BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya mengenai pemurnian biogas dengan metode absorbsi baik dengan larutan maupun dengan padatan telah banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh Wang *et al* (2002) meneliti tentang proses *molecular sieve* sebagai pemisah dan pemurni gas. Menggunakan zeolit sintetis untuk melakukan pemurnian pada gas CH_4 dari impuritas CO_2, N_2O, N_2, dan O_2. Penelitian digunakan dengan metode isothermal dengan tekanan 0, 200, 400, 600, 800, dan 1000 mbar pada temperatur 295 K. Dari penelitian ini didapatkan hasil penyerapan CO_2 maksimal pada tekanan 900 mbar sebesar 5 mol/kg. Penyerapan maksimal N_2O sebesar 4.5 mol/kg pada tekanan 1000 mbar.

Sumin, *et al* (2010) dengan penelitian hidrofobisitas zeolit dicapai dengan metode sintesis hidrotermal dikombinasikan dengan perlakuan asam untuk peningkatan penyerapan CO_2. Pengaruh zeolit sebelum dan sesudah modifikasi dengan SiO_2/Al_2O_3 pada penyerapan CO_2 dalam tiga jenis pelarut (air, sikloheksana dan minyak kedelai) telah diteliti dan banyak efek yang berbeda saat pengamatan. Eksperimen dilakukan dengan cara mengamati densitas zeolit yang dimodifikasi dan tidak ($kg.m^{-3}$) terhadap nilai spesifik penyerapan(E). Dalam air dilakukan dengan densitas 0.0 $kg.m^{-3}$ hingga 4.5 $kg.m^{-3}$, hasil penelitian adalah nilai penyerapan untuk zeolit yang tidak dimodifikasi sangatlah rendah dengan nilai E paling tinggi yakni 1.3 dan paling tinggi nilai E pada zeolite yang dimodifikasi dengan SiO_2/Al_2O_3 83 dengan E sebesar 2.2. Dalam larutan sikloheksana dan minyak kedelai dilakukan pada densitas 0.0 $kg.m^{-3}$ hingga 12 $kg.m^{-3}$, nilai penyerapan terbaik diperoleh pada zeolit yang tidak dimodifikasi dengan nilai E sebesar 1.5 dan nilai terendah pada zeolit yang dimodifikasi dengan larutan sikloheksana dengan E sebesar 1. Dalam air dan minyak kedelai zeolit menjadi sangat *hidrofill* karena zeolit menjadi adsorben polar. Dalam sikloheksana zeolit memiliki hidrofobisitas besar karena zeolite menjadi adsorben non polar.

Hamidi *et al* (2011), meneliti proses pemurnian biogas dengan menggunakan zeolit alam yang telah diaktivasi menggunakan KOH. Dengan konsentrasi KOH yang ditambahkan ke dalam zeolit sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%. Kemudian campuran zeolit dan KOH dilakukan proses heat treatment dengan temperatur sebesar 300^{o} C selama dua jam. Dengan waktu penyerapan yang divariasikan dalam 15 ; 30 ; 45 ; 60 ; 75 ; 90 ; 105 ; dan 120 menit. Dari penelitian ini didapatkan bahwa lama waktu pengujian dan kadar

senyawa KOH pada zeolit berpengaruh terhadap nilai kalor biogas, dimana semakin tinggi kadar KOH yang digunakan maka kemapuan absorbsi zeolit semakin meningkat, sehingga nilai kalor biogas semakin tinggi. Selain itu kemampuan absorbsi zeolit akan menurun jika digunakan terus – menerus yang diakibatkan oleh terbentuknya lapisan film pada permukaan zeolit.

Putra *et al* (2012) melakukan penelitian mengenai banyaknya lapisan zeolit dalam tabung purifikasi untuk penyerapan terhadap CO_2. Dalam penelitiannya jumlah lapisan zeolit divariasikan sebanyak 1 lapisan, 2 lapisan, 3 lapisan, 4 lapisan, dan 5 lapisan. Serta lama waktu penyerapan yang divariasikan selama 15 menit, 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa semakin lama waktu purifikasi, dan semakin banyak lapisan zeolit yang digunakan maka akan dapat menurunkan kandungan CO_2 dalam biogas.

Ahmad *et al* (2013) meneliti membran matrik yang disusun oleh PVAc (*Polyvynil Acetate*) sebagai polimer dan zeolit sebagai pengisi utama yang dicampurkan dalam proses *casting*. Zeolit sebagai fase terdispersi yang dipanaskan pada 200 ^oC dalam satu kasus dan dikalsinasi pada 550 ^oC dalam kasus lain. MMMs (*Mixed Matrix Membrans*) terdiri dari 15% wt, 25% wt dan 35% wt dari zeolit disiapkan dan dibandingkan dalam kedua kasus. Penyerapan gas tunggal dari N_2, O_2, H_2 dan CO_2 dilakukan dengan menggunakan ruangan yang melengkapi penyerapan. Hasil yang diperoleh dibandingkan untuk kedua kasus dan menemukan bahwa sifat pemisahan pasangan gas O_2 / N_2, H_2 / N_2 dan CO_2 / N_2 ditingkatkan untuk kasus zeolit dikalsinasi, baik dari segi permeabilitas dan selektivitas.

2.2 Biogas Sebagai Sumber Energi Alternatif

2.2.1 Pengertian Biogas

Biogas adalah merupakan gas yang berasal dari bahan – bahan organik seperti kotoran manusia dan hewan, limbah rumah tangga, sampah *biodegradable* seperti biomassa (bahan organik bukan fosil) yang difermentasikan oleh aktivitas anaerobik dari bakteri metana yang didapatkan dengan cara metanogen seperti *Methanobacterium sp*. Metanogen sendiri adalah sebuah proses yang terakhir pada rantai mikro-organisme yang lebih rendah dekomposisi bahan organik dan kembali produk ke lingkungan. Dalam proses terbentuknya, biogas berlangsung dalam keadaan tertutup. (Widhiyanuriyawan *et al*, 2013).

Kandungan utama pada biogas adalah metana (CH_4) yang memiliki konsentrasi sebesar 55 – 75 % vol. Namun,biogas memiliki kandungan lain yaitu gas karbon dioksida

(CO_2), gas hidrogen sulfida (H_2S), gas karbon monoksida (CO), gas nitrogen (N_2) dan gas hidrogen (H_2) (Price dan Cheremisinoff, 1981).

2.2.2 Proses Pembentukan Biogas

Proses pembuatan biogas diperoleh dari kotoran ternak seperti pada umumnya, yang melewati serangkaian proses reaksi biokimia yang komplek. Kotoran ternak tersebut mengalami proses dekomposisi yang berjalan tanpa udara (anaerob). Biogas akan dapat dihasilkan dengan bahan – bahan organik melalui proses kerja sama dari tiga kelompok mikroorganisme anaerob.

Pertama, adalah kelompok dari mikroorganisme yang melakukan proses hidrolisis, oleh karena itu tahap ini sering disebut tahap hidrolisis. Pada tahap ini Polimer – polimer seperti selulosa, polisakarida dan lipid diubah menjadi monosakarida, asam lemak, dan asam amino.

Reaksi:

$$(C_6H_{10}O5)_{n\,(s)} + n\,H_2O_{(l)} \longrightarrow n\,C_6H_{12}O_6$$

Selulosa Air Glukosa

Kedua, adalah tahap *acidogen* atau tahap pengasaman. Pada tahap ini mikroorganisme akan menjadi asam – asam organik yang sederhana, seperti asam asetat (CH_3COOH).

Reaksi:

a) $n\,(C_6H_{12}O_6)\ 2n \xrightarrow{Methanobacterium\ sohngenii} (C_2H_5OH) + 2n\,CO_{2(g)} + kalor$

glukosa etanol karbondioksida

b) $2n\,(C_2H_5OH)_{(aq)} + n\,CO_{2(g)} \xrightarrow{Methanococcus} 2n\,(CH_3COOH)_{(aq)} + n\,CH_{4(g)}$

etanol karbondioksida asam asetat metana

Ketiga adalah mikroorganisme yang bertugas mengubah asam asetat (CH_3COOH) hasil dari proses acidogen untuk menghasilkan gas metan dan karbon dioksida. Proses ini selanjutnya disebut proses metagenik.

$$2n\,(CH_3COOH) \xrightarrow{Methanococcus\ mazei} 2n\,CH_{4(g)} + 2n\,CO_{2(g)}$$

asam asetat gas metana gas karbondioksida

2.2.3 Komposisi Biogas

Komposisi biogas yang paling utama adalah metana (CH_4) yaitu sebesar 55 % sampai 75 % dalam biogas. Namun selain metana masih terdapat gas – gas lainya pada biogas, seperti karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfide (H_2S), hidrogen (H_2), nitrogen (N_2), dan oksigen (O_2).

Tabel 2.1 Komposisi biogas

No	Nama Gas	Rumus Kimia	Jumlah
1.	Gas Methan	CH_4	55 % - 75 %
2.	Karbon dioksida	CO_2	20 % - 40 %
3.	Nitrogen	N_2	0 % - 0,3 %
4.	Hidrogen	H_2	1 % - 5 %
5.	Oksigen	O_2	0,1 - 0,5 %
6.	Hidrogen sulfida	H_2S	0 % - 3 %

Sumber : Anonymous_1. 2015.

Karbon dioksida (CO_2) dalam biogas merupakan gas yang sangat merugikan. Hal ini dikarenakan karbon dioksida(CO_2) menurunkan nilai kalor dalam biogas yang mengakibatkan kualitas dari biogas menurun.

Selain karbon dioksida(CO_2) kehadiran hidrogen sulfida (H_2S) juga menjadi salah satu impuritas yang menurunkan kualitas dari biogas. Walaupun prosentase hidrogen sulfida(H_2S) sangatlah kecil, namun mempunyai sifat korosif pada logam.

2.2.4 Nilai Kalor Dalam Biogas

Panas pembakaran dari suatu bahan bakar merupakan panas yang dihasilkan dari pembakaran sempurna bahan bakar pada volume konstan dalam kalorimeter, dinyatakan dalam kal/kg atau Btu / lb. Panas pembakaran dari bahan bakar bisa dinyatakan dalam *High Heating Value* (HHV) dan *Lower Heating Value* (LHV). *High Heating Value* merupakan nilai kalor yang diperoleh pada pembakaran satu satuan bahan bakar dengan memperhitungkan panas kondensasi uap (air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud cair). Sedangkan *Low Heating Value* merupakan nilai kalor pada

pembakaran satu satuan bahan bakar dengan tidak memperhitungkan panas kondensasi uap (air yang dihasilkan dari pembakaran berada dalam wujud gas/uap).

Tabel 2.2 Nilai kalor pembakaran kandungan biogas

Komponen	*High Heating Value*		*Low Heating Value*	
	(Kkal/m^3)	(Kkal/kg)	(Kkal/m^3)	(Kkal/kg)
Hidrogen (H_2)	2.842,21	33.903,61	2.402,62	28.661,13
Karbon monoksida (CO)	2.811,95	2.414,31	2.811,95	2.414,31
Gas Methan (CH_4)	8.851,43	13.265,91	7.973,13	11.953,76

Sumber : Price dan Cheremisinoff,1981

Pada tabel 2.2 di atas menunjukkan bahwa nilai kalor pada metana (CH_4) merupakan nilai kalor yang terbesar. Oleh karena itu dengan kandungan CH_4 dalam biogas yang semakin besar, maka nilai kalor biogas akan menigkat pula.

2.3 Pemurnian Biogas

Pemurnian biogas dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas dari bahan bakar biogas tersebut. Untuk memperoleh nilai kalor yang tinggi, maka dapat dilakukan dengan cara melakukan pemurnian terhadap karbin dioksida dan hidrogen sulfida yang terdapat dalam biogas. Berikut dibawah ini adalah metode pemurnian untuk mengurangi karbon dioksida dan hidrogen sulfida.

2.3.1 Metode Pemurnian Terhadap Karbon Dioksida

1. Absorbsi Fisika

Absorbsi fisika atau absorbsi fisik adalah salah satu metode penyerapan yang dilakukan terhadap karbon dioksida dalam biogas. Metode ini akan melarutkan gas ke dalam suatu cairan (absorben) tanpa terjadi reaksi kimia. Sebagai contoh adalah absorbsi karbon dioksida dalam sebuah tabung dengan menggunakan air sebagai absorbennya, dimana air disemprotkan melalui bagian atas tabung, sementara biogas dialirkan melalui bawah tabung, kemudian biogas akan mengalami kontak dengan air dan air secara alami akan melarutkan karbon dioksida dalam biogas tanpa terjadi reaksi kimia (Shannon, 2000).

2. Absorbsi Kimia

Absorbsi kimia adalah penyerapan pada biogas, dimana zat terlarut dan pelarut mengalami reaksi kimia. Sebagai contoh adalah pemurnian karbon dioksida pada biogas menggunakan larutan NaOH.

$$CO_2 + 2\ NaOH \longrightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

absorbsi di atas merupakan contoh dari absorbsi kimia, dengan reaksi kimia terjadi secara langsung baik pada karbon dioksida maupun NaOH (Biswas, 1997).

3. Adsorbsi pada *Solid Surface*

Proses adsorpsi ini mengakibatkan adanya perpindahan massa pada zat terlarut dalam aliran gas menuju permukaan padat(*solid surface*), dimana zat terlarut tersebut akan dapat bergerak akibat dari gaya *Van der wall*s yang terjadi. Adsorben yang digunakan pada umumnya adalah padatan granular dengan luas permukaan besar tiap satuan volume. Proses purifikasi biogas dapat menggunakan padatan yang berupa silika, alumina, karbon aktif atau silikat yang kemudian dikenal dengan nama *molecular sieve* (Wise, 1981).

4. Pemisahan Menggunakan Membran (*Membrane separation*)

Prinsipnya adalah biogas ditransportasikan melalui lapisan tipis membran (< 1mm).. Transportasi masing-masing komponen dalam biogas didorong oleh perbedaan tekanan parsial atas membran dan sangat tergantung pada permeabilitas komponen dalam bahan membran. Untuk mendapatkan kemurnian metana tinggi, permeabilitas harus tinggi. Membran padat dibangun dari polimer selulosa asetat yang mempunyai permebilitas untuk CO_2 dan H_2S mencapai 20 dan 60 kali berturut – turut lebih tinggi dibanding permeabilitas CH_4. Tekanan sebesar 25 – 40 bar diperlukan untuk proses membran tersebut (Hagen, 2001).

5. Pemisahan kriogenik (*Cryogenic separation*)

Metode kriogenik atau *cryogenic separation* adalah pemurnian yang melibatkan pemisahan campuran gas oleh kondensasi fraksional dan distilasi pada suhu rendah. Pada proses kriogenik *crude* biogas ditekan hingga tekanan 80 bar. Tekanan pada biogas ini berjalan dalam 3 tingkatan dengan *intercooler*, biogas bertekanan kemudian dikeringkan untuk menghindari terjadinya pembekuan selama proses pendinginan berlangsung. Kemudian biogas didinginkan oleh *chiller* dan *heat exchanger* hingga temperatur – 45 ^oC, CO2 yang terkondensasi dihilangkan didalam separator. setelah itu CO_2 akan diproses lebih lanjut untuk meperbaharui metana yang terlarut, hasil *recovery* metana selanjutnya akan di-*recycle* menuju inlet gas (Wise, 1981).

6. Metode Konversi Kimia

Untuk mencapai kemurnian yang sangat tinggi pada biogas, metode konversi kimia adalah metode yang dapat digunakan. Metode ini bertujuan untuk mengurangi konsentrasi gas yang tidak diinginkan. Biasanya proses konversi kimia digunakan setelah pemindahan *bulk* telah dicapai dengan metode lain.Salah satu proses konversi kimia tersebut adalah *methanation*, di mana CO_2 dan H_2S adalah katalitik yang dikonversi ke metana dan air. Proses konversi kimia sangat mahal dan jarang digunakan pada aplikasi biogas.

Reaksi *methanation* ini bersifat eksotermis, sehingga pelepasan panas dari methanator merupakan perhatian utama dalam proses desain. Kebutuhan besar jumlah hidrogen murni juga membuat proses umumnya tidak cocok (Rautenbach, 1987).

2.3.2 Metode Pemurnian Terhadap Hidrogen Sulfida :

1. Proses oksidasi kering

Proses ini digunakan untuk pemurnian terhadap H_2S dari aliran gas dengan mengubahnya menjadi baik sulfur atau sulfur oksida. Proses ini terjadi dimana kandungan sulfur dari gas relatif rendah dan memerlukan kemurnian yang tinggi. Proses ini dibagi menjadi dua metode, yaitu :

a. Pemasukan udara / oksigen ke dalam sistem biogas

Sejumlah kecil oksigen (2-6%) dimasukkan dalam sistem biogas dengan menggunakan pompa udara. Dengan memasukan oksigen, sulfida dalam biogas teroksidasi menjadi sulfur dan konsentrasi H_2S akan menurun.

Reaksi :

$$2H_2S + O_2 \rightarrow 2S + 2H_2O$$

Reaksi di atas adalah proses sederhana dengan biaya rendah. Tidak ada bahan kimia khusus atau peralatan yang diperlukan. Tergantung pada suhu, waktu reaksi dan tempat dimana udara yang ditambahkan, Konsentrasi H_2S dapat dikurangi hingga 95% atau menjadi kurang dari 50 ppm. Namun, perawatan harus dilakukan untuk menghindari udara yang berlebihan, seperti biogas akan meledak di udara kisaran 6-12%, namun hal ini juga tergantung pada isi metana (Wellinger, 1999).

b. Adsorpsi menggunakan besi oksida dan karbon aktif

H_2S bereaksi dengan besi hidro-oksida atau oksida untuk membentuk besi sulfida. Biogas yang dilewatkan melalui oksida besi pelet, untuk memurnikan H_2S. Ketika pellet besi benar-benar tertutup dengan sulfur, maka harus dikeluarkan dari tabung untuk regenerasi selanjutnya. Ini adalah metode sederhana namun selama regenerasi banyak

panas yang akan dilepaskan. Akan tetapi metode ini sensitif terhadap kandungan air yang tinggi biogas.

Serpihan kayu juga bisa digunakan untuk menutupi oksida besi, sehingga memiliki luas permukaan yang lebih besar terhadap volume dari baja biasa. Sekitar 20 g H_2S dapat terikat per 100 g chip oksida besi. Aplikasi serpihan kayu sangat populer terutama di Amerika Serikat (Wellinger, 1999).

H_2S juga dapat diserap pada karbon aktif. Sulfur akan diserap oleh karbon aktif. Akan sama dengan besi oksida, ketika karbon telah tertutupi oleh sulfur maka harus dengan karbon aktif baru atau regenerasi. Proses ini adalah reaksi katalitik dan karbon bertindak sebagai katalis (Hagen, 2001).

2. Proses oksidasi fase cair

Proses ini digunakan terutama untuk perlakuan gas yang mengandung konsentrasi H_2S relatif rendah. Proses ini dibagi menjadi dua : (a) proses penyerapan fisik atau (b) proses penyerapan kimia.

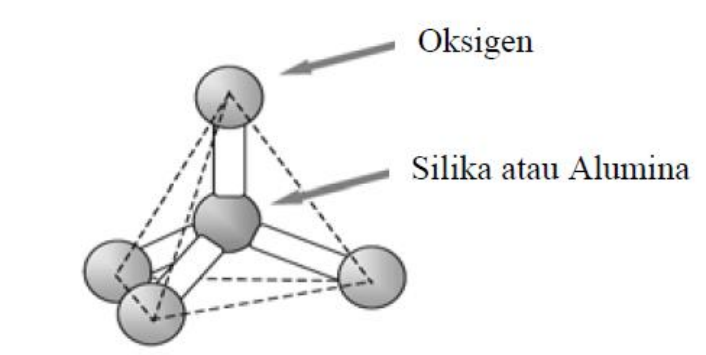
Dalam proses penyerapan fisik H_2S dapat diserap oleh pelarut. Salah satu pelarut adalah air. Namun konsumsi air yang sangat tinggi diperlukan untuk menyerap sejumlah kecil H_2S. Jika beberapa bahan kimia seperti NaOH ditambahkan ke dalam air, proses penyerapan akan dapat ditingkatkan. Membentuk natrium sulfida atau natrium hidrosulfida, namun natrium sulfida dan natrium hidrosulfida bersifat tidak dapat diperbaharui dan menimbulkan masalah pembuangan.

Penyerapan kimia dari H_2S dapat berlangsung dengan larutan garam besi seperti besi klorida. Metode ini sangat efektif dalam mengurangi konsentrasi H_2S yang tinggi. Proses ini didasarkan pada pembentukan endapan larut. $FeCl_3$ dapat ditambahkan langsung ke dalam digester. Dalam sistem digester anaerobik kecil, proses ini yang paling cocok. Dengan metode ini pemurnian H_2S adalah sekitar 10 ppm.

2.4 Zeolit

Zeolit mulai dipopulerkan pada tahun 1756 oleh A. F. Cronstedt, dengan sebutan Stilbit. Constedt menunjukkan kekhasan mineral ini ketika berada dalam pemanasan terlihat seperti mendidih karena molekulnya kehilangan air dengan sangat cepat. Sesuai dengan sifatnya tersebut maka mineral ini diberi nama zeolit yang berasal dari dua kata Yunani, *zeo* artinya mendidih dan *lithos* artinya batuan. Zeolit adalah mineral kristal alumina silikat berpori terhidrat yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi terbentuk dari tetrahedral $(SiO_4)^{4-}$ dan $(AlO_4)^{5-}$. Zeolit terdiri atas gugusan alumina dan gugusan

silika-oksida yang masing–masing berbentuk tetrahedral dan saling dihubungkan oleh atom oksigen sedemikian rupa sehingga membentuk kerangka tiga dimensi. Karakteristik umum dari sebuah zeolit adalah memiliki struktur 3-dimensi dengan 4 struktur kerangka penghubung dari tetrahedra TO_4 (unit bangunan dasar), dimana T adalah kation yang terkoordinasai secara tetrahedral (T=Si atau Al).



Gambar 2.1 Struktur TO4 Kimia Zeolit
Sumber : Amrulloh, 2014.

Struktur Kristal dari zeolit yaitu alumina silika memiliki stuktur terbuka yang berongga atau berpori, dengan struktur terbuka dengan pori-pori atau rongga molekul - molekul CO_2 akan terpisah dan terpurifikasi di rongga – rongga yang berukuran molekuler.

2.4.1 Zeolit Alam

Zeolit alam adalah zeolit terbentuk secara alamiah dengan adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batuan-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Komposisi dari zeolit alam sangat bergantung dengan kondisi daerahnya sehingga parameter seperti temperatur, tekanan uap air setempat, dan komposisi air tanah lokasi kejadiannyasangat berpengaruh pada tekstur dan warna zeolit. Berikut ini merupakan komposisi zeolit alam dari hasil pengujian Laboratorium Panadia yang disajikan dalam Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Komposisi Zeolit Alam

PARAMETER	SATUAN	JUMLAH
Fe_2O_3	%	1,02
Al_2O_3	%	10,15
CaO	%	2,40
MgO	%	0,36
MnO_2	%	0,01
Cr_2O_3	%	0,02
Na_2O	%	1,62
K_2O	%	1,68
TiO_2	%	0,35
Lol	%	8,34
SiO_2	%	73,93

Sumber : Laboratorium Panadia (2011).

2.4.2 Zeolit Sintetis

Zeolit sintetis adalah zeolit yang dibuat melalui proses rekayasa sintetis sehingga didapatkan karakter yang lebih baik dari zeolit alam. Prinsip dasar pembuatan dari zeolit sintetis adalah komponennya yang terdiri dari silika dan alumina. Oleh karena itu rasio silika dan alumina sangat penting pada zeolit sintetis, karena dengan rasio antara silika dan alumina dapat diketahui sifat karakteristik dari zeolit sintetis. Berdasarkan rasio Si/Al zeolit sintetis dapat dikelompokkan ke dalam beberapa bagian yaitu :

i. Zeolit Si rendah

Zeolit ini digunakan pada pemisahan atau pemurnian dengan kapasitas besar karena mempunyai volume rongga yang optimum mencapai 0,5 cm^3/volume zeolit. Daya penukar ion dari zeolit maksimum bila perbandingan Si/Al mendekati 1.

ii. Zeolit Si sedang

Zeolit jenis ini memiliki perbandingan kadar Si/Al antara 5-10. Permukannya memiliki selektivitas yang tinggi terhadap air dan molekul polar yang lain.

iii. Zeolit Si tinggi

Zeolit jenis ini memiliki perbandingan kadar Si/Al antara 10-100 bahkan lebih. Sifatnya sangat hidrofobik, menyerap molekul yang tidak polar atau berinteraksi lemah dalam air dan molekul yang sangat polar, serta baik digunakan sebagai katalisator asam untuk hidrokarbon.

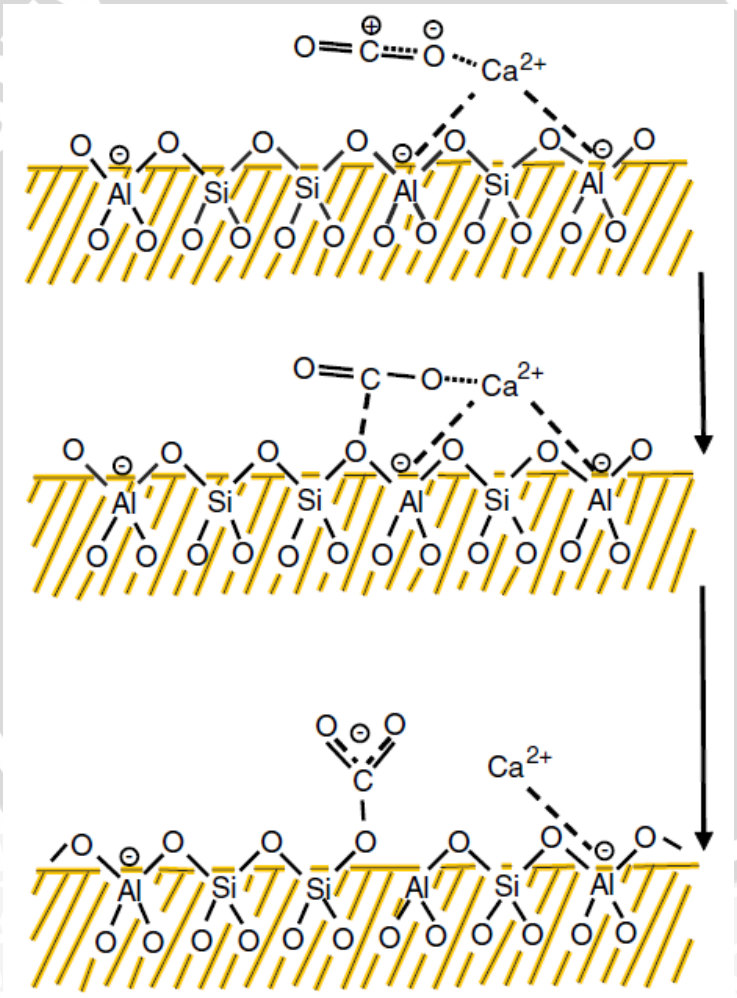
iv. Zeolit Si

Zeolit jenis ini tidak mengandung Al sama sekali, atau dapat dikatakan tidak memiliki sisi kation sama sekali. Sifat zeolit jenis ini sangat hidrofilik-hidrofobik sehingga dapat mengeluarkan atau memisahkan suatu molekul organik dari suatu campuran air.

2.4.3 Penyerapan CO_2 oleh Zeolit

Afinitas zeolit untuk beberapa gas disebabkan oleh polaritas molekul yang teradsorbsi. Molekul-molekul yang memiliki momen quadrupole permanen besar mungkin berinteraksi kuat dengan gradien medan listrik yang disebabkan oleh pergerakan kation dari zeolit. Saat quadrupole gas tertentu bervariasi sebagai berikut: CO_2 > CO > N2> H_2 > CH_4 ≈ Ar ≈ Kr (Siporin, 2003).

Penyerapan zeolit pada CO_2 terjadi karena polaritas CO_2 dimana atom O dengan muatan negatif cenderung tarik – menarik dengan kation – kation bermuatan positif yang ada pada permukaan zeolit (Li^+, Na^+, K^+, Ca^{2+}, Ba^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Mg^{2+}). Sementara kation – kation pada zeolit terlebih dahulu ditarik oleh muatan oksigen pada struktur SiO4 atau AlO4, sehingga dari tarik menarik antar muatan ini terjadi momen quadrupole seperti pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Mekanisme penyerapan CO_2 oleh zeolit
Sumber : Bonenfant, 2008

Daya serap zeolit dipengaruhi oleh lima faktor (bahl, et al 1997), yaitu :

1. Jenis adsorbat

a. Ukuran molekul adsorbat

   Ukuran molekul yang sesuai merupakan hal penting agar proses adsorbs dapat terjadi, karena molekul – molekul yang dapat diadsorbsi adalah molekul – molekul yang diameternya lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben.

b. Kepolaran Zat

   Apabila berdiameter sama, molekul – molekul polar lebih kuat diadsorbsi daripada molekul – molekul yang tidak polar. Molekul – molekul yang lebih polar dapat menggantikan molekul – molekul yang kurang polar untuk terlebih dahulu diadsorbsi.

2. Karakteristik adsorben

a. Kemurnian Adsorben

   Sebagai zat pengadsorbsi, maka adsorben yang lebih murni lebih diinginkan dengan kemampuan adsorbsi yang lebih baik

b. Luas permukaan dan volume pori adsorben

   Jumlah molekul adsorbat yang terserap akan meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsoben.

3. Temperatur absorbat berpengaruh karena pada saat molekul – molekul gas melekat pada permukaan adsorben akan terjadi pembebasan energi secara eksotermis. Berkuranganya temperatur akan menambah jumlah adsorbat yang diadsorbsi.
4. Tekanan absorbat, jika terjadi kenaikan pada tekanan absorbat maka, dapat menaikkan jumlah molekul gas yang taradsorbsi.
5. Interaksi petensial, interaksi potensial antara adsorbat dengan dinding adsorben sangat bervariasi tergantung dari sifat absorbat maupun adsorben sendiri.

2.5 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium *hidroksida* (NaOH) merupakan senyawa basa berwarna putih dan rapuh, juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium *hidroksida*. *Natrium hidroksida* digunakan di dalam berbagai macam bidang industri. Kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses industri bubur kayu, kertas, tekstil, air minum, sabun, dan deterjen. NaOH bersifat rapuh dan dengan cepat dapat mengabsorbsi uap air dan CO_2 dari udara, selain itu Natrium *hidroksida* akan meninggalkan noda berwarna kekuningan pada kertas. Berikut ini adalah sifat fisik NaOH.

Tabel 2.4 Sifat fisik NaOH

Sifat Kimia	Natrium Hidroksida
Rumus Molekul	NaOH
Massa Molar	39.9971 g/mol
Penampilan	Zat Padat Putih
Densitas	2.1 g/cm^3
Titik Lebur	318^{o}C
Titik Didih	1390^{o}C

Sumber : Prasetya, 2012.

NaOH digunakan sebagai absorben CO_2 pada biogas. Ketika biogas dialirkan pada tabung yang berisikan larutan NaOH, CO_2 dalam biogas secara otomatis akan bereaksi dengan NaOH, sehingga kemurnian dari CH_4 akan semakin baik dengan berkurangnya CO_2 dalam biogas. dapt ditulis pada persamaan reaks kimia berikut :

$$CO_{2(g)} + 2\ NaOH_{(aq)} \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O_{(l)}$$

Gambar 2.3 NaOH
Sumber : Prasetya, 2012.

2.6 Arang Aktif

Arang aktif adalah sebuah padatan berongga atau berpori dengan mengandung 85% - 95% karbon. Arang aktif dibentuk dari bahan – bahan yang mengandung karbon pada temperatur tinggi. Pada saat pemanasan pembentukkan arang aktif berlangsung dilakukan pada kondisi yang tertutup dan tidak ada udara yang masuk ke dalam ruan pemanasan sehingga bahan yang mengandung karbon tersebut hanya terkarbonisasi dan tidak teroksidasi. Kegunaan arang selain sebagai bahan bakar, juga dapat digunakan sebagai

penghilang bau pada industri obat, dan pada pemurnian gas digunakan untuk menghilangkan sulfur dan gas beracun (Sembiring, 2003).

Luas permukaan arang aktif sangat berpengaruh terhadap partikel atau molekul – molekul yang akan diadsorbsi. Pada umumnya luas permukaan arang aktif berkisar antara 300-3500 m^2/g. Arang aktif dapat menyerap gas – gas maupun senyawa kimia dengan daya serap yang sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat arang aktif.

Arang aktif dibagi menjadi dua jenis yaitu sebagai pemucat dan sebagai penyerap uap. Sebagai pemucat arang aktif berbentuk serbuk yang sangat halus, diameter pori mencapai 1000 Å, dipergunakan pada fase cair, dan sebagai pemindahkan zat – zat pengganngu yang menyebabkan warna dan bau yang tidak diharapkan, membebaskan pelarut dari zat-zat pengganggu dan kegunaan lain yaitu pada industri kimia dan industri baju.

Gambar 2.4 Arang aktif serbuk
Sumber : Fashridjal, 2007

Arang aktif sebagai penyerap uap, biasanya berbentuk granular atau pellet yang sangat keras diameter pori berkisar antara 10-200 Å, tipe pori lebih halus, digunakan dalam fase gas, berfungsi untuk memperoleh kembali pelarut, katalis, pemisahan dan pemurnian gas.

Gambar 2.5 Arang aktif Granular
Sumber : Fashridjal, 2007

Salah satu sifat terpenting yang dimiliki oleh arang aktif adalah sifat adsorben, oleh karena itu sangat cocok bila digunankan sebagai adsorben pada proses purifikasi biogas. arang aktif adalah suatu padatan berpori, yang sebagian besar terdiri dari unsur karbon bebas dan masing-masing berikatan secara kovalen. Sehingga, permukaan arang aktif bersifat non polar.

2.7 Hipotesis

Penambahan massa zeolit pada tabung purifikasi maka akan menambah luasan kontak terhadap campuran gas CH_4 dan CO_2. Sehingga dengan semakin lama waktu purifikasi gas akan menyebabkan tingkat kemurnian campuran gas semakin tinggi dikarenakan semakin banyak CO_2 yang terserap oleh zeolit. Dengan terserapnya CO_2, maka akan menyebabkan penurunan tekanan pada biogas yang dapat dilihat pada data logger tekanan.