

ANALISIS EFEKTIVITAS KINERJA AMINE TRAIN UNTUK MENGURANGI KANDUNGAN CO₂ DI PT XYZ DENGAN SIMULASI HYSYS

Fadhil Mulia Ramadan^{1*}, Haris Nu'man Aulia¹

¹Teknik Pengolahan Minyak dan Gas, PEM AKAMIGAS, Jalan Gajah Mada No. 38 Cepu, Blora 58315

*E-mail : fadhilramadan27@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas kinerja amine train dalam mengurangi kandungan CO₂ pada PT XYZ menggunakan simulasi HYSYS. PT XYZ memproduksi gas alam yang perlu memenuhi standar CO₂ di bawah 2,5% sesuai permintaan konsumen. Simulasi menggunakan larutan MDEA dilakukan dengan memvariasikan parameter operasi, seperti suhu, tekanan, dan konsentrasi amine. Data hasil simulasi dibandingkan dengan data aktual di lapangan untuk validasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan CO₂ aktual sebesar 3%, sementara simulasi menunjukkan kandungan sebesar 5,02% yang dikonversi menjadi 2,04%. Perbedaan ini menunjukkan perlunya peningkatan jumlah tray absorber untuk mencapai efisiensi yang lebih tinggi. Analisis juga mengungkapkan bahwa suhu lean amine, konsentrasi amine, dan laju alir memengaruhi penurunan CO₂. Disarankan suhu lean amine optimal 106°F dan konsentrasi MDEA 48% dengan laju alir 1600 USGPM untuk mencapai hasil optimal. Studi ini menyimpulkan bahwa peningkatan desain absorber dan penyesuaian parameter operasional penting untuk memenuhi spesifikasi CO₂ yang diinginkan, mendukung kinerja dan keberlanjutan proses di PT XYZ.

Kata kunci : Amine Train, CO₂, MDEA, Absorpsi, Simulasi HYSYS

1. PENDAHULUAN

PT XYZ merupakan perusahaan yang bertanggung jawab atas eksplorasi dan produksi minyak dan gas yang berupa gas alam. PT XYZ juga memiliki beberapa platform yang berada di lepas pantai, *Power Gas Plant* tempat untuk menunjang atau menjadi *support* listrik untuk platform – platform yang dimiliki PT XYZ dan tempat proses merubah menjadi *fuel gas*, *Gas Metering Station* tempat distribusi *fuel gas* ke PLTGU di Cilegon untuk memenuhi kebutuhan listrik yang ada di pulau jawa.

Masalah yang terjadi di dalam penelitian ini dimana PT XYZ menerima permintaan dari konsumen yang dimana saat mensuplai gas tersebut jumlah dari kandungan CO₂ harus berada di bawah 2.5% dari permintaan konsumen, dimana yang terjadi sekarang kandungan CO₂ berada disekitar 3%. Maka dari itu penelitian ini mencari bagaimana cara menurun kandungan CO₂ pada kesepakatan dengan konsumen agar dapat memenuhi kebutuhan listrik di pulau jawa.

Natural Gas merupakan jenis bahan bakar yang diperoleh dari proses pengeboran perut bumi. Gas yang diperoleh dari perut bumi masih mengandung kontaminan sehingga diperlukan proses pengolahan yang lebih mendalam [1]. Hal ini dilakukan agar gas tersebut memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Beberapa kontaminan yang terdapat dalam gas alam antara lain karbondioksida (CO₂) dan hidrogen sulfida (H₂S) bahwa kedua gas tersebut harus dihilangkan karena memiliki efek merugikan, seperti menyebabkan korosi pada pipa-pipa proses, memicu potensi ledakan, serta pembakaran H₂S menghasilkan sulfur oksida yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan [2].

Larutan amina yang akan digunakan kembali harus memiliki beberapa karakteristik. Larutan amina hasil regenerasi harus memiliki konsentrasi atau strength berkisar antara 35-

50%. Hal ini bertujuan agar gas pengotor H₂S dapat berikatan kuat sehingga mudah terabsorpsi. Selain itu, karakteristik lain yang menjadi acuan adalah nilai pH dari sampel lean amine. Semakin tinggi nilai pH menandakan semakin kecil konsentrasi H₂S dalam larutan amina hasil regenerasi. Hal ini karena tujuan proses regenerasi adalah menghilangkan gas H₂S hingga konsentrasinya seminimum mungkin. Konsentrasi H₂S dalam larutan amina disebut dengan H₂S loading [3].

MDEA adalah amine superior karena laju korosi dan laju degradasi yang rendah menghasilkan kemampuan penggunaan konsentrasi larutan tinggi [4]. Loading MDEA secara teoritis 1 mol gas asam / mol amine [5]. Hal ini membuat lebih menarik untuk penghilangan CO₂ jika dapat mengatasi laju reaksi MDEA yang rendah dengan CO₂. Proses penyerapan CO₂ oleh MDEA harus ditingkatkan dengan menambahkan aktivator [6]. Amine seperti methanolamine (MEA), diethanolamine (DEA) dan piperazine (PZ) telah digunakan sebagai aktivator untuk campuran MDEA untuk meningkatkan laju reaksi. Campuran Pz / MDEA menyerap Larutan amina yang akan digunakan kembali harus memiliki beberapa karakteristik. Larutan amina hasil regenerasi harus memiliki konsentrasi atau strength berkisar antara 35-50%. Hal ini bertujuan agar gas pengotor H₂S dapat berikatan kuat sehingga mudah terabsorpsi. Selain itu, karakteristik lain yang menjadi acuan adalah nilai pH dari sampel lean amine. Semakin tinggi nilai pH menandakan semakin kecil konsentrasi H₂S dalam larutan amina hasil regenerasi. Hal ini karena tujuan proses regenerasi adalah menghilangkan gas H₂S hingga konsentrasinya seminimum mungkin. Konsentrasi H₂S dalam larutan amina disebut dengan H₂S loading [3], lebih cepat daripada monoethanolamine (MEA) atau diethanolamine (DEA) dicampur dengan MDEA pada kesamaan konsentrasi [7].

Absorpsi adalah suatu proses operasi di dalam teknik kimia yang melibatkan suatu proses perpindahan dari sebuah kondensasi uap dari fasa uap menjadi sebuah fasa cair. Uap secara normal terdispersi dalam sebuah inert atau fasa gas yang tidak dapat dicairkan, dan suatu waktu akan berpindah menjadi fasa cair. Hal ini secara normal terdispersi dalam sebuah fasa cair atau pelarut. Absorpsi adalah sebuah fenomena fisik dan tidak melibatkan suatu perubahan kimiawi di dalam sistem. Absorpsi bagaimanapun merupakan langkah pertengahan atau langkah awal dalam sebuah rangkaian reaksi-reaksi kimia. Proses absorpsi berlangsung efektif pada tekanan yang tinggi dan suhu yang rendah [8].

Absorpsi termasuk proses yang berlangsung cukup cepat. Bagaimanapun, seringkali terjadi kondensasi uap (pelarut) diperoleh kembali dari fasa cair dan pelarut kembali bersirkulasi dalam sebuah proses. Suatu proses dalam penghilangan uap-uap dari fasa cair secara normal menunjuk kepada suatu proses yang disebut *stripping* [9]. Performa absorber yang sangat baik yang dapat diperoleh adalah kesetimbangan yang terbentuk antara fasa gas dan cair yang dikontakkan pada satu terminal absorber. Terminal absorber yang menggambarkan perpindahan gas terlarut menuju pelarut tergantung pada rasio pelarut terhadap gas pembawanya [10].

Ada dua pelarut pembatas yang dapat dijadikan pertimbangan untuk arti secara fisik pada operasi absorber. Yang pertama menyatakan sejumlah pelarut harus disirkulasikan untuk memperoleh sejumlah zat terlarut spesifik. Hal ini sering disebut sebagai laju pelarut minimum, dan biasanya dibahas dalam perlakuan absorpsi. Yang kedua menyatakan sejumlah pelarut yang harus disirkulasikan untuk memperoleh semua zat terlarut. Laju pelarut ini memiliki arti fisik karena sirkulasi penambahan pelarut tidak akan menaikkan hasil yang diperoleh. Kedua aliran pelarut pembatas didasarkan pada asumsi bahwa absorber mengandung jumlah *plate* yang tidak terbatas. Untuk konfigurasi absorber semacam ini, laju pelarut minimum dan laju aliran pelarut dibutuhkan untuk memperoleh semua zat terlarut yang menggambarkan, berturut-turut, batas bawah dan atas dari aliran pelarut yang dibutuhkan selama proses absorpsi [11].

Rich solvent yang meninggalkan absorber berada dalam keadaan setimbang dengan zat terlarut yang kaya akan gas yang memasuki absorber. Arti dari laju pelarut minimum adalah bahwa sedikit penambahan laju dari laju pelarut minimum dapat digunakan pada absorber

dengan jumlah *plate* yang terbatas untuk memperoleh sejumlah zat terlarut spesifik. Hal ini akan menjamin gradien konsentrasi yang terbatas pada tiap *tray* dalam absorber dan akan menjamin juga bahwa perpindahan massa yang diperlukan dapat selesai [12].

A. Prinsip Dasar Absorpsi

Prinsip dasar absorpsi pada proses *sweetening gas* alam dengan menggunakan *amine* adalah sebagai berikut. Pelarut kimia yang digunakan adalah larutan yang bersifat basa lemah yang dapat bereaksi secara kimia dengan mengabsorb gas asam dari gas alam. Proses absorpsi terjadi karena adanya *driving force* yaitu tekanan parsial dari gas ke *liquid*. Reaksi terlibat bersifat reversibel dengan mengubah tekanan atau temperatur sistem atau keduanya. Oleh karena itu, larutan basa dapat diregenerasi dan disirkulasikan secara kontinu. Proses kimia yang biasanya di lapangan adalah pelarut *amine* dan larutan karbonat [13].

B. Neraca Massa

Absorpsi komponen gas dalam cairan terjadi karena adanya transfer massa sebagian komponen gas ke dalam cairan. Transfer massa ini terjadi karena mol fraksi komponen tersebut dalam gas lebih besar daripada nilai kesetimbangannya dalam cairan. Absorpsi akan terhenti bila komponen dalam gas terjadi kesetimbangan dengan konsentrasi komponen tersebut dengan cairan. Pada saat yang sama juga terjadi transfer massa bahan penyerap ke dalam gas.

- Neraca Massa Total
 $L_0 + V_{N+1} = L_N + V_1$ (1)

- Massa masuk *tower*
 $L_0 \cdot x_0 + V_{N+1} \cdot y_{N+1}$ (2)

- Massa keluar *tower*
 $L_N \cdot x_N + V_1 \cdot y_1$ (3)

- Neraca Komponen yang terserap
 $L_0 \cdot x_0 + V_{N+1} \cdot y_{N+1} = L_N \cdot x_N + V_1 \cdot y_1$ (4)

- $L' \cdot X_0 + V' \cdot Y_{N+1} = L' \cdot X_N + V' \cdot Y_1$ (5)

Sehingga persamaannya menjadi:

$$L' \left(\frac{x_0}{1-x_0} \right) + V' \left(\frac{y_{N+1}}{1-y_{N+1}} \right) = L' \left(\frac{x_N}{1-x_N} \right) + V' \left(\frac{y_1}{1-y_1} \right) \dots\dots\dots (6)$$

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan beberapa langkah penting, dimulai dari pemodelan sistem absorpsi menggunakan perangkat lunak HYSYS. HYSYS merupakan alat simulasi yang umum digunakan dalam rekayasa proses yang memungkinkan pengguna untuk memodelkan dan menganalisis sistem kimia secara akurat. Dalam penelitian ini, model *amine train* dibangun dengan mempertimbangkan komponen utama yang terlibat, yaitu MDEA, CO₂, dan H₂S.

Metode kerja yang dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 yang berisi tahapan dimulainya penelitian hingga mendapatkan hasil penelitian pada akhirnya. Pada tahap awal penelitian akan dilakukan studi literatur tentang MDEA, *amine train* dan proses absorpsi untuk mengetahui apa yang dilakukan selanjutnya oleh peneliti. Selanjutnya mengumpulkan data yang diperlukan untuk simulasi HYSYS, Data ini penting untuk memastikan bahwa simulasi mencerminkan kondisi nyata di lapangan. Setelah itu simulasi dilakukan oleh peneliti dengan variasi parameter operasi, termasuk suhu, tekanan, dan konsentrasi MDEA. Penelitian ini juga mempertimbangkan penggunaan kolom penyerapan yang berbeda untuk mengevaluasi pengaruh desain kolom terhadap efisiensi penyerapan. Setiap simulasi akan memberikan data

mengenai kadar CO₂ yang tersisa dalam aliran gas setelah proses penyerapan, yang kemudian dianalisis untuk menentukan efektivitas MDEA dalam kondisi yang berbeda.



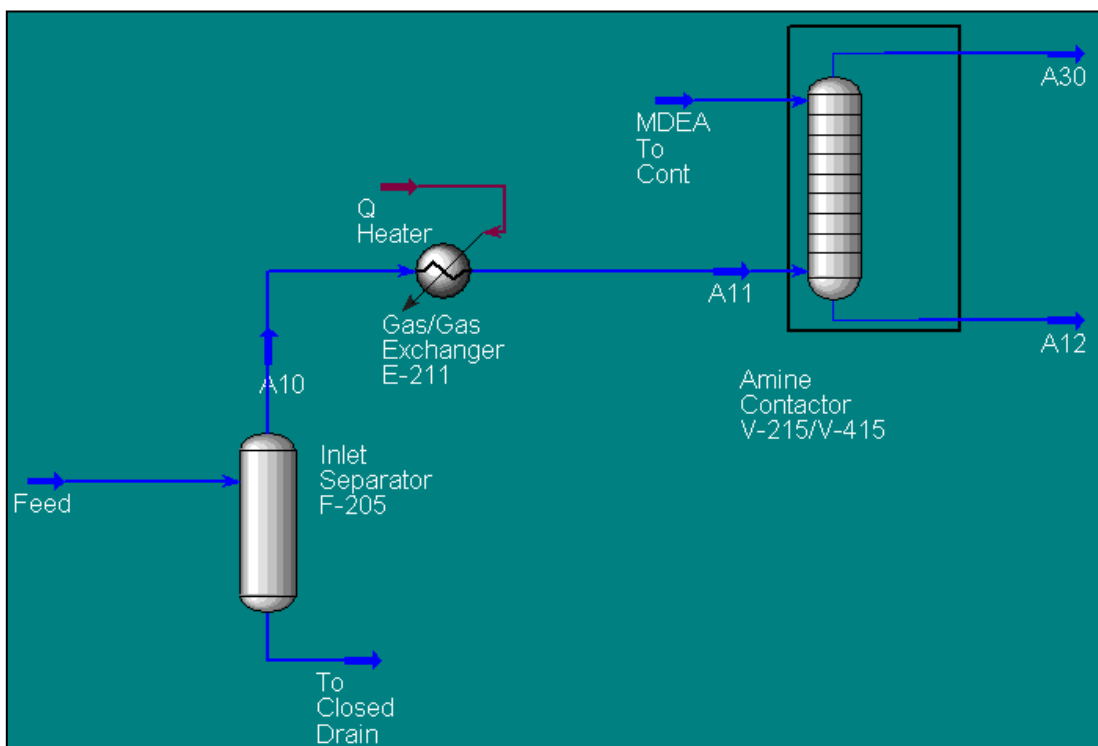
Gambar 1. Metode Kerja Penelitian

Data hasil simulasi akan dibandingkan dengan data empiris dari studi kasus di lapangan untuk memverifikasi keakuratan model. Dengan cara ini, penelitian ini tidak hanya menghasilkan model teoritis, tetapi juga validasi terhadap praktik terbaik yang diterapkan di industri. Selain itu, analisis sensitifitas juga dilakukan untuk menentukan parameter mana yang paling berpengaruh terhadap kinerja proses. Akhirnya, hasil dari semua simulasi akan dianalisis secara statistik untuk menilai hubungan antara variabel dan efektivitas penyerapan. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh kesimpulan yang kuat mengenai efektivitas kinerja MDEA dalam proses absorpsi gas asam dalam amine train.

3. PEMBAHASAN

Pada penelitian ini diketahui bahwa konsumen yaitu PLN PLTGU Cilegon memiliki batas maksimal untuk kandungan CO₂ yaitu 5%. Disini diteliti apakah efektivitas dari amine train sudah cukup baik untuk mensuplai gas kepada konsumen atau belum. Diketahui kondisi operasi sebagai berikut :

- Jumlah tray (n) = 27
- Berdasarkan *rule of thumb*, = 0.5 m.
- Ketinggian Packing = 39.4 ft = 12 m
- Jumlah Tray Teoritis = 12 m / 0.5 m = 24 tray
- Jumlah Tray Aktual = 24 tray + 3 tray (washing) = 27 tray
- Feed = 46.54 MMSCFD (1 train)



Gambar 2. Pemodelan di Simulasi HYSYS

Tabel 1. Komposisi gas yang masuk (*feed*)

Parameter	Mol (%)
C6+	0.164
Propane	1.9781
I-Butane	0.682
n-Butane	0.3457
Neopentane	0
i-Pentane	0.2196
n-Pentane	0.1295
Nitrogen	0.5079

Methane	71.9632
Carbon Dioxide	21.4133
Ethane	2.5968
TOTAL	100

Tabel 1 diatas menunjukkan komposisi gas yang masuk kedalam amine train dapat dilihat persentase CO₂ berkisar 21% masih cukup tinggi dan belum sesuai dengan permintaan konsumen. Tabel 2 menunjukkan adanya perbedaan hasil antara aliran A10 dan A30 dalam simulasi HYSYS dibandingkan dengan kondisi aktual di lapangan. Perbedaan pertama terjadi pada temperatur dan tekanan aliran A10. Pada kondisi aktual, terdapat katup sebelum *feed* memasuki inlet separator yang menyebabkan penurunan tekanan dan temperatur. Sementara itu, dalam simulasi HYSYS, *feed* langsung memasuki inlet separator tanpa melalui katup. Katup pada kondisi aktual ini terbuka 65% untuk mengatur laju feed yang masuk agar tetap stabil.

Tabel 2. Perbandingan Kondisi Aktual dengan Simulasi

ALIRAN / ALAT	PARAMETER	SATUAN	HYSYS	AKTUAL
Feed	Temperature	F	84.51	84.51
	Pressure	psig	403	403
	Molar flow	MMSCFD	46.54	46.5355
A10	Temperature	F	84.51	73.96
	Pressure	psig	403	353.8
A11	Temperature	F	94.51	94.51
	Pressure	psig	344.1	-
Lean MDEA to cont	Temperature	F	103.3	103.3
	Pressure	psig	479.1	479.07
	Std ideal liq vol flow	USGPM	1050	1050
	MDEA	% massa	0.4317	0.4317
Amine Contactor	n	trays	27	27
	Pressure 1	psig	342.9	342.87
	Pressure 2	psig	344.4	344.44
	Temperature 1	F	112.5	112.5
	Temperature 2	F	155.5	155.5
A30	Temperature	F	104.1	109.66
	Pressure	psia	342.9	344.26
	Molar flow	MMSCFD	39.54	36.49
	CO ₂ content	% mol	0.073869	0.03

Perbedaan kedua terletak pada kandungan CO₂ yang dihasilkan sebagai produk *overhead* dari *amine contactor*. Hasil menunjukkan bahwa kondisi aktual menghasilkan kandungan CO₂ yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil simulasi HYSYS. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan dalam program HYSYS, terutama pada penggunaan tipe *package*. Tipe *amine package* yang digunakan dalam HYSYS adalah MDEA yang belum diaktivasi, sementara pada kondisi sebenarnya, supplier menyediakan MDEA yang sudah diaktivasi (aMDEA). MDEA

dan aMDEA memiliki karakteristik yang berbeda, seperti kapasitas penyerapan aMDEA yang lebih besar daripada MDEA yang belum diaktivasi.

Jika kondisi simulasi diubah dengan menggunakan tipe package lain seperti *Antoine* dan ditambahkan senyawa hipotetikal dengan karakteristik yang sama seperti aMDEA yang digunakan saat ini, HYSYS tidak dapat dijalankan karena *overspecified*. Hal ini menyebabkan simulasi HYSYS tidak mampu menghasilkan kandungan CO₂ yang identik dengan kondisi aktual meskipun semua parameter telah ditetapkan sama.

Sebagai pengganti keterbatasan HYSYS dalam penggunaan *amine package*, maka dibuatlah faktor konversi untuk mengetahui kandungan CO₂ yang dihasilkan dari simulasi HYSYS supaya nilainya sesuai dengan nilai yang dihasilkan pada keadaan aktual di lapangan.

Tabel 3. Hasil Keluaran kandungan CO₂

Parameter	Aktual	Simulasi HYSYS
Kandungan CO ₂ pada gas keluaran <i>amine contactor</i>	3%	7.3869%

Tabel 3., menunjukkan perbedaan hasil aktual dengan simulasi HYSYS maka, dilakukan konversi berikut perhitungan konversinya :

Jadi nilai konversi kandungan CO₂ nya adalah $\frac{7.3869}{3} = 2.4623$

Berdasarkan simulasi HYSYS yang sudah dilakukan, dimana kandungan CO₂ yang dihasilkan masih lebih dari 2.5% mol, maka perlu diinovasikan solusi lain untuk menghasilkan kandungan CO₂ yang sesuai dengan perjanjian sales gas. Solusi yang dapat ditawarkan ialah

- Menambahkan Jumlah *Tray*

Tabel 4. Suggestion Penambahan Tray

Parameter	Actual	Suggestion
<i>Height of Packing</i>	39.4 ft	55.774278 ft (17m)
<i>Number of Tray</i>	27 trays	37 trays
<i>%CO₂ in Outlet Gas</i>	7.3869 % mole	5.0296% mole

Tabel 4., menunjukkan bahwa nilai 5.0296% mol adalah nilai yang dihasilkan dari simulasi HYSYS dengan segala keterbatasannya. Dengan kondisi aktual di lapangan dan berdasarkan faktor konversi yang sudah ditetapkan sebelumnya, maka nilai ini akan menjadi 2.0426%. Parameter-parameter yang berpengaruh untuk proses absorpsi CO₂ yang lebih baik antara lain :

- Komposisi *Lean Amine*
Komposisi *lean amine* diatas 50% massa akan menyebabkan :
 - Semakin tingginya nilai viskositas yang kemudian akan menyebabkan berkurangnya laju sirkulasi amine sehingga proses absorpsi akan terhambat.
 - Meningkatkan korosivitas karena semakin tingginya *boiling point amine*.
 - Meningkatkan penguapan pelarut (*amine*) sehingga *losses amine* semakin besar.
 - Meningkatkan kemungkinan *foaming* karena terjadi peningkatan kandungan organik.

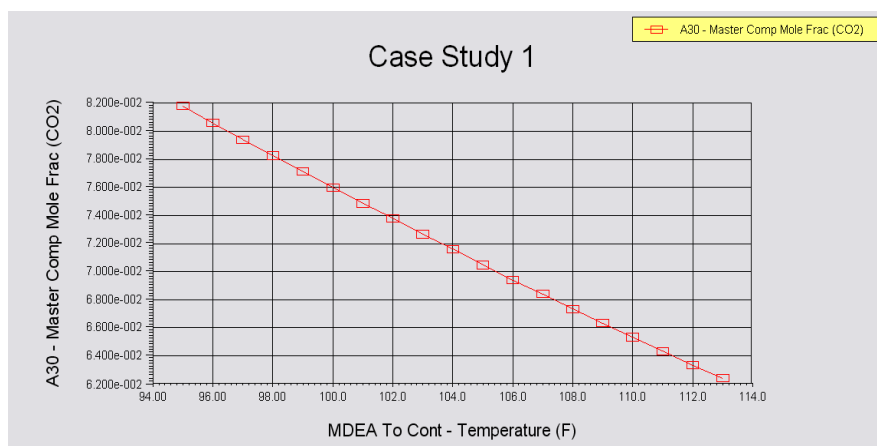
- Pendekatan Temperatur
Semakin kecil temperatur *lean amine*, semakin kecil pula kandungan CO₂ pada gas dari *amine contactor*.
- *Rule Of Thumb*

Tabel 6. Rule Of Thumb

Parameter	Rule of Thumb	Actual & HYSIS
Gas Inlet Temperature at Amine Contactor	86-95°F	94.51°F
Lean Amine Temperature	95-113°F	103.3°F
Temperature Approaching	<10°F	8.79°F

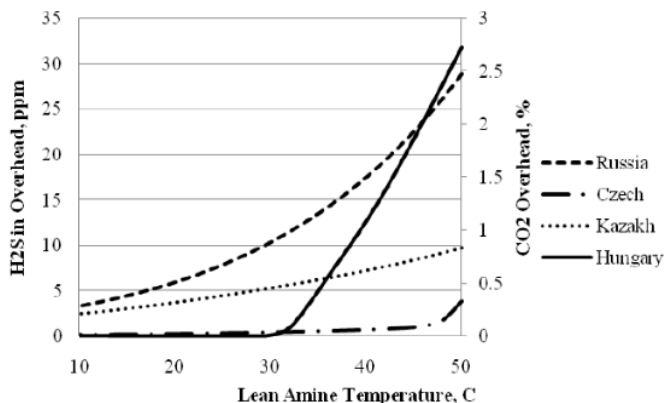
Dapat dilihat dari tabel 6 diatas bahwa temperatur gas yang masuk ke *amine contactor* berada di kisaran *rule of thumb*. Keadaan aktual tentunya memiliki pertimbangan-pertimbangan lain namun tetap menghasilkan gas dengan kandungan CO₂ dibawah 5%. Sedangkan kisaran yang diberikan oleh *rule of thumb* berlaku untuk keadaan ideal

Nilai 10°F sebagai nilai pendekatan untuk perbedaan temperatur antara *lean amine* dan *inlet gas* ditetapkan berdasarkan pengalaman di lapangan. Secara teoritis, reaksi absorpsi CO₂ oleh amine merupakan reaksi reversibel (bolak-balik) yang bersifat eksotermal. Jadi apabila perbedaan temperaturnya lebih besar dari 10°F, maka reaksi akan berjalan ke arah reaksi pembentukan CO₂. Pengaruh temperatur *lean MDEA* yang masuk ke *amine contactor* terhadap komposisi CO₂ pada gas keluaran *amine contactor*. Berdasarkan *rule of thumb*, temperatur *lean amine* berada pada kisaran 95-113°F.



Gambar 4. Pengaruh Temperatur Lean MDEA terhadap %CO₂ overhead

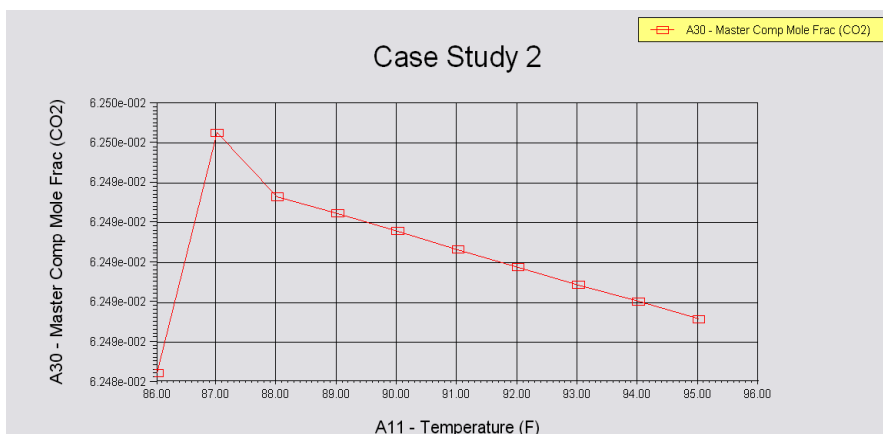
Dapat dilihat dari Gambar 4 di atas bahwa semakin tinggi temperatur *lean amine* (MDEA) yang masuk ke *amine contactor*, maka semakin kecil pula kandungan CO₂ di dalam gas keluaran dari *amine contactor*. Namun pengalaman di lapangan menunjukkan hal yang berbeda, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengaruh Temperatur Lean Amine terhadap CO₂ overhead [...]

Berdasarkan pengalaman dari beberapa Negara di Eropa, dapat dikatakan bahwa semakin tinggi temperatur *lean amine* (MDEA) yang masuk ke *amine contactor*, maka semakin besar pula kandungan CO₂ pada gas keluaran *amine contactor*. Kontradiksi dari Gambar 4 dan Gambar 5 diatas dapat dipengaruhi oleh suatu hal yakni kondisi reaksi. Grafik simulasi HYSYS adalah keadaan ideal yang tidak dipengaruhi oleh pertimbangan-pertimbangan lain yang mungkin ada di lapangan. Sementara grafik kedua adalah grafik yang sudah mempertimbangkan fenomena-fenomena yang sering terjadi di lapangan.

Penelitian lain juga menunjukkan bahwa temperatur *lean amine* yang mencapai 135-140°F akan menyebabkan penurunan kelarutan CO₂ di larutan *amine* sehingga timbul faktor *overriding* dan CO₂ yang terabsorb akan menurun. Grafik pada Gambar 6 pengaruh temperatur gas yang masuk ke *amine contactor* terhadap komposisi CO₂ pada gas keluaran *amine contactor*. Berdasarkan *rule of thumb*, temperatur inlet gas 86-95°F.



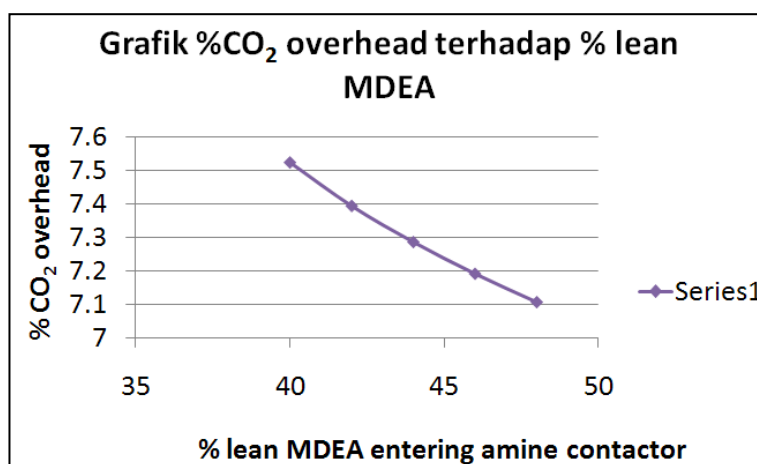
Gambar 6. Pengaruh Temperatur Gas Masuk terhadap % CO₂ overhead

Dapat dilihat dari grafik diatas bahwa kandungan CO₂ yang kecil pada gas keluaran *amine contactor* berada pada suhu gas masukan 95°F dan 86°F. Sementara suhu gas masukan aktual adalah 94.51°F. Terlihat pula dari grafik diatas bahwa suhu gas masukan 86°F menghasilkan kandungan CO₂ pada gas keluaran *amine contactor* yang paling kecil. Namun, suhu ini tidak dapat diaplikasikan di lapangan karena *amine cooler* hanya mampu mendinginkan *lean amine* sampai 100°F. Berdasarkan *rule of thumb*, perbedaan suhu antara *lean amine* dan gas masukan maksimal 10°F. apabila gas masuk pada suhu 86°F, maka *lean amine* sebaiknya memasuki *amine contactor* pada suhu 96°F. hal ini diluar batas kemampuan kerja *amine cooler*. Pengaruh

Konsentrasi Lean Amine Berdasarkan simulasi di HYSIS didapatkan data seperti pada Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil Konsentrasi Lean Amine Berdasarkan simulasi di HYSIS

% massa MDEA di MDEA To Cont	% mol CO ₂ di A30
40	7.5226
42	7.3927
44	7.2848
46	7.19
48	7.1052
> 48	PROPERTY PACKAGE RANGE EXCEEDED

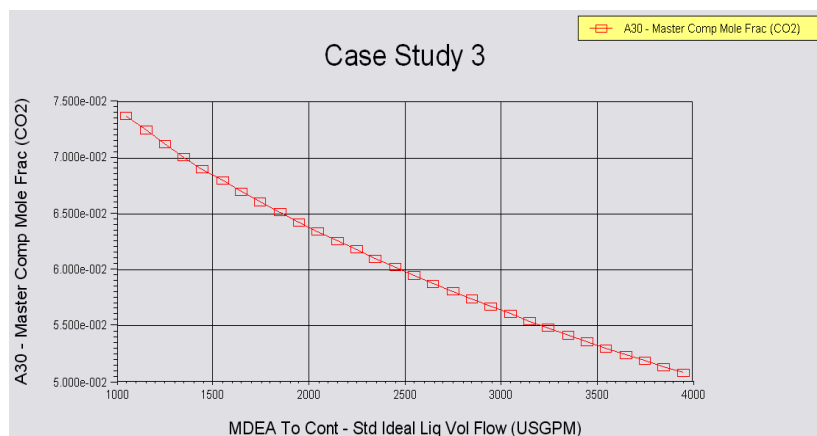


Gambar 7. Pengaruh % lean MDEA terhadap % CO₂ overhead

Dapat dilihat dari Gambar 7 diatas bahwa semakin besar % massa MDEA pada *lean amine*, maka kandungan CO₂ pada gas keluaran amine contactor akan semakin kecil. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa komposisi % massa MDEA dalam *lean amine* yang lebih besar dari 50% massa akan menyebabkan:

- Semakin tingginya nilai viskositas yang kemudian akan menyebabkan berkurangnya laju sirkulasi amine sehingga proses absorpsi akan terhambat.
- Meningkatkan korosivitas karena semakin tingginya *boiling point* amine.
- Meningkatkan penguapan pelarut (*amine*) sehingga *losses amine* semakin besar.
- Meningkatkan kemungkinan *foaming* karena terjadi peningkatan kandungan organik. Kondisi aktual menerapkan kandungan MDEA pada *lean amine* sebesar 43.17% massa. Hal ini masih berada pada kisaran yang baik.

Pengaruh Laju Alir MDEA berdasarkan simulasi di HYSIS didapatkan data seperti pada tabel 7. Semakin besar *flowrate* MDEA, semakin kecil kandungan CO₂ *overhead*. Dari Gambar 8 terlihat bahwa kurva mengalami kelandaian pada laju alir sekitar 4000 USGPM. Hal ini berarti diatas laju alir 4000 USGPM akan dihasilkan % mol CO₂ yang relatif sama pada produk atas *amine contactor*. Namun, nilai optimum *flowrate* bergantung pada kemampuan alat yaitu 2000 USGPM. Sehingga pada keadaan aktual, tidak bisa dipasang laju alir MDEA sebesar 4000 USGPM.



Gambar 8. Pengaruh Laju Alir MDEA

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dalam menganalisis efektivitas kinerja amine train untuk mengurangi kandungan CO₂ menggunakan mdea dengan metode absorpsi di pt xyz dengan simulasi hysys, penulis dapat membuat kesimpulan bahwa :

1. Berdasarkan data operasi aktual didapatkan % CO₂ aktual sebesar 7.39% mole lalu di konversi menjadi sekitar 3%
2. Setelah dilakukan simulasi, berdasarkan penelitian didapatkan % CO₂ sebesar 5.02% mole yang dikonversikan menjadi 2.04%
3. Dengan hasil yang didapatkan dari simulasi HYSYS yaitu 2.04% PT. XYZ perlu menambahkan tray untuk kondisi terbaik menyuplai gas agar sesuai dengan permintaan konsumen dengan kandungan CO₂ kurang dari 2.5%
4. Dengan menambahkan tray peneliti memberikan saran untuk penggunaan kondisi operasi yang optimum agar keluaran % CO₂ lebih kecil berikut kondisi optimum untuk menghasilkan kandungan CO₂ di batas 2.5% Temperatur *lean amine* pada suhu 106°F, Temperatur *inlet gas* pada 96°F, lalu % *lean amine* berkisar di 48% dan terakhir Flowrate *lean amine*: 1600 USGPM

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Asip and T. Okta, "Adsorpsi H₂S pada gas alam menggunakan membran keramik dengan metode titrasi iodometri," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 4, pp. 19, 2013.
- [2] C. A. Scholes, G. W. Stevens, and S. E. Kentish, "Membrane gas separation applications in natural gas processing," *Fuel*, vol. 96, pp. 15-28, 2012.
- [3] J. Shang, M. Qiu, and Z. Ji, "Efficiency improvement, consumption reduction and optimization of high-sulfur natural gas sweetening units," *Natural Gas Industry B*, vol. 6, no. 5, pp. 472-480, 2019.
- [4] J. C. Polasek and J. A. Bullin, "Evaluating MDEA for acid gas removal," presented at the Annual Gas Processing Conference, Houston, TX, 2006.
- [5] A. Kohl and R. Nielsen, *Gas Purification*, 5th ed. Houston, TX: Gulf Publishing Company, 2017.
- [6] Arkema Co., "CO₂ absorption improvement in MDEA by adding activators," Arkema Technical Report, 2000.
- [7] P. R. Bishnoi, "Carbon dioxide absorption and solution chemistry of blended amines," Ph.D. dissertation, Univ. of Texas at Austin, 2022.
- [8] W. L. McCabe, J. C. Smith, and P. Harriott, *Unit Operations of Chemical Engineering*, 7th ed., McGraw-Hill, 2015.

- [9] J. Smith and J. Doe, "Absorption and Stripping Processes in Chemical Engineering," *Journal of Chemical Engineering*, vol. 45, no. 3, pp. 123-130, 2020.
- [10] D. W. Green and R. H. Perry, "Perry's Chemical Engineers' Handbook," 8th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2007.
- [11] R. K. Sinnott, *Chemical Engineering Design*, 5th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2009, pp. 450-455.
- [12] M. Pandey, "Process optimization in gas sweetening unit—a case study," in *Proceedings of the International Petroleum Technology Conference*, Doha, Qatar, 2014.
- [13] K. Kolmetz, *Natural gas sweetening systems selection, sizing and troubleshooting*. Malaysia: KLM Technology Group, 2012

Daftar Simbol

V1	= mol gas bersih yang meninggalkan absorber
L0	= mol lean solvent yang masuk absorber
y1	= mol fraksi gas solute dalam gas bersih
x0	= mol fraksi gas solute dalam lean solvent
VN+1	= mol gas umpan yang masuk absorber
LN	= mol rich solvent yang meninggalkan absorber
yN+1	= mol fraksi gas solute dalam gas umpan
xN	= mol fraksi gas solute dalam rich solvent
X0	= mol rasio gas solute terhadap cairan pelarut dalam lean solvent
X0	= $x_0 / (1-x_0)$
XN	= mol rasio gas solute terhadap cairan pelarut dalam rich solvent
XN	= $x_N / (1-x_N)$
YN+1	= mol rasio gas solute terhadap gas inert dalam gas umpan
YN+1	= $y_N / (1-y_N)$
Y1	= mol rasio gas solute terhadap gas inert dalam gas bersih
Y1	= $y_1 / (1-y_1)$
V'	= mol gas carrier / inert bebas solute
L'	= mol cairan pelarut bebas solute