

PEMODELAN MATEMATIS DAN PENYELESAIAN NUMERIS PADA ABSORPSI H₂S MENGGUNAKAN LARUTAN ABSORBEN FE-EDTA DALAM PACKED COLUMN

Endang Kwartiningsih¹, Arif Jumari¹, Eka Pitri W² dan Sumarni²

¹Staf Pengajar Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

²Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Abstract : *Biogas and natural gas are very potential to be used as fuel because of its high content of methane. The disadvantage of biogas and natural gas as fuel was its high content of hydrogen sulfide (H₂S) which is potential to pollute the environment. Because of this, biogas should be purified first before being used as fuel. Generally, the content of H₂S can be reduced physically, chemically or biologically methods, but these methods have many disadvantages. Gas purification from the content of H₂S by using Fe-EDTA (Iron Chelated Solution) gives several advantages. The advantages are the absorbent solution can be regenerated that means a cheap operation cost, the separated sulfur is a solid (that is an economic commodity) or residue that is easy to handle and is safe to be disposal to environment. In the previous research, H₂S was absorbed into Fe-EDTA solution in packed bed column. Fe-EDTA solution concentration that used was 0.1 M and 0.2 M. In this research mathematical model representing the absorption process was arranged to search the mass transfer coefficient and reaction rate constant value. By arrangement of each component molar balance was obtained five differential equations. By obtained data in the previous research, these equations had been solved using numeric solution (MATLAB program). The result showed that for absorbent flow rate 5.4 to 7.7 L/minute in 0.1 M Fe-EDTA concentration, the mass transfer coefficient of liquid fase value had range 0.00182 to 0.00219 1/menit and the reaction rate constant value had range 1686.6 to 1711.4 liter²/mol².menit, while in 0.2 M concentration of absorbent the mass transfer coefficient of liquid fase value had range 0.01223 to 0.01289 1/menit and the reaction rate constant value had range 1934.8 to 2130.7 liter²/mol².menit. The higher absorbent concentration, the higher mass transfer coefficient of liquid fase value and reaction rate constant value.*

Keywords : *Fe-EDTA Solution, H₂S absorption, mathematical model, numeric solution, packed column*

PENDAHULUAN

Saat ini pemanfaatan gas alam maupun sumber energi alternatif yang berupa gas seperti biogas sudah mulai dikembangkan di Indonesia, baik untuk keperluan industri maupun kebutuhan rumah tangga. Akan tetapi, kandungan H₂S dalam gas yang cukup tinggi perlu mendapatkan perhatian yang lebih demi efektifitas dan efisiensi pemanfaatannya. Pembakaran gas yang masih mengandung H₂S akan menghasilkan senyawa asam (H₂SO₄). Senyawa ini dapat menimbulkan kerugian besar karena bersifat korosif. Di samping itu hujan asam yang terjadi akibat kontaminasi senyawa ini pun dapat mencemari lingkungan hidup. Salah satu pemurnian gas dari kandungan H₂S adalah menggunakan *iron chelated solution* (Fe-EDTA).

Dalam penelitian ini disusun model matematis proses absorpsi H₂S yang melibatkan transfer massa disertai reaksi kimia. Dari penyelesaian model matematis secara numerik dan data hasil percobaan di

laboratorium diperoleh data – data koefisien transfer massa dan konstanta kecepatan reaksi pada absorpsi H₂S menggunakan larutan absorbent Fe-EDTA. Data-data kinetika tersebut sangat berguna pada perancangan alat dalam skala *pilot plant* maupun dalam skala yang lebih besar di industri.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menyusun model matematis dan menyelesaikan secara numeris pada proses absorpsi H₂S menggunakan larutan absorbent Fe-EDTA, sehingga diperoleh nilai koefisien transfer massa dan konstanta kecepatan reaksi yang berguna pada perancangan alat dalam skala *pilot plant* maupun dalam skala yang lebih besar di industri.

TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu jenis gas yang memerlukan pemurnian H₂S adalah gas alam. Data beberapa sumber gas di Indonesia beserta kandungan H₂S dan metode pemurniannya dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Sumber gas alam di Indonesia beserta kandungan H₂S dan pemurniannya

Sumber gas alam	Kandungan pengotor	Pemurnian	Kelemahan
PT Arun LNG	Kandungan CO ₂ 17 % mol dan trace H ₂ S (feed dari Lhok Sukon)	Benfield solution (Larutan Pottasium-Carbonat terdiri atas K ₂ CO ₃ dan KHCO ₃)	Berkecenderungan lebih menyerap kadar CO ₂ dari pada H ₂ S.(www.migas-indonesia.com/index.php)
PT Badak NGL	Kandungan H ₂ S sangat kecil dilakukan pemisahan CO ₂ sampai < 50 ppm	Larutan MDEA (tertiary amine) dari BASF (gugus utamanya Methyl Dietanol Amine dan activator piperazine).(www.badaklng.co.id)	1. Sifatnya tidak terlalu basa (base strenght rendah) sehingga tidak maksimal dalam menyerap H ₂ S yang bersifat asam 2. MDEA mempunyai kelarutan hidrocarbon yang paling besar sehingga memperbesar potensi kehilangan amine .(www.processengineers.blogspot.com)
NATUNA	Kandungan H ₂ S 35 ppm Kandungan CO ₂ mencapai 70 %	Proses lean flexorbs (berupa hindered sterikal Amine) milik Exxon.(www.energi.lipi.go.id)	Mahal sehingga biasanya digunakan jika sulfur padat yang dihasilkan diinginkan berkualitas tinggi atau digunakan pada proses enrichment untuk memperkaya sulfur yang dihasilkan
KILANG BALIK PAPAN	kandungan H ₂ S = 6.100 volppm Sweet gas yang dihasilkan maksimal H ₂ S = 100 volppm	Menggunakan larutan DEA (Diethanol amine) dengan konsentrasi 35 %.(www.pertamina.com)	Kelarutan hidrokarbonnya cukup besar sehingga potensi kehilangan amine juga besar.
Gas buang cerobong	Kandungan H ₂ S >3 %	Menggunakan larutan Ca(OH) ₂ menghasilkan gipsum.(www.nikiecho.multiply.com)	Memerlukan sistem desulfurisasi yang cukup rumit agar dapat bereaksi
Perusahaan gas	Kandungan sulfur 0.45 %	Menggunakan larutan 43% Sulfinol +39 % Sulfolene + air.(www.migas-indonesia.com/index.php)	Sulfolane memiliki sifat pelarut yang baik untuk hidrokarbon sehingga akan terjadi hydrocarbon coabsorption yang akan cenderung menciptakan hidrokarbon loss di <i>acid gas stream</i> .

Dari tabel 1 di atas dapat diketahui bahwa metode – metode yang telah diterapkan di Indonesia masih memiliki kekurangan – kekurangan sehingga perlu dilakukan penelitian mengenai metode pemurnian yang lebih efektif dan efisien salah satunya yaitu dengan absorpsi H₂S menggunakan larutan Fe-EDTA.

Penggunaan larutan Fe-EDTA untuk absorpsi H₂S memiliki beberapa kelebihan antara lain :

1. Efektifitas penyerapan H₂S tinggi.
2. *Iron chelated solution* dapat diregenerasi setelah digunakan untuk absorpsi H₂S. Ditinjau dari segi ekonomi hal ini akan sangat menguntungkan karena proses

absorpsi tidak membutuhkan absorben dalam jumlah yang besar.

- Senyawa sulfur yang terpisah berada dalam fase padat sehingga lebih mudah penanganannya.

Gas lain yang juga memerlukan pemurnian karena kandungan H_2S nya yang cukup tinggi adalah biogas. Biogas ialah gas yang dihasilkan oleh mikroba apabila bahan organik mengalami proses fermentasi dalam satu keadaan anaerobik yang sesuai baik dari segi suhu, kelembapan dan keasaman. Pada umumnya semua jenis bahan organik bisa diproses untuk menghasilkan biogas, namun demikian hanya bahan organik (padat, cair) homogen seperti kotoran dan urine (air kencing) hewan ternak yang cocok untuk sistem biogas sederhana. Jenis bahan organik yang diproses sangat mempengaruhi produktivitas sistem biogas disamping parameter-parameter lain seperti temperatur digester, pH, tekanan dan kelembapan udara. (www.petra.ac.id).

Komponen utama biogas adalah metana dengan kandungan yang lain diantaranya CO_2 , H_2S , amonia dan lain-lain dengan komposisi yang agak variatif tergantung proses yang dilakukan. Sebagai perbandingan komposisi biogas terdapat dalam tabel 2.

Tabel 2. Komposisi biogas dalam % volume

Komponen	UASB ¹⁾ Biodigester *	PT Indo Acidatama **
CH ₄	81.18	54,70
CO ₂	14.01	40,98
H ₂ S	2.22	1,67
Lain-lain	2.59	2,65

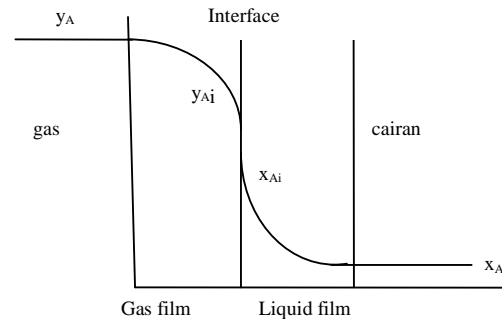
* Horikawa

** PT Indo Acidatama

¹⁾UASB : Upflow Anaerob Sludge Blanket

Absorpsi adalah kontak antara gas dengan cairan dan transfer massa terjadi dari gas ke cairan. Pada umumnya, campuran gas yang masuk ke dalam kolom absorpsi terdiri atas komponen yang dapat diserap dan gas inert (sukar bereaksi), sedangkan cairan yang digunakan bersifat tidak melarut dalam fasa gas. Perpindahan massa solut dari gas menuju cairan terjadi dalam tiga langkah perpindahan; transfer massa dari badan utama gas ke suatu fase antarmuka, transfer massa melalui bidang antarmuka ke fase kedua dan transfer massa dari antarmuka ke badan utama cairan.

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa pada kondisi awal, konsentrasi A dalam badan utama gas adalah y_A fraksi mol. Ketika mulai terjadi kontak dengan cairan, konsentrasi A di daerah interface menurun hingga y_{Ai} dan pada cairan (liquid) terjadi penurunan konsentrasi A, dari x_{Ai} pada interface menjadi x_A dalam badan utama cairan. Dan sebagai syarat terjadinya perpindahan massa, konsentrasi awal y_A dan x_A tidak berada dalam keadaan setimbang.



Gambar 1. Teori Lapisan Dua Film

Perpindahan massa solut A dari gas ke cairan akan terjadi bila terdapat cukup kekuatan gerak (*driving force*) dari satu fasa ke fasa yang lain yang dikenal dengan nama koefisien perpindahan massa (*mass transfer coefficient*). Laju perpindahan massa ini juga bergantung pada luas permukaan kontak antar fasa.

Pada saat terjadi perpindahan massa antar fase, tahanan terhadap perpindahan tersebut hanya ada pada badan utama masing-masing fase. Sedangkan pada daerah antarmuka yang membatasi kedua fase tidak terdapat tahanan sama sekali sehingga konsentrasi y_{Ai} dan x_{Ai} merupakan harga kesetimbangan yang diperoleh dari data kurva kesetimbangan dari sistem dua fasa tersebut. Pada interface y_{Ai} dengan x_{Ai} dihubungkan dengan sebuah koefisien distribusi yang disebut konstanta Henry untuk sistem gas-cair,

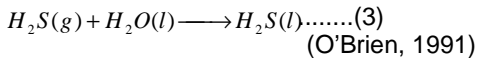
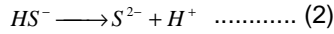
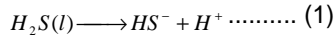
$$y_{Ai} = H x_{Ai}$$

Pada gas yang mudah larut dalam cairan, maka tahanan di lapisan gas yang mengendalikan sehingga nilai koefisien perpindahan massa pada fase gas (k_g) kecil dan nilai koefisien perpindahan massa pada fase cair (k_l) besar. Pada gas yang sukar larut dalam cairan, maka tahanan di lapisan cairan yang mengendalikan sehingga nilai k_l kecil dan nilai k_g besar sehingga diabaikan.

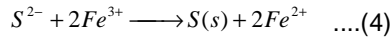
H_2S merupakan gas yang sukar larut dalam cairan sehingga nilai H besar dan relatif

konstan, nilai k_G besar sehingga diabaikan dan nilai k_L kecil karena tahanan di fase cair yang mengendalikan. (Levenspiel, 1999)

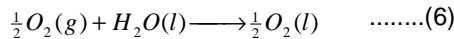
Pada penyerapan H_2S dalam biogas menggunakan larutan absorben Fe-EDTA, proses diawali dengan absorpsi H_2S oleh air dan reaksi disosiasi dalam air. Proses tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :



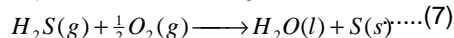
Selanjutnya ion sulfur (S^{2-}) bereaksi dengan ion feri (Fe^{3+}) yang ada di dalam larutan



Sulfur hasil reaksi (4) adalah sulfur padat yang berada didalam sistem larutan absorben. Selanjutnya sulfur padat tersebut dipisahkan secara filtrasi. Filtrat dari hasil filtrasi diregenerasi menggunakan udara. Pada saat regenerasi terjadi reaksi-reaksi berikut :

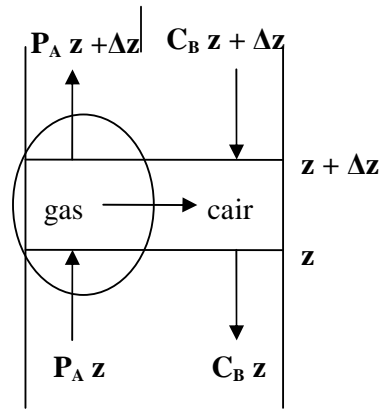
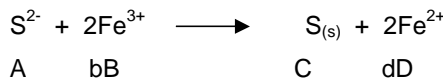


Larutan yang telah diregenerasi kembali mengandung ion feri selanjutnya digunakan kembali untuk menyerap H_2S . Secara keseluruhan proses absorpsi dan regenerasi dapat dituliskan sebagai berikut :



Ditinjau dari aspek kinetika reaksi, reaksi penyerapan H_2S oleh larutan absorben dapat dikategorikan sebagai reaksi heterogen yaitu gas dan cair. (Wubs, 1993).

Penyusunan Neraca massa pada proses absorpsi disertai dengan reaksi kimia adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Skema transfer massa pada proses absorpsi

$$r_A = k_G (P_A - P_{Ai})$$

$$r_A = k_L (C_{Ai} - C_A)$$

$$P_{Ai} = H C_{Ai}$$

$$r_A = k_G (P_A - P_{Ai}) = k_L (C_{Ai} - C_A)$$

$$P_{Ai} = P_A - r_A \left(\frac{1}{k_G} \right)$$

$$H = \frac{P_{Ai}}{C_{Ai}} = \frac{P_A - \frac{r_A}{k_G}}{C_A + r_A \frac{1}{k_L}}$$

$$H r_A \frac{1}{k_L} + \frac{r_A}{k_G} = P_A - H C_A$$

$$P_A - r_A \left(\frac{1}{k_G} \right) = H C_A + H r_A \frac{1}{k_L}$$

$$r_A \left(\frac{H}{k_L} + \frac{1}{k_G} \right) = P_A - H C_A$$

$$r_A = \frac{P_A - H C_A}{\frac{H}{k_L} + \frac{1}{k_G}} \dots\dots\dots (8)$$

• Neraca Massa A di fase gas

$$\text{In} - \text{out} - \text{reaction} = \text{acc}$$

$$\frac{GP}{RT} Y_{A|z} - \frac{GP}{RT} Y_{A|z+\Delta z} - \frac{(P_A - H C_A)}{\frac{H}{k_{La}} + \frac{1}{k_{Ga}}} A \Delta z = 0$$

$$-\frac{(P_A - H C_A)}{\frac{H}{k_{La}} + \frac{1}{k_{Ga}}} A \Delta z = \frac{GP}{RT} Y_{A|z+\Delta z} - \frac{GP}{RT} Y_{A|z}$$

$$-\frac{A R T}{G P} \left[\frac{(Y_A P - H C_A)}{\frac{H}{k_{La}} + \frac{1}{k_{Ga}}} \right] = \frac{Y_{A|z+\Delta z} - Y_{A|z}}{\Delta z}$$

$$\frac{dY_A}{dz} = -\frac{A R T}{G P} \left[\frac{(Y_A P - H C_A)}{\frac{H}{k_{La}} + \frac{1}{k_{Ga}}} \right] \dots\dots\dots(9)$$

• **Neraca Massa A di fase cair**

In - out - reaction = acc

$$L C_{A|z+\Delta z} - L C_{A|z} + \frac{(P_A - H C_A)}{\frac{H}{k_{La}} + \frac{1}{k_{Ga}}} A \Delta z - k C_A^m C_B^n A \Delta z = 0$$

$$-\frac{(P_A - H C_A)}{\frac{H}{k_{La}} + \frac{1}{k_{Ga}}} A \Delta z + k C_A^m C_B^n A \Delta z =$$

$$L C_{A|z+\Delta z} - L C_{A|z}$$

$$\frac{A}{L} \left[\frac{(Y_A P - H C_A)}{\frac{H}{k_{La}} + \frac{1}{k_{Ga}}} - k C_A^m C_B^n \right] = \frac{C_{A|z+\Delta z} - C_{A|z}}{\Delta z}$$

$$\frac{dC_A}{dz} = -\frac{A}{L} \left[\frac{(Y_A P - H C_A)}{\frac{H}{k_{La}} + \frac{1}{k_{Ga}}} - k C_A^m C_B^n \right]$$

...(10)

• **Neraca Massa B di fase cair**

In - out - reaction = acc

$$L C_{B|z+\Delta z} - L C_{B|z} - 2(-r_A) V = 0$$

$$L C_{B|z+\Delta z} - L C_{B|z} - 2 k C_A^m C_B^n A \Delta z = 0$$

$$2 k C_A^m C_B^n A \Delta z = L C_{B|z+\Delta z} - L C_{B|z}$$

$$2 k C_A^m C_B^n \frac{A}{L} = \frac{C_{B|z+\Delta z} - C_{B|z}}{\Delta z}$$

$$\frac{dC_B}{dz} = 2 \frac{A}{L} k C_A^m C_B^n \dots\dots\dots(11)$$

• **Neraca Massa C di fase cair**

In - out - reaction = acc

$$L C_{C|z+\Delta z} - L C_{C|z} + r_C V = 0$$

$$-r_C A \Delta z = L C_{C|z+\Delta z} - L C_{C|z}$$

$$r_C \frac{A}{L} = -\frac{C_{C|z+\Delta z} - C_{C|z}}{\Delta z}$$

$$\frac{dC_C}{dz} = -\frac{A}{L} r_C \dots\dots\dots(12)$$

• **Neraca Massa D di fase cair**

In - out - reaction = acc

$$L C_{D|z+\Delta z} - L C_{D|z} + r_D V = 0$$

$$r_D = 2 r_A$$

$$-r_D A \Delta z = L C_{D|z+\Delta z} - L C_{D|z}$$

$$-2 r_A A \Delta z = L C_{D|z+\Delta z} - L C_{D|z}$$

$$-2 k C_A^m C_B^n A \Delta z = L C_{D|z+\Delta z} - L C_{D|z}$$

$$\frac{dC_D}{dz} = -2 \frac{A}{L} k C_A^m C_B^n \dots\dots\dots(13)$$

Dengan asumsi bahwa :

1. Reaksi merupakan reaksi elementer dengan nilai m=1 dan n=2.
2. Gas sulit larut dalam cairan maka nilai k_{Ga} besar sehingga diabaikan
3. Absorpsi terjadi secara isothermal

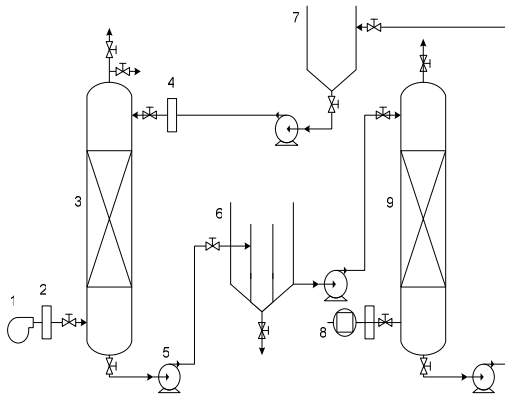
maka persamaan (9) sampai dengan (13) dapat diselesaikan dengan program MATLAB hooke jeeves untuk mendapatkan nilai K_{La} (koefisien transfer massa fase overall / fase cair saja) dan k (konstanta kecepatan reaksi).

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah besi bekas, EDTA (ethylene diamine tetra acetic

acid), HCl (hydrochloric acid), aquadest, dan biogas.

Alat utama yang digunakan adalah menara absorber, menara regenerator dan tangki pengendap. Rangkaian alat dapat dilihat pada gambar 3.



Keterangan :

1. Blower
2. Flowmeter gas
3. Menara absorber
4. Flowmeter cairan
5. Tangki pengendap
6. Tangki penampung
7. Kompresor
8. Menara regenerator

Gambar 3. Rangkaian alat penelitian

Proses absorpsi H₂S dalam gas diawali dengan mengatur rangkaian alat sehingga seluruh aliran fluida yang mengalir di dalamnya stabil. Pada mulanya *iron chelated solution* dimasukkan ke dalam tangki penampung, kemudian *iron chelated solution* dialirkan menuju menara absorber dengan menyalakan pompa. Dari menara absorber *iron chelated solution* dialirkan menuju tangki pengendap, dan terakhir menuju menara regenerator. Setelah semua tangki terisi (pada level tertentu) dan laju alir mendekati stabil. Kran udara regenerasi dan kran biogas dibuka pada kecepatan alir yang telah ditentukan. Proses analisis kandungan H₂S dalam biogas dilakukan dengan mengambil sampel biogas output pada bagian atas menara absorber. Sampel ditampung dalam bentuk cairan (diserap oleh aquadest) dalam botol kecil untuk kemudian dianalisis di dalam laboratorium.

Sedangkan pada penyelesaian numeris dari persamaan 9-13 dengan menggunakan MATLAB, terlebih dahulu disusun algoritma penyelesaian program sebagai berikut :

Diketahui data : R, T, P, H, m, n, D, G, L, YA data

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

Trial K_{La} dan k

Penyelesaian PD sehingga didapat YA, CA, CB, CC, CD

$$SSE = (YA \text{ data} - YA \text{ hitung})^2$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelumnya telah dilakukan penelitian dengan variasi laju alir absorben oleh Slamet Sapto Raharjo dan Endah Ari Wardani. Konsentrasi larutan Fe-EDTA yang digunakan memiliki dua variasi yakni 0,1 M dan 0,2 M. Hal ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi larutan Fe-EDTA berfungsi secara optimum untuk proses penyerapan (absorpsi) H₂S dalam biogas.

Sebelum proses dijalankan, terlebih dahulu biogas input (raw gas) dianalisis untuk mengetahui kadar gas H₂S awal. Proses dioperasikan secara kontinyu dan banyaknya gas H₂S yang terserap diketahui dengan menganalisis kadar H₂S pada biogas output.

Pada penelitian ini, dengan menggunakan data-data yang diperoleh pada penelitian sebelumnya tersebut dicari koefisien transfer massa fase cair (K_{La}) dan konstanta kecepatan reaksi (k) dengan menggunakan program MATLAB hooke jeeves.

Gas H₂S adalah gas yang sukar larut dalam cairan, maka tahanan di fase cairan yang mengendalikan sehingga nilai K_{La} kecil serta nilai kga besar sehingga diabaikan.

Data-data dari penelitian sebelumnya yang akan dicari koefisien transfer massa fase cair (K_{La}) dan konstanta kecepatan reaksi (k) pada konsentrasi H₂S pada raw gas= 2,8235%, laju alir biogas= 5 L/menit, laju alir udara regenerasi= 15 L/menit dan konstanta Henry = 0,1 atm.liter/mol dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 % H₂S dalam output biogas

0,1 M		0,2 M	
Laju Alir absorben (L/menit)	% H ₂ S output	Laju Alir absorben (L/menit)	% H ₂ S output
5,481	1,2450	5,427	0,0245
6,329	1,2147	6,647	0,0199
7,076	1,4032	7,675	0,0256

Dengan menggunakan program MATLAB hooke jeeves diperoleh nilai koefisien transfer massa pada fase cair yang dapat dilihat pada tabel 4 dan nilai konstanta kecepatan reaksi yang dapat dilihat pada tabel 5.

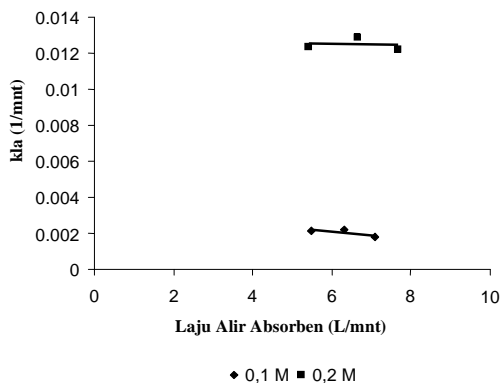
Tabel 4. Koefisien transfer massa fase cair dalam berbagai variasi laju alir absorben pada konsentrasi Fe-EDTA 0,1 M dan 0,2 M.

0,1 M		0,2 M	
Laju Alir absorben (L/menit)	K_{La} (1/menit)	Laju Alir absorben (L/menit)	K_{La} (1/menit)
5,481	0,00213	5,427	0,01235
6,329	0,00219	6,647	0,01289
7,076	0,00182	7,675	0,01223

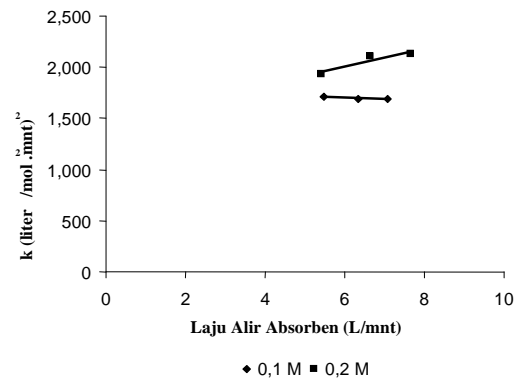
Tabel 5. Konstanta kecepatan reaksi (k) dalam berbagai variasi laju alir absorben pada konsentrasi Fe-EDTA 0,1 M dan 0,2 M.

0,1 M		0,2 M	
Laju Alir absorben (L/menit)	k (liter ² /mol ² mnt)	Laju Alir absorben (L/menit)	k (liter ² /mol ² mnt)
5,481	1711,4	5,427	1934,8
6,329	1692,1	6,647	2107,3
7,076	1686,6	7,675	2130,7

Grafik hubungan antara laju alir absorben dan K_{La} pada konsentrasi Fe-EDTA 0,1 M dan 0,2 M dapat dilihat pada gambar 4. Sedangkan grafik hubungan antara laju alir absorben dan k pada konsentrasi Fe-EDTA 0,1 M dan 0,2 M dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Grafik hubungan laju alir absorben dengan koefisien transfer massa fase cair (K_{La})



Gambar 5. Grafik hubungan laju alir absorben dengan konstanta kecepatan reaksi (k)

Dari grafik hubungan laju alir absorben dengan K_{La} (koefisien transfer massa fase cair) di atas menunjukkan bahwa semakin besar laju alir absorben, nilai K_{La} mengalami kenaikan dan penurunan sehingga kecenderungannya kurang begitu jelas. Hal ini terjadi karena data yang diambil kurang begitu banyak. Jika dibandingkan antara konsentrasi absorben 0,1 M dan 0,2 M, terlihat bahwa semakin besar konsentrasi absorben, maka nilai-nilai k dan K_{La} semakin besar pula.

KESIMPULAN

Pada laju alir absorben 5,4 sampai 7,7 L/menit dan konsentrasi absorben 0,1 M, nilai koefisien transfer massa fase cair (K_{La}) mempunyai kisaran antara 0,00182 sampai 0,00219 1/menit dan harga konstanta kecepatan reaksi (k) pada kisaran antara 1686,6 sampai 1711,4 liter²/mol².menit. Sedangkan pada konsentrasi absorben 0,2 M dan pada laju alir yang sama diperoleh nilai koefisien transfer massa fase cair (K_{La}) pada kisaran 0,01223 sampai 0,01289 1/menit dan konstanta kecepatan reaksi (k) pada kisaran antara 1934,8 sampai 2130,7 liter²/mol².menit. Semakin besar konsentrasi absorben, maka nilai K_{La} dan k semakin besar pula.

SARAN

Perlu penambahan jumlah data yang diolah (dianalisis) sehingga diperoleh hasil yang lebih valid atau kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Administrator, *Rangkuman Diskusi Sulfinol*, www.migas-indonesia.com/index.php.
 Budi T. J, *Comparing DIPA vs MDEA*, www.processengineers.blogspot.com/2008/06/comparing-dipa-vsmdea.html

Exxon Corp, *Natuna Sumber gas Terbesar di Dunia*, www.energi.lipi.go.id.

Harahap, F., 1980, *Teknologi Gas Bio*, Pusat Teknologi Pembangunan ITB, Bandung.

Kohl, A.L., and Nielsen, R.B., 1997, *Gas Purification*, pp. 42, Gulf Publishing Company, Houston.

Kwartiningsih, E., Jumari, A., dkk, 2008, *Pemurnian Biogas dari Kandungan H₂S dalam Biogas Menggunakan Laruan Absorben dari Besi Bekas*, Laporan Penelitian Hibah Bersaing, DIKTI.

Levenspiel, O., 1999, *Chemical Reaction Engineering*, John Wiley and Sons, New York.

Nugroho D. dan Sarwanti U., 2008, *Pengaruh Konsentrasi Absorben (Fe-EDTA) Terhadap Penurunan Kandungan H₂S Pada Laju Alir Udara Regenerasi Yang Berbeda*, Laporan Penelitian, Universitas Sebelas Maret Surakarta

OBrien, M., 1991, *Catalytic Oxidation of Sulfides in Biogas, Ventilation Air and Wastewater Streams from Anaerobic Digesters*, Proceedings 1991 Food Industry Environmental Conference, USA.

Perry, R.H. and Green D.W., 1997, *Chemical Engineer's Hand Book*, 7 ed, Mc. Graw Hill Book Co. Ltd, New York.

PT Badak LNG, *Refrigeration PT Badak LNG Plant*, www.badaklng.co.id

PT Pertamina, *Pertamina UP V Balik Papan*, www.pertamina.com.

Raharjo, S.S dan Wardani, E.A., 2008, *Pengaruh Konsentrasi Absorben (Fe-EDTA) Terhadap Penurunan Kandungan H₂S Pada Laju Absorben Yang Berbeda*, Laporan Penelitian, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Treyball, E., R., 1981, *Mass Transfer Operation*, 3 rd ed, Mc Graw Hill Book Company, USA.

Wijaya,A.,*AppliedTechnologyBiogas*,www.petra.ac.id/science/applied_technology/biogas98/biogas5.htm

Wubs, H.J. and Beenackers, A.A.C.M., 1993, *Kinetics of the Oxidation of Ferrous Chelates of EDTA and HEDTA into Aqueous Solutions*, Ind. Eng. Chem. Res., vol. 32, pp. 2580 – 2594
www.processengineers.blogspot.com

DAFTAR LAMBANG

A = luas permukaan absorber, dm²
C_A = Konsentrasi gas H₂S di badan cairan, mol/liter
C_{Ai} = Konsentrasi gas H₂S di interface, mol/liter
C_B = Konsentrasi Fe³⁺, mol/liter
C_C = Konsentrasi S, mol/liter
C_D = Konsentrasi Fe²⁺, mol/liter
D = Diameter absorber, dm
G = laju alir biogas, liter/menit
H = konstanta Henry, atm.liter/mol
k= konstanta kecepatan reaksi, liter²/(mol²menit)
k_{Ga}= koefisien transfer massa volumetris fase gas, mol/liter/atm/menit
k_{La}= koefisien transfer massa volumetris fase cair, 1/menit
K_{La} = koefisien transfer massa overall, 1/menit
L = laju alir absorben, Lt/menit (dm³/menit)
m = order reaksi A (S²⁻)
n = order reaksi B (Fe³⁺)
P = Tekanan total, atm
P_A = Tekanan gas H₂S di badan gas, atm
P_{Ai} = Tekanan gas H₂S di interface, atm
R = Tetapan gas ideal, atm.liter/mol/K
T = Temperatur operasi, K
Y_A = fraksi mol gas H₂S, % mol