Studi Desain Absorber untuk Penyerapan CO_2

Prana Arisukma[1], Nicko Aji Purnomo[2], dan Kartika Udyani[3]
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2,3]
e-mail: Prana.arisukma@gmail.com

ABSTRACT

The content of carbon dioxide gas is mostly found in industry, motor vehicles, and natural gas. Absorption uses k_2CO_3 absorbent is a way to absorb CO_2. Therefore, it required CO_2 equilibrium data to determine the level of carbon dioxide gas (CO_2) which was absorbed in the K_2CO_3 solution. The aim of this study was to determine the dimension of absorber, the effect of absorbent final rate of CO_2 removal and to compare the simulation results with laboratory research.

In this study, the researcher conducted phase equilibrium calculation using NRTL method in CO_2 absorption simulation. The calculation and absorption of CO_2 simulation were conducted using HYSYS application. The type of absorption column was used packed bed with packing in the form pall ring from ceramic material. The absorbent used was K_2CO_3.

The simulation result showed the bed packed height was 3.2 meters. The absorber width was obtained 1.1. meter. The more increase liquid flow rate %Removal CO_2 obtained, the more increase %Removal obtained. The best result occurred when the K_2CO_3 flow rate was 16.7 L/minute and the gas was CO_2 15L/minute was 69.6% was absorbed. The simulation result showed the same trend as the result of research in the laboratory.

Keywords: *Absorber, CO_2, K_2CO_3, HYSYS, Packed Bed.*

ABSTRAK

Kandungan gas karbon dioksida paling banyak ditemui pada industri, kendaraan bermotor maupun gas alam. Absorbsi menggunakan absorben K_2CO_3 merupakan cara untuk menyerap gas CO_2 Maka dari itu memerlukan suatu data kesetimbangan CO_2 untuk mengetahui kadar gas karbon dioksida (CO_2) yang terserap dalam larutan K_2CO_3. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dimensi absorber, pengaruh laju akir absorben terhadap removal CO_2 dan perbandingan hasil simulasi dengan penelitian labaortorium

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan kesetimbangan fase menggunakan metode NRTL pada simulasi absorbis CO_2. Simulasi perhitungan dan penyerapan CO_2 dilakukan dengan menggunakan aplikasi HYSYS. Jenis kolom absorbsi yang digunakan adalah *packed bed* dengan *packing* berbentuk *pall ring* dari bahan keramik. Absorben yang digunakan adalah K_2CO_3

Hasil simulasi menunjukkan tinggi *packed bed* yang sesuai sebesar 3,2 meter. Sedangakn untuk lebar dari absorber didapatkan hasil 1,1 meter. Semakin meningkatnya laju alir liquid %Removal CO_2 juga meningkat. %Removal. Hasil terbaik terjadi saat laju alir K_2CO_3 sebesar 16,7 L/menit dan gas CO_2 15 L/menit yaitu sebesar 69,6% CO_2 terserap. Hasil simulasi menunjukkan kecenderungan yang sama dengan hasil penelian di laboratorium.

Kata kunci: Absorber, CO_2, K2CO3, HYSYS, Packed Bed.

PENDAHULUAN

Gas CO_2 merupakan salah satu gas buang yang bisa dihasilkan oleh industri, kendaraan bermotor, dan bahkan dari pernapasan makhluk hidup. Gas CO_2 dapat menyebabkan udara pada memiliki tingkat polusi yang tinggi. Gas CO_2 berlebih dalam udara dapat menyebabkan meningkatnya suhu atmosfir yang dapat menimbulkan efek rumah kaca. Selain itu Gas CO_2 berlebih dalam udara dapat mengganggu sistem pernapasan pada makhluk hidup. Gas CO_2 tidak hanya dihasilkan dari dari pembakaran. Gas CO_2 juga dapat kita jumpai dalam beberapa industri, seperti industri gas alam, industri pupuk, industri biogas dan lain sebagainya. Oleh karena itu

perlu dilakukan pengurangan kadar CO_2. Pengurangan gas CO_2 dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu dengan absorbsi, adsorbsi, atau dengan menggunakan membran [1]

Absorpsi merupakan proses pemisahan suatu bahan dari campuran gas dengan cara pengikatan bahan tersebut pada permukaan absorben cair yang diikuti dengan proses pelarutan. Terdapat beberapa macam absorben untuk menyerap gas CO_2, contohnya K_2CO_3, NaOH, MEA, dan lain-lain.

Sedangkan metode absorbsi merupakan proses pemisahan suatu bahan dari campuran gas dengan cara mengikat bahan tersebut dan terjadi difusi pada permukaan adsorben padat. Contoh dari adsorben yaitu karbon aktif, silika gel, alumina, dan lain-lain.[2]

Banyak alat yang dapat digunakan untuk melakukan proses absorpsi CO_2. Alat yang digunakan absorpsi biasa disebut absorber. Adapun alat-alat absorber yaitu *scrubber*, menara packing, menara kolom, dan lain-lain.

Ada banyak cara untuk menghilangkan gas CO_2, salah satunya menggunakan metode Absorbsi dengan mengontakkan gas CO_2 pada absorbennya yaitu K_2CO_3 yang larut dengan air. Alat yang digunakan untuk absorbsi yaitu absorben yang memiliki kolom untuk meningkatkan efisiensi penyerapan CO_2. Aliran liquid masuk ke absorben melalui bagian atas kolom sedangkan aliran gas masuk melalui bagian bawah kolom, kontak antara liquid dan gas terjadi melalui mekanisme counter current, dimana air akan menuju ke bawah sedangkan gas akan menuju ke atas, pada saat pertemuan tersebut CO_2 akan terserap oleh liquid dan terjadi penyerapan gas CO_2 sehingga gas yang keluar dari absorben berkurang. Mekanisme dari kolom adalah kontak antara gas dan air terjadi pada sela-sela yang berada di tengah kolom.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Firsta Hardiyanto, dkk. Dengan judul Simulasi Absorbsi Reaktif CO_2 dengan Larutan Benfield dalam Skala Industri. Didapatkan hasil rancangan untuk absorben dengan menggunakan pemprograman MATLAB. Diperoleh untuk konstanta K_1 dan K_2 dari K_2CO_3 yaitu K1 = 2678769927,4 dan K2 = 2868,6462. Nilai K1 dan K2 ini nantinya digunakan untuk menghitung konstanta kecepatan reaksi dari K_2CO_3 dan CO_2 (Hardiyanto, dkk. 2018)[3]. Penelitian selanjutnya berjudul *Absorber design for the improvement of the efficiency of post combustion CO_2 capture*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain unit absorber untuk meisahkan CO_2 dari *flue gases* yang dihasilkan dari pembakaran batu bara [4]. Penelitian berikutnya yaitu *Study of mass transfer correlations for intensified absorbers in post combustion CO_2 capture based on chemical absorption* penelitian ini membahas tentang rancangan absorber untuk menyerap CO_2 dengan standard packed bed untuk memperluas kontak gas dan absorber [5]. Selanjutnya terdapat penelitian dengan judul CO_2 absorber coupled with double pump CO_2 capture technology for coal fired flue gas penelitian ini berisi tentang metode yang digunakan untuk menghilangkan CO_2 dari hasil pembakaran pembangkit listrik tenaga batu bara dan didapatkan kapasitas 47.447,4 LCO_2/Lamine dan efiseinsi 63% [6]. Selanjutnya terdapat penelitian dengan judul Novel Absorber Configurations using Aqueous Piperazine for CO_2 Capture from NGCC Flue Gas meneliti tentang absorber yang digunakan untuk menangkap CO_2 dengan kondisi operasi CO_2 tertangkap 90-99% dan perbandingan antara 0,7-1,4 mol liquid/mol gas[7]. Selanjutnya dengan judul *Use of CFD for CO_2 absorbers optimum design : from local scale to large industrial scale* meneliti tentang penggunaan CFD untuk menangkap CO_2 menggunakan absorber jenis packed dan metode yang digunakan adalah metode VOF [8]. Penelitian selanjutnya yaitu dengan judul *Impacts of thermo-physical properties of gas and liquid phases on design of absorber for CO_2 capture using monoethanolamine* dalam penelitian ini tujuannya adalah untuk mengetahui property impact dari proses absorbsi CO_2 dari proses pembakaran pembangkit listrik tenaga batubara dan juga menghitung densitas, viskositas dan tinggi packing optimal agar %removal CO_2 tinggi.

Berdasarkan dari penelusuran pustakan, maka pada penelitian ini akan dilakukan studi desain absorber untuk penyerapan CO_2. Studi desain absorber ini menggunakan HYSYS untuk simulasi. Selain itu data Kc K2CO3 diperoleh dari penelitian hardiyanto, dkk 2018. Untuk jenis absorber yang digunakan adalah packed bed dengan jenis packed pall rings ceramic ukuran 25 mm. untuk metode yang digunakan adalah metode NRTL.

Rumusan Masalah didasarkan pada masalah yang terjadi maka permasalahan yang akan di bahas disini antara lain berapakah dimensi absorber yang akan digunakan dalam perancangan, apakah ada pengaruh laju alir K_2CO_3 terhadap %Removal CO_2 dan apakah terdapat perbedaan dengan penelitian sebelummnya.

Sedangkan tujuan penelitian dari perancangan alat ini antara lain yaitu mengetahui dimensi lebar dan tinggi kolom pada alat absorber, mengetahui pengaruh laju alir K_2CO_3 terhadap *%Removal* CO_2 dengan simulasi HYSYS dan *%Removal* CO_2 maksimum, dan melakukan perbandingan dengan hasil penelitian sebelumnya.

Manfaat dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui metode simulasi perancangan dengan software HYSYS khususnya alat absorber. Selain itu juga mengetahui seberapa efisiennya K_2CO_3 jika digunakan untuk menyerap CO_2 yang terkandung.

TINJAUAN PUSTAKA

Gas Karbon Dioksida

Karbon dioksida (CO_2) umumnya tidak dikategorikan sebagai polutan udara karena merupakan komponen yang secara normal berada di udara. CO_2 secara berkelanjutan mengalami sirkulasi ke dalam dan keluar atmosfer di dalam siklus yang menyangkut aktivitas tanaman dan hewan. Dalam siklus karbon, tanaman melalui fotosintesis menggunakan energi sinar untuk mereaksikan CO_2 dari udara dengan air untuk memproduksi karbohidrat dan oksigen. Karbohidrat yang terbentuk disimpan di dalam tanaman, dan oksigen dilepas ke atmosfer. Jika tanaman teroksidasi melalui dekomposisis alami, dibakar, atau dikonsumsi oleh hewan, oksigen diabsorbsi dari udara dan CO_2 akan dilepas kembali ke atmosfer. Proses ini merupakan siklus karbon alami yang menghasilkan CO_2 atmosfer yang konstan jika tidak terganggu oleh aktivitas manusia. Manusia dapat mengganggu siklus karbon melalui beberapa aktivitasnya, misalnya penggundulan tanaman, pembakaran minyak bumi, dan mengubah batu kapur menjadi semen. Penggundulan tanaman menurunkan kemampuan alam untuk menghilangkan CO_2 dari atmosfer, sedangkan pembakaran minyak bumi dan produksi semen dari batu kapur meningkatkan jumlah CO_2 di udara. Pengaruh total dari aktivitas tersebut adalah terjadinya kenaikan CO_2 di atmosfer. Aktivitas yang paling banyak pengaruhnya terhadap kenaikan CO_2 di atmosfer adalah pembakaran minyak bumi. Konsentrasi CO_2 menunjukkan secara langsung status proses pembakaran di ruang bakar. Semakin tinggi maka semakin baik. Perlu diingat bahwa sumber dari CO_2 ini hanya ruang bakar dan Catalytic Converter. Apabila CO_2 terlalu rendah tapi CO dan HC normal, menunjukkan adanya kebocoran exhaust pipe. (Sugiarti, 2015)

Proses Pemurnian Gas CO_2

Adanya berbagai macam kandungan yang terdapat pada gas alam mengakibatkan perlu dilakukannya pemurnian gas alam sebelum digunakan. Adapun gas yang harus dihilangkan dalam gas alam khususnya yaitu CO_2. Kandungan CO_2 perlu dihilangkan karena dapat mengurangi nilai pebakaran pada gas alam. proses yang dapat dilakukan untuk memurnikan gas alam ada banyak macam. Adapun beberapa proses yang dapat digunakan untuk memurnikan gas alam yaitu :

1. Absorpsi Kimia
2. Absorpsi Fisika
3. Absorpsi Fisika-kimia
4. Adsorpsi Fisika
5. Permeation (membran)
6. Konversi Sulfur dengan Metode Direct Proses

Proses yang pertama dapat digunakan untuk pemurnian gas CO_2 yaitu absorpsi kimia. Caranya yaitu dengan proses kontak antara gas dengan cairan agar salah satu komponen gas larut ke dalam cairan dan terjadi suatu reaksi. Proses absorbsi akan melibatkan difusi dari partikel gas ke cairan. Beberapa pelarut kimia yang biasanya digunakan untuk pemurnian gas alam merupakan senyawa kimia golongan alkanolamin. Semua digunakan dalam bentuk cairan. Produk alkaloamin yang biasanya digunakan antara lain :

- Monoethanolamine (MEA)
- Diglycolamine (DEA)
- Diisopropanolamine (DIPA)
- Methyldiethanolamine (MDEA)

Proses selanjutnya yang dapat digunakan untuk pemurnian gas alam yaitu dengan absorpsi fisika. Pelarut yang digunakan terjadi kontak fisik dengan gas yang akan dimurnikan. Penyerapan secara fisik sangat bergantung dengan tekanan gas umpan ataupun tekanan parisal dari gas yang akan dihilangkan. Keuntungan dari proses ini adalah tidak memiliki batasan penyerapan. Jumlah CO_2 yang dapat diserap oleh pelarut ditentukan oleh kesetimbangan uap-cair dari campuran dan diatur dengan tekanan dan suhu. Jika tekanan parsial dari CO_2 tinggi, maka kapasitas CO_2 yang akan terserap oleh pelarut lebih tinggi. (Fatimura, dkk. 2018)

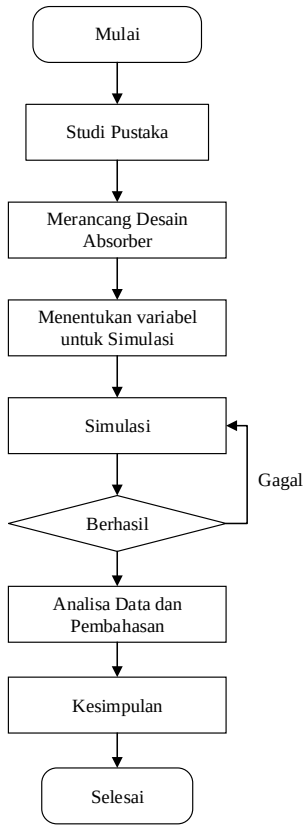
Selanjutnya proses absorpsi kimia-fisika. Proses ini merupakan gabungan dari proses absorpsi kimia dan absorpsi fisika. Absorpsi kimia digunakan karena memiliki potensi absorpsi yang tinggi. Sedangkan absorpsi fisika digunakan karena saat regenerasinya menggunakan energi rendah.

Selanjutnya proses adsorpsi fisika. Proses ini menggunakan padatan untuk mengikat gas CO_2. Saat gas CO_2 terikat dengan absorben nantinya akan membentuk lapisan film atau adsorbat pada permukaanya.

Fraksinasi cryogenic merupakan alternatif proses pemisahan gas alam yang memiliki kandungan asam tinggi dan beroperasi pada suhu rendah serta tekanan tinggi. Terdapat riga metode untuk proses fraksinasi cryogenic. Pertama metode cryogenic konvesional atau distilasi dengan basis uap-cair dan distilasi ekstraksi. Kedua metode konvensional dengan cara desublimasi uap-padat berdasarkan pemisahan dan menggunakan bantuan gaya sentrifugal. Terakhir metode hybrid yang menggabungkan proses konvensional dan non konvensional agar menjadi maksimal. (Sari, dkk. 2016)

Permeation (membran) sudah lama digunakan untuk pemisahan gas. Pemisahan ini didasarkan pada prinsip bahwa senyawa gas tertentu larut dan berdifusi dengan bahan polimer pada tingkat yang lebih cepat daripada yang lain. Karbon dioksida, hidrogen, helium, hidrogen sulfida dan uap air sangat larut dengan polimer. Sebaliknya, nitrogen, metana dan Senyawa parafin yang lebih berat kurang larut.

METODE

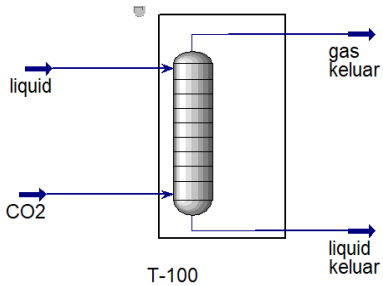


Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan Data I

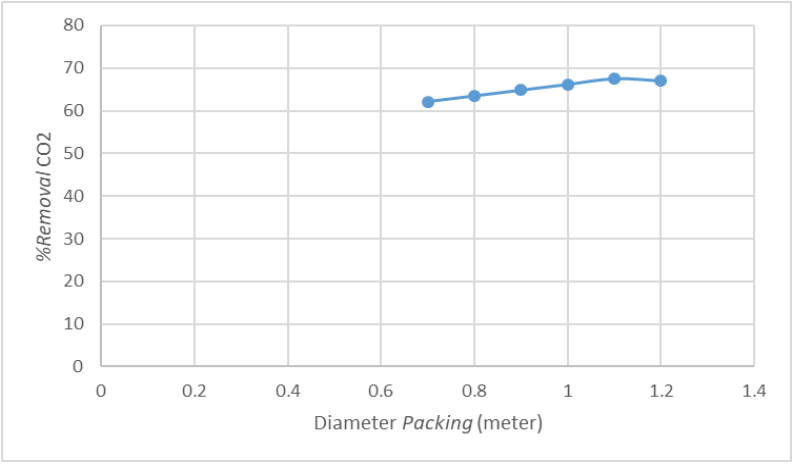
Desain absorber untuk proses penyerapan CO_2 dengan absorben K_2CO_3 konsentrasi 30% disimulasikan dengan menggunakan HYSYS pada sistem batch. Pada simulasi ini digunakan laju aliran CO_2 sebesar 15 liter/menit. Sedangkan untuk K_2CO_3 sebesar 16,7 liter/ menit.



Gambar 2 Simulasi Absorber

Tabel 1 Perbandingan Diameter *Packing* dan *%Removal* CO_2.

Diameter *Packing*	*%Removal* CO_2
0,7	62,14
0,8	63,47333333
0,9	64,80666667
1	66,14
1,1	67,47333333
1,2	66,97333333



Gambar 3 Grafik Diameter *Packing* terhadap *%Removal* CO_2.

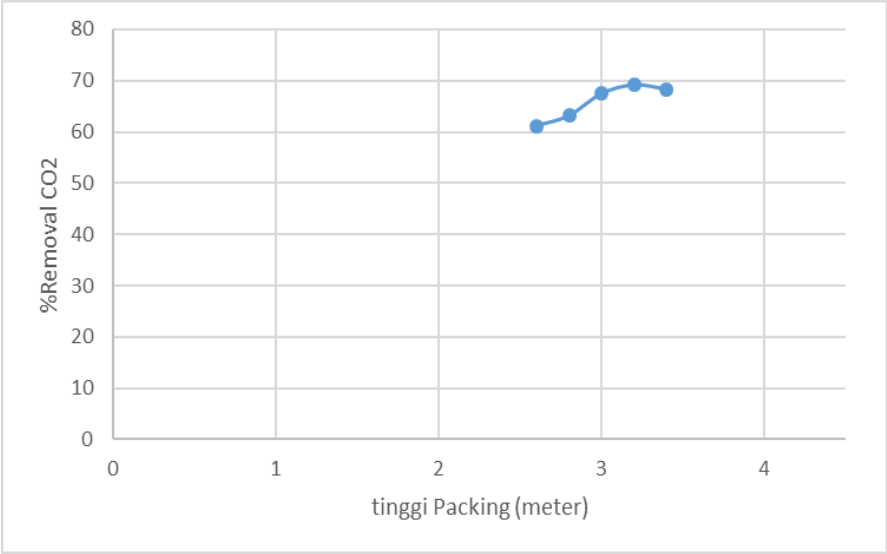
Pada simulasi menentukan diameter packing ditetapkan menggunakan laju alir gas CO_2 15 l/m dan laju alir K_2CO_3 16,7 l/m. pada saat diameter 0,7 meter sampai 1,1 meter terjadi peningkatan %Removal CO_2. Sedangkan saat diameter 1,2 meter terjadi penurunan %Removal CO_2. Sehingga didapatkan bahwa diameter yang baik adalah pada 1,1 meter dengan %Removal CO_2 sebesar 67,47%.

Pada penelitian sebelumnya milik Raynal. 2009. Diameter yang digunakan untuk laju liquid 50 m/jam dan kecepatan gas 1,47 m/s adalah 9 m didapatkan efisiensi 70% CO_2. Sedangkan pada penelitian Sachde. 2017. Didapatkan efisiensi sebesar 90% dengan diameter 8 meter untuk rasio liquid/gas sebesar 3 : 1 dengan laju liquid sebesar 16 l/s. selanjutnya pada penelitian Dutta. 2016. Diameter 0,15 meter untuk laju alir liquid 78,6 m3/jam didapatkan efisiensi removal CO_2 sebesar 65%. Terakhir pada penelitian Dinca. 2014. Diperoleh efisiensi 65% dengan diameter 0,1 meter dan laju alir liquid 50 m3/jam. Dibandingkan dengan simulasi ini yang menggunakan diameter 1,1 meter dan laju alir liquid 16,7 l/menit didapatkan efisiensi 67,47%. Jika dibandingkan dengan penelitian milik Sachde. 2017 dan Raynal. 2009 efisiensi yang didapatkan lebih rendah namun jika dibandingkan dengan penelitian Dutta. 2016 simulasi ini memiliki efisiensi lebih tinggi.

Pembahasan Data II

Tabel 2 Perbandingan Tinggi *Packed Bed* dengan *%Removal* CO_2

tinggi *packed bed*	*%removal* CO_2
2,6	61,18
2,8	63,14
3	67,47333333
3,2	69,18
3,4	68,31333333



Gambar 4 Grafik Tinggi *Packing* terhadap *%Removal* CO_2.

Pada perbandingan antara tinggi packing dan %Removal CO_2 digunakan laju alir yang sama yaitu untuk CO_2 15 l/m dan untuk K_2CO_3 16,7 l/m. Data yang didapatkan yaitu terjadi peningkatan %Removal pada saat tinggi packing ditambah dari 2,8 sampai 3,2 meter. Sedangkan saat digunakan tinggi packing 3,4 meter terjadi penurunan %Removal menjadi 69,18%. Pada grafik ini didapatkan tinggi packing yang baik adalah 3,2 meter dengan %Removal 69,18%.

Pada penelitian sebelumnya milik Raynal. 2009. Menggunakan tinggi total absorber yaitu 30 m didapatkan %Removal sebesar 70% untuk laju liquid 50 m/jam. Sedangkan pada penelitian Sachde. 2017. Didapatkan tinggi 24 m dan efisiensi sebesar 90% dengan rasio liquid/gas sebesar 3 : 1 dengan laju liquid sebesar 16 l/s. selanjutnya pada penelitian Dutta. 2016. tinggi 4,23 meter untuk laju alir liquid 78,6 m3/jam didapatkan efisiensi removal CO_2 sebesar 65%. Terakhir pada penelitian Dinca. 2014. Diperoleh efisiensi 65% dengan tinggi 4,6 meter dan laju alir liquid 50 m3/jam. Dibandingkan dengan simulasi ini yang didapatkan tinggi optimum

yaitu 3,2 meter dan laju alir liquid 16,7 l/menit didapatkan efisiensinya yaitu 67,47%. Jika dibandingkan dengan penelitian milik Sachde. 2017 dan Raynal. 2009 efisiensi yang didapatkan lebih rendah namun jika dibandingkan dengan penelitian Dutta. 2016 simulasi ini memiliki efisiensi lebih tinggi.

Data yang didapatkan dari hasil simulasi absorber menggunakan hysys ditampilkan pada Gambar dibawah ini. Pada simulasi ini didapatkan laju alir dari gas keluar serta laju alir liquid keluar. Data tersebut dapat digunakan untuk mencari besarnya CO_2 yang dapat diserap oleh K_2CO_3.

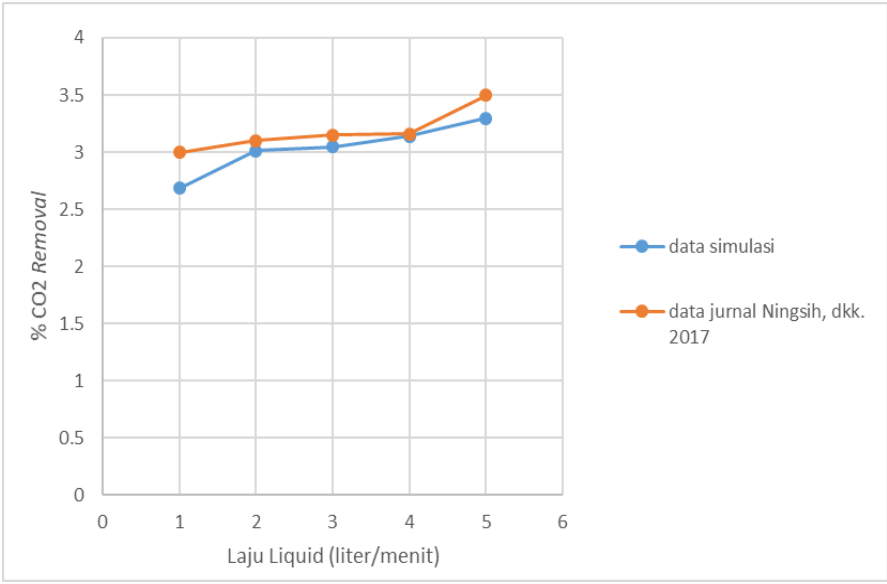
Pembahasan Data III

Tabel 3 Perbandingan Laju Alir K_2CO_3 30% Terhadap Laju Penyerapan CO_2 dari Jurnal.

Laju alir K_2CO_3 (l/menit)	Laju Penyerapan (mol/menit)
1	0,00059
2	0,00061
3	0,00061
4	0,00061
5	0,0007

Tabel 4 Perbandingan Laju Alir K_2CO_3 30% Terhadap Laju Penyerapan CO_2 dari Simulasi.

Aliran K_2CO_3 (l/menit)	Laju Penyerapan (mol/menit)
1	0,000596
2	0,000669
3	0,000677
4	0,000698
5	0,000733



Gambar 6 Grafik laju alir adsorben terhadap laju penyerapan CO_2 dengan konsentrasi 30%.

Pada desain absorber untuk perbandingan laju alir gas CO_2 dan laju alir K_2CO_3 menggunakan tinggi kolom packing adalah 3,2 meter. Sedangkan untuk dameter menara menggunakan tinggi 1,1 meter. Pada laju liquid dari 1-5 liter/menit mol CO_2 terserap tetap naik. Karena itu kami melakukan uji sampai menemukan titik optimum dari banyaknya CO_2 yang dapat terserap oleh K_2CO_3. Setelah melakukan simulasi didapatkan bahwa CO_2 terserap tertinggi terjadi pada saat laju alir K_2CO_3 sebesar 16,7 liter/menit yaitu sebesar 69,60%. Jika laju alir K_2CO_3 ditambahkan lagi absorber tidak bisa bekerja optimal dan %removal akan berkurang karena terjadinya flooding yang mengakibatkan cairan K_2CO_3 meluap pada menara absosrber.

Berikut ini merupakan spesifikasi dari absorber yang didapatkan dari hasil perhitungan di lampiran :

Fungsi : untuk menyerap CO_2.
Bentuk : silinder tegak dengan tutup atas dan bawah dishead.
Jenis packing : Pall rings ceramic.
Ukuran : 25 mm
Area : 1,21 m2/m3
CL : 1,361
CV : 0,412
Dimensi Tangki :
Diameter : 1,1 meter.
Tinggi packing : 3,2 meter.
Tinggi bagian bawah : 0,55 meter.
Tinggi bagian atas : 0,55 meter.
Tinggi tangki : 4,2 meter.
Tekanan : 1 atm.
Jumlah : 1 unit.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Raynal. 2019. Dengan judul "*Use of CFD for CO_2 absorbers optimum design : from local scale to large industrial scale*". Dengan menggunakan metode VOF didapatkan data absorber yaitu kecepatan maksimum dari liquid

sebesar 1,47 m/s. sedangkan untuk tekanan yang digunakan harus diatas 5 atm. Karena absorben yang digunakan adalah metanol amin metode yang digunakan adalah metode VOF. Dimana metode ini hanya dapat digunakan apabila tekanan gas dan liquid masuk berbeda. Suhu yang digunakan 60ºC dan diperoleh efisiensi sebesar 40-50%. Metode VOF tidak dapat digunakan dalam simulasi ini karena tekanan yang digunakan adalah 1 atm pada gas dan liquid masuk. Sehingga metode yang lebih cocok digunakan adalah NRTL. Karena metode ini dapat digunakan untuk gas yang terserap sepenuhnya atau hanya sebagian serta nilai Kc sudah didapatkan dari penelitian sebelumnya milik Hardiyanto, dkk. 2018. Dari peneltian ini didapatkan efisiensi sebesar 69,60%. Karena bahan yang dijadikan untuk menjadi absorben adalah K2CO3. Akan tetapi meskipun efisiensi dari K2CO3 lebih tinggi harga juga lebih mahal jika dibandingkan dengan metanol amin (Raynal. 2019)

Dari hasil simulasi yang dilakukan maka didapatkan data bahwa peningkatan laju liquid juga mempengaruhi peningkatan laju alir penyerapan dari CO_2. Selain itu pada simulasi kami didapatkan bahwa laju alir liquid optimum pada absorber 14 liter/menit saat laju gas 15 liter/menit. Jika laju alir liquid ditambah lebih dari 14 liter/menit akan terjadi flooding pada absorber yang akan menyebabkan turunnya efisiensi penyerapan CO_2. Dari hasil ini jika dibandingkan dengan penelitian dari ningsih dkk, 2017. Data yang didapatkan sama-sama menunjukkan bahwa penambahan laju alir liquid maka laju alir penyerapan CO_2 ikut meningkat.Hasil penelitian Anda dituliskan yang mungkin saja mengandung Tabel dan Gambar yang penomorannya dilanjutkan dari nomor sebelumnya. Anda boleh memisahkan hasil dan pembahasan dengan memberi nomor 4.1 dan 4.2.

KESIMPULAN

Hasil dari studi desain dimensi absorber yang didapat dari hasil simulasi ini memiliki nilai diameter menara 1,1 meter, sedangkan waktu tinggal cairan 0,061 jam, tinggi kolom 3,2 meter. Menurut hasil yang didapat dari simulasi ini didapatkan bahwa semakin meningkatnya laju alir liquid %Removal CO_2 juga meningkat. %Removal CO_2 tertinggi adalah 69,60% yang terjadi saat laju liquid 16,7 l/menit dan laju gas 15 l/menit. Hasil simulasi menunjukkan hasil yang sama dengan hasil penelitian laboratorium.

Hasil perancangan ini diharapkan dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya, yaitu desain bangun alat dan dapat digunakan untuk pemurnian gas CO_2. Perlu dilakukan penelitian lagi yang terkait dengan desain Absorber dan parameter penyerapan gas CO_2 dengan absorben K2CO3 agar lebih optimal untuk mengatasi gas CO_2 yang akan dibuang ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ismiyati, dkk. 2014. Pencemaran Udara Akibat Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. UMJ. Jakarta.

[2] Syauqiah Isna, dkk. 2011. Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengaduk pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat dengan Arang Aktif. Info teknik volume 12 No. 1.

[3] Hardiyanto Firsta, dkk. 2018. Simulasi Absorpsi Reaktif CO2 dengan Larutan Benfield dalam Skala Industri. ITS. Surabaya.

[4] Dinca, Cristian, Adrian Badea, Laurentiu Stoica, and Adrian Pascu. 2015. 'Absorber Design for the Improvement of the Efficiency of Post-Combustion CO2 Capture'. Journal of the Energy Institute 88 (3): 304–13. https://doi.org/10.1016/j.joei.2014.08.003.

[5] Oko, Eni, Meihong Wang, and Colin Ramshaw. 2017. 'Study of Mass Transfer Correlations for Intensified Absorbers in Post-Combustion CO2 Capture Based on Chemical Absorption'. Energy Procedia 114 (July): 1630–36. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1292.

[6] Shijian, Lu, Zhao Dongya, and Zhu Quanmin. 2018. 'CO2 Absorber Coupled with Double Pump CO2 Capture Technology for Coal-Fired Flue Gas'. Energy Procedia 154 (November): 163–70. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.027.

[7] Sachde, Darshan, and Gary T. Rochelle. 2017. 'Novel Absorber Configurations Using Aqueous Piperazine for CO2 Capture from NGCC Flue Gas'. Energy Procedia 114 (July): 1584–1600. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1289.

[8] Raynal, L., F. Ben Rayana, and A. Royon-Lebeaud. 2009. 'Use of CFD for CO2 Absorbers Optimum Design : From Local Scale to Large Industrial Scale'. Energy Procedia 1 (1): 917–24. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2009.01.122.