

DESIGN OF PACKED TOWER ABSORBER FOR CARBON DIOXIDE ABSORPTION BY POTASSIUM HYDROXIDE ABSORBENT

Faisal Huda*, Nuril Qomariyah, Kartika Udyani

Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Jl. Arief Rahman Hakim, No 100, Surabaya, Jawa Timur 601117, Indonesia

* E-mail corresponding author: faisalhuda33@gmail.com, nurilqomariyah903@gmail.com

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<i>Article history:</i> Received: 15-08-2022 Received in revised form: 02-10-2022 Accepted: 21-10-2022 Published: 25-10-2022	<i>Absorption is one of methods which is used to separate CO₂ in a gas mixture. CO₂ needs to be removed because it will disrupt a factory process and it can cause of air pollution. This study was conducted to obtain the design of absorber column for tower packed type and to know the effect of concentration and KOH absorbent flow rate to the CO₂ removal. The first step was determining column design in CO₂ flow rate for 2 L/min with 0.1 N KOH absorbent flow rate of 2L/minute. The absorber performance test was carried out with the variations of absorbent flow rates such as L/min; 1.25 L/min; 1.5 L/min; 1.75 L/min; and 2 L/min at 0.1 N KOH concentration; 0.3 N; and 0.5 N. Based on acid-alkalimetry analysis, it was obtained the highest CO₂ removal. It was 95.743% at a flow rate of 0.5N KOH absorbent of 2 L/min. In the absorber column with diameter of 5.96 cm and the height of 84.5 cm, it used 13 mm for ceramic-rasching ring filled to 83.5 cm height. The result showed that increasing of volumetric flow rate and KOH concentration as an absorbent caused CO₂ removal value to be greater.</i>
<i>Keywords:</i> Absorption Design Flow rate Concentration % for CO₂ removal	

DESAIN ABSORBER TIPE PACKED TOWER UNTUK PENYERAPAN GAS KARBON DIOKSIDA DENGAN ABSORBEN KALIAM HIDROKSIDA

Abstrak- Absorpsi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memisahkan gas CO₂ dalam suatu campuran gas. CO₂ perlu dihilangkan karena akan mengganggu suatu proses pabrik dan dapat menyebabkan polusi udara. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh desain kolom absorber tipe packed tower dan mengetahui pengaruh konsentrasi dan laju alir absorben KOH terhadap removal CO₂. Tahap pertama yang dilakukan yaitu menentukan desain kolom pada kondisi laju alir CO₂ 2 L/menit dengan laju alir absorben KOH 0,1N 2 L/menit. Uji kinerja absorber dilakukan dengan variasi laju alir absorben 1 L/menit; 1,25 L/menit; 1,5 L/menit; 1,75 L/menit; dan 2 L/menit pada konsentrasi KOH 0,1 N; 0,3 N; dan 0,5 N. Berdasarkan analisa asidi-alkalimetri diperoleh removal CO₂ tertinggi mencapai 95,743% pada laju alir absorben KOH 0,5N sebesar 2 L/menit, pada kolom absorber dengan diameter 5,96 cm dengan tinggi kolom 84,5 cm menggunakan ceramic-rasching ring 13 mm yang diisikan mencapai ketinggian 83,5 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan laju alir volumetrik dan konsentrasi KOH sebagai absorben menyebabkan nilai removal CO₂ semakin besar..

Kata kunci : Absorpsi, Desain, Laju alir, Konsentrasi, dan % removal CO₂

PENDAHULUAN

Gas karbondioksida atau CO₂ pada industri merupakan salah satu gas pengotor (impurities) yang sangat merugikan. CO₂ yang asam akan bersifat korosif terutama pada sistem utilitas dan perpipaan (Nisa, et al., 2019) . Pada industri gas alam, gas CO₂ terdapat pada produk antara 25-45%. Gas CO₂ yang terlalu tinggi pada produk gas alam dapat mengurangi efisiensi pemanasan sehingga

perlu dilakukan pemurnian (Majedi, et al., 2022). Keperluan penghilangan gas CO₂ tidak terbatas pada lingkup kepentingan proses industri pada udara bebas, jumlah gas CO₂ yang terlalu banyak menjadi salah satu penyebab kualitas udara menurun, gas CO₂ dapat merusak lapisan ozon, dan memicu efek pemanasan global sehingga berdampak pada meningkatnya permukaan air laut

akibat dari mencairnya es di kutub (Robiah, et al., 2021).

Absorpsi Gas CO₂

Beberapa strategi yang dapat digunakan untuk mengurangi emisi CO₂ meliputi pemilihan bahan bakar alternatif, konservasi energi, serta peningkatan efisiensi daya (Septyano & Sundari, 2020). Adapun teknologi yang dapat dilakukan dalam penanganan penyerapan gas CO₂ meliputi adsorpsi fisik, absorpsi menggunakan pelarut kimia, pemisahan kriogenik, pemisahan menggunakan membran, sekuestrasi mineral, dan fiksasi biologis. Absorpsi menggunakan pelarut kimia adalah salah satu teknologi yang dianggap sebagai metode yang terbaik dan cukup ekonomis untuk mengurangi emisi CO₂. Adapun jenis penyerap (absorben) yang sering digunakan dalam proses absorpsi kimia konvensional yaitu amonia, etanolamin, dan natrium hidroksida (Septyano & Sundari, 2020). Proses pemisahan menggunakan absorpsi kimia dilakukan dengan cara mengontakkan campuran gas dengan absorben. Absorben akan menangkap gas CO₂ dari campuran gas, kemudian gas yang telah berkontak dengan absorben dilepas dengan kadar CO₂ yang lebih rendah (Ningsih, et al., 2018).

Absorber

Kolom absorpsi atau absorber adalah suatu tabung atau kolom dimana tempat terjadinya proses absorpsi (penyerapan) dari suatu zat yang akan dilewatkan pada kolom atau tabung tersebut. Pada proses ini dilakukan dengan cara melewatkan zat yang terkontaminasi oleh komponen lain dan zat tersebut dilewatkan pada kolom absorber dimana pada kolom ini terdapat fase cair dari komponen tersebut. Suatu desain kolom absorber dibuat dengan memperhatikan beberapa parameter meliputi: tekanan, laju alir, konsentrasi absorben, dan viskositas absorben (Samsudin, 2015).

Pada penelitian perancangan kolom absorpsi yang telah dilakukan oleh Cristian Dinca, dkk dengan judul Absorber Design for the Improvement of the Efficiency of Post-combustion CO₂ capture diperoleh dimensi kolom dengan tinggi 3,1 m dan diameter 90 mm menggunakan isian packing jenis rasching rings. Desain kolom yang dibuat memiliki efisiensi penangkapan CO₂ sebesar 85% dengan konsentrasi MEA sebagai absorben yang digunakan sebesar 30% (Dinca, et al., 2015). Simulasi yang dilakukan oleh Iluita dkk, dengan judul Modelling and Simulation of NOX and SO₂ Seawater Scrubbing in Packed-Bed Columns for Marine Applications pada kolom dengan tinggi 5 m dan 8 m, dan diameter kolom 0,43 m, menunjukkan bahwa dengan bertambahnya laju alir air laut sebagai absorben pada kondisi laju alir gas 0,4 m/s

menunjukkan peningkatan efisiensi removal (Iluita & Larachi, 2019).

Penelitian selanjutnya dengan judul Studi Desain Absorber untuk Penyerapan CO₂, melalui metode simulasi yang dilakukan oleh Prana, dkk, diperoleh desain kolom absorpsi tipe packed bed dengan dimensi tinggi kolom 3,2 m dan diameter kolom 1,1 m. Kolom digunakan untuk mengabsorpsi gas CO₂ dengan laju gas sebesar 15 L/menit dan laju liquid sebesar 16,7 L/menit, adapun % removal CO₂ tertinggi yang dapat dicapai yaitu 69,60% (Arisukma, et al., 2021).

Beberapa peneliti juga mempelajari mengenai pemilihan absorben yang digunakan. Sistem penyerapan gas karbondioksida (CO₂) dapat dilakukan dengan beberapa tipe absorben, yaitu dengan menggunakan senyawa karbonat, hidroksida, maupun etanolamin (Paryanto, et al., 2015). Pemilihan jenis absorben perlu memperhatikan beberapa parameter, diantaranya: biaya operasional, efisiensi, serta laju degradasi dari absorben yang digunakan (Li, et al., 2018). Penggunaan sistem amina, biasanya terjadi kendala meliputi masalah volatilitas, degradasi, oksidatif dan toksisitas yang yang mencolok, hal ini menyebabkan penggunaan amina sebagai absorben dirasa kurang cocok untuk sistem penyerapan gas karbondioksida secara langsung (direct air capture of CO₂). Dalam hal ini senyawa hidroksida memiliki efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan amina (Sen, et al., 2020).

Berdasarkan pustaka yang telah ditelusuri, maka pada penelitian yang akan dilakukan yaitu merancang kolom absorber tipe packed tower untuk penyerapan gas CO₂ dengan absorben kalium hidroksida. Absorpsi dilakukan sebagai uji kinerja terhadap desain kolom yang telah dibuat. Jenis packing yang digunakan adalah rasching rings dengan model susunan acak (random), dan absorben yang dipakai adalah larutan KOH pada beberapa variabel konsentrasi.

Rumusan masalah berdasarkan kondisi diatas, yaitu akan membahas mengenai desain kolom absorber meliputi diameter dan tinggi kolom yang akan dirancang kemudian dilakukan uji kinerja absorber dengan variabel laju alir serta konsentrasi KOH yang berbeda untuk mengetahui pengaruhnya terhadap % removal CO₂. Tujuan dari penelitian yaitu untuk memperoleh dimensi absorber tipe packed tower yang digunakan untuk absorpsi gas CO₂. dan Mengetahui pengaruh konsentrasi dan laju alir absorben KOH terhadap % removal CO₂. Diharapkan penelitian ini memiliki manfaat dalam memberikan informasi mengenai cara perhitungan desain kolom absorber khususnya tipe packed tower dan laju alir serta konsentrasi absorben yang baik untuk penyerapan gas CO₂.

Penentuan desain kolom absorber mengacu pada literatur (Treybal, 1981), yaitu dengan perhitungan:

$$\frac{L'}{G'} \left(\frac{\rho_G}{\rho_L} \right)^{0,5} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{G^2 C_F \mu_L^{0,1} J}{\rho_G (\rho_L - \rho_G) g_c} \dots\dots\dots (2)$$

Menghitung G Flooding (G')

$$G' = \left(\frac{0.001 \times P_g (\rho_L - \rho_g) \times g_c}{C_f \times \mu_L^{0,1} \times J} \right)^{0,5} \dots\dots\dots (3)$$

$$G = \frac{G'}{\text{Total mol weight mix}} \dots\dots\dots (4)$$

Menghitung Nilai SCG

$$SCG = \frac{\mu_G}{\rho_G \times DG} \dots\dots\dots (5)$$

Menghitung Diameter Kolom

Cross Section Area Tower

$$A = \frac{G}{G'} \dots\dots\dots (6)$$

Diameter Kolom

$$D = \left(\frac{4 \times A}{\pi} \right)^{0,5} \dots\dots\dots (7)$$

Menentukan SCL dan L untuk liquid

$$L' = \frac{L}{A} \dots\dots\dots (8)$$

$$L = \frac{L'}{BM_{AV}} \dots\dots\dots (9)$$

$$SCL = \frac{\mu_L}{\rho_L \times DL} \dots\dots\dots (10)$$

Menentukan Hold Up

Berdasarkan (Treybal, 1981), untuk μ_L kurang dari 0,012 kg/m.s, diperoleh persamaan :

$$\phi LSw = \frac{2,47 \times 10^{-4}}{ds^{1,21}} \dots\dots\dots (11)$$

$$H = \frac{975,7 \times L^{0,57} \times \mu_L^{0,31}}{\rho_L^{0,84} \times (2,024 \times L^{0,43} - 1)} \left(\frac{\sigma}{0,073} \right)^{0,1737} - 0,262 \log L' \dots\dots\dots (12)$$

$$\phi Lo = \phi LoW \times H \dots\dots\dots (13)$$

$$\phi Ls = \frac{0,0486 \times \mu_L^{0,02} \times \sigma^{0,99}}{ds^{1,21} \times \rho_L^{0,37}} \dots\dots\dots (14)$$

$$\phi Lt = \phi Lo \times \phi Ls \dots\dots\dots (15)$$

Interfacial Area

$$\alpha Aw = m \left(\frac{808 \times G'}{\rho_G^{0,5}} \right)^n \times L'^p \dots\dots\dots (16)$$

$$\alpha A = \alpha AW \frac{\phi Lo}{\phi LoW} \dots\dots\dots (17)$$

Menentukan Operating Void Space Dalam Packing
Perhitungan nilai operating void space dalam packing berdasarkan Treybal (1981), dapat menggunakan persamaan berikut:

$$\epsilon Lo = \epsilon - \phi Lt \dots\dots\dots (18)$$

$$\frac{F_G \times SCG^{2/3}}{G} \dots\dots\dots (19)$$

Menentukan Koefisien Fase Liquid

$$\frac{K_L \times d_s}{D_L} = 25,1 \left(\frac{d_s \times L'}{\mu_L} \right)^{0,45} S_{CL}^{0,5} \dots\dots\dots (20)$$

$$C = \frac{\rho_L}{BM_{AV}} \dots\dots\dots (21)$$

$$F_L = k_L \times C \dots\dots\dots (22)$$

Menentukan Koefisien Volumetrik

Koefisien volumetrik untuk gas dapat dihitung menggunakan:

$$F_{Ga} = F_G \times \alpha_A \dots\dots\dots (23)$$

Koefisien volumetrik untuk liquid dapat dihitung menggunakan:

$$F_{La} = F_L \times \alpha_A \dots\dots\dots (24)$$

Menentukan Tinggi Transfer Unit Overall

$$\alpha_A = 0,85 \times \alpha_{AW} \frac{\phi LtW}{\phi LoW} \dots\dots\dots (25)$$

$$H_{tG} = \frac{G}{F_{Ga}} \dots\dots\dots (26)$$

$$H_{tL} = \frac{L}{F_{La}} \dots\dots\dots (27)$$

$$m = \frac{P^*}{P_t} \dots\dots\dots (28)$$

Menentukan Heights of Transfer Unit

$$A = \frac{L}{m \times G} \dots\dots\dots (29)$$

$$H_{tOG} = H_{tG} + \frac{m \times G}{L} H_{tL} + H_{tG} + \frac{H_{tL}}{A} \dots\dots\dots (30)$$

Menentukan Number of Transfer Unit

Besarnya nilai transfer unit, dapat diperoleh berdasarkan rumus berikut:

$$N_{tOG} = \frac{\ln \left[\frac{x_2 - y_1/m \left(1 - \frac{1}{A} \right) + \frac{1}{A}}{x_1 - y_2/m \left(1 - \frac{1}{A} \right) + \frac{1}{A}} \right]}{1 - \frac{1}{A}} \dots\dots\dots (31)$$

$$y_1 = \frac{\text{mol CO}_2}{\text{mol mixed gas}} \dots\dots\dots (32)$$

$$y_2 = \frac{\text{mol CO}_2 \text{ in} - \text{mol CO}_2 \text{ terserap}}{\text{mol mixed gas out}} \dots\dots\dots (33)$$

$$x_1 = \frac{\text{mol CO}_2 \text{ terserap}}{(m \times \text{mass rate}) \times \text{Liquid leaving}} \dots\dots\dots (34)$$

$$x_2 = 0 \text{ bebas gas} \dots\dots\dots (35)$$

Tinggi Packing, Z

$$Z = H_{tOG} \times N_{tOG} \dots\dots\dots (36)$$

Tinggi Head Packing, H

$$H = 1/8 \times D \dots\dots\dots (37)$$

Tinggi Scrubber, H_{AB}

$$H_{AB} = Z + 2H \dots\dots\dots (38)$$

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan Penelitian

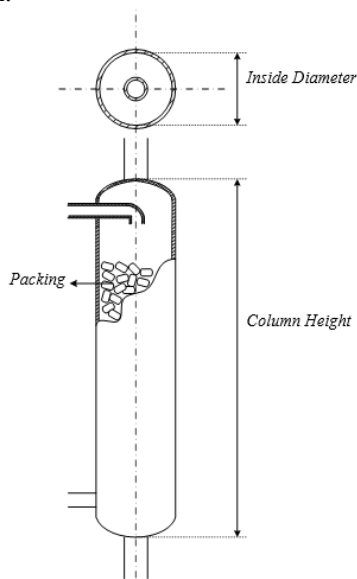
1. Kolom absorber tipe *packed tower*
2. *Ceramic rasching rings-nominal size 13 mm*
3. Campuran Gas CO₂ dalam udara
4. Larutan KOH

Variabel Penelitian

Sebagai variabel tetap, digunakan laju alir udara terkompresi 1 L/menit dengan laju alir gas CO₂ 1,5 L/menit dan 2 L/menit. Pengambilan sampel dilakukan setiap 10 menit dari bagian bawah kolom absorber untuk larutan yang keluar dan dilakukan analisa asidi alkalimetri. Variabel berubah dalam penelitian yaitu perbedaan penggunaan laju alir KOH 1 L/menit; 1,25 L/menit; 1,5 L/menit; 1,75 L/menit; 2 L/menit, dengan perbedaan konsentrasi KOH 0,1 N; 0,3 N; dan 0,5 N.

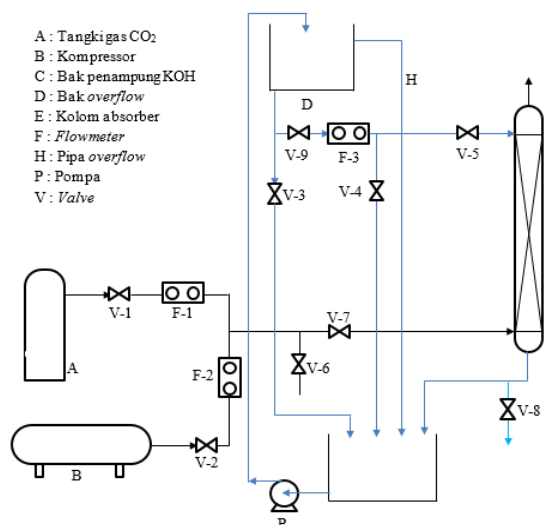
Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan secara dua tahap, yaitu tahapan desain kolom absorber, kemudian dilanjutkan uji kinerja terhadap desain kolom yang diperoleh.



Gambar 1. Desain Kolom Absorber Tipe Paked Tower

Uji kinerja terhadap desain kolom yang diperoleh berdasarkan perhitungan desain (Treybal, 1981) dilakukan menggunakan campuran gas CO₂ dalam udara dengan absorben KOH dengan susunan peralatan berikut:



Gambar 3. Rangkaian Alat Absorpsi dengan Absorber Tipe packed Tower

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain kolom absorber yang diperoleh berdasarkan perhitungan yang telah dijelaskan sebelumnya diperoleh data berikut:

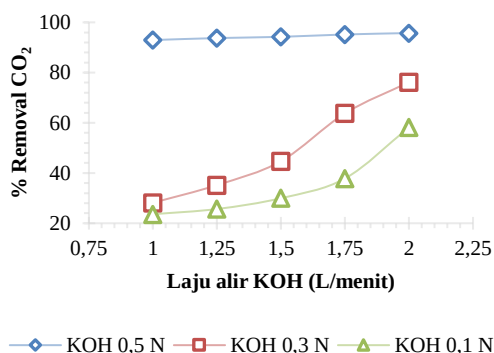
Tabel 1. Data Perhitungan Desain Kolom Absorber

Parameter	Nilai	
Laju alir gas CO ₂	2	L/menit
Laju alir udara terkompresi	2	L/menit
Total laju alir campuran udara	4	L/menit
Suhu operasi (suhu ruang)	30	°C
Tekanan operasi	1	atm
Konsentrasi CO ₂	99,98 %	(w/w)
Konsentrasi CO ₂ dalam <i>mixed gas</i>	60,27 %	(w/w)
Laju alir KOH	1,5	L/menit
Konsentrasi KOH	0,1	N
Removal CO ₂	64	%
G operasi (40 – 70% dari G flooding)	40	%
Diameter kolom	5,96	cm
Tinggi <i>packing</i>	83,503	cm
Tinggi kolom	84,5	cm

Suatu kolom absorpsi dirancang sedemikian rupa sehingga pada saat proses absorpsi gas CO₂ tidak mencapai kondisi *flooding*. Pada saat kondisi *flooding*, *liquida* akan membentuk lapisan pada bagian atas *packing* yang selanjutnya *liquida* tersebut tidak dapat mengalir melalui kolom absorber (Manyele, 2018). Kecepatan gas yang dioperasikan pada saat kondisi *flooding* terjadi selanjutnya disebut dengan kecepatan gas *flooding* (*G'*). Besarnya nilai *G'* diperoleh dari grafik hubungan antara *flooding* dengan *pressure drop* dengan pendekatan rasio *L/G* terhadap garis *flooding* (Treybal, 1981). Pada saat *flooding* terjadi, perpindahan massa gas-liquid tidak akan mungkin terjadi. Laju alir gas dibuat sedemikian hingga berada pada keadaan 40-70% dari kecepatan gas *flooding* dengan tujuan untuk menghindari

terjadinya *flooding* (Manyele, 2018). Langkah yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan laju alir, yaitu dengan mengatur besarnya diameter kolom. Bertambahnya ukuran diameter kolom, akan menurunkan laju alir dari gas sehingga kondisi *flooding* tidak tercapai. Pada penelitian ini dengan dimensi kolom pada tinggi 84,5 cm dan diameter 5,96 cm diperoleh % removal CO₂ sebesar 64 %, jika dibandingkan dengan simulasi yang dilakukan oleh Prana dkk, 2021 % removal CO₂ sebesar 67,47% baru akan didapatkan pada kolom absorber dengan diameter 1,1 meter dan tinggi 3 meter.

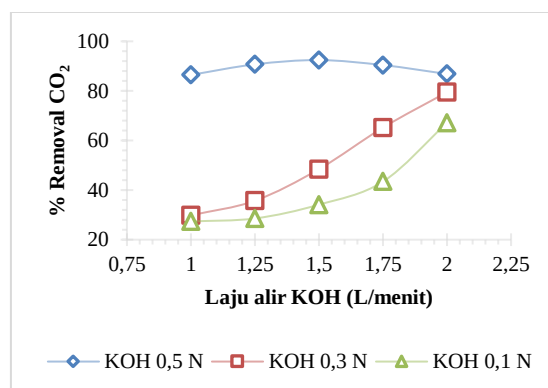
Uji kinerja untuk kolom absorpsi dengan dimensi yang telah diperoleh tersebut, dilakukan pada beberapa perbedaan laju alir gas CO₂ dan larutan KOH sebagai absorben. Penentuan konsentrasi gas CO₂ yang terserap oleh absorben dapat dilakukan dengan metode asidi alkalimetri menggunakan larutan asam klorida sebagai penitar. Phenolphthalein dengan rentang pH 8-9,6 dapat menunjukkan konsentrasi atau normalitas KOH yang tersisa dalam larutan penyerap, sedangkan untuk menentukan konsentrasi K₂CO₃ yang terbentuk, dilakukan titrasi lanjutan dengan methyl orange sebagai indikator. Rentang pH indikator methyl orange berada pada pH 3,1 – 4,4. Suatu larutan CO₂ jenuh memiliki pH sekitar 3,9 (Day & Underwood, 1998). Analisa Gas yang keluar melalui bagian atas kolom sebagai hasil absorpsi dilakukan pengujian menggunakan gas analyzer pada laboratorium pengujian dan kalibrasi BARISTAND industri Surabaya. Berikut hasil analisa konsentrasi gas CO₂ yang diperoleh dari hasil absorpsi pada kondisi laju alir gas 1,5 L/menit dengan konsentrasi KOH 0,5 N sebagai asbrozen.



Gambar 1. Grafik Hubungan Laju Alir dan Konsentrasi KOH dengan Removal Gas pada Laju alir Gas CO₂ 1,5 L/menit

Grafik pada **gambar 1** menunjukkan bahwa seiring bertambahnya laju alir dan konsentrasi KOH sebagai absorben maka removal gas CO₂ akan lebih besar. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Zhang, P., dkk (2018) pada absorpsi gas CO₂ menggunakan larutan N-

methyldiethanolamine dan *amino acid ionic liquids* (AAILs) menggunakan kolom absorber tipe spray tower juga menunjukkan peningkatan yang signifikan pada persen removal gas CO₂ seiring dengan bertambahnya laju alir absorben. Pada peningkatan laju alir absorben, cenderung mengakibatkan meningkatnya luas batas fasa efektif (batas interfacial area) sehingga koefisien perpindahan massa fasa cair akan meningkat. Berbeda dengan data yang disajikan pada gambar 1, pada laju alir gas CO₂ sebesar 2 L/menit dengan laju alir absorben 1,75 L/menit dan 2 L/menit menunjukkan adanya penurunan removal gas CO₂. Fu, K., et al (2019) melalui hasil penelitiannya menjelaskan, bahwa pada laju alir volumetrik gas yang tetap, peningkatan laju alir absorben dapat mengakibatkan kapasitas absorpsi gas CO₂ akan semakin besar namun pada laju alir gas dan liquid yang terlalu tinggi, waktu kontak antara fasa cair gas akan berkurang sehingga removal CO₂ akan menurun. Fenomena penurunan removal gas CO₂ pada laju alir gas CO₂ sebesar 2 L/menit disajikan pada **gambar 2**.



Gambar 2. Grafik Hubungan Laju Alir dan Konsentrasi KOH dengan Removal Gas pada Laju alir Gas CO₂ 2 L/menit

Pada **gambar 2**, disajikan grafik dimana pada penggunaan KOH 0,5 N terjadi penurunan removal CO₂ dengan nilai 86,83. Berdasarkan pengaruh konsentrasi absorben yang digunakan, Zhang, P., dkk (2018) menjelaskan bahwa meningkatnya konsentrasi absorben, maka jumlah molekul penyerap yang berdifusi pada lapisan interfasa gas-cair akan semakin banyak, sehingga dapat meningkatkan reaksi kimia dan mengurangi hambatan transfer massa, dengan demikian diharapkan dapat meningkatkan removal CO₂. Namun viskositas suatu larutan akan meningkat seiring bertambahnya jumlah padatan terlarut didalamnya, dalam hal ini jumlah KOH terlarut pada konsentrasi 0,5 N tentunya lebih banyak dibanding dengan KOH 0,3 N dan 0,1 N. Ardhiyany (2018) menjelaskan bahwa dalam perlakuan absorpsi, absorben dipilih dengan viskositas rendah

dikarenakan viskositas yang tinggi dapat menurunkan removal CO_2 .

Data tren pada penggunaan KOH 0,5 N sebagai absorben berbeda dengan penggunaan konsentrasi KOH yang lebih kecil, hal ini dapat disebabkan karena jumlah molekul KOH yang lebih banyak sehingga dapat menyerap gas CO_2 lebih banyak, juga dipengaruhi oleh kondisi laju alir absorben dan gas CO_2 yang dijalankan pada proses absorpsi. Hasil perhitungan penentuan removal CO_2 yang diperoleh juga diperkuat dengan adanya hasil analisa laboratorium untuk gas yang keluar dari kolom absorber. Perbedaan hasil analisa yang tidak terlalu signifikan menunjukkan bahwa kesalahan pada saat titrasi hanya sebesar 3% dari hasil pembacaan analisa gas pada laboratorium uji.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan bahwa kolom absorber tipe *packed tower* dirancang dengan diameter 5,96 cm dan tinggi kolom 84,5 cm. Bahan isian yang digunakan pada proses absorpsi yaitu *ceramic rasching ring* dengan nominal size 13 mm diisikan pada kolom hingga mencapai ketinggian packing 83,053 cm secara acak (random).

Removal CO_2 akan semakin meningkat seiring bertambahnya konsentrasi dan laju alir absorben. Peningkatan konsentrasi absorben dapat meningkatkan viskositas dari larutan sehingga juga dapat memungkinkan terjadinya penurunan removal CO_2 . Pada penelitian ditunjukkan adanya penurunan removal CO_2 pada penggunaan KOH dengan konsentrasi 0,5 N mencapai 86,834 %. Peningkatan laju alir absorben juga dapat mengurangi waktu kontak antara gas dan liquida. Nilai CO_2 removal paling tinggi dengan nilai 95,743 % ditunjukkan pada laju alir absorben 2 L/menit dengan konsentrasi 0,5 N dan laju alir gas CO_2 1,5 L/menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhiany, S., 2018. Proses Absorpsi Gas CO_2 Dalam Biogas Menggunakan Alat Absorber Tipe Packing Dengan Analisa Pengaruh Laju Alir Absorben NaOH. *Jurnal Teknik*, 9(2).
- Arisukma, P., Purnomo, N. A. & Udyani, K., 2021. Studi Desain Absorber untuk penyerapan CO_2 . *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 9(1), pp. 327-337.
- Day, R. A. J. & Underwood, A. L., 1998. *Quantitative Analysis*. 6 ed. New York: Prentice Hall Inc.
- Dinca, C., Badea, A., Stoica, L. & Pascu, A., 2015. Absorber Design For The Improvement of the Efficiency of Post-combustion CO_2 Capture. *Journal of the Energy Institute*, 88(3), pp. 304-313.
- Fu, K., Zhang, P. & Fu, D., 2019. Absorption Capacity And CO_2 Removal Efficiency In Tray Tower By Using 2-(Ethylamino) Ethanol Activated 3-(Dimethylamino) Propan-1-ol Aqueous Solution. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, p. 139.
- Iluita, I. & Larachi, F., 2019. Modeling and Simulations of NO_x and SO_2 Seawater Scrubbing in Packed-bed Columns for Marine Applications. *Catalysts*, 9(6), p. 489.
- Li, Y. W. et al., 2018. Carbon Dioxide Absorption from Biogas by Amino Acid Salt Promoted Potassium Carbonate Solutions in a Hollow Fiber Membrane Contactor. *a numerical study. Energy & Fuels*, 32(3), pp. 3637-3646.
- Majedi, F. et al., 2022. Purifikasi Biogas Berbasis Absorben Zeolit Diaktivasi KOH, dan NaOH Terhadap Kualitas Biogas. *Jurnal Teknologi*, Volume 14(1), pp. 55-60.
- Manyele, S. V., 2018. Toxic Aci Gas Absorber Design Considerations For Air Pollution Control In Process Industries. *Educational Research and Reviews*, 3(4), p. 137.
- Ningsih, E., Sato, A., Nafiuddin, M. A. & Putranto, W. S., 2018. Total Volumetric Mass Transfer Coefficient at CO_2 Gas Absorption using K_2CO_3 by MSG Promoter. *Konversi*, Volume 7(1), pp. 6-9.
- Nisa, N. I. F., Altway, A. & Susianto, S., 2019. Simulasi Unit Stripping CO_2 Dalam Packed Column Skala Industri dengan Kondisi Non-Isothermal. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, Volume 14(1), pp. 53-62.
- Paryanto, P., Sartanto, S. & Nugroho, V. A., 2015. Penyerapan Gas Karbondioksida dalam Biogas dengan Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$. *Ekuilibrium*, 14(1), pp. 31-34.
- Robiah, R., Renaldi, U. & Melani, A., 2021. Kajian Pengaruh Laju ALir NaOH dan Waktu Kontak Terhadap Absorpsi Gas CO_2 Menggunakan Alat Absorber Tipe Sieve Tray. Volume 6(2), pp. 27-35.
- Samsudin, A. M., 2015. Pemilihan Tipe Kolom Pemisah. In: *Perancangan Alat Proses*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Sen, R., Goepert, A., Kar, S. & Prakash, G. S., 2020. Hydroxide Based Integrated CO_2 Capture

- from Air and Conversion to Methanol. *Journal of the American Chemical Society*, 142(10), pp. 4544-4549.
- Septyano, D. B. & Sundari, R. D., 2020. Studi Absorpsi CO₂ dengan Pelarut Amina dan Penambahan Promotor Menggunakan Packed Column. *Doctoral Disertation, Universitas Internasional Semen Indonesia*.
- Treybal, R. E., 1981. *Mass-Transfer Opwerations*. New York: Mc Graw Hill.
- Zhang, P., Tian , X. & Fu, D., 2018. CO₂ Removal In Tray Tower By Using Aails Activated MDEA Aqueous Solution. *Energy*, Volume 161, pp. 1122-1132.