

PROSES ABSORPSI GAS CO₂ DALAM BIOGAS MENGUNAKAN ALAT ABSORBER TIPE PACKING DENGAN ANALISA PENGARUH LAJU ALIR ABSORBEN NaOH

Sri Ardhiyany¹⁾

1Program Studi Teknik Pengolahan Migas Politeknik Akamigas Palembang, 30257, Indonesia

Abstract: Biogas produced from organic waste, like rubbish, last night food, animal feces, and waste from food industries. Fermentation process from thus components can produce biogas which is contain CH₄ (55% – 75%) and CO₂ (25% - 45%). Now, biogas still used in household scale and did not optimally used. Because it is still contain high presence of CO₂ so heating value also getting low. To reduce presence of CO₂ in this biogas, the NaOH solution could be taken to absorb CO₂ continuously in reactor (absorber). In this experiment, use variable of NaOH rate to how much CO₂ got absorb and CH₄ got produce. CO₂ absorption process starting by use NaOH solution continuously on the top of the tower with fixed rate, then biogas sprayed from the bottom of the tower. Gas and liquid would have contact process and chemical reaction held. Every 3 minutes, NaOH solution after getting absorb analyzed the presence of CO₂ that getting absorb with acidi-alkalymetri method. From this analysing and calculation, CO₂ that have been absorb and CH₄ could be produce, increases in a row with the smaller rate of NaOH solution. Maximum % CO₂ that getting absorb is 58,11% and % CH₄ that could be produce is 74,13%.

Keyword : Biogas, absorber, CH₄, CO₂, NaOH

Abstrak: Biogas dapat dihasilkan dari limbah organik seperti sampah, sisa-sisa makanan, kotoran hewan dan limbah industri makanan. Hasil fermentasi dari bahan-bahan diatas menghasilkan biogas dengan kadar komponen terbesar yaitu CH₄ (55% - 75%) dan CO₂ (25% - 45%). Pemanfaatan biogas sebagai bahan bakar masih dalam skala rumah tangga dan belum terpakai secara optimal. Hal ini disebabkan biogas masih mengandung CO₂ dalam kadar yang tinggi sehingga efisiensi panas yang dihasilkan rendah. Untuk mengurangi kadar CO₂ yang terkandung dalam biogas adalah dengan mengabsorpsi CO₂ menggunakan larutan NaOH secara kontinyu dalam suatu reactor (absorber). Pada penelitian ini, variabel yang diteliti adalah pengaruh laju alir NaOH terhadap CO₂ yang terserap dan CH₄ yang dihasilkan. Absorpsi CO₂ dilakukan dengan mengumpulkan larutan NaOH secara kontinyu pada bagian atas menara pada konsentrasi dan laju alir tertentu, sementara biogas dialirkan pada bagian bawah menara. Gas dan cairan akan saling kontak dan terjadi reaksi kimia. Tiap interval waktu 3 menit, larutan NaOH setelah diabsorpsi diambil untuk dianalisa jumlah CO₂ terserap dengan metode acidi alkalimetri. Dari hasil analisa dan perhitungan didapatkan jumlah CO₂ yang terserap dan CH₄ yang dihasilkan semakin besar seiring berkurangnya laju alir NaOH serta % CO₂ yang terserap maksimum 58,11% dan kadar CH₄ yang dihasilkan sebesar 74,13%.

Kata Kunci : Biogas, absorber, CH₄, CO₂, NaOH

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Permasalahan kelangkaan bahan bakar minyak yang terjadi di Indonesia saat ini, dibutuhkan suatu sumber energi alternatif yang murah dan ramah lingkungan. Potensi biogas sebagai bahan bakar alternatif sebenarnya sangat banyak diproduksi terutama pada pengolahan limbah cair industri makanan, peternakan, dan pertanian. Biogas ini selain murah, juga ramah lingkungan. Biogas dapat dihasilkan dari limbah organik seperti sampah, sisa-sisa makanan, kotoran hewan dan limbah industri makanan.

Pada umumnya kotoran ternak belum dimanfaatkan sepenuhnya dan sebagian hanya digunakan menjadi pupuk, padahal alternatif energi bakar dari kotoran ternak tadi cukuplah besar, dalam hal ini kotoran sapi untuk digunakan sebagai biogas. Hal ini merupakan sebuah potensi yang besar sekali sebagai sumber energi alternatif.

Masyarakat telah terbiasa menggunakan LPG untuk keperluan rumah tangga sehingga pengeluaran ekstra rumah tangga adalah hal yang tidak terelakkan. Sebenarnya hal tersebut dapat digantikan dengan sumber bahan bakar gas yang lebih murah, yaitu biogas.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengetahui hubungan mol XZ CO_2 sisa dengan waktu pada tiap laju alir NaOH dan mengetahui hubungan % CH_4 yang dimurnikan dengan laju alir NaOH.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah dapat mengetahui kondisi variabel (laju alir larutan NaOH) optimum untuk absorpsi CO_2 dari campuran biogas ke dalam larutan NaOH.

2. TEORI DASAR

2.1 Pengertian Absorber

Absorber adalah alat pemisahan suatu komponen gas oleh zat cair sebagai pelarut. *Absorber* sendiri merupakan salah satu jenis alat penyerapan yang digunakan di industri. Didalam *absorber* terjadi proses separasi yang disebut absorpsi. Absorpsi adalah pemisahan dengan cara menyerap campuran gas dengan cara mengkontakkan dengan suatu cairan di mana suatu komponen terserap sedangkan komponen lain tak terserap.

Pada proses absorpsi komponen yang diserap disebut *solute*, sedangkan komponen yang menyerap disebut *solvent*. Bila komponen yang dapat diserap hanya satu komponen yang lain tak dapat terserap maka disebut absorpsi satu komponen, bila yang dapat terserap lebih dari satu maka proses absorpsi disebut absorpsi multikomponen. Cairan yang dapat melarutkan bahan yang akan diabsorpsi pada permukaannya, baik secara fisik atau reaksi kimia disebut absorben. Absorben sering juga disebut sebagai cairan pencuci. Jenis-jenis bahan yang dapat digunakan sebagai absorben adalah air (untuk gas-gas yang dapat larut, atau untuk pemisahan partikel debu dan tetesan cairan), natrium hidroksida (untuk gas-gas yang dapat bereaksi seperti asam) dan asam sulfat (untuk gas-gas yang dapat bereaksi seperti basa). Persyaratan absorben adalah sebagai berikut :

1. Memiliki daya melarutkan yang baik (kebutuhan akan cairan lebih sedikit, volume alat lebih kecil).
2. Bersifat selektif terhadap apa yang diserap.

3. Memiliki tekanan uap yang rendah.

4. Tidak mudah menyebabkan terjadinya korosif pada peralatan.

5. Mempunyai viskositas yang rendah.

6. Stabil secara termis.

7. Murah dan mudah didapat

8. Tidak mudah berbusa.

2.2 Jenis-jenis Proses Absorpsi

Berdasarkan proses penyerapan, absorpsi dibedakan menjadi dua :

2.2.1 Absorpsi Fisik

Absorpsi fisik merupakan absorpsi dimana gas terlarut dalam larutan penyerap tidak disertai dengan reaksi kimia. Contoh reaksi ini adalah absorpsi gas H_2S dengan air, metanol, propilen karbonase. Penyerapan terjadi karena adanya interaksi fisik.

2.2.2 Absorpsi Kimia

Absorpsi kimia merupakan absorpsi dimana gas terlarut dalam larutan penyerap disertai dengan adanya reaksi kimia. Contoh absorpsi ini adalah absorpsi gas CO_2 dengan larutan MEA, NaOH, K_2CO_3 dan sebagainya. Aplikasi dari absorpsi kimia dapat dijumpai pada proses penyerapan gas CO_2 pada pabrik amoniak.

2.3 Faktor yang Mempengaruhi Laju Absorpsi

1. Luas permukaan kontak

Semakin besar permukaan gas dan pelarut yang kontak, maka laju absorpsi yang terjadi juga akan semakin besar. Hal ini dikarenakan, permukaan kontak yang semakin luas akan meningkatkan peluang gas untuk berdifusi ke pelarut.

2. Laju alir fluida

Jika laju alir fluida semakin kecil, maka waktu kontak antara gas dengan pelarut akan semakin lama. Dengan demikian, akan meningkatkan jumlah gas yang berdifusi.

3. Konsentrasi gas

Perbedaan konsentrasi merupakan salah satu *driving force* dari proses difusi yang terjadi antardua fluida.

4. Tekanan operasi

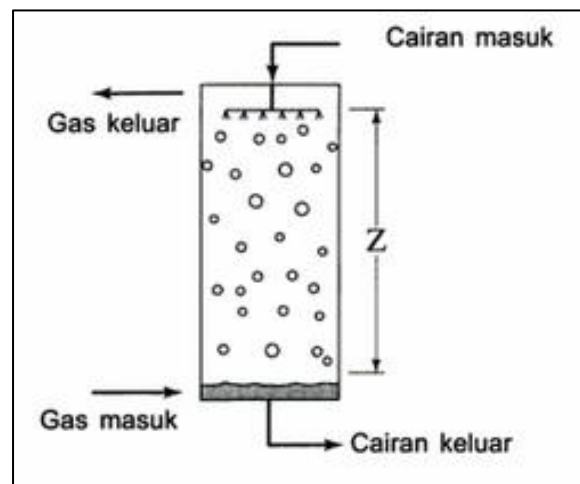
- Peningkatan tekanan akan meningkatkan efisiensi pemisahan.
5. Temperatur komponen terlarut dan pelarut
Temperatur pelarut hanya sedikit berpengaruh terhadap laju absorpsi.
 6. Kelembaban Gas
Kelembaban yang tinggi akan membatasi kapasitas gas untuk mengambil kalor laten, hal ini tidak disenangi dalam proses absorpsi. Dengan demikian, proses *dehumidification* gas sebelum masuk ke dalam kolom *absorber* sangat dianjurkan.

2.4 Kolom Absorpsi

Kolom Absorpsi adalah suatu kolom atau tabung tempat terjadinya proses absorpsi (penyerapan/penggumpalan) dari zat yang dilewatkan di kolom/tabung tersebut. Secara umum ada empat jenis kolom absorpsi yaitu: menara *spray*, menara gelembung, menara *plate* dan menara *packing*.

2.4.1 Menara Spray

Menara *spray* memiliki prinsip yang sama sekali berbeda dengan menara gelembung. Dalam menara *spray* fasa gasnya mengalir naik melalui sebuah ruang terbuka berukuran besar dan fasa cairnya dimasukkan dengan menggunakan *nozzle* semprot atau dengan alat-alat penyemprot lainnya. Cairan yang dimasukkan dalam rupa butiran-butiran halus, jatuh dengan arus yang berlawanan arah dengan arus gas yang naik ke atas. *Nozzle* semprot didesain untuk menguraikan cairan menjadi tetesan-tetesan kecil dalam jumlah yang besar, untuk suatu laju aliran tertentu, tetesan yang berukuran lebih kecil akan memberikan luas kontak antar fase melintang yang lebih besar. Meskipun begitu, seperti yang juga dijumpai dalam menara gelembung, kehati-hatian dalam mendesain harus dilakukan agar tetesan yang dihasilkan tidak terlalu halus sehingga akan terbawa oleh aliran arus berlawanan yang bergerak keluar.

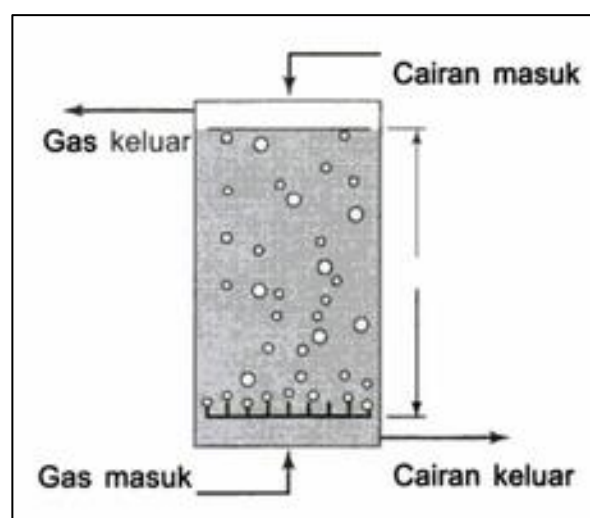


Sumber : *Fundamentals Momentum, Heat, and Mass Transfer, 4TH ED*

Gambar 2.1. Menara Spray

2.4.2 Menara Gelembung

Menara gelembung terdiri dari ruang-ruang terbuka berukuran besar yang dilalui oleh fasa cair yang mengalir kedalam ruang-ruang ini pula gas akan disebarkan ke dalam fasa cair dalam bentuk gelembung-gelembung halus. Gelembung-gelembung gas kecil akan memberikan luas kontak yang diinginkan, gelembung-gelembung yang naik menimbulkan aksi pencampuran di dalam fasa cair, sehingga mengurangi resistensi fasa cair tersebut terhadap *transfer* massa. Menara gelembung digunakan dengan sistem dimana fasa cair biasanya mengontrol laju *transfer* massa.

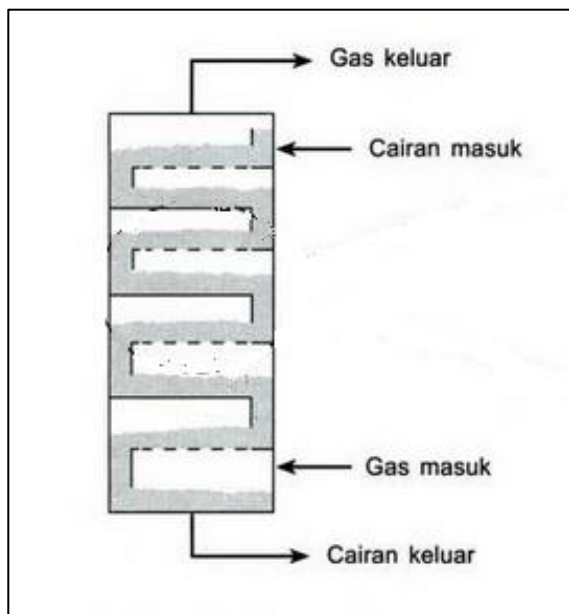


Sumber : *Fundamentals Momentum, Heat, and Mass Transfer, 4TH ED*

Gambar 2.2 Menara Gelembung

2.4.3 Menara Plate

Menara *Plate* atau *tray column* adalah menara yang secara luas telah digunakan dalam industri (Lihat Gambar 2.3 Menara *plate*).



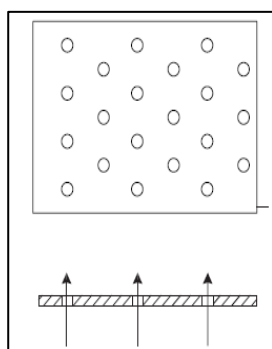
Sumber : Fundamentals Momentum, Heat, and Mass Transfer, 4TH ED

Gambar 2.3. Menara Plate

Menara ini terdiri dari beberapa tipe, yaitu: *Sieve Tray*, *Valve Tray* dan *Bubble Cup Tray*.

1. Sieve Tray

Sieve Tray atau *Perforated Tray* adalah tray yang terbuat dari lapisan logam datar dengan sejumlah lobang. Diameter lobang berkisar antara $\frac{1}{8}$ - $\frac{1}{2}$ inch, tetapi yang sering digunakan adalah $\frac{3}{16}$ inch.



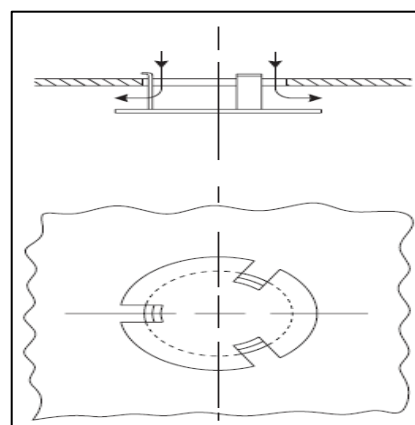
Sumber: R. K. Sinnott Chemical Engineering vol^{6th}.1983

Gambar 2.4. Sieve Tray

Setiap tray dilengkapi dengan satu atau lebih *downcomer* untuk membawa cairan turun dari tray yang satu ke tray lain yang ada di bawahnya (Lihat Gambar 2.4 *Sieve Tray*). Pada operasi normal, uap mengalir melalui lobang-lobang sehingga menyebabkan turbulensi cairan membentuk *froth* sepanjang tray, hingga perpindahan massa uap-cairan lebih efisien.

2. Valve Tray

Jenis ini adalah modifikasi dari *sieve tray*, yang terdiri dari bukaan kolom dan bukaan *valve* (Lihat Gambar 2.5 *Valve Tray*). Gerak vertikal dari *cap* yang diizinkan antara $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ inch. Sekarang penggunaannya menurun, karena tipe kolom ini beroperasi pada skala besar sehingga biayanya lebih tinggi 20% dari *sieve tray*.

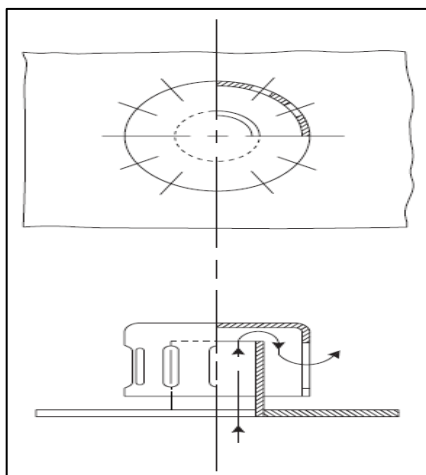


Sumber: R. K. Sinnott Chemical Engineering vol^{6th}.1983

Gambar 2.5. Valve Tray

3. Bubble Cap Tray

Bubble Cap Tray adalah tray yang menggunakan *bubble cap* untuk mencapai tahap keseimbangan. *Bubble cap* berupa mangkok terbalik yang terletak di atas *riser*, yang mana uap dapat masuk dari bagian bawah tray dan terdispersi pada permukaan bawah cairan melalui celah-celah atau *slot*. *Bubble cap* yang dirancang dengan baik akan memberikan turbulensi massa uap-cairan membentuk *froth* dengan luas antar muka yang besar hingga efisiensi tray tinggi. Jenis ini penggunaannya sejak 100 tahun lalu, tapi sejak tahun 1950 telah digantikan oleh jenis *sieve* atau *valve tray*.

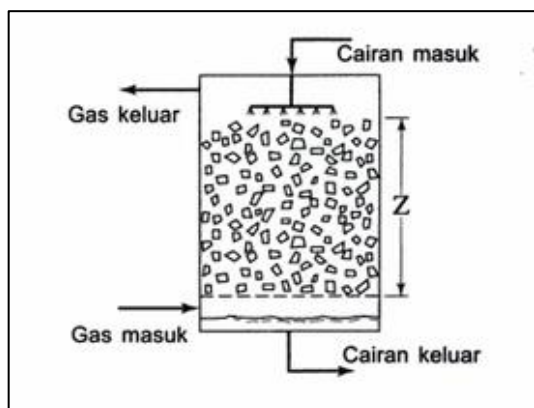


Sumber: R. K. Sinnott Chemical Engineering vol^{6th}.1983

Gambar 2.6. Bubble Cap Tray

2.4.4 Menara Packing

Menara *Packing* adalah menara yang diisi dengan bahan pengisi (Lihat Gambar 2.7 Menara *Packing*). Adapun fungsi bahan pengisi ialah untuk memperluas bidang kontak antara kedua fase.

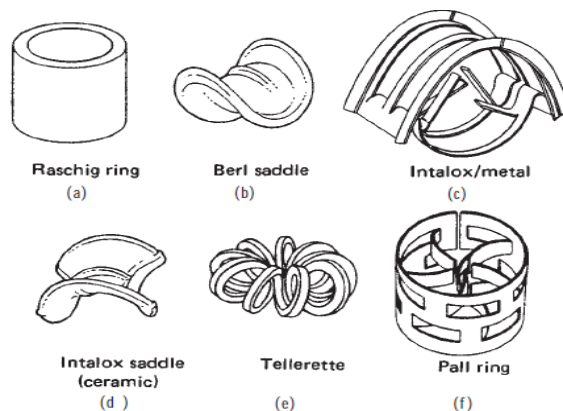


Sumber : Fundamentals Momentum, Heat, and Mass Transfer, 4TH ED

Gambar 2.7. Menara Packing

Di dalam menara ini, cairan akan mengalir ke bawah melalui permukaan bawah pengisi, sedangkan cairan akan mengalir ke atas secara arus berlawanan, melalui ruang kosong yang ada diantara bahan pengisi. Bahan pengisi yang banyak digunakan antara lain :

- a. Rascing rings,
- b. Berl saddle,
- c. Intalox / metal,
- d. Intalox / saddle,
- e. Tellerete, dan
- f. Pall ring.



Sumber: Perry's Chemical Engineering Hand's Book. 1996

Gambar 2.8. Packed Column

2.5 Prinsip Absorpsi

Udara yang mengandung komponen terlarut (misalnya CO_2) dialirkan dari atas dialirkan air. Pada saat udara dan air bertemu dalam kolom isian, akan terjadi perpindahan massa. Dengan menganggap udara tidak larut dalam air (sangat sedikit terlarut), maka hanya gas CO_2 saja yang berpindah ke dalam fase air (terserap). Semakin kebawah, aliran air semakin kaya CO_2 . Semakin keatas aliran udara semakin miskin CO_2 . Sebagai ilustrasi dapat diamati, bila gas (*rich gas*) yang mudah larut dalam air dengan konsentrasi tertentu memasuki bagian bawah kolom absorpsi, bergerak naik secara berlawanan arah (*counter current*) dengan air murni yang bergerak turun melalui bagian atas kolom, akan jelas terlihat bahwa jumlah gas yang terlarut dalam total gas keluar akan turun (*lean gas*) dan konsentrasi gas dalam air akan naik. Pergerakan molekul gas ke *liquid* laju yang menunjukkan perpindahan molekul terlarut yang terabsorpsi dikenal dengan *interface mass-transfer rate* dan bergantung dengan jumlah permukaan kontak kedua fluida. Jumlah area kontak tersebut berhubungan erat dengan ukuran dan bentuk material isian (*packing*), laju cairan, distribusi cairan antar permukaan *packing*, potensi cairan untuk menggenang, dan sifat-sifat lain.

2.6 Karbon Dioksida

Karbon dioksida (CO_2) atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang

terdiri dari dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon CO₂ berbentuk gas pada keadaan temperatur dan tekanan standar dan hadir di atmosfer bumi. Rata-rata konsentrasi karbon dioksida di atmosfer bumi kira-kira 387 ppm. Walaupun jumlah ini bisa bervariasi tergantung pada lokasi dan waktu. CO₂ adalah gas rumah kaca yang penting karena ia menyerap gelombang inframerah dengan kuat.

CO₂ dihasilkan oleh semua hewan, tumbuh-tumbuhan, fungi, dan mikroorganisme pada proses respirasi dan digunakan oleh tumbuhan pada proses fotosintesis. Oleh karena itu, CO₂ merupakan komponen penting dalam siklus karbon. CO₂ juga dihasilkan dari hasil samping pembakaran bahan bakar fosil. CO₂ anorganik dikeluarkan dari gunung berapi dan proses geotermal lainnya seperti pada mata air panas. CO₂ tidak mempunyai bentuk cair pada tekanan di bawah 5,1 atm, namun langsung menjadi padat pada temperatur di bawah -78 °C. Dalam bentuk padat, CO₂ umumnya disebut sebagai es kering.

2.6.1 Sifat Fisika dan Kimia CO₂

Sifat fisika CO₂ dapat dilihat pada tabel

2.1 :

Tabel 2.1. Sifat-Sifat Fisik CO₂

No.	Sifat	Nilai
1	Titik didih	-78,5 °C
2	Titik leleh	56,6 °C
3	Temperatur kritis	38 °C
4	Tekanan kritis	0,6 kg/cm ² .G
5	Densitas (wujud gas)	1.873 kg/m ³
6	Kelarutan dalam air	1,45 g/L
7	Keasaman (pKa)	6,35 s.d. 10,33
8	Viskositas	0,07 cp pada -78 °C

Sumber: *Perry's Chemical Engineering Hand's Book*. 1997

Sifat kimia CO₂ adalah :

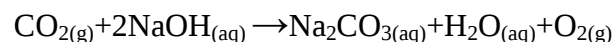
- Memiliki rumus molekul CO₂ dengan berat molekul 44.01 gr/mol
- Merupakan gas tidak berwarna dan berbau
- Bentuk molekulnya linier dan tidak reaktif

2.6.2 Analisa Kandungan Konsentrasi CO₂

Untuk menganalisa sampel hasil operasi absorpsi dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu :

- Pengukuran pH dengan pH meter
pH meter adalah sebuah alat elektronik yang berfungsi untuk mengukur pH (derajat keasaman atau kebasaan) suatu cairan. Sebuah pH meter terdiri dari sebuah elektroda yang terhubung ke sebuah alat elektronik yang mengukur dan menampilkan nilai pH. Alat ini sangat berguna untuk industri air minum, laboratorium, akuarium, industri pakaian terutama batik dan pewarna pakaian.
- Gas kromatografi
Kromatografi gas adalah suatu metode pemisahan campuran yang terdiri dari dua macam komponen atau lebih, yang didasarkan pada distribusi *differential* diantara dua fasa yaitu fasa diam yang berupa padatan atau cairan dan fasa mobil yang berupa gas.
- Refraktometer
Refraktometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar / konsentrasi bahan terlarut berdasarkan indeks biasnya.
- Titrimetri
Titrimetri adalah analisa sampel dengan melakukan titrasi dan indikator penunjuk sehingga diperoleh konsentrasi gas terlarut dalam cairan dimana konsentrasi gas berbanding lurus dengan volume titran.

Reaksi yang terjadi pada proses absorpsi antara CO₂ dan NaOH adalah :



2.6.3 Pencemaran Udara oleh Kadar Karbondioksida yang Berlebih

Karbondioksida merupakan suatu gas yang penting, tetapi keberadaannya yang tidak seimbang akan membuat fenomena alam yang mampu merusak bumi. Oleh karena itu, kadar konsentrasi karbondioksida yang sesuai harus dipertahankan dan komposisi karbondioksida dalam udara bersih seharusnya adalah 314 ppm. Karbondioksida yang berlebihan efeknya:

- Melubangi lapisan ozon

- Efek rumah kaca, cahaya & panas matahari yang masuk ke bumi tidak dapat di lepas ke luar angkasa secara kosmis.
- Meningkatkan suhu bumi secara global beberapa derajat
- Mencairkan es kutub sehingga meningkatkan permukaan air laut.

2.7 Oksigen

Oksigen adalah unsur yang sangat umum diantara unsur-unsur golongan VI yang beranggotaan O, S, Se, Te, dan Po. Oksigen mempunyai konfigurasi s^2p^4 dalam tingkat energy yang tertinggi. Oksigen dapat membuat ikatan unsure dan ikatan kovalen dengan unsur-unsur lain. Tentang sifat fisika dan sifat kimia oksigen akan dijelaskan dibawah ini.

2.7.1 Sifat Fisika dan Kimia Oksigen

Oksigen mempunyai beberapa sifat fisika, diantaranya adalah yang terdapat dalam tabel berikut. Sifat fisika oksigen dapat dilihat pada tabel 2.2 :

Tabel 2.2. Sifat Fisik dan Kimia Oksigen

Sifat Fisika	Oksigen
Massa atom relatif	15,9944
Nomor atom	8
Konfigurasi electron	$2s^2 2p^4$
Jari-jari atom (nm)	0,074
Jari-jari X^{2-} (nm)	0,140
Keelektronegatifan	3,5
Energy ionisasi I (kJ/mol)	1.316
Energy ionisasi II (kJ/mol)	3.396
Kerapatan (g/cm^3)	1,27 (padatan)
Titik leleh ($^{\circ}C$)	-183
Titik beku ($^{\circ}C$)	-219
Potensial elektroda (V)	+0,401
$X_{2(g)} + 2e^+_{(aq)} \rightarrow 2X^-_{(aq)}$	-

Sumber: Perry's Chemical Engineering Hand's Book. 1997

Untuk sifat kimia oksigen membentuk senyawa kimia dengan semua elemen lain kecuali gas inert cahaya. Menjadi bukan logam yang paling aktif, oksigen berinteraksi

langsung dengan unsur-unsur yang paling reaktif.

2.8 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkali yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. NaOH digunakan pada beberapa bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia. Sifat fisik Natrium Hidroksida sebagai berikut:

Tabel 2.3. Sifat-sifat Fisik Natrium Hidroksida

No.	Sifat	Nilai
1	Titik didih	1390 $^{\circ}C$
2	Titik lebur	318 $^{\circ}C$
3	Massa molar	39,9971 g/mol
4	Specific gravity	2,13
5	Densitas	2,1 g/cm^3
6	Kelarutan dalam air	111 g/100 ml (20 $^{\circ}C$)
7	Kebasaan (pKb)	-2,34

Sumber: Perry's Chemical Engineering Hand's Book. 1997

Sifat kimia Natrium Hidroksida adalah:

- Memiliki rumus molekul NaOH.
- NaOH murni berbentuk padatan berwarna putih dan berbau.
- NaOH membentuk basa kuat bila dilarutkan dalam air.
- Mudah larut dalam air dan etanol tetapi tidak larut dalam eter.

2.9. Biogas

Biogas adalah campuran gas hasil proses fermentasi anaerob dari kotoran ternak (sapi). Campuran gas yang dihasilkan, antara lain : CH_4 (metana), CO_2 (karbondioksida), N_2 (nitrogen) dan lain-lain. Gas metana ini dapat menghasilkan energi yang bisa dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga seperti memasak. Metana (CH_4) merupakan komponen gas terbesar dari beberapa gas yang dihasilkan oleh bakteri tertentu pada saat menghancurkan

(fermentasi) material organik seperti : kotoran hewan dan manusia, sampah dan lain-lain yang terendam dalam air pada kondisi anaerob. Secara alamiah, gas metana selalu terjadi, namun perlu adanya peralatan dan kondisi spesifik untuk mempercepat pembentukan gas tersebut.

Tahapan untuk terbentuknya biogas dari proses fermentasi anaerob dapat dipisahkan menjadi tiga tahap; tahap pertama adalah tahap hidrolisis, pada tahap hidrolisis, bahan-bahan biomassa yang mengandung selulosa, hemiselulosa dan bahan ekstraktif seperti protein, karbohidrat dan lipida akan diurai menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek. Tahap kedua adalah tahap pengasaman, pada tahap pengasaman, bakteri akan menghasilkan asam yang akan berfungsi untuk mengubah senyawa pendek hasil hidrolisis menjadi asam asetat, H_2 dan CO_2 . Bakteri ini merupakan bakteri anaerob yang dapat tumbuh pada keadaan asam. Untuk menghasilkan asam asetat, bakteri tersebut memerlukan oksigen dan karbon yang diperoleh dari oksigen yang terlarut dalam larutan. Selain itu, bakteri tersebut juga mengubah senyawa yang bermolekul rendah menjadi alkohol, asam organik, asam amino, CO_2 , H_2S dan sedikit gas CH_4 . Tahap ketiga adalah tahap pembentukan gas CH_4 , Pada tahap pembentukan gas CH_4 , bakteri yang berperan adalah bakteri metanogenesis. Bakteri ini akan membentuk gas CH_4 dan CO_2 dari gas H_2 , CO_2 dan asam asetat yang dihasilkan pada tahap pengasaman.

Komponen biogas, yaitu:

Tabel 2.4 Komponen Biogas

Komponen	%
Metana (CH_4)	55 - 75
Karbon dioksida (CO_2)	25 - 45
Nitrogen (N_2)	0 - 0,3
Hidrogen (H_2)	1 - 5
Hidrogen Sulfida (H_2S)	0 - 3
Oksigen (O_2)	0,1 - 0,5

Dari tabel di atas terlihat bahwa kadar CO_2 didalam biogas masih besar. Hal ini

menyebabkan efisiensi panas yang dihasilkan masih rendah sehingga kualitas nyala api biogas masih belum optimal. Untuk mengurangi kadar CO_2 tersebut, bisa dilakukan dengan melewati biogas ke dalam larutan NaOH sehingga terjadi proses Absorpsi. Gas CO_2 langsung bereaksi dengan larutan NaOH sedangkan CH_4 tidak. Dengan berkurangnya konsentrasi CO_2 sebagai akibat reaksi dengan NaOH, maka perbandingan konsentrasi CH_4 dengan CO_2 menjadi lebih besar untuk konsentrasi CH_4 .

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. *Absorber*,
2. Tabung biogas,
3. Tanki penampungan NaOH,
4. Tanki penampungan hasil absorpsi,
5. Pompa sentrifugal,
6. *Pressure indicator*,
7. Kompresor,
8. *Needle valve*,
9. *Stopwatch*,
10. Alat titrasi,
11. Erlenmeyer,
12. *Beaker glass*, dan
13. Pipet tetes.

3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Biogas,
2. *Aquadest*,
3. NaOH 0,2 N, dan
4. Indikator PP dan MO (*Methyl Orange*).

3.3 Cara Kerja

Langkah kerja yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengisi tangki penampungan dengan NaOH 0,2 N sampai penuh.
2. Menghidupkan kompresor, dan membuka *valve* kompresor sesuai dengan laju alir yang ditetapkan.
3. Hidupkan pompa air, buka *globe valve* NaOH sesuai bukaan yang ditentukan.

4. Membuka *valve* tabung biogas, buka sampai dengan laju alir yang ditetapkan.
5. Tunggu lebih kurang 5 menit hingga aliran stabil.
6. Mengambil sampel produk yang keluar pada bagian bawah kolom *absorber* sebanyak 50 ml.
7. Mengulangi proses mulai dari no. 1 dengan laju alir udara dari kompresor tetap dan laju alir Biogas yang berbeda sesuai dengan aliran yang ditentukan
8. Menganalisa hasil sampel yang diambil dengan metode titrasi.

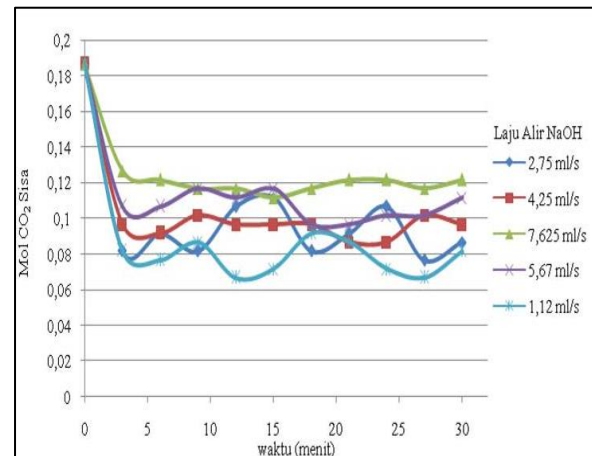
3.4 Prosedur Analisa Hasil

Prosedur analisa hasil dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Persiapkan alat titrasi yang telah di isi dengan HCl 0,2 N
2. Atur posisi biuret supaya lurus sehingga tepat dalam pembacaan skala.
3. Ambil sampel 50 ml dengan gelas ukur, masukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml, tambahkan 3 tetes indikator PP.
4. Lakukan proses titrasi sambil digoyang perlahan-lahan agar pencampuran merata. Jika sampel sudah berwarna bening maka hentikan proses titrasi HCl dan catat volume titran yang diperoleh (V_1).
5. Tambahkan indikator MO (*Methyl Orange*) sebanyak 2-3 tetes, dan lanjutkan titrasi hingga berubah warna menjadi merah mudah.
6. Catat volume titran yang diperoleh dari hasil titrasi HCl (V_2).
6. Mencatat V_3 sebagai volume titran untuk menghitung konsentrasi produk ($V_3 = V_2 - V_1$)
7. Lakukan proses titrasi kembali dan ambil angka rata – rata.
8. Catat dan analisa pada tabel yang telah disediakan untuk dibahas atau dilakukan perhitungan lebih lanjut.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data hasil penelitian, diperoleh hubungan % mol CO_2 terabsorbsi dengan waktu pada tiap laju alir NaOH, ditunjukkan dalam gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hubungan mol CO_2 Sisa dengan Waktu Tiap Laju Alir NaOH

Sisa CO_2 terabsorbsi pada laju alir 1,12 mL/s minimal sebanyak 0,0667 mol, sisa CO_2 terabsorbsi pada laju alir 2,75 ml/s minimal sebanyak 0,0767 mol, sisa CO_2 terabsorbsi pada laju alir 4,25 ml/s minimal sebanyak 0,0867 mol, sisa CO_2 terabsorbsi pada laju alir 5,67 ml/s minimal sebanyak 0,0967 mol dan sisa CO_2 terabsorbsi pada laju alir 7,625 ml/s minimal sebanyak 0,1117 mol.

Terlihat bahwa semakin besar laju alir NaOH, jumlah CO_2 terserap semakin kecil. Hal ini dikarenakan pada operasi absorpsi dengan laju alir besar, waktu kontak antara NaOH dengan CO_2 untuk jumlah molekul yang sama akan semakin kecil. Waktu kontak yang singkat ini menyebabkan transfer massa yang terjadi lebih sedikit dan jumlah CO_2 yang terserap juga lebih sedikit.

Berdasarkan data hasil penelitian di atas, diperoleh hubungan laju alir NaOH terhadap % CH_4 maksimum yang dimurnikan.

Tabel 4.1 % CH_4 Maksimum yang Dimurnikan pada Tiap Laju Alir NaOH (mL/s)

Laju Alir NaOH (mL/s)	% CH_4 Maksimum yang Dimurnikan
1,12	74,13
2,75	72,95
4,25	72,85
5,67	71,77
7,625	70,31

Terlihat bahwa semakin besar laju alir NaOH, jumlah CH_4 yang dihasilkan semakin kecil. Hal ini dikarenakan pada operasi absorpsi dengan laju alir besar, waktu kontak antara NaOH dengan CO_2 untuk jumlah molekul yang sama akan semakin kecil. Waktu kontak yang singkat ini menyebabkan transfer massa yang terjadi lebih sedikit dan jumlah CH_4 yang dihasilkan juga lebih sedikit.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan uraian dan pembahasan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Semakin besar laju alir NaOH, maka CO_2 yang terserap semakin kecil.
- Semakin besar laju alir NaOH, maka CH_4 yang dimurnikan semakin kecil.
- Besarnya % CO_2 yang terserap maksimum 58,11 %.
- Besarnya % CH_4 yang dimurnikan maksimum 74,13%.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya, Kusuma. dkk.. 2012. Pemurnian biogas dari kandungan hidrogen sulfida (H_2S) dengan NaOH, CuSO_4 , $\text{Fe}(\text{SO}_4)_3$ dalam colum secara kontinyu, Teknologi kimia dan industri 4 (1): 389 – 395.

Aditya, Muhammad. 2018. Pengaruh Penyerapan CO_2 terhadap Laju Alir Absorber NaOH dan Waktu Kontak pada Alat Revamping Absorber Tipe Sieve Tray, Palembang.

Perry, R.H. and Green, D.W..1996. *Perry's Chemical Engineers Handbook*, 7th edition, New York: McGraw-Hill Book Company.

Sinnott, R.K.. 1983. Chemical Engineering Design. Vol. 6. New York: Pergamon Press.

Welty, James. R, Charles E.Wicks, Gregory rorrer, etc.. 2001. Fundamentals Momentum, Heat, and Mass Transfer, 4TH ED, New York.

