

PENGARUH TIPE PACKING DALAM ABSORPSI REAKTIF K_2CO_3 BERPROMOTOR DEA DALAM REACTOR PACKED COLUMN

Junety Monde^{1,3*}, Prapti Ira Kumala Sari^{1,3}, Karnila Willard², Tri Widjaja³, Ali Altway³

¹ Pengolahan Minyak Dan Gas Bumi, Sekolah Tinggi Teknologi Minyak Dan Gas Bumi, Balikpapan 76125, Indonesia

² Teknik Perminyakan, Sekolah Tinggi Teknologi Minyak Dan Gas Bumi, Balikpapan 76125, Indonesia

³ Department teknik kimia, fakultas Teknologi Industri, Institute Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya 60111, Indonesia

Email: junetymonde@gmail.com*

Abstract

Chemical absorption or reactive absorption is the most widely used because of the availability of higher removal rates compared to other absorption methods. Reactive absorption is carried out through absorbing CO_2 from gases by covalent bonds in absorbent liquid molecules. K_2CO_3 is one of the absorbents commonly used in chemical absorption but the absorption rate is slow. One way to increase the absorption of K_2CO_3 is by improving the quality of packing used so as to increase CO_2 loading. This research will compare the effect of using raschig ring and steel wool packing type in CO_2 separation and using the DEA promoter with a reactive absorption method in packed column reactors with variable temperature (400C-800C), DEA concentration (3)% and absorbent flow rate (0.5, 0.75, 1 L.min⁻¹). Gas is flowed from the bottom of the packed column and absorbent is flowed from the top so that there is a countercurrent flow between the gas and the solvent in the packed column, CO_2 will dissolve in the reaction with a 30% K_2CO_3 and DEA run and then testing the amount of CO_2 bound through titration analysis. The results of this study indicate CO_2 Loading and % CO_2 Removal increased to 0.0722 (mol CO_2) / (mol K_2CO_3) and 31.0728% with the use of steel wool packing when compared to raschig rings CO_2 Loading 0.0656 (mol CO_2) / (mol K_2CO_3) and % Removal CO_2 27,965% in the same operating conditions ie 3% DEA, 1 L.min⁻¹ and temperature 700C.

Keywords : Reactive Absorption, Dea promoted, K_2CO_3 , Packing Type, Packed Column

Abstrak.

Penyerapan secara kimia atau absorpsi reaktif yang paling banyak digunakan karena ketersediaan tingkat removal yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode penyerapan lainnya. Absorpsi reaktif dilakukan melalui menyerap CO_2 dari gas oleh ikatan kovalen dalam molekul cairan penyerap. K_2CO_3 merupakan salah satu absorbent yang umum digunakan dalam penyerapan kimia tetapi laju absorpsi lambat. Salah satu cara untuk meningkatkan penyerapan K_2CO_3 diantaranya dengan memperbaiki kualitas *packing* yang digunakan sehingga meningkatkan loading CO_2 . Pada penelitian ini akan membandingkan pengaruh penggunaan tipe *packing raschig ring* dan *steel wool* dalam pemisahan CO_2 dan menggunakan promotor DEA dengan metode absorpsi reaktif dalam reactor packed kolom dengan variabel temperature (40°C-80°C), konsentrasi DEA(3)% dan laju alir absorbent (0.5, 0.75, 1 L.min⁻¹). Gas dialirkan dari bagian bawah packed kolom dan absorbent dialirkan dari bagian atas sehingga terjadi aliran *countercurrent* antar gas dan pelarut dalam packed kolom, CO_2 akan larut dalam reaksi dengan larutan 30% K_2CO_3 dan DEA kemudian dilakukan pengujian terhadap jumlah CO_2 yang terikat melalui analisa titrasi. Hasil penelitian ini menunjukkan CO_2 Loading dan % CO_2 Removal

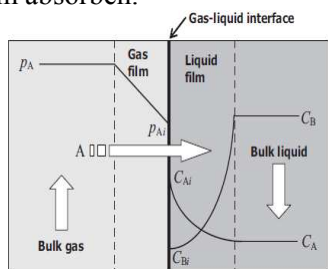
meningkat menjadi $0.0722 \frac{\text{mol CO}_2}{\text{mol K}_2\text{CO}_3}$ dan 31.0728% dengan penggunaan *packing steel wool* jika dibandingkan dengan *raschig rings* CO_2 Loading $0.0656 \frac{\text{mol CO}_2}{\text{mol K}_2\text{CO}_3}$ dan % Removal CO_2 27.965% pada kondisi operasi yang sama yaitu 3% DEA, $1 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ dan temperature 70°C .

Keywords: Absorpsi Reaktif, Berpromotor Dea, K_2CO_3 , Tipe Packing, Packed Column

PENDAHULUAN

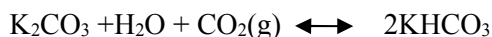
Teknologi penyerapan gas telah banyak dikembangkan dalam industri dengan berbagai metode diantaranya adalah adsorpsi, destilasi kriogenik, pemisahan dengan membrane, absorpsi baik secara fisik, maupun secara kimia. Di antara teknologi ini, penyerapan secara kimia atau absorpsi reaktif yang paling banyak digunakan karena ketersediaan tingkat removal yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode penyerapan lainnya.

Absorpsi reaktif dilakukan melalui menyerap CO_2 dari gas oleh ikatan kovalen dalam molekul cairan penyerap. ikatan kovalen yang kuat antara molekul pelarut kimia dan molekul CO_2 membuat proses penyerapan kimia yang lebih efisien dalam menyerap CO_2 bahkan pada suhu kamar dan tekanan rendah. Kesesuaian pelarut yang akan digunakan untuk menyerap CO_2 ditentukan oleh perbedaan kelarutan antara CO_2 dan metana dalam pelarut itu. Penyerapan kimia menyebabkan perbedaan kelarutan yang besar sehingga metan tidak ikut terserap kedalam absorbent.

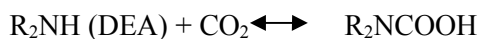


Gambar 1 Skema absorpsi reaktif menurut Levenspiel (1999)

Secara umum reaksi K_2CO_3 dan CO_2 dapat dituliskan:



reaksi Promotor DEA dan CO_2 dapat dituliskan:

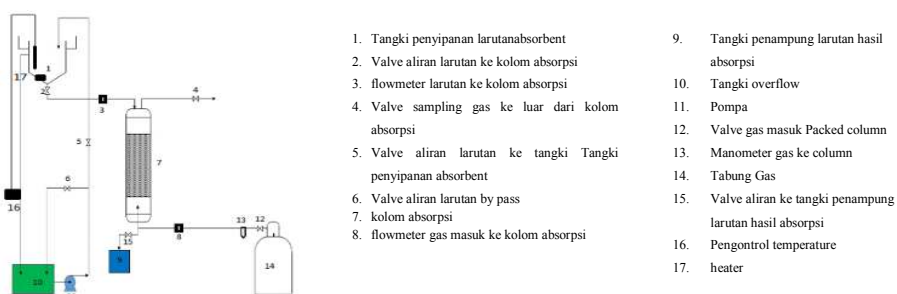


disebut juga katalisis homogen yang merupakan promotor pertama membentuk zat antara dengan CO_2 dan zat antara dan kemudian dihidrolisis untuk menghasilkan produk akhir, bikarbonat.

Absorpsi reaktif biasanya dilakukan dalam reactor Packed column untuk kontak kontinyu antara liquid dan gas secara countercurrent atau cocurrent yang dipasang secara vertical dan diisi dengan packing yang untuk memperbesar luas permukaan kontak antara gas dan liquid. Packing merupakan bahan isian yang digunakan sebagai bahan isian pada packed column. Jenis packing yang digunakan juga mempunyai peranan penting untuk meningkatkan efisiensi perpindahan massa, yaitu berperan dalam kontak antar fasa selama penyerapan CO₂ (Tan dkk, 2012) dan dapat meningkatkan peyerapan dari potassium karbonat. Beberapa jenis packing yang dapat digunakan untuk mengisi packed kolom adalah tipe yang disusun secara acak seperti packing raschig ring dengan harga yang lebih murah, tidak terlalu berat dan dapat digunakan untuk temperatur yang rendah dan tipe steel wool yang dapat dibuat dalam bentuk packing terstruktur. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Zhao dkk, 2011 yaitu meningkatkan penyerapan CO₂ dalam K₂CO₃ 30%wt menggunakan packed column dengan membandingkan beberapa jenis packing. Pada penelitian ini didapatkan bahwa packing Super mini rings yang dipasang secara acak menghasilkan koefisien perpindahan massa kira-kira masing-masing 20% dan 30% lebih tinggi dari Mellapak dipasang secara struktur dan Pall Rings disusun secara acak.

Pada penelitian ini akan membandingkan pengaruh penggunaan tipe *packing raschig ring* dan *steel wool* dalam pemisahan CO₂ dan menggunakan promotor DEA dengan metode absorpsi reaktif dalam reactor packed kolom dengan variabel temperature (40⁰C-80⁰C), konsentrasi DEA(3)% yang merupakan hasil terbaik dari penelitian seblumnya yang dilakukan oleh junety dkk 2018 dan laju alir absorben (0.5,0.75,1 LPM). Gas dialirkan dari bagian bawah packed kolom dan absorben dialirkan dari bagian atas sehingga terjadi aliran *cuntercurren* antar gas dan pelarut dalam packed kolom, CO₂ akan larut dalam reaksi dengan larutan 30% K₂CO₃ dan DEA kemudian dilakukan pengujian terhadap jumlah CO₂ yang terikat melalui analisa titrasi.

METODOLOGI



Gambar 2 diagram alir penyerapan dalam packed column

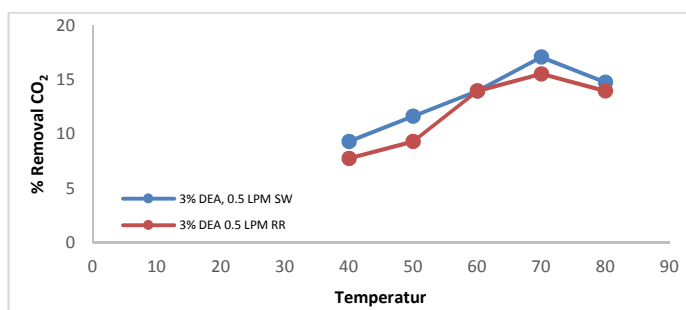
Pada Gambar 2 dapat dilihat dimana gas dengan komposisi 40% CO₂ and 60% N₂ dialirkan pada laju alir 40 L.min⁻¹ dari dasar kolom dan absorbent dengan koposisi DEA 3% larutan 30% K₂CO₃ and air dialirkan dari atas kolom dengan variasi laju air dari 0.5, 0.75, 1L.min-1 dialirkan secara countercurrent dalam reactor packed column. Pengujian gas CO₂ yang

terabsorpsi dengan menggunakan titrasi asam basa dengan phenolphthalein. Kolom yang digunakan gelas pyrex cylinder dengan tinggi 1.5 m dan diameter 50 mm. packing yang digunakan adalah packing raschig ring yang dipasang secara acak dan steel wool yang dibuat dalam bentuk packing terstruktur. Bahan yang digunakan adalah potassium carbonate dengan kemurnian > 99%, gas sintetis dengan komposisi CO₂: 40% and N₂: 60% , dietanolamine dengan kemurnian 98% dan air.

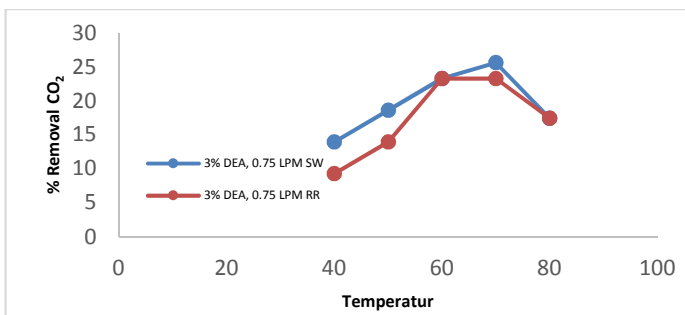
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh Tipe Packing terhadap CO₂ Loading dan % Removal CO₂

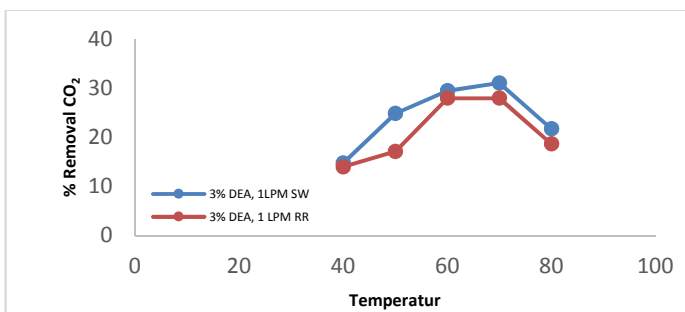
Packing dalam kolom penyerapan merupakan instrument yang digunakan untuk memperbesar waktu kontak antara liquid dan gas sehingga CO₂ yang terserap akan lebih besar. Pada gambar 3 sampai dengan gambar 8 menunjukkan nilai CO₂ Loading dan % Removal CO₂ lebih besar pada saat menggunakan packing steel wool yang disusun secara struktur. Tipe packing memberi pengaruh pada luas permukaan geometri dan penyebaran larutan dalam kolom penyerapan sehingga berpengaruh pada transfer massa yang lebih baik. Menurut Aroonwilas dkk (1999) struktur packing dapat menyediakan koefisien transfer massa lebih besar dibandingkan dengan packing yang disusun secara acak. Dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Aroonwilas dkk (1999) yang membandingkan gempak 4A yang disusun secara terstruktur dengan pall ring yang disusun secara acak menyatakan bahwa struktur packing memiliki hampir dua kali lipat transfer massa yang dihasilkan pall ring hal ini dikarenakan struktur packing memiliki luas permukaan geometri yang lebih besar dibandingkan pall ring yang disusun acak dan menurut Marcia dkk (2009) struktur packing memiliki distribusi penyebaran larutan yang lebih merata dibandingkan dengan pall ring yang disusun secara acak. Sehingga packing yang disusun secara terstruktur menghasilkan transfer massa yang lebih baik dibandingkan packing yang disusun secara acak.



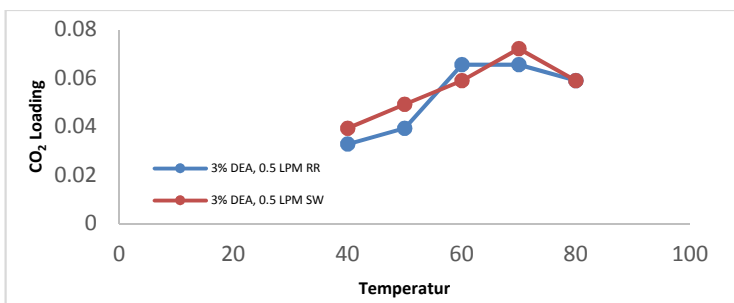
Gambar.3 Pengaruh temperatur dan tipe packing terhadap % removal CO₂ pada konsentrasi DEA 3% dan Laju alir absorben 0.5 L.min⁻¹



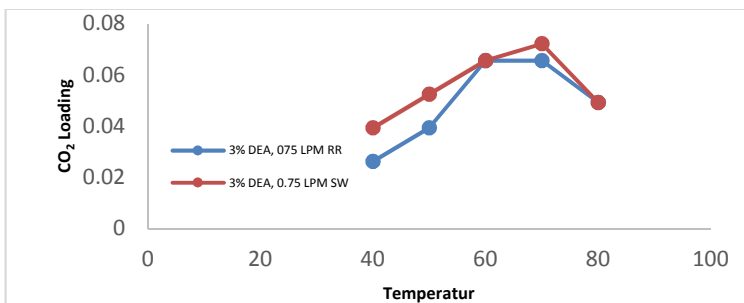
Gambar.4 Pengaruh Temperatur dan Tipe Packing Terhadap % Removal CO₂ Pada Konsentrasi DEA 3% dan Laju Alir Absorben 0.75 L.min⁻¹



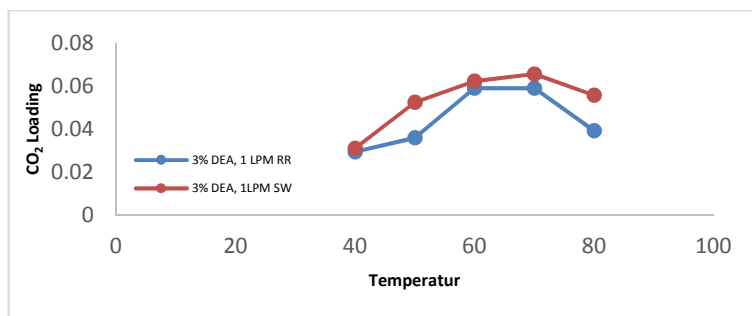
Gambar.5 Pengaruh Temperatur dan Tipe Packing Terhadap % Removal CO₂ Pada Konsentrasi DEA 3% Dan Laju Alir Absorben 1 L.min⁻¹



Gambar.6 Pengaruh Temperatur dan Tipe Packing Terhadap CO₂ Loading Pada Konsentrasi DEA 3% dan Laju Alir Absorben 0.5 L.min⁻¹



Gambar.7 Pengaruh Temperatur dan Tipe Packing Terhadap CO₂ Loading Pada Konsentrasi DEA 3% dan Laju Alir Absorben 0.75 L.min⁻¹



Gambar.8 Pengaruh Temperatur dan Tipe Packing Terhadap CO₂ Loading pada konsentrasi DEA 3% dan Laju alir absorben 1 L.min⁻¹

2. Pengaruh Temperatur terhadap CO₂ Loading dan % Removal CO₂

Temperatur mempunyai peranan yang besar dalam meningkatkan dalam meningkatkan difusi dan transfer massa sehingga dengan meningkatnya temperature 40⁰C, 50⁰C, 60⁰C dan 70⁰C akan meningkatkan CO₂ Loading dan % Removal CO₂. Telah ditunjukkan dalam penelitian sebelumnya bahwa suhu yang lebih tinggi berkontribusi pada efisiensi transfer massa yang lebih tinggi yang dapat menyebabkan peningkatan penyerapan CO₂ (Tan dkk., 2012). Pada temperatur 80⁰C CO₂ Loading dan % Removal CO₂ akan turun karena kelarutan CO₂ dalam pelarut mengalami penurunan, karena kelarutan yang menurun akan menghambat laju dari penyerapan dari CO₂ (Yan.S., 2014 et al).

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan CO₂ Loading dan % CO₂ Removal meningkat menjadi $0.0722 \frac{\text{mol CO}_2}{\text{mol K}_2\text{CO}_3}$ dan 31.0728% dengan penggunaan *packing steel wool* jika dibandingkan dengan *raschig rings* CO₂ Loading $0.0656 \frac{\text{mol CO}_2}{\text{mol K}_2\text{CO}_3}$ dan % Removal CO₂ 27.965% pada kondisi operasi yang sama yaitu 3% DEA, 1 L.min⁻¹ dan temperature 70⁰C.

DAFTAR PUSTAKA

Aroonwilas, A., Veawab, A., & Tontiwachwuthikul, P. (1999). Behavior of the MassTransfer Coefficient of Structured Packings in CO₂ Absorbers with Chemical Reactions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 38(5), 2044–2050. <http://doi.org/10.1021/ie980728c>

Junety Monde., Tri Widjaja., & Ali Altway (2018). Effect of Promoter Concentration on CO₂ Separation Using K₂CO₃ With Reactive Absorption Method in Reactor Packed Column. *MATEC Web of Conferences* 156, 02002. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201815602002>

Marcia, S., deMontigny, D., & Tontiwachwuthikul, P. (2009). Liquid distribution of MEA in random and structured packing in a square column. *Energy Procedia*, 1(1), 1155–1161. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2009.01.152>

Levenspiel, O., Wiley, J., & Hepburn, K. (1999). *Chemical Reaction Engineering - third edition*. 3th edition (Vol. 19). [https://doi.org/10.1016/00092509\(64\)85017-X](https://doi.org/10.1016/00092509(64)85017-X)

Tan, L. S., Shariff, A. M., Lau, K. K., & Bustam, M. A. (2012). Factors affecting CO₂ absorption efficiency in packed column: A review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 18(6), 1874–1883. <http://doi.org/10.1016/j.jiec.2012.05.013>

Yan, He, Zhao, Wang, & Ai, 2014) Yan, S., He, Q., Zhao, S., Wang, Y., & Ai, P. (2014). Biogas upgrading by CO₂ removal with a highly selective natural amino acid salt in gas-liquid membrane contactor. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 85, 125–135. <http://doi.org/10.1016/j.cep.2014.08.009>

Zhao, X., Smith, K. H., Simioni, M. A., Tao, W., Kentish, S. E., Fei, W., & Stevens, G. W. (2011). Comparison of several packings for CO₂ chemical absorption in a packed column. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 5(5), 1163–1169. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2011.07.006>