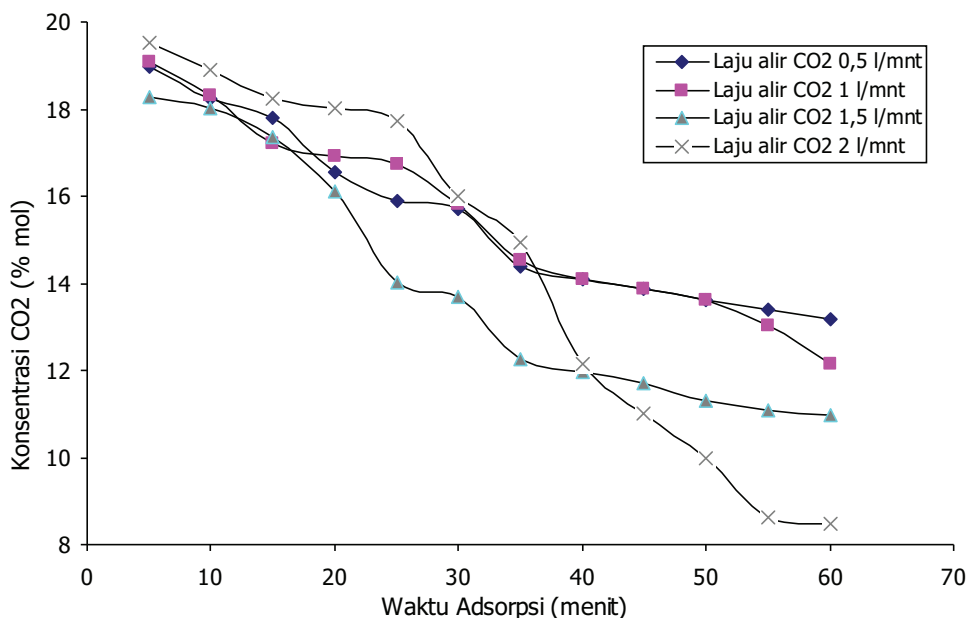


IV. HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Konsentrasi CO₂ Pada Proses Adsorpsi

Konsentrasi CO₂ pada proses adsorpsi sangat berpengaruh terhadap kinerja atau daya serap zeolit. Untuk mengkaji pengaruh konsentrasi CO₂, percobaan adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi CO₂, laju alir CO₂ dan berat zeolit. Proses adsorpsi dilakukan secara kontinyu, pada penelitian ini digunakan waktu adsorpsi 1 jam (60 menit) dan berat zeolit 300 gram. dimana gas umpan dilewatkan kolom adsorpsi kemudian gas keluaran dianalisa menggunakan Gas analysis type 898. Untuk pengaruh waktu terhadap konsentrasi disajikan pada gambar 4.1. Pada gambar tersebut dapat dijelaskan semakin bertambah waktu maka konsentrasi CO₂ yang keluar akan semakin turun dikarenakan adanya faktor selektivitas dari zeolit, penurunan konsentrasi ini akan meningkatkan kapasitas adsorpsi. Tekanan yang digunakan pada proses adsorpsi ini pada kondisi 1 atm dan suhu 31° C.



Gambar 4.1. Pengaruh waktu terhadap konsentrasi CO₂ pada proses adsorpsi dengan berat zeolit 300 gr.

4.2. Pengaruh Laju Alir Pada Proses Adsorpsi

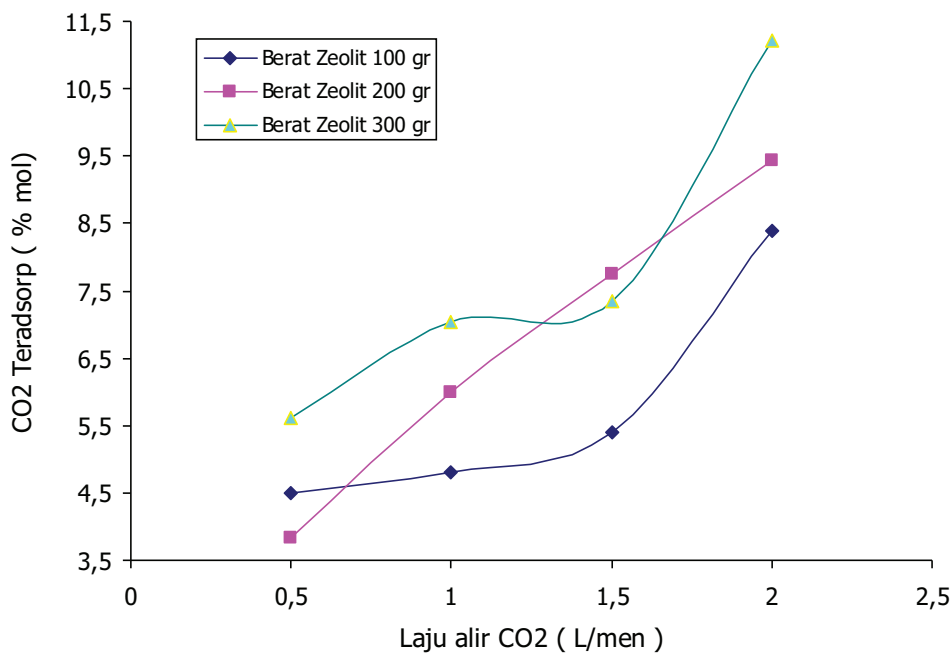
Laju alir CO₂ sangat berpengaruh didalam proses adsorpsi. Untuk mengetahui pengaruh laju alir pada adsorpsi CO₂ dilakukan dengan memvariasi laju alir 0,5 (l/menit), 1 (l/menit), 1,5 (l/menit) dan 2 (l/menit). Dengan adanya peningkatan jumlah umpan yang masuk, maka jumlah CO₂ yang teradsorp akan semakin meningkat, karena dengan semakin besar laju alir, memperbanyak kontak gas CO₂ dengan partikel zeolit semakin merata sehingga kapasitas gas CO₂ yang teradsorpsi lebih besar.

Tabel 4.1. Data konsentrasi gas CO₂

No	Zeolit 100 (gr)			Zeolit 200 (gr)			Zeolit 300 (gr)		
	Konsentrasi masuk (% mol)	Konsentrasi keluar (% mol)	Selisih (%mol)	Konsentrasi masuk (% mol)	Konsentrasi keluar (% mol)	Selisih (%mol)	Konsentrasi masuk (% mol)	Konsentrasi keluar (% mol)	Selisih (%mol)
1	15,07	10,50	4,57	17,66	13,82	3,84	18,80	13,19	5,61
2	16,20	11,40	4,8	18,68	12,69	5,99	19,17	12,14	7,03
3	17,14	11,75	5,39	18,03	10,27	7,76	18,30	10,96	7,34
4	19,01	10,97	8,04	19,25	9,82	9,43	19,71	8,49	11,22

Catatan : data setiap 60 menit pada zeolit 100 gr, 200 gr, 300 gr

Tabel 4.1 Menunjukkan konsentrasi CO₂ semakin menurun hal ini dipengaruhi oleh faktor selektivitas zeolit. Maka dari tabel diatas dapat diperoleh hasil selisih antara konsentrasi CO₂ masuk – konsentrasi CO₂ keluar, hasil tersebut digunakan untuk menghitung jumlah CO₂ yang teradsorp zeolit. Pengaruh laju alir terhadap CO₂ yang teradsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.2. yang menjelaskan tentang kemampuan zeolit dalam mengadsorp CO₂, pada grafik dapat dilihat selisih yang besar diperoleh pada konsentrasi awal 19,71 (% mol) dan konsentrasi keluar 8,49 (% mol) maka diperoleh selisih 11,22 (% mol). Hal ini menunjukkan bahwa CO₂ yang teradsorp zeolit sebesar 11,22 (% mo) dalam waktu 60 menit.

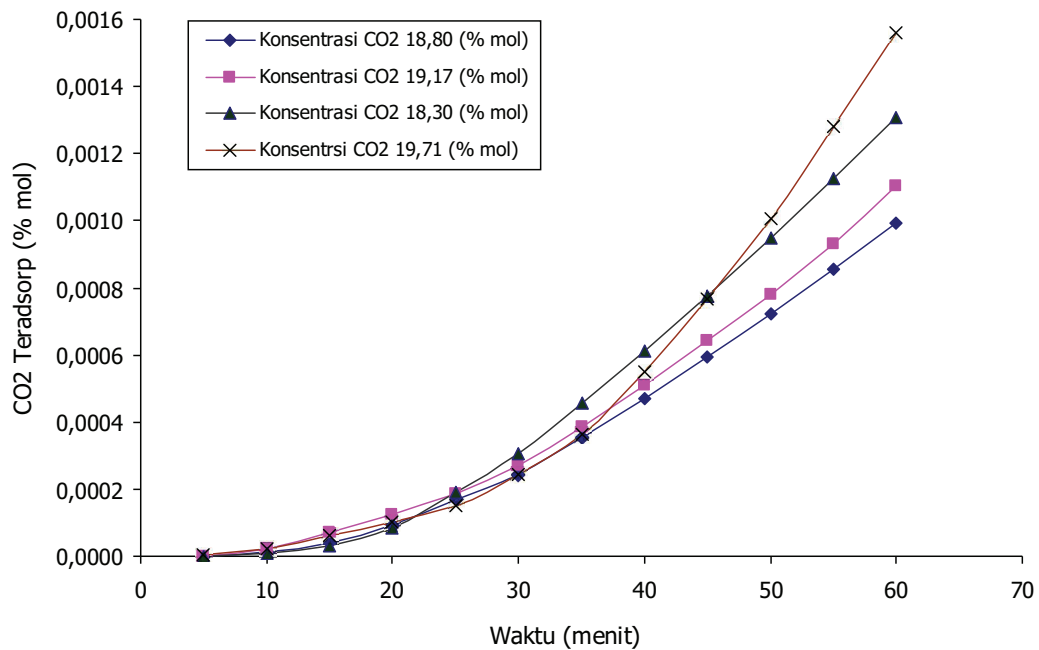


Gambar 4.2. Pengaruh laju alir (l/menit) terhadap CO₂ yang teradsorp (% mol) selama waktu 60 menit

4.3. Pengaruh Waktu pada proses Adsorpsi CO₂

Waktu sangat berpengaruh didalam proses adsorpsi, terhadap kinerja zeolit dalam menyerap CO₂ yang dipengaruhi selektivitasnya. Untuk mengkaji pengaruh waktu terhadap kecepatan adsorpsi CO₂ percobaan adsorpsi dilakukan dengan memvariasikan waktu 5 menit - 60 menit. Pada penelitian ini Gas yang keluar dari kolom adsorpsi kemudian dianalisa sebagai dasar perhitungan CO₂ yang terserap zeolit dalam percobaan ini digunakan waktu sampling 5 menit. Hasil percobaan pengaruh waktu terhadap CO₂ yang terserap zeolit dilihat pada Gambar 4.3. yang menjelaskan tentang jumlah CO₂ yang teradsorp zeolit.

Pada gambar dapat dijelaskan pengaruh waktu terhadap jumlah CO₂ yang teradsorp zeolit. Semakin lama waktu adsorpsi yang digunakan jumlah CO₂ yang diadsorp mengalami peningkatan. Didalam proses adsorpsi, Zeolit memiliki potensi tinggi untuk menangkap CO₂ karena mempunyai porositas yang tinggi (Bonenfank, D., dkk., 2008).



Gambar 4.3. Pengaruh waktu terhadap CO₂ yang teradsorp dengan berat zeolit 300 gram.

Untuk zeolit sintesis type 3A (Zeochem) pada percobaan ini mampu mengadsorp CO₂ sebanyak 0,00156 (% mol). Terbukti zeolit tersebut dapat digunakan sebagai adsorben CO₂ didalam proses adsorpsi. Untuk mencari jumlah CO₂ yang teradsorp dapat diperoleh dengan :

$$X = \frac{(K_{in} - K_{out}) \times t \times FL \times BM_{CO_2}}{\rho}$$

$$CO_2 \text{ teradsorp} = \frac{X}{\text{Berat Zeolit}}$$

Dimana :

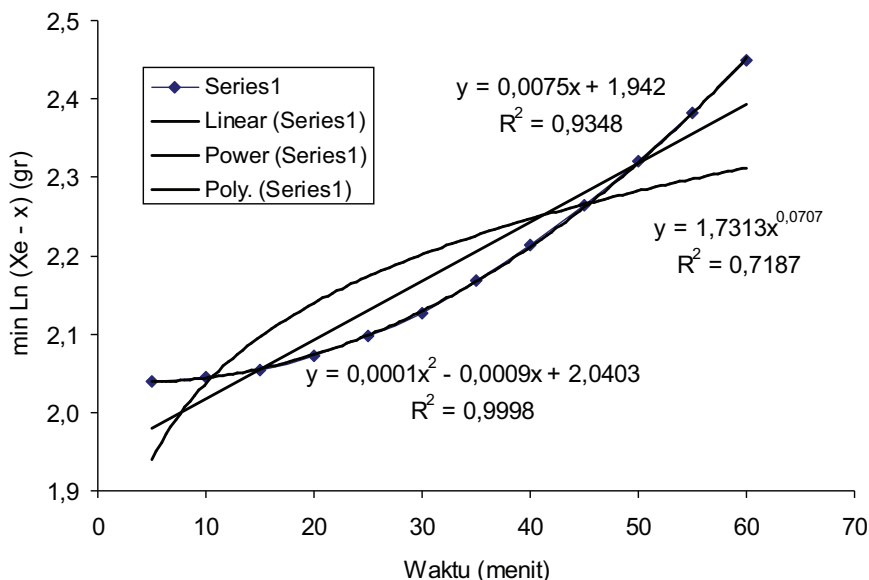
- t = waktu pengambilan data
- ρ = berat jenis gas
- X = Jumlah CO₂ yang teradsorp
- K = Konsentrasi CO₂
- FL = Laju alir

4.4. Konstanta kecepatan adsorpsi (k)

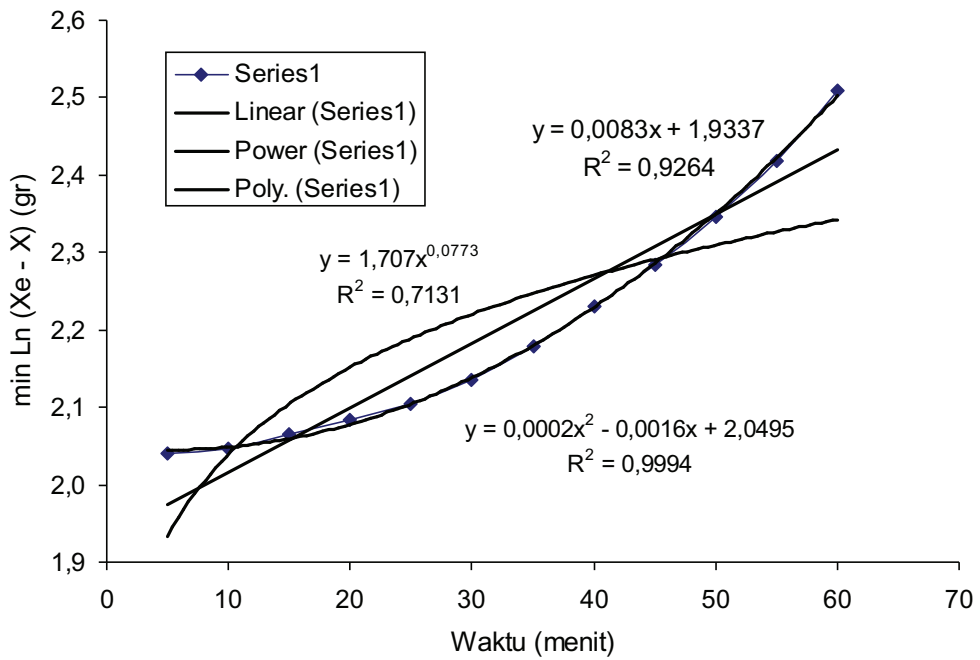
Untuk memperoleh Konstanta kecepatan adsorpsi pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi CO₂ dengan tujuan untuk mengetahui proses penyerapan molekul gas pada permukaan adsorban sehingga terjadi perubahan konsentrasi. Konstanta kecepatan adsorpsi dipengaruhi oleh jumlah adsorbat yang diserap pada waktu t (min). Dengan adanya kenaikan kecepatan adsorpsi maka akan meningkatkan laju perpindahan massa.

Fenomena tersebut terjadi karena semakin tinggi konsentrasi CO₂ yang masuk dipengaruhi tekanan parsial gas. Tekanan parsial gas berfungsi sebagai tenaga pendorong perpindahan massa yang mempengaruhi peningkatan kecepatan adsorpsi. Konsentrasi CO₂ yang diserap zeolit dapat dihitung dengan persamaan neraca massa.

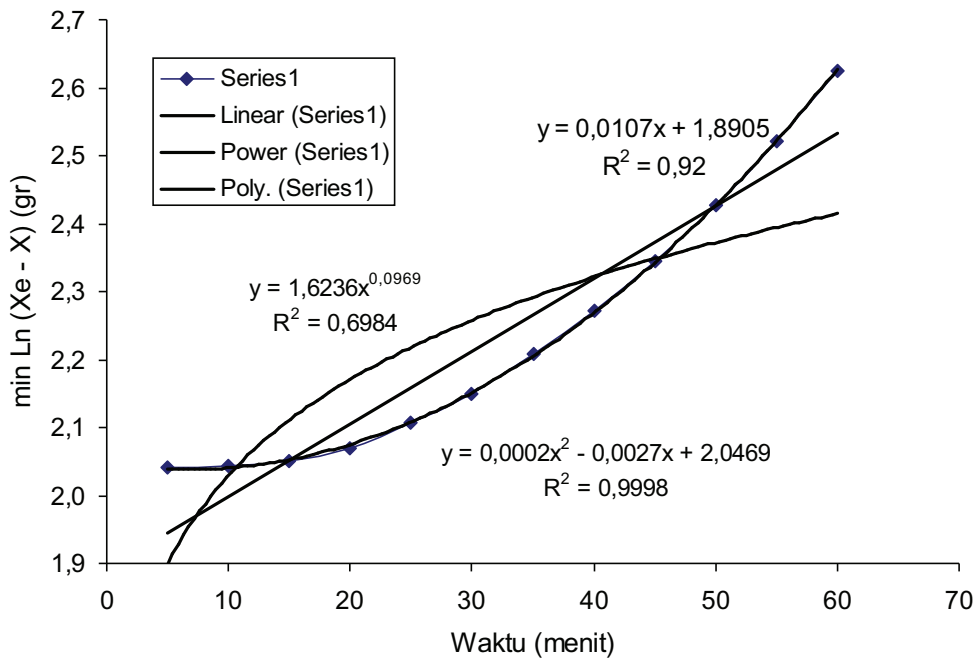
Pada percobaan ini harga konstanta kecepatan adsorpsi diperoleh dari grafik waktu (t) versus $-\ln(X_e - X)$, maka akan diperoleh garis lurus dengan slope sebagai harga k. Pengaruh waktu terhadap jumlah CO₂ yang teradsorp, dapat dilihat pada gambar 4.4., gambar 4.5., gambar 4.6.dan gambar 4.7.



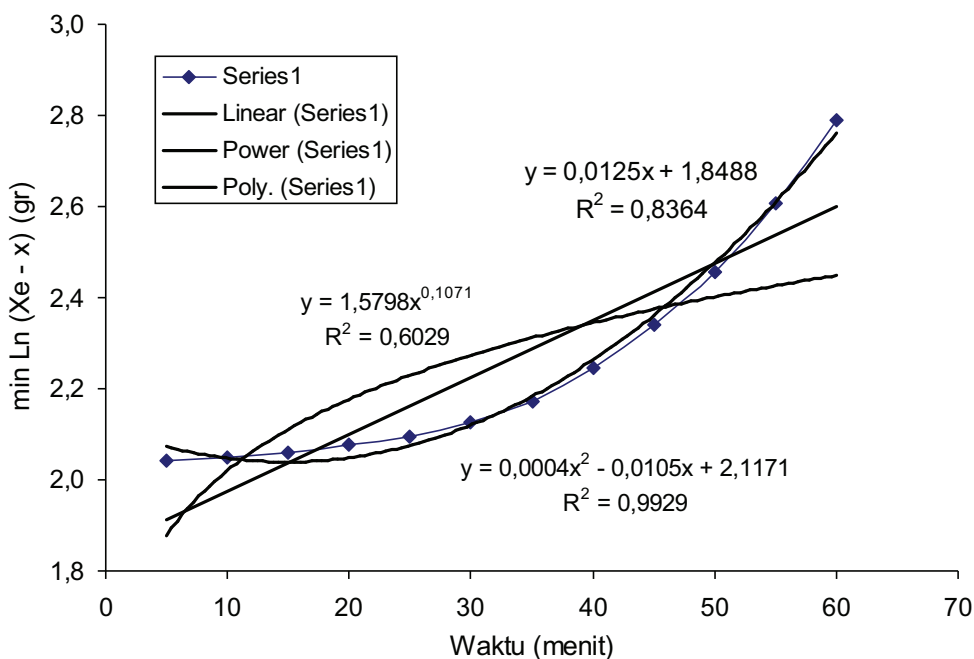
Gambar 4.4. Pengaruh waktu (menit) terhadap jumlah CO₂ yang teradsorp Ln (Xe – X) gram pada zeolit 300 gram



Gambar 4.5. Pengaruh waktu (menit) terhadap jumlah CO₂ yang teradsorp Ln (Xe - X) gram pada zeolit 300 gram



Gambar 4.6. Pengaruh waktu (menit) terhadap jumlah CO₂ yang teradsorp Ln (Xe - X) gram pada zeolit 300 gram



Gambar 4.7. Pengaruh waktu (menit) terhadap jumlah CO₂ yang teradsorp Ln (Xe – X) gram pada zeolit 300 gram

Dari keempat gambar tersebut dapat diketahui kondisi adsorpsi CO₂ dengan zeolit adalah pada konsentrasi 19,71 % dan berat zeolit 300 gram diperoleh harga konstanta kecepatan adsorpsi 0,008 . Sementara dari Gambar 4.7 terlihat bahwa kemampuan adsorpsi zeolit terhadap CO₂ menurun sebanding dengan kenaikan konsentrasi. Kenaikan konsentrasi menyebabkan peningkatan mobilitas molekul yang teradsorp dalam pori zeolit. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan interaksi antara adsorben dengan adsorbat sehingga dapat mempengaruhi harga konstanta kecepatan adsorpsi. Jika dilihat dari hasil penelitian, diperoleh harga konstanta kecepatan adsorpsi (k), dipengaruhi oleh konsentrasi awal yang dapat ditentukan hasil percobaan dari slope dan intercept yang diplot pada grafik dari t versus Ln (Xe-X) . kemampuan tukar kation pada zeolit kemungkinan telah maksimal, sehingga pada kondisi diatas sudah tidak lagi memberikan perubahan daya adsorpsi yang signifikan. Model persamaan adsorpsi yang diperoleh disajikan pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Konstanta kecepatan adsorpsi pada Zeolit = 300 gram.

No.	Konsentrasi CO ₂ masuk (% mol)	Harga k	SSE $y = ax+bx+c$	SSE $Y = ax + c$
1	18,80	0,0075	0,0326	0,0141
2	19,17	0,0083	0,0864	0,0196
3	18,30	0,0107	0,0015	0,0355
4	19,71	0,0125	0,0860	0,1092
		$k = 0,00975$		

Dari Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa nilai konstanta kecepatan adsorpsi dapat diperoleh dari persamaan polynomial dan persamaan linear hal ini menunjukkan kemampuan zeolit mengadsorp CO₂. Adapun model yang paling mendekati hasil percobaan untuk kedua metode adsorpsi adalah model polynomial.

4.5. Aplikasi pemurnian Biogas

Salah satu metode untuk meningkatkan kinerja biogas dapat dilakukan melalui proses adsorpsi. Pada proses adsorpsi digunakan zeolit sebagai adsorbennya karena zeolit mempunyai kapasitas adsorpsi yang cukup tinggi terhadap gas CO₂ (S. Cavenati dkk., 2004). Penelitian tentang pemurnian biogas telah banyak dilakukan diantaranya, Hargono (2008) melakukan penelitian tentang Pembuatan Biogas Serta Pemurniannya melalui Adsorpsi gas CO₂ dengan menggunakan larutan NaOH, (Budiyono dan Widiassa, I.N., 2008) melakukan penelitian tentang Perkembangan Teknologi Pemisahan untuk Pemurnian Biogas dan (M., Kismurtono, 2010) melakukan penelitian tentang Modifikasi Zeolit Lokal Gunung Kidul Sebagai Upaya Peningkatan Performa Biogas Untuk Pembangkit Tenaga Listrik.

Pada penelitian untuk aplikasi biogas digunakan dua jenis zeolit sintesis yaitu zeolit zeochem dan zeolit India dengan tujuan untuk mengetahui daya adsorpsi pada masing – masing zeolit.

Tabel 4.3 Hasil Analisa Biogas dengan Zeolit Sorbead dan Zeolit Zeochem 4A.

Unsur	Zeolit Sorbead 3A		Zeolit Zeochem 4A	
	Input (% mol)	Output (% mol)	Input (% mol)	Output (% mol)
He	0,000	0,000	0,000	0,000
H ₂	0,000	0,000	0,000	0,000
O ₂ + Ar	9,129	8,880	5,800	2,491
N ₂	11,501	11,051	7,206	2,906
CH ₄	32,801	36,037	36,484	47,576
CO	0,000	0,000	0,000	0,000
CO ₂	15,50	13,70	16,57	13,47

Biogas merupakan salah satu energi alternatif yang telah banyak diaplikasikan ke masyarakat, khususnya bagi masyarakat peternakan. Dari berbagai jenis gas yang terkandung dalam biogas yang merupakan sumber energi adalah metana dengan komposisi berkisar antara 40 – 70 %. Apabila konsentrasi metana dalam biogas < 65 %, pemanfaatan metana hanya terbatas sebagai bahan bakar (Wahono, S.K. dan Kismurtono, M., 2010).

Pada tabel 4.3 dapat diperoleh hasil bahwa zeolit yang baik digunakan untuk proses adsorpsi CO₂ pada pemurnian biogas adalah zeolit zeochem, karena mampu mengadsorp CO₂ sebanyak 18,70 % .sedangkan untuk zeolit Sorbead mampu mengadsorp CO₂ sebanyak 9,86 %. Zeolit memiliki kemampuan untuk meningkatkan kemurnian biogas karena mempunyai selektivitas yang tinggi dan mampu menyerap semua gas pengotor utama yaitu uap air, CO₂ dan H₂S, namun tidak menyerap gas utama yang ingin dimurnikan yaitu CH₄ (Wahono, 2009).