi Terhadap Kinetika Reaksi Pembentukan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ dari Limbah Penjernihan Air PDAM.
Mirwan Ardiansyah Karim dan Paryanto, Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna - LIPI.
- C-4 Application of Donnan theory on Cation Desorption from Wood Pulp.
Denny Vitasari, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- C-5 Pengaruh Enzym pada Proses Pembuatan dan Pemutihan Pulp Kertas.
Wawan Kartiwa Haroen, Balai Besar Pulp dan Kertas – Departemen Perindustrian.
- C-6 Biosorpsi CR (VI) dari limbah elektroplating industri dengan menggunakan kulit telur.
Lindawati, Meliana Wijaya, Lili Senjaya, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Surabaya.
- C-7 Disinfeksi Air Minum Dengan Menggunakan Membran Ultrafiltrasi.
Suprihatin, M. Romli, N. S. Indrasti, Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian - IPB
- C-8 Dinamika Hidrolisa Etil Asetat pada Sistem Batch dan Kontinyu.
Lie Hwa, Andre C.G, Taufan Kristiani, Fakultas Teknik - Jurusan Teknik Kimia – Universitas Surabaya
- C-9 Analisis Sensitivitas Variabel pada Menara Absorber CO_2 Removal Subang Daerah Operasi Hulu (DOH) Jawa Bagian Barat Pertamina.
Tunjung Wahyu Widayati, Muhammad Rosihan dan Yustinus Setyo Saputro, Jurusan Teknik Kimia, Fak Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta.
- C-10 Absorpsi Gas CO_2 Menggunakan KOH Dalam Wetted Wall Column (WWC),
Endang Srihari, Catur Cahyadi, Paulina Octaria, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Surabaya
- C-11 Adsorpsi CR (VI) dari limbah elektroplating industri dengan menggunakan karbon aktif dari cangkang kelapa sawit.
Lindawati, Wasyuni Sri Rejeki, Lydia Halim, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Surabaya.
- C-12 Pengolahan Limbah Cair yang Mengandung krom dari Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Metoda Membran Cair Mikroemulsi.
Riny Yolanda, Carlina D.A., Riezka C., Susana I Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional

ANALISIS SENSITIVITAS VARIABEL PADA MENARA ABSORBER CO₂ REMOVAL SUBANG DAERAH OPERASI HULU (DOH) JAWA BAGIAN BARAT PERTAMINA

Tunjung Wahyu Widayati, Muhammad Rosihan dan Yustinus Setyo Saputro*
Jurusan Teknik Kimia, Fak Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283, * Email: b363nk_rock@yahoo.com

Abstrak

Unit CO₂ Removal Pertamina Subang, Jawa Barat merupakan fasilitas penurunan kadar CO₂ yang terkandung dalam gas alam dimana CO₂ merupakan pengotor yang harus dihilangkan atau dikurangi karena dapat menyebabkan korosi dan mengurangi nilai kalor dari gas alam tersebut. Alat proses utama yang digunakan yaitu menara absorber dengan bahan isian. Dimana MetilDietanolamin aktif (aMDEA) merupakan pelarut yang digunakan untuk menyerap CO₂ proses penyerapan CO₂ dilakukan secara berlawanan arah, dengan gas dari bawah sebanyak 98,87 MMSCFD dan pelarutnya dari atas sebanyak 4768,53 GPM. Tujuan utama dari proses CO₂ removal ini yaitu memurnikan gas alam dari pengotor CO₂, akan tetapi terkadang tidak tercapai dengan yang diinginkan. Beberapa variabel yang merupakan faktor penyebab hal tersebut yaitu komposisi gas masuk, laju alir gas masuk, fraksi aMDEA dalam air, fraksi piperazine dalam aMDEA, suhu dan tekanan operasi absorber. Untuk mengetahui pengaruh variabel-variabel tersebut terhadap sensitivitas CO₂ hasil keluaran menara absorber tersebut dibuat program simulasi menara absorber menggunakan VBA (Visual Basic for Applikation) Excel. Dari program simulasi didapat hubungan variabel – variabel tersebut terhadap CO₂ hasil keluaran menara absorber dalam bentuk persamaan garis, untuk variabel komposisi gas masuk kecendrungan persamaan garisnya linear, laju alir gas masuk kecendrungan persamaan garisnya polinomial, komposisi aMDEA kecendrungan persamaan garisnya polinomial, komposisi piperazine kecendrungan persamaan garisnya polinomial, suhu kecendrungan persamaan garisnya eksponensial, dan tekanan operasi kecendrungan persamaan garisnya polinomial.

Kata kunci: Menara Absorber; Simulasi; VBA Excel

Pendahuluan

Proyek CO₂ Removal di Subang Pertamina, Jawa Barat, merupakan proyek penurunan kadar CO₂ yang terkandung dalam gas yang berasal 15 titik sumur di Subang. Fasilitas gas treatment ini telah mulai beroperasi pada 20 Oktober 2003 setelah dibangun dari *grass root* selama 16 bulan (Juli 2002 – Oktober 2003). Dengan fasilitas ini, kadar CO₂ akan memenuhi syarat yang ditetapkan. Unit CO₂ Removal didesain untuk menurunkan kadar CO₂ didalam 200 MMSCFD gas alam umpan, dari kadar 23 % ke 5 % volume. Pemisahan CO₂ dicapai dengan menggunakan larutan aMDEA.

Dalam pembangunan proyek ini, Pertamina melakukan kontrak dengan PT Rekayasa Industri. PT Rekayasa Industri telah mewujudkan pengembangan basis design process berdasarkan lisensi BASF. Disamping sebagai perusahaan EPC (*Engineering Procurement Construction*), PT Rekayasa akan bertindak sebagai plant operator (Pelaksanaan Operasi & Pemeliharaan) selama 9 tahun (efektif sejak pelaksanaan konstruksi selesai). PT Rekayasa Industri berfungsi sebagai pengoperasi dan pemeliharaan, pemilik dari Plant ini tetap PT Pertamina DOH JBB.

CO₂ Removal merupakan salah satu proses pengolahan gas (*gas treating*), yaitu istilah yang digunakan untuk menerangkan pemisahan gas pengotor (*impurities* seperti gas asam CO₂, H₂S, SO₂, senyawa organik, dan pengotor lainnya). Gas pengotor harus dihilangkan atau dikurangi dikarenakan dapat menyebabkan korosi dan mengurangi nilai kalor dari gas alam tersebut. Proses penyerapan CO₂ dilakukan dalam absorber dengan cara mengalirkan gas dari bawah dan cairan dari atas. Gas umpan

masuk ke absorber pada bagian bawah dan dikontakan secara berlawanan arah dengan umpan larutan aMDEA pada bagian atas absorber. Pertukaran massa dan energi terjadi pada bagian *packing* absorber. Gas keluaran absorber (*treated gas*) meninggalkan absorber dengan konsentrasi CO₂ yang ditetapkan.

Tujuan utama dari proses CO₂ Removal ini yaitu memurnikan gas alam dari pengotor CO₂, akan tetapi terkadang tidak tercapai dengan yang diinginkan hal ini disebabkan oleh beberapa perubahan faktor penyebab yang juga merupakan variabel proses yaitu komposisi gas masuk, laju alir, gas masuk, fraksi aMDEA dalam air, fraksi piparazine dalam aMDEA, suhu dan tekanan operasi absorber. Perubahan setiap variabel ini berpengaruh besar terhadap kandungan CO₂ yang keluar dari menara absorber. Untuk mengetahui pengaruh variabel-variabel tersebut terhadap sensitivitas CO₂ hasil keluaran menara absorber tersebut dibuat program simulasi menara absorber menggunakan VBA (*Visual Basic for Application*) Excel berdasarkan dari model matematis neraca massa dan neraca panas menara absorber.

Pemodelan

Sebelum membuat program simulator menara absorber ini, diperlukan model matematis yang menjelaskan peristiwa yang terjadi di dalam menara absorber dengan variabel – variabel yang mempengaruhi proses tersebut. Model matematis ini didapat dengan menggunakan neraca massa dan panas pada menara absorber sebagai berikut ;

- a. Neraca Massa Komponen pada Kedua Fasa

Mol solut masuk = Mol solut keluar

$$G \cdot A \cdot y|_z + L \cdot A \cdot x|_{z+\Delta z} = G \cdot A \cdot y|_{z+\Delta z} + L \cdot A \cdot x|_z$$

dibagi dengan elemen volum A · ΔZ

$$L \cdot A \cdot x|_{z+\Delta z} - L \cdot A \cdot x|_z = G \cdot A \cdot y|_{z+\Delta z} - G \cdot A \cdot y|_z$$

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{L \cdot A \cdot x|_{z+\Delta z} - L \cdot A \cdot x|_z}{A \cdot \Delta Z} = \frac{G \cdot A \cdot y|_{z+\Delta z} - G \cdot A \cdot y|_z}{A \cdot \Delta Z}$$

$$L \frac{dx}{dZ} = G \frac{dy}{dZ}$$

$$L \cdot dx = G \cdot dy$$

$$L \int_{x=x_0}^{x=x} dx = G \int_{y=y_0}^{y=y} dy$$

$$L(x - x_0) = G(y - y_0)$$

$$x = x_0 + \frac{G}{L}(y - y_0) \dots \dots \dots (1)$$

Persamaan 1 merupakan hubungan antara konsentrasi solut di fasa gas dan cairan.

- b. Neraca Massa Komponen pada fase Gas

Mol solut masuk – Mol solut keluar = Mol solut yang terserap

$$G \cdot A \cdot y|_z - G \cdot A \cdot y|_{z+\Delta z} = K_{GA} \cdot A \cdot \Delta Z (P - P^*)$$

dibagi dengan elemen volum A · ΔZ

$$\lim_{\Delta z \rightarrow 0} \frac{G \cdot A \cdot y|_z - G \cdot A \cdot y|_{z+\Delta z}}{A \cdot \Delta Z} = -K_{GA} \cdot A \cdot \Delta Z (P - P^*)$$

$$G \frac{dy}{dZ} = -K_{GA} (P - P^*)$$

$$G \frac{dy}{dZ} = -K_{GA} \cdot Pt (y - y^*)$$

$$\frac{dy}{dZ} = -\frac{K_{GA} \cdot Pt}{G} (y - y^*) \dots \dots \dots (2)$$

- c. Persamaan Kesetimbangan

Dari hukum Henry didapat persamaan sebagai berikut :

Pada keadaan yang paling sederhana, hukum Henry dapat digunakan. Dalam hal ini, tekanan parsial P* berbanding lurus dengan konsentrasi dalam cairan.

$$P^* = H \cdot x$$

$$Pt \cdot y^* = H \cdot x$$

$$y^* = \frac{H}{Pt} \cdot x \dots \dots \dots (3)$$

Persamaan 1 di subsitusikan pada persamaan 3 maka ;

$$y^* = \frac{H}{P_t} \left(x_0 + \frac{G}{L} (y - y_0) \right) \dots\dots\dots (4)$$

$$(y - y^*) = y - \frac{H}{P_t} \left(x_0 + \frac{G}{L} (y - y_0) \right) \dots\dots\dots (5)$$

Asumsi gas ideal maka digunakan persamaan Roulton Dalton sebagai berikut :

$$P_t \cdot y^* = P^{\circ} \cdot x$$

$$y^* = \frac{P^{\circ}}{P_t} \cdot x \dots\dots\dots (6)$$

(Jr Ralph F, 1987)

Sehingga dari hukum Henry dan persamaan Roulton Dalton sebagai berikut :

$$\frac{H}{P_t} = \frac{P^{\circ}}{P_t} \dots\dots\dots (7)$$

Persamaan 7 disubstitusikan pada persamaan 5, maka :

$$(y - y^*) = y - \frac{P^{\circ}}{P_t} \left(x_0 + \frac{G}{L} (y - y_0) \right) \dots\dots\dots (8)$$

Persamaan 8 disubstitusikan ke persamaan 2 sehingga :

$$\frac{dy}{dz} = - \frac{K_{GA} \cdot P_t}{G} \left(y - \frac{P^{\circ}}{P_t} \left(x_0 + \frac{G}{L} (y - y_0) \right) \right) \dots\dots\dots (9)$$

K_{GA} merupakan koefisien perpindahan massa dalam fasa gas berdasarkan pada tekanan parsial. Nilai K_{GA} untuk proses CO₂ dengan pelarut mDEA diperoleh persamaan sebagai berikut.

$$K_{GA} = \left(\frac{(D_{CO_2} ((k_2 \cdot C_{MDEA}) + (k_p \cdot C_{Piperazine})))^{0.5}}{H_{CO_2}} \right) \dots\dots\dots (10)$$

dimana :

$$D_{CO_2} = \left(\frac{0.024 \cdot \text{Exp} \left(\frac{-2122}{T} \right)}{10000} \right) \cdot 3600 \dots\dots\dots (11)$$

$$H_{CO_2} = \left(\frac{1.7107 \cdot 10^7 \cdot \text{Exp} \left(\frac{-1886.1}{T} \right)}{10^6} \right) \cdot 1000 \dots\dots\dots (12)$$

$$k_p = \left(5.37 \cdot 10^4 \cdot \text{Exp} \left(- \left(\frac{3.36 \cdot 10^4}{8.314} \right) \cdot \left(\left(\frac{1}{T} \right) - \left(\frac{1}{298} \right) \right) \right) \right) \cdot 3600 \dots\dots\dots (13)$$

(Bishnoi, 2000)

$$k_2 = \left(5.86 \cdot 10^6 \cdot \text{Exp} \left(\frac{-3986}{T} \right) \right) \cdot 3600 \dots\dots\dots (14)$$

(Guo-Wen Xu,1994)

d. Neraca Panas Fase Gas dalam Elemen Volum Absorber

Panas masuk – Panas Keluar = Panas Akumulasi

$$H_G|_{z+\Delta z} - H_G|_z + U_a \cdot \pi/4 \cdot D^2 \cdot \Delta Z (T_g - T_l) - G_{CO_2} \cdot dY (C_{pCO_2} (T_g - T_r) + \lambda_{CO_2r}) \quad \text{Dibagai dengan } \Delta Z$$

$$\lim_{\Delta Z \rightarrow 0} \frac{H_G|_{z+\Delta z} - H_G|_z}{\Delta Z} = \frac{-U_a \cdot \pi \cdot D^2 (T_g - T_l)}{4} + G_{CO_2} \frac{dy}{dz} (C_{pCO_2} (T_g - T_l) + \lambda_{CO_2r})$$

$$\frac{dH_G}{dz} = -\pi/4 \cdot D^2 \cdot U_a (T_g - T_l) + G_{CO_2} \frac{dy}{dz} (C_{pCO_2} (T_g - T_l) + \lambda_{CO_2r}) \dots\dots\dots (15)$$

Dimana

$$H_G = \sum G_i (C_{pi} (T_g - T_r) + \lambda_{gr})$$

$$= y \cdot G_{CO_2} (C_{pCO_2} (T_g - T_l) + \lambda_{CO_2r}) + \sum G_i (C_{pi} (T_g - T_r) + \lambda_{gr}) \dots\dots\dots (16)$$

sehingga

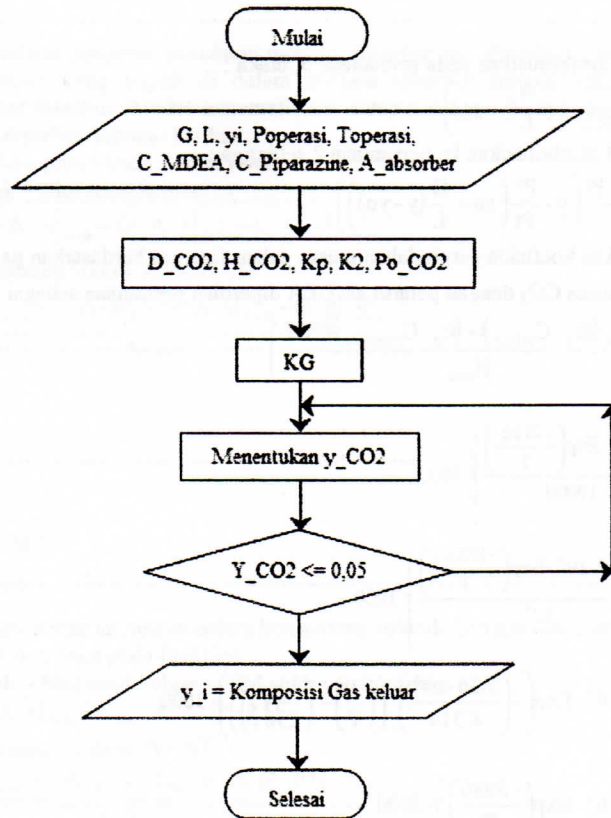
$$dH_G = \left(\sum G_i \cdot C_{pi} + y \cdot G_{CO_2} \cdot C_{p_{CO_2}} \right) dT_g + G_{CO_2} \cdot dy \left(C_{p_{CO_2}} (T_g - T_r) + \lambda_{CO_2 T_r} \right) \dots (17)$$

Persamaan 16 disubstitusikan ke persamaan 15 menjadi

$$\left(\sum G_i \cdot C_{pi} + y \cdot G_{CO_2} \cdot C_{p_{CO_2}} \right) \frac{dT_g}{dZ} + G_{CO_2} \cdot \left(C_{p_{CO_2}} (T_g - T_r) + \lambda_{CO_2 T_r} \right) \frac{dy}{dZ} = -\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot U_a (T_g - T_l) + G_{CO_2} \frac{dy}{dZ} \left(C_{p_{CO_2}} (T_g - T_l) + \lambda_{CO_2 T_r} \right)$$

$$\frac{dT_g}{dZ} = \frac{-\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot U_a \cdot (T_g - T_l)}{y \cdot G_{CO_2} \cdot C_{p_{CO_2}} + \sum G_i \cdot C_{pi}} \dots (18)$$

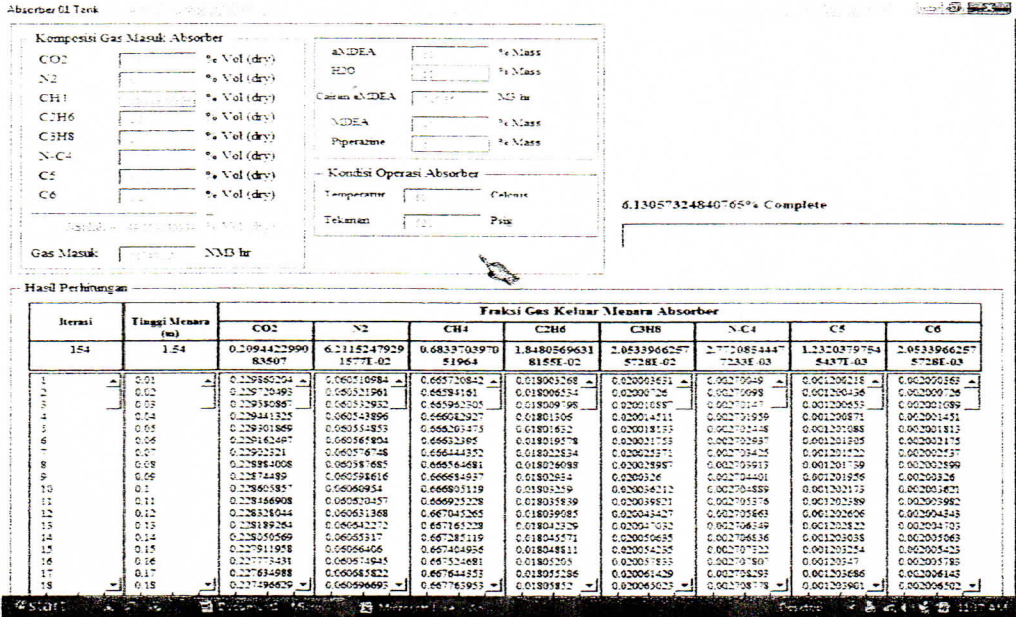
Persamaan model matematis ini kemudian di selesaikan menggunakan metode numeris menggunakan VBA Excel. Algoritma penyelesaian sebagai berikut ;



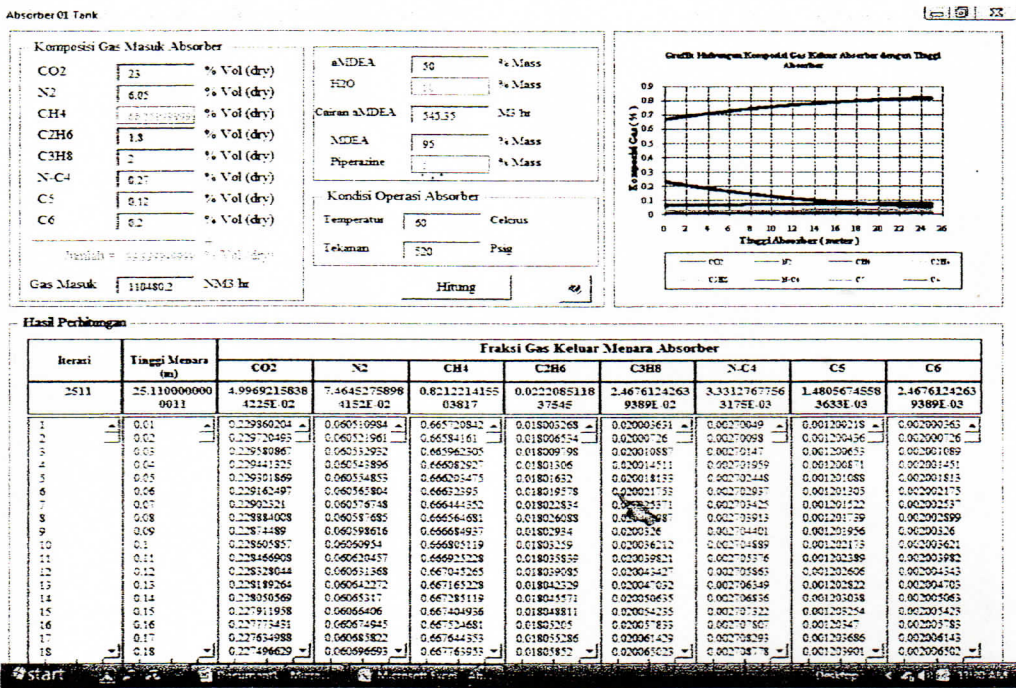
Gambar 1. Algoritma menentukan komposisi gas keluar absorber

Hasil dan Pembahasan

Untuk memastikan bahwa Simulator yang dibuat adalah valid maka harus dibandingkan antara hasil keluaran absorber perancangan dengan hasil simulasi, berikut gambar interface dari simulator dengan menggunakan VBA Excel;



Gambar 2. Tampilan simulasi pada saat dijalankan.



Gambar 3. Tampilan simulasi pada saat selesai.

Hasil dari simulasi ditampilkan pada tabel berikut;

Tabel 1. Perbandingan antara Komposisi Perancangan dengan Simulasi

Komponen Gas	Komposisi Gas (% Volume)	
	Keluar (Perancangan)	Keluar (Simulasi)
CO ₂	5	4,9999
N ₂	8,06	8,0195
CH ₄	82,58	82,6254
C ₂ H ₆	2,22	2,2208
C ₃ H ₈	1,41	1,4065
N-C ₄	0,33	0,3331
C ₅	0,15	0,1481
C ₆	0,25	0,2468

Dengan persen (%) kesalahan rata-rata sebesar 1,24 %

Dari simulasi juga diperoleh grafik hubungan antara komposisi gas dalam absorber dengan tinggi menara yang ditunjukkan pada gambar 4. dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa fraksi gas CO₂ berkurang dengan bertambahnya ketinggian. Sedangkan untuk komponen lain fraksinya semakin besar. Hal ini disebabkan oleh gas CO₂ terabsorpsi pada solven, sehingga terbawa oleh solven tersebut. Solven yang digunakan memiliki selektivitas yang tinggi sehingga komponen yang lain tidak banyak terserap. Selain itu juga diperoleh profil suhunya pada sepanjang tinggi menara absorber pada gambar 5, dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa gas mengalami kenaikan temperatur sepanjang tinggi absorber. Ini disebabkan panas reaksi kimia yang eksotermis terjadinya antara CO₂ dengan solven. Dari grafik dapat dilihat terjadi kenaikan temperatur yang signifikan pada ketinggian dibawah 5 m, ini disebabkan terjadi kontak awal antara CO₂ dengan aMDEA

Untuk melakukan analisis maka diperlukan batasan yang merupakan kondisi yang dapat dicapai pada kenyataannya. Batasan besarnya variabel yang berubah yaitu untuk kandungan CO₂ gas masuk sebesar 17 -25 % volum, laju alir gas masuk sebesar 20000-120000 NM³/hr, fraksi aMDEA terhadap air sebesar 30-70 % Berat, fraksi Piperazine dalam aMDEA sebesar 0-20 % Berat, temperatur operasi absorber sebesar 40-80 °C dan tekanan operasi absorber sebesar 300-700 psig. Berikut pengaruh perubahan variabel-variabel tersebut terhadap sensitivitas CO₂ hasil keluaran menara absorber;

a. Perubahan variabel komposisi umpan masuk

Dari gambar 6 dapat dilihat bahwa semakin besar fraksi CO₂ umpan maka fraksi CO₂ keluar absorber semakin besar. Hal ini disebabkan kemampuan solven menyerap CO₂ tetap padahal fraksi CO₂ umpan lebih besar dari fraksi CO₂ desain (laju alir massa CO₂ lebih besar).

b. Perubahan variabel aliran gas masuk menara absorber

Gambar 7 memperlihatkan bahwa semakin kecil aliran gas masuk menara absorber pada kondisi tetap maka gas keluar dari menara absorber semakin murni dari CO₂. Ini disebabkan semakin kecil gas masuk menara absorber maka aliran massa CO₂ juga semakin kecil.

c. Perubahan variabel komposisi aMDEA pada menara absorber

Gambar 8 menunjukkan bahwa semakin besar komposisi aMDEA maka akan menghasilkan sales gas yang lebih murni. Pada solven dengan konsentrasi aMDEA yang besar maka semakin banyak CO₂ yang terabsorpsi dan bereaksi. Akan tetapi semakin tinggi besar konsentrasi aMDEA maka semakin korosif dan semakin mahal.

d. Perubahan variabel komposisi Piperazine pada aMDEA

Gambar 9 dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi Piperazine maka sales gas semakin murni. Hal ini disebabkan dengan adanya Piperazine, reaksi yang terjadi sangat cepat sehingga CO₂ yang terabsorpsi semakin besar walaupun dengan waktu kontak yang singkat.

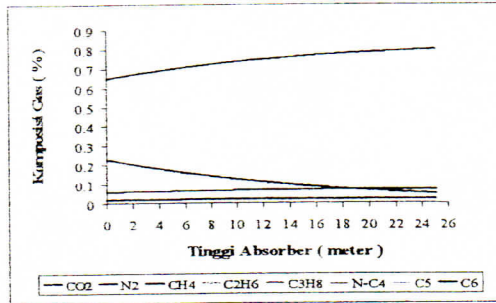
e. Perubahan variabel temperature menara absorber

Gambar 10 dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya temperatur operasi maka sales gas semakin murni. Ini dikarenakan reaksinya merupakan fungsi temperature, dengan temperature yang tinggi maka reaksi antara CO₂ dengan solven semakin cepat. Dengan demikian jumlah CO₂ yang terabsorpsi semakin besar. Akan tetapi dengan temperatur yang tinggi dapat merubah fasa solven menjadi gas sehingga absorber akan kehilangan solven.

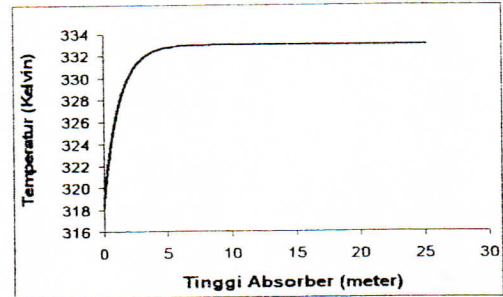
f. Perubahan variabel tekanan operasi menara absorber

Gambar 11 dapat dilihat bahwa dengan meningkatnya tekanan operasi maka sales gas semakin murni. Ini disebabkan tekanan parsial dari CO₂ menjadi besar sedangkan tekanan solven kecil sehingga mudah terdifusi ke cairan dan kemudian bereaksi dengan solven (CO₂ terabsorpsi). Besarnya tekanan operasi

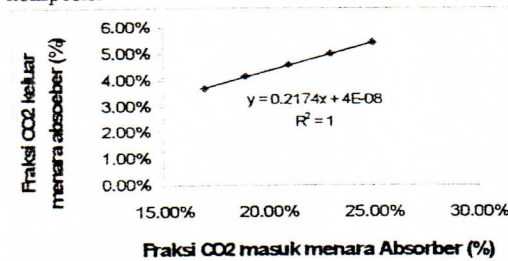
ini dibatasi oleh kemampuan menara. Dari desain menara absorber hanya mampu sampai pada tekanan 600 Psig.



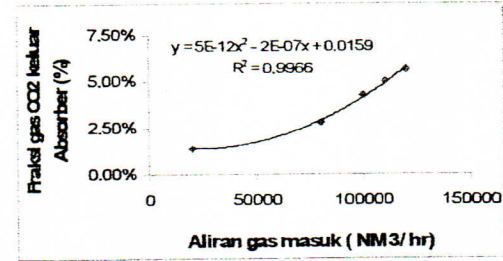
Gambar 4. Grafik tinggi absorber dengan komposisi



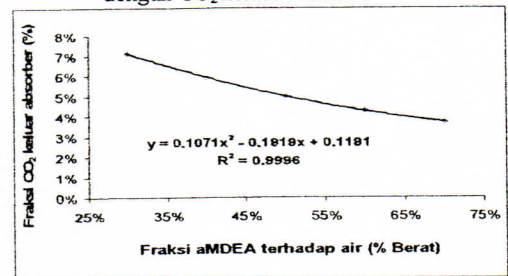
Gambar 5. Grafik tinggi absorber dengan temperatur



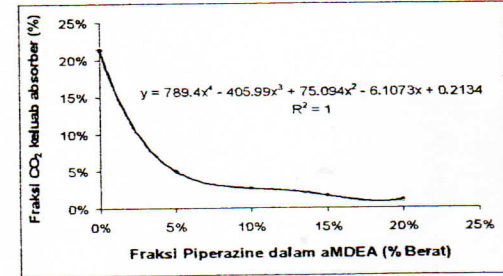
Gambar 6. Grafik hubungan fraksi CO₂ masuk dengan CO₂ keluar absorber



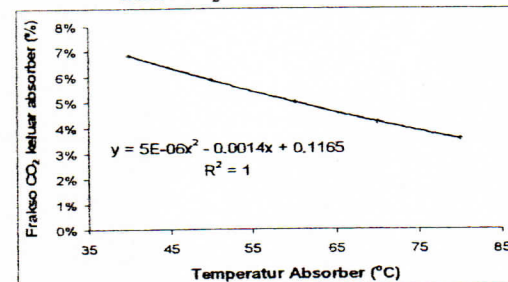
Gambar 7. Grafik hubungan aliran gas masuk terhadap fraksi CO₂ keluar absorber



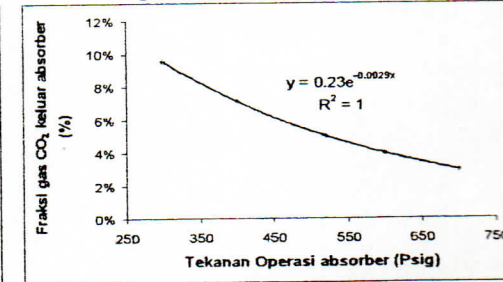
Gambar 8. Grafik hubungan fraksi aMDEA dengan fraksi CO₂ keluar absorber



Gambar 9. Grafik hubungan fraksi piperazine dengan fraksi CO₂ keluar absorber



Gambar 10. Grafik hubungan temperatur operasi dengan fraksi CO₂ keluar absorber



Gambar 11. Grafik hubungan tekanan operasi dengan fraksi CO₂ keluar absorber

Daftar Notasi

- A = Luas penampang Absorber [m²]
- C_{MDEA} = Konsentrasi MDEA [K mole/m³]
- C_{piperazine} = Konsentrasi Piperazine [k mole/m³]
- D_{CO2} = Difusifitas CO₂ [m²/jam]
- G = Laju alir gas [kmole/jam]

H_{CO_2}	= Bilangan Henry CO_2 [$Psia \cdot m^3/Kmole$]
k_2	= Konstanta reaksi CO_2 pada MDEA [$m^3/Kmole \cdot jam$]
K_{GA}	= koefisien Transfer massa CO_2 fase gas [$Kmol/jam$]
kp	= Konstanta reaksi CO_2 pada Piperazine [$m^3/Kmole \cdot jam$]
L	= Laju alir cairan [$kmole/jam$]
P^o	= Tekanan uap murni [$Psig$]
P_t	= Tekanan Absorber [$Psig$]
T	= Temperatur Absorber [K]
x	= Fraksi cair
x_o	= Fraksi cair mula-mula dalam larutan
y	= fraksi gas
y^*	= Fraksi gas pada kesetimbangan
y_o	= Fraksi gas mula-mula dalam gas
Z	= Tinggi menara [m]

Daftar Pustaka

1. Binhnoi Sanjay, Rochelle Garry T, (2000), "Absorption of Carbon Dioxide into Aqueous Piperazine: Reaction Kinetic, Mass Transfer and Solubility", Chemical Engineering Science, Elsevier
2. Jr Ralph F. Strigle, (1987), "Random Packing and Packed Towers", page 55, Gulf Publishing Company, Texas
3. Manual Operasi Plant CO_2 Removal Subang
4. P.E. Philip A. Schweitzer, (1996), "Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers", ed 3, page 3-50, McGraw-Hill, New York
5. Prasetya Agus, (2002), "CO2 Removal: Sifat-sifat gas, Kesetimbangan dan Kelarutan, Dasar-dasar Pemilihan Solvent dan Menara", Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
6. Prasetya Agus dan Sarto, (2002), "CO2 Removal: Prinsip-Prinsip dasar Proses", Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
7. Prasetyo Imam, "CO2 Removal", Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
8. PT Wisnu Inter Sains Hakiki, (2002), "CO2 Removal"
9. Ratman, Iwan, (2000), "Diktat Kuliah Teknologi Penghilangan CO_2 dalam gas Alam", Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta
10. Seader, J.D and Henley, Ernest J, (1998), "Separation Process Principles", John Wiley & Sons Inc, New York
11. Xu, Guo-Wen, et all, (1992), "Kinetic Study on Absorption of Carbon Dioxide into Solution of Activated Methyl diethanolamine", Ind Chem Eng, American Chemical Society
12. www.BASF.com
13. www.en-wikipedia.org