

# ANALISA PENGARUH DAN HUBUNGAN TEMPERATUR AMINE, TEKANAN *FEED* GAS DAN LAJU ALIR *FEED* GAS TERHADAP PENYERAPAN CO<sub>2</sub> PADA UNIT 1C-2 ABSORBER (STUDI KASUS PT. XYZ)

EKA MEGAWATI<sup>1\*</sup>, YUNIARTI<sup>1</sup>, DAN ACHMAD FADLIH<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi D3 Pengolahan Minyak dan Gas, Sekolah Tinggi Teknologi Migas  
Jalan Transad KM. 10, Karang Joang, Balikpapan

\* alamat email korespondensi: eka.megawati@sttmigas.ac.id

Informasi Artikel	Abstrak/Abstract
<p>Riwayat Naskah : Diterima pada 23 Agustus 2020 Diterima setelah direvisi pada 26 Desember 2020 Diterbitkan pada 31 Desember 2020</p> <p>Kata Kunci: gas karbon dioksida; amine MDEA; persamaan regresi; temperatur amine; tekanan <i>feed gas</i>; laju alir <i>feed gas</i></p> <p><i>Keywords: carbon dioxide gas; amine MDEA; regression equation; amine temperature; gas feed pressure; feed gas flow rate</i></p>	<p>Gas alam atau natural gas yang berasal dari sumur gas atau yang terbawa bersama sumur minyak, biasanya masih banyak mengandung zat pengotor. Pada umumnya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) merupakan pengotor utama pada gas alam. Salah satu yang ditemukan dalam <i>feed gas</i> yang diterima oleh PT. XYZ adalah <i>feed gas</i> dengan kandungan CO<sub>2</sub> sebesar 5-6% mol namun saat ini <i>feed gas</i> yang diterima cenderung mengandung CO<sub>2</sub> sekitar 3-3,5% mol. Karbon dioksida atau yang sering disebut CO<sub>2</sub> merupakan gas yang bersifat asam karena adanya uap air yang mengakibatkan CO<sub>2</sub> semakin korosif. Selain hal tersebut, titik beku dari CO<sub>2</sub> (-78 °C) yang lebih tinggi dibandingkan dengan titik beku metana (-182 °C) mengakibatkan penyumbatan pada tube-tube Alat penukar panas yang suhunya dapat mencapai -150 °C. Tujuan dari penelitian adalah mengetahui pengaruh suhu amina, tekanan <i>feed gas</i> dan laju alir <i>feed gas</i> terhadap penyerapan CO<sub>2</sub>. Penelitian ini menggunakan metode analisis korelasi, regresi dan koefisien determinasi dengan variable bebas berupa temperatur amina, tekanan <i>feed gas</i>, laju alir <i>feed gas</i> dan variable terikat berupa penyerapan CO<sub>2</sub>. Berdasarkan hasil pengamatan dapat dilihat seberapa berpengaruh variabel-variabel yang digunakan dalam menyerap CO<sub>2</sub> yakni temperatur amina berpengaruh besar dengan nilai korelasi 0,94, tekanan <i>feed gas</i> berpengaruh besar dengan nilai korelasi sebesar 0,86 dan laju alir <i>feed gas</i> berpengaruh besar dengan nilai korelasi 0,97.</p> <p><i>Natural gas or feed gas originating from gas wells or carried along with oil wells usually still contains a lot of impurities. In general, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), and hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) are the main impurities in natural gas. One of those found in the gas feed received by PT. XYZ is a gas feed with a CO<sub>2</sub> content of 5-6 mol% but currently, the gas feeds received tend to contain around 3 - 3.5% mole of CO<sub>2</sub>. Carbon dioxide or what is often called CO<sub>2</sub> is an acidic gas due to the presence of water vapor which makes CO<sub>2</sub> more corrosive. In addition to this, the freezing point of CO<sub>2</sub> (-78 °C) which is higher than the freezing point of methane (-182 °C) results in clogging of the heat exchanger tubes where temperatures can reach -150 °C. The objective of this study is to see the effect of amine temperature, feed gas pressure, and feed gas flow rate on CO<sub>2</sub> absorption. The research used the method of analysis, regression, and coefficient of determination with independent variables in the form of amine temperature, feed gas pressure, feed gas flow rate, and a variable consisting of CO<sub>2</sub> absorption. Based on the observations it can be seen that regardless of the influence of the variables used in absorbing CO<sub>2</sub>, namely temperature which has a large effect with a value of 0.94, feed gas pressure has a large effect with a maintaining value of 0.86 and the flow rate of feed gas has a large effect with a maintained value of 0.97.</i></p>

## PENDAHULUAN

Sumber daya alam dengan cadangan terbesar ketiga di dunia adalah gas bumi, setelah batu bara dan minyak bumi. Gas bumi atau gas alam pada awalnya tidak digunakan sebagai sumber energi dikarenakan adanya kesulitan dalam hal transportasi sehingga selalu dibakar ketika diproduksi bersamaan dengan minyak bumi [1]. Komposisi dari *Liquefied Petroleum Gas* atau yang sering disebut LPG terdiri dari campuran utama

propana (C<sub>3</sub>) dan butana (C<sub>4</sub>) dengan sedikit presentase hidrokarbon tidak jenuh (propilen dan butilen) dan beberapa fraksi etana (C<sub>2</sub>) yang lebih ringan dan pentana (C<sub>5</sub>) yang lebih berat. Jadi, Senyawa yang terdapat pada LPG adalah propan (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), propilen (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>), iso-butan (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) dan butilen (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>) [2].

Gas alam atau *natural gas* baik yang berasal dari sumur gas maupun yang terbawa bersama sumur minyak, biasanya masih banyak mengandung *impurities* (zat pengotor). Salah satu

yang ditemukan dalam *feed* gas yang diterima oleh PT. XYZ adalah *feed* gas dengan kandungan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sebesar 5-6% mol. Sementara itu, seharusnya spesifikasi gas alam untuk kadar CO<sub>2</sub> pada industri LNG maksimal 50 ppm atau 0,005% [3].

Pada umumnya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S) merupakan pengotor utama pada gas alam. Berbagai macam metode pemisahan CO<sub>2</sub> yang telah diterapkan secara luas yaitu metode membran, kriogenik, adsorpsi, dan yang paling umum digunakan adalah metode absorpsi, dimana metode absorpsi digunakan larutan kimia [4]. Proses pemisahan gas berbasis membran merupakan proses yang memanfaatkan perbedaan tekanan. Gas campuran diumpungkan pada tekanan tinggi antara 10-200 bar. Adanya perbedaan tekanan parsial pada umpan dan dan tekanan parsial pada permeat menjadi pendorong pada proses ini[5]. Metode kriogenik menggunakan kolom distilasi dengan fasilitas yang relatif besar, investasi modal dan operasional yang tinggi [6]. Absorpsi adalah salah satu proses pemisahan pada industri kimia dimana suatu campuran gas dicampurkan dengan suatu cairan penyerap yang sesuai, sehingga satu atau lebih partikel dalam campuran gas terlarut dalam cairan penyerap [7].

Proses adsorpsi merupakan proses penyerapan suatu senyawa terhadap permukaan adsorben. Daya adsorpsi juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu waktu kontak, luas permukaan, temperatur, pH dan kepolaran zat [8]. Selain itu, proses absorpsi/*stripping* yang umum digunakan dan dikembangkan adalah proses absorpsi/*stripping* dengan sirkulasi larutan kimia. Proses tersebut banyak digunakan pada industri amoniak dan pemurnian gas alam [9].

Pemilihan larutan amine yang tepat untuk digunakan secara garis besar meliputi 3 jenis: Primer, sekunder, dan tersier amine. Dari keadaan tersebut maka belakangan ini yang digunakan atau yang dikembangkan adalah Methyl Diethanol Amine (MDEA) [10]. Pada Perusahaan PT. XYZ menggunakan teknologi absorpsi dengan penyerapan menggunakan larutan amine *Methyldiethanolamine* (aMDEA).

Pada hal ini CO<sub>2</sub> diserap menggunakan larutan MDEA agar tidak menghambat proses pencairan LNG dikarenakan pada suhu sangat rendah (-78 °C, 1 atm) CO<sub>2</sub> akan mengkristal atau membeku sehingga menyumbat sistem perpipaan dan menyumbat *tube-tube Heat Exchanger* yang suhunya dapat mencapai -150 °C [3]. Pada proses penyerapan CO<sub>2</sub> dengan menggunakan aMDEA terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi penyerapan CO<sub>2</sub> seperti konsentrasi amine,

temperatur amine, tekanan *feed* gas laju alir amin, dan laju alir *feed* gas.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hartanto dengan pelarut yang digunakan yaitu dietanolamina (DEA). Hasil penelitian menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur operasi maka semakin tinggi pula loading CO<sub>2</sub> dan komposisi CO<sub>2</sub> di *sweet gas* makin rendah. Semakin tinggi konsentrasi DEA maka semakin rendah *loading* CO<sub>2</sub> dan komposisi CO<sub>2</sub> di *sweet gas* [11].

Sementara itu, penelitian yang dilakukan oleh Fahmi, dkk, terlihat bahwa pabrik LNG ini menggunakan teknologi yang sudah terbukti (*proven*) sehingga target proses dapat dicapai. Untuk teknologi *acid gas removal* menggunakan amine absorption sehingga target acid gas (CO<sub>2</sub>) ≤ 40 ppmv pada *sweet gas* sudah pasti tercapai[12] Penggunaan larutan amine berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fadlih, A., and Megawati, E. yang menyatakan CO<sub>2</sub> diserap menggunakan larutan aMDEA agar tidak menghambat proses pencairan LNG dikarenakan titik beku CO<sub>2</sub> lebih tinggi dibandingkan dengan metana yakni titik beku CO<sub>2</sub> adalah -56 °C yang nantinya akan menyebabkan penyumbatan pada tube-tube Heat Exchanger (5E-1) yang suhunya dapat mencapai -150 °C [13].

Penelitian sebelumnya melakukan Analisa dengan teknologi *acid gas removal* dan penelitian lain menganalisa pengaruh konsentrasi terhadap penyerapan CO<sub>2</sub>. Berdasarkan hal tersebut, peneliti melakukan penelitian yang berbeda, yaitu menganalisa pengaruh dan hubungan temperatur amine, tekanan *feed* gas dan laju alir *feed* gas terhadap penyerapan CO<sub>2</sub> pada unit 1C-2 Absorber (Studi kasus PT. XYZ).

## EKSPERIMEN

Pengamatan dilakukan di *Operation Department Process Train* Modul II *Train E Plant-1* PT. XYZ Bontang Kalimantan Timur.

### Sumber Data

Data diperoleh dari data operasi kilang train E *Plant-1 Exaquantum* dan data *Operation Department* PODS [14].

### Metode

Pada suatu penelitian yang mengamati lebih dari satu faktor atau peubah, biasanya akan timbul persoalan tentang relasi atau hubungan di antara faktor-faktor yang diamati dalam penelitian. Untuk mengetahui bentuk hubungan di antara faktor-faktor tersebut dapat digunakan analisis regresi

yang merupakan hubungan sebab akibat [15]. Pengujian model regresi linier selain bisa menggunakan cara manual, juga bisa dilakukan dengan menggunakan computer [16]. Program Excel digunakan untuk Analisa data yang berupa analisa korelasi dan analisa regresi.

### Prosedur

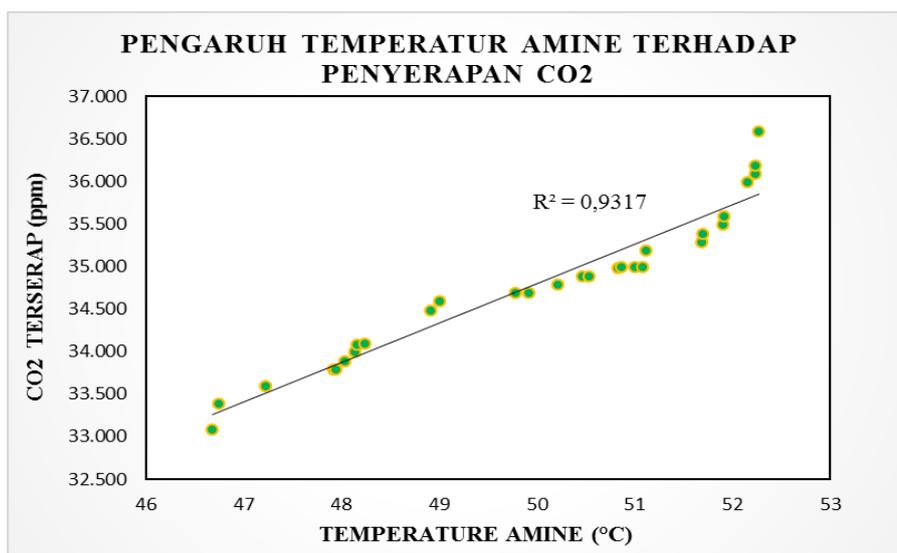
Menentukan nilai korelasi dan hubungan antar variabel [17].

Pengambilan data variabel; Menghitung nilai korelasi antar variabel; Membuat grafik hubungan tiap-tiap variabel; Menentukan nilai dan hubungan antar variabel yang telah dilakukan; Menganalisa hasil.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Analisa Pengaruh Temperatur Amine Terhadap Penyerapan CO<sub>2</sub>

Hasil menganalisa Pengaruh Temperatur gas amine Terhadap Penyerapan CO<sub>2</sub> dapat dilihat pada **Gambar 1**. Di Kolom absorber 1C-2 kenaikan temperatur diiringi dengan meningkatnya penyerapan CO<sub>2</sub> namun tidak melebihi batasan yang di anjurkan yaitu 60 °C > jadi semakin tinggi temperatur maka penyerapan CO<sub>2</sub> juga meningkat. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian dari Ningsih, yaitu adanya suhu optimum dimana dibawah suhu optimum tersebut kenaikan suhu menyebabkan kenaikan persen penghilangan sedangkan diatas suhu optimum kenaikan suhu menurunkan persen penghilangan [18].



**Gambar 1.** Pengaruh temperatur amine terhadap penyerapan CO<sub>2</sub>

Pada **Gambar 1** terlihat bahwa peningkatan temperatur diikuti dengan meningkatnya penyerapan CO<sub>2</sub>. Dalam penelitian ini pengaruh temperatur terhadap penyerapan CO<sub>2</sub> memiliki nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9 dengan nilai korelasi sebesar 0,94 (Kategori kuat). Jika dilihat dalam ilmu statistik jika nilai R<sup>2</sup> semakin mendekati nilai satu (1) maka terdapat pengaruh antara kedua variabel tersebut saling. dari garis linear pada grafik yang dimana garis tersebut mengarah ke atas yang menunjukkan bahwa hubungan antara temperatur dengan CO<sub>2</sub> yang terserap itu positif yang menandakan kedua variabel tersebut berjalan searah atau peningkatan temperatur akan meningkatkan penyerapan CO<sub>2</sub>. Oleh karena itu Pengaturan temperatur larutan *amine* itu penting. karena bila suhu larutan *amine* terlalu rendah akan mengakibatkan terkondensasinya *hydrocarbon* berat dalam *feed* gas. Terjadinya kondensasi

*hydrocarbon* berat dalam 1C-2 yaitu pada suhu sekitar 38 °C. Dikarenakan adanya lapisan *hydrocarbon* pada permukaan larutan *amine* dalam 1C-2 dapat menimbulkan *foaming* (busa).

### Hasil Analisa Pengaruh Tekanan Feed Gas Terhadap Penyerapan CO<sub>2</sub>

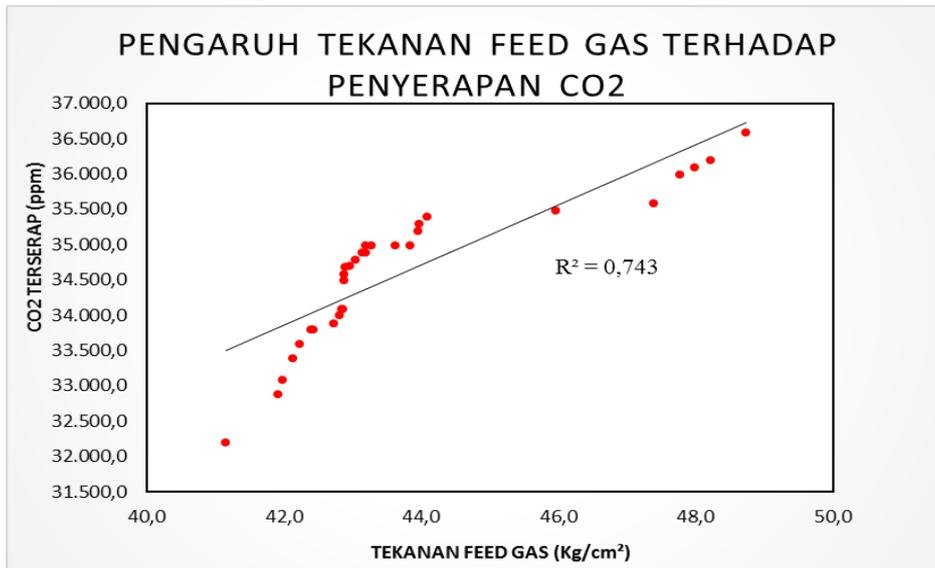
Dalam menganalisa Pengaruh Tekanan *Feed* Gas Terhadap Penyerapan CO<sub>2</sub> dibuat grafik yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.

Produksi LNG sangat dipengaruhi dengan tekanan *feed* gas, semakin tinggi tekanan *feed* gas semakin tinggi produksi yang dihasilkan dan sebaliknya semakin rendah tekanan *feed* gas juga semakin rendah produksi yang dihasilkan. Pada proses absorpsi diperlukan tekanan tinggi untuk membantu penyerapan CO<sub>2</sub> hal ini disebabkan karena semakin tingginya tekanan, maka kelarutan

CO<sub>2</sub> dalam larutan MDEA juga semakin besar sehingga kenaikan tekanan akan meningkatkan jumlah penyerapan CO<sub>2</sub>.

Pada **Gambar 2** terlihat kenaikan pada tekanan *feed* gas diiringi dengan meningkatnya CO<sub>2</sub> yang terserap absorber 1C-2. Nilai R<sup>2</sup> pada variabel ini yaitu sebesar 0,7 dengan nilai korelasi 0,86 yang menandakan variabel tersebut sangat

berpengaruh dalam penyerapan CO<sub>2</sub>. Jika nilai R<sup>2</sup> mendekati 1 menandakan kedua variabel tersebut sangat berpengaruh dengan kategori kuat. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang menyatakan bahwa adanya kenaikan daya serap *Molecular Sieve* terhadap CO<sub>2</sub> berhubungan dengan adanya variasi kenaikan tekanan dari 5 sampai 50 bar [19].

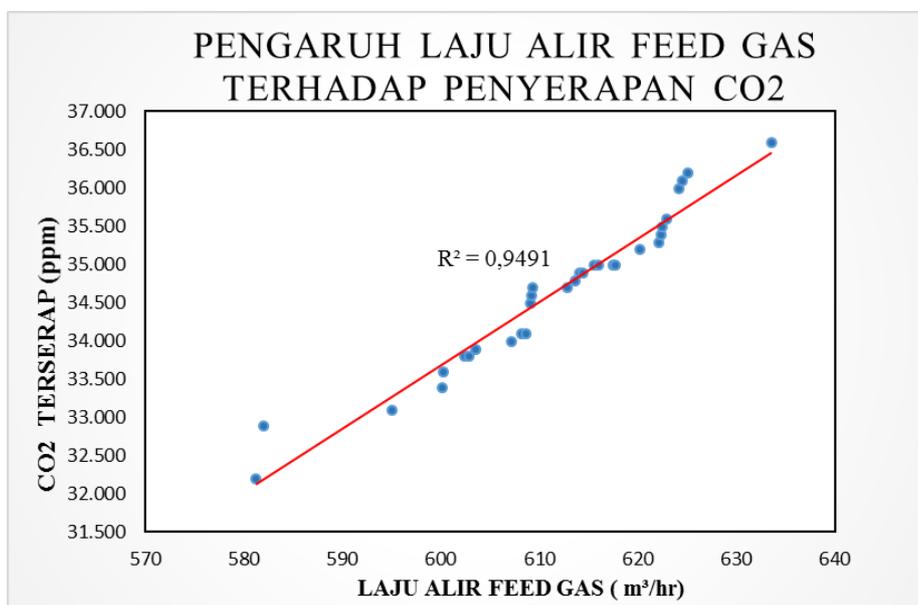


**Gambar 2.** Pengaruh tekanan *feed* gas terhadap penyerapan CO<sub>2</sub>

**Hasil Analisa Pengaruh Laju Alir Feed Gas Terhadap Penyerapan CO<sub>2</sub>**

**Gambar 3** menunjukkan Pengaruh Laju Alir *Feed* Gas Terhadap Penyerapan CO<sub>2</sub>. Berdasarkan Gambar 3, meningkatnya laju alir *feed* gas diiringi dengan meningkatnya CO<sub>2</sub> yang terserap di kolom absorber 1C-2. Pengaruh laju alir *feed* gas

terhadap penyerapan CO<sub>2</sub> memiliki nilai R<sup>2</sup> sebesar 0,9 dengan nilai korelasi yang diperoleh sebesar 0,97 yang artinya berpengaruh kuat dalam menyerap CO<sub>2</sub> yang dimana jika dilihat berdasarkan ilmu statistik nilai R<sup>2</sup> mendekati 1 menandakan kedua variabel tersebut sangat berpengaruh.



**Gambar 3.** Pengaruh Laju alir *feed* gas terhadap penyerapan CO<sub>2</sub>

Pada **Gambar 3** dapat dilihat terdapat garis linier yang mengartikan bahwa pengaruh laju alir *feed* gas memiliki hubungan yang positif yang dimana kenaikan laju alir akan bersamaan dengan kenaikan penyerapan CO<sub>2</sub> atau dengan meningkatnya laju alir *feed* gas dapat meningkatkan penyerapan CO<sub>2</sub>. Hasil penelitian tersebut linier dengan hasil penelitian lain yang menyatakan semakin tinggi laju alir gas CO<sub>2</sub> maka terjadi kenaikan pada laju pertumbuhan serta produktivitas biomassa [20].

## SIMPULAN

Pengaruh Temperatur Amine Terhadap Penyerapan CO<sub>2</sub> memiliki pengaruh kuat dalam menyerap CO<sub>2</sub> dengan nilai korelasi 0,94 yang dimana nilai tersebut masuk dalam kategori kuat atau berpengaruh besar dalam menyerap CO<sub>2</sub>.

Pengaruh Tekanan *feed* gas Terhadap Penyerapan CO<sub>2</sub> memiliki pengaruh kuat dalam menyerap CO<sub>2</sub> dengan nilai korelasi sebesar 0,86 yang artinya bahwa tekanan *feed* gas masuk dalam kategori kuat atau berpengaruh besar dalam menyerap CO<sub>2</sub>.

Pengaruh laju alir *feed* gas terhadap penyerapan CO<sub>2</sub> berpengaruh kuat dalam menyerap CO<sub>2</sub> dengan nilai korelasi 0,97 yang berarti laju alir *feed* gas masuk dalam kategori b atau berpengaruh besar dalam menyerap CO<sub>2</sub> seperti pengaruh temperatur amine.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan dan segala pihak yang telah banyak membantu, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

## REFERENSI

[1] H. Syukur, "Potensi gas alam di Indonesia", *Forum Teknologi*, vol. 6, no. 1, pp. 64-73, 2015.

[2] F. A. Rahmatika, Y. N. Ariq, S. Susianto, and F. Taufany, "PRA-DESAIN PABRIK LPG DARI GAS ALAM", *Jurnal Teknik ITS*, vol. 8, no. 2, pp. 46-50, 2019.

[3] M. F. Kurniawan and G. A. Setyawan, "Pemodelan dan Simulasi Stripping Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dari Larutan Methyl-diethanolamine (MDEA) Berpromotor dalam Kolom Berpacking", Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.

[4] Y. Kurniati and L. Qomariyah, "Prediksi Solubilitas (Absorpsi) Gas CO<sub>2</sub> Dalam Larutan Potassium Karbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) dan

MDEA Menggunakan Simulasi ASPEN", *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, vol. 2, no. 1, pp. 1-10, 2018.

- [5] K. Sutanto, "Teknologi Membran dalam Pengolahan Gas Alam", Institut Teknologi Bandung, 2016.
- [6] T. R. Biyanto, M. O. Mabururi, M. A. Purnomo, N. E. Tama, and G. S. Nainggolan, "Pelatihan Pemanfaatan Teknologi Green Supersonic Separation Untuk Pengolahan Gas Bagi Civitas Akademika Dan Kalangan Industri", *SEWAGATI Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, vol. 4, no. 1, pp. 1-7, 2020.
- [7] P. Paryanto, S. Sartanto, and A. N. Valentino, "Penyerapan Gas Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) Dalam Biogas Dengan Larutan Ca(OH)<sub>2</sub>", *EKUILIBIUM Jurnal Chemical Engineering*, vol. 14, no. 1, pp. 31-34, 2015.
- [8] A. Saleh, R. Oktariya S, and Y.A. Sarah P, "Pengaruh Massa Zeolit Dan Laju Alir Compressed Natural Gas Terhadap Peningkatan Metana Melalui Proses Pemurnian", *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 23, no. 2, pp. 95-103, 2017.
- [9] Kuswandi, K. Anam, and Y.P. Laksana, "Solubilitas Gas CO<sub>2</sub> dalam Larutan Potassium Karbonat", *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 3, no. 1, pp. 178-186, 2008.
- [10] Sutanto, A.H. Mulyati, and Hermanto, "Evaluasi Kinerja Methyl Diethanol Amine (MDEA) Dalam Penyerapan Kandungan H<sub>2</sub>S Pada Proses Pengolahan Gas Alam", *Ekologia: Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar dan Lingkungan Hidup*, vol. 20, no. 1, pp. 45-51, 2020.
- [11] Y. Hartanto, A. Putranto, and S. Cynthia, "Simulasi Absorpsi Gas CO<sub>2</sub> Dengan Pelarut Dietanolamina (DEA) Menggunakan Simulator Aspen Hysys", *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 6, no. 3, pp. 100-103, 2017.
- [12] M. Fahmi, M. Fauzi, and G. Wibawa, "Studi Awal Desain Lng (Liquefied Natural Gas) Plant Dari Coal Bed Methane (Cbm) Dengan Kapasitas Feed 40 MMSCFD", *Jurnal Teknik ITS*, vol. 2, no. 2, pp. 224-227, 2013.
- [13] A. Fadlih and E. Megawati, "Analisa Pengaruh Konsentrasi aMDEA Terhadap Penyerapan Gas Karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>)", *Journal of Energy and Technology*, vol. 2, no. 2, pp. 11-17, 2020.
- [14] Kilang Train E Plant-1, "Modul II Operation Department", Bontang, 2020.
- [15] I. Sungkawa, "Penerapan Analisis Regresi Dan Korelasi Dalam Menentukan Arah Hubungan Antara Dua Faktor Kualitatif Pada Tabel Kointegrasi", *Jurnal Matematika*

- Statistika*, vol. 13, no. 1, pp. 33–41, 2013.
- [16] D. Muriyatmoko, “Analisa Volume Terhadap Sitasi Menggunakan Regresi Linier Pada Jurnal Bereputasi di Indonesia”, *Jurnal Ilmiah Simantec*, vol. 6, no. 3, pp. 129–134, 2018.
- [17] R. Kurniawan and B. Yuniarto, *Analisis Regresi*, 1st ed. Jakarta: Kencana, 2016.
- [18] E. Ningsih, L. Pudjiastuti, D. Wulansari, N. Anggraheny, A. Altway, and K. K. Budhikarjono, “Simulasi Absorpsi Multikomponen Gas dalam Larutan  $K_2CO_3$  dengan Promoter MDEA Pada Packed Column”, *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, vol. 11, no. 1, pp. 17–25, 2012.
- [19] Sriyono, I. Karliana, Sumijanto, Arifal, and R. Kusumastuti, “Analisis Preassure Swing Adsorption pada Proses Penyerapan Gas Pengotor Oleh Molecular Sieve pada Sistem Pemurnian Helium RGTT200K”, *Prosiding Seminar ke-19*, 2013, pp. 200–209.
- [20] R.N. Rostika, “Pengaruh Laju Alir dan Konsentrasi Gas  $CO_2$  Terhadap Produksi Biomassa Oleh Mikroalga *Chlamydomonas sp*”, *Neo Teknika: Jurnal Ilmiah Teknologi*, vol. 1, no. 1, pp. 28–33, 2015.