



UNIVERSITAS INDONESIA

**EVALUASI PERSAMAAN ADSORPSI ISOTERM BET UNTUK
MULTIKOMPONEN DALAM MEREPRESENTASIKAN DATA
EKSPERIMEN ADSORPSI GAS**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
di Departemen Teknik Kimia FT UI**

**MUHAMMAD ZAKI MULIAWAN
0706200384**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
DESEMBER 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Muhammad Zaki Muliawan

NPM : 0706200384

Tanda Tangan :

Tanggal : 21 Desember 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Muhammad Zaki Muliawan
NPM : 0706200384
Program Studi : Ekstensi Teknik Kimia
Judul Skripsi : Evaluasi Persamaan Adsorpsi Isoterm BET Untuk
Multikomponen Dalam Merepresentasikan Data
Eksperimen Adsorpsi Gas

Dibuat untuk melengkapi sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

Menyetujui,

Pembimbing : Ir. Mahmud Sudibandriyo, Msc. PhD ()
Penguji : Dr. Ir. Asep Handaya Saputra, M.Eng ()
Penguji : Ir. Praswasti PDK Wulan, MT ()

Ditetapkan di : Kampus Baru UI, Depok

Tanggal : 21 Desember 2009

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Kimia pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ir. Yuliusman, selaku koordinator tugas akhir.
2. Bapak Ir. Mahmud Sudibandriyo, Msc.PhD, selaku pembimbing I yang telah memberikan nasihat dan bimbingannya didalam penyusunan makalah ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Anondho Wijanarko, M.Sc selaku dosen wali.
4. Bapak T. Kartika Bawono selaku atasan penulis di PT YKK Zipper Indonesia atas kebijakannya memberikan keleluasaan waktu kepada penulis untuk menyelesaikan makalah ini.
5. Ibunda dan Ayahanda serta keluarga yang tercinta dan tersayang terimakasih atas doa, perhatian, dan dukungannya selama ini. “Semoga putramu ini dapat menjadi anak yang berbakti kepada Ayah dan Ibu”
6. Teman-teman dikampus atas segala dukungannya.

Penulis berharap semoga makalah ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Depok, 21 Desember 2009

Penulis

ABSTRAK

Nama : Muhammad Zaki Muliawan
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Evaluasi Persamaan Adsorpsi Isoterm BET untuk
Multikomponen Dalam Merepresentasikan Data Ekperimen
Adsorpsi Gas

Penelitian adsorpsi masih sangat jarang, demikian juga model yang akurat menggambarkan adsorpsi gas. Model sekarang yang paling banyak dipakai dalam permodelan seperti adsorpsi isoterm BET biasanya diterapkan untuk aplikasi adsorpsi gas tunggal. Sedangkan penggunaan dan akurasi didalam adsorpsi multikomponen masih banyak dipertanyakan, terutama pada gas tekanan tinggi. Sehingga, diperlukan suatu kajian yang lebih untuk mengevaluasi penerapan model adsorpsi isoterm BET pada adsorpsi gas multikomponen dan tekanan tinggi, serta memodifikasinya jika diperlukan untuk dapat merepresentasikan data percobaan secara lebih akurat.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan data eksperimen adsorpsi dari literatur baik berupa adsorpsi gas tunggal maupun gas campuran. Data eksperimen ini melibatkan adsorben yaitu karbon aktif dan zeolit, pada range suhu 213 – 373 K, dan tekanan 7×10^{-4} – 3,84 Mpa. Data adsorpsi gas tunggal digunakan untuk menentukan parameter – parameter setiap komponen yang ada dalam model BET dengan cara meminimalkan error dari model BET kemudian parameter ini digunakan untuk memprediksi adsorpsi campuran gas.

Hasil Penelitian menunjukkan bahwa model BET dapat merepresentasikan data experimen untuk adsorpsi gas tunggal baik dengan adsorben karbon aktif maupun zeolit hal ini dapat dilihat dari nilai AAPD total rata – rata dibawah 6 %. Model BET untuk campuran yang berasal dari modifikasi Langmuir kurang dapat memprediksi nilai adsorpsi gas dua komponen dan tiga komponen yang ditunjukkan dengan AAPD total ± 20 %. Penambahan faktor koreksi E_{ij} dapat memperbaiki model BET untuk sistem dua dan tiga campuran hal ini dilihat dari menurunnya AAPD total secara signifikan sebesar 8%.

ABSTRACT

Name : Muhammad Zaki Muliawan
Study Program : Chemical Engineering
Title : Evaluation of BET Equation for Multi-component In
Representing the Adsorption Gas Experiment

Experiments in adsorption are seldom, and also about the model that can accurately represent adsorption gas. Current model that mostly used in adsorption as BET model is usually used for single gas adsorption. But its application and the accuracy in multi-component adsorption are still questioned, especially in high pressure gas adsorption. So we need to study to evaluate the use of BET adsorption isotherm model for multi-component and high pressure, and also modify it if necessary for accurately representing the adsorption gas experiment.

This study is done using experimental data adsorption from literature including single and mixture adsorption gas. This experimental data used active carbon and zeolite adsorbent. The range of temperature is 213 – 373 K and pressure from 7×10^{-4} to 3, 84 MPa. Single gas data adsorption is used to determine the parameters of each component in BET model, by minimalizing error in BET model. After that these parameters are used to predict mixture adsorption gas.

The result of study prove that the BET model can represent single gas adsorption data experiment reasonably good on carbon active and zeolite adsorbent represented by AAPD total under 6 %. BET model for mixture from Langmuir modification cannot reasonably predict the binary and ternary adsorption gas value, shown by AAPD total ± 20 %. Adding E_{ij} corection factor on BET model can improve the binary and ternary gas adsorption prediction, this can be seen from significantly decreasing AAPD total to 8%.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
DAFTAR SIMBOL.....	xix
DAFTAR KONVERSI SATUAN.....	xx
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Perumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Adsorpsi.....	5
2.2 Jenis – Jenis Adsorpsi.....	5
2.2.1 Adsorpsi Secara Kimia.....	6
2.2.2 Adsorpsi Secara Fisika.....	6
2.3 Kriteria Ketika Menggunakan Proses Adsorpsi.....	7
2.4 Adsorben.....	8
2.4.1 Karbon Aktif.....	10
2.4.1.1 Sifat dari Karbon Aktif.....	12
2.4.2 Zeolit.....	12
2.4.2.1 Aktivasi Zeolit.....	13
2.5 Keseimbangan Isoterm Adsorpsi.....	14
2.5.1 Isoterm Berdasarkan Pada Pendekatan Langmuir.....	15
2.5.2 Isoterm BET.....	17
2.5.2.1 Pengembangan Persamaan BET untuk Adsorpsi Multikomponen.....	18
3. METODE PENELITIAN	
3.1 Tahapan Penelitian.....	21
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Representasi Model dari Data Adsorpsi Gas Tunggal pada Karbon Aktif.....	26
4.2 Hasil Representasi Model dari Data Adsorpsi Gas Tunggal Pada Zeolit.....	29

4.3 Hasil Prediksi Model untuk Adsorpsi Dua Gas Campuran (Binary Mixture)..	31
4.4 Hasil Prediksi Model untuk Adsorpsi Tiga Gas Campuran (Ternary Mixture)	32
5. KESIMPULAN	34
DAFTAR REFERENSI	35



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbedaan Antara Adsorpsi Fisika Dengan Adsorpsi Kimia.....	7
Tabel 2.2 Klasifikasi Adsorben Berdasarkan Strukturnya.....	9
Tabel 2.3 Klasifikasi Adsorben Berdasarkan Diameter Porinya	10
Tabel 3.1 Data Yang Digunakan Untuk Evaluasi Model Adsorpsi <i>Pure-Gas</i>	21
Tabel 3.2 Data Yang Digunakan Untuk Evaluasi Model Adsorpsi <i>Mixture-Gas</i> ..	22
Tabel 4.1 Hasil Representasi Model dari Data Adsorpsi Gas Tunggal pada Karbon Aktif	26
Tabel 4.2 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Gas Tunggal pada Zeolit.....	29
Tabel 4.3. Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Campuran Dua Gas	31
Tabel 4.4 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Campuran Dua Gas dengan E_{ij}	32
Tabel 4.5 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Campuran Tiga Gas	32
Tabel 4.6 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Campuran Tiga Gas dengan E_{ij}	33

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Distribusi Ukuran Partikel Tiap-Tiap Adsorben.....	11
Gambar 2.2 Lima Tipe Adsorpsi Isoterm	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Optimasi Data Eksperimen	20
Gambar 4.1 Adsorpsi CH ₄ Pada Sistem No. 1	27
Gambar 4.2 Adsorpsi CO ₂ Pada Sistem No. 7	28
Gambar 4.3 Adsorpsi H ₂ S Pada Sistem No. 3	30



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Gas Tunggal

- Lampiran A.1.1 Adsorpsi C_2H_4 dalam Karbon Aktif pada $T=298,15$ K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran A.1.2 Adsorpsi C_2H_4 dalam Karbon Aktif pada $T=323,15$ K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran A.1.3 Adsorpsi C_2H_4 dalam Karbon Aktif pada $T=373,15$ K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran A.2.1 Adsorpsi C_2H_6 dalam Karbon Aktif pada $T=273,15$ K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran A.2.2 Adsorpsi C_2H_6 dalam Karbon Aktif pada $T=298,15$ K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran A.2.3 Adsorpsi C_2H_6 dalam Karbon Aktif pada $T=323,15$ K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran A.2.4 Adsorpsi C_2H_6 dalam Karbon Aktif pada $T=373,15$ K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran A.3.1 Adsorpsi CO_2 dalam Karbon Aktif pada $T=298,15$ K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)

- Lampiran A.3.2 Adsorpsi CO₂ dalam Karbon Aktif pada T=323,15 K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran A.4.1 Adsorpsi i-C₄H₁₀ dalam Karbon Aktif pada T=298,15 K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran A.4.2 Adsorpsi i-C₄H₁₀ dalam Karbon Aktif pada T=323,15 K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran A.4.3 Adsorpsi i-C₄H₁₀ dalam Karbon Aktif pada T=373,15 K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran A.5.1 Adsorpsi C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=212,15 K
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atomospheres". Ind. Eng. Chem. Procces Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran A.5.2 Adsorpsi C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=260,20 K
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atomospheres". Ind. Eng. Chem. Procces Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran A.5.3 Adsorpsi C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=301,4 K
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atomospheres". Ind. Eng. Chem. Procces Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran A.6.1 Adsorpsi C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=213 K
(Reich et.al. (Ind. Eng. Chem. Procces Des. Dev., 19, 336 (1980); Ethane Adsorption on Activated Carbon (BPL; Pittsburgh Chemical Co.; 988 Sqm/g))
- Lampiran A.6.2 Adsorpsi C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=260,2 K
(Reich et.al. (Ind. Eng. Chem. Procces Des. Dev., 19, 336 (1980); Ethane Adsorption on Activated Carbon (BPL; Pittsburgh Chemical Co.; 988 Sqm/g))

- Lampiran A.6.3 Adsorpsi C_2H_6 dalam Karbon Aktif pada $T=301,4$ K
(Reich et.al. (Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev., 19, 336 (1980); Ethane Adsorption on Activated Carbon (BPL; Pittsburgh Chemical Co.; 988 Sqm/g))
- Lampiran A.7.1 Adsorpsi CH_4 dalam Karbon Aktif pada $T=212,65$ K
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Prcess Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran A.7.2 Adsorpsi CH_4 dalam Karbon Aktif pada $T=260,15$ K
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Prcess Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran A.7.3 Adsorpsi C_2H_6 dalam Karbon Aktif pada $T=301,4$ K
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Prcess Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran A.8.1 Adsorpsi CO_2 dalam Karbon Aktif pada $T=301,4$ K
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Prcess Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran A.8.2 Adsorpsi CO_2 dalam Karbon Aktif pada $T=301,4$ K
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Prcess Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran A.9.1 Adsorpsi C_3H_8 dalam Zeolit pada $T=283,05$ K
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276)
- Lampiran A.9.2 Adsorpsi C_3H_8 dalam Zeolit pada $T=303,15$ K
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276)
- Lampiran A.9.3 Adsorpsi C_3H_8 dalam Zeolit pada $T=324,25$ K
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276)

- Lampiran A.10.1 Adsorpsi CO₂ dalam zeolit pada T=283,15 K
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276)
- Lampiran A.10.2 Adsorpsi CO₂ dalam zeolit pada T=303,15 K
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276)
- Lampiran A.10.3 Adsorpsi CO₂ dalam zeolit pada T=323,15 K
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276)
- Lampiran A.11.1 Adsorpsi H₂S dalam Zeolit pada T=283,15 K
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276)
- Lampiran A.11.2 Adsorpsi H₂S dalam Zeolit pada T=303,15 K
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276)
- Lampiran A.11.3 Adsorpsi H₂S dalam Zeolit pada T=338,15 K
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276)
- Lampiran A.11.4 Adsorpsi H₂S dalam Zeolit pada T=368,15 K
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276)

Lampiran B. Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Gas Dua Campuran

- Lampiran B.1.1 Adsorpsi C₂H₄ +CO₂ dalam Karbon Aktif pada T=298,15 K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran B.1.2 Adsorpsi C₂H₄ +CO₂ dalam Karbon Aktif pada T=323,15 K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran B.2.1 Adsorpsi i-C₄H₁₀ +C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=298,15 K
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)

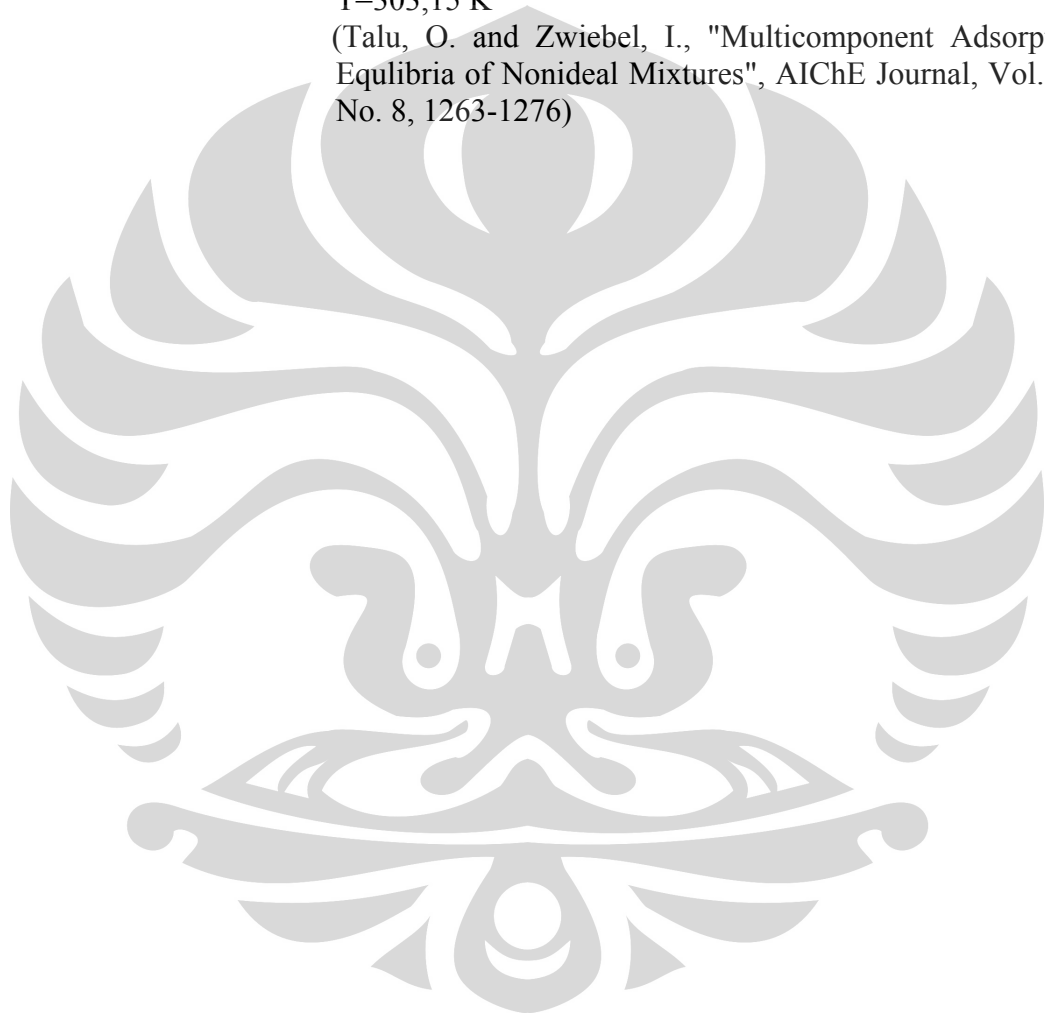
- Lampiran B.2.2 Adsorpsi $i\text{-C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_2\text{H}_4$ dalam Karbon Aktif pada $T=323,15\text{ K}$
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran B.2.3 Adsorpsi $i\text{-C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_2\text{H}_4$ dalam Karbon Aktif pada $T=373,15\text{ K}$
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran B.3.1 Adsorpsi $i\text{-C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_2\text{H}_6$ dalam Karbon Aktif pada $T=298,15\text{ K}$
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran B.3.2 Adsorpsi $i\text{-C}_4\text{H}_{10} + \text{C}_2\text{H}_6$ dalam Karbon Aktif pada $T=323,15\text{ K}$
(Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200)
- Lampiran B.4.1 Adsorpsi $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_4$ dalam Karbon Aktif pada $T=212,7\text{ K}$
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atomospheres". Ind. Eng. Chem. Prcess Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran B.4.2 Adsorpsi $\text{C}_2\text{H}_6 + \text{C}_2\text{H}_4$ dalam Karbon Aktif pada $T=301,4\text{ K}$
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atomospheres". Ind. Eng. Chem. Prcess Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran B.5.1 Adsorpsi $\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_4$ dalam Karbon Aktif pada $T=212,7\text{ K}$
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atomospheres". Ind. Eng. Chem. Prcess Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran B.5.2 Adsorpsi $\text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_4$ dalam Karbon Aktif pada $T=260,2\text{ K}$
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atomospheres". Ind. Eng. Chem. Prcess Des. Dev. 1980, 19, 336-344)

- Lampiran B.5.3 Adsorpsi $\text{CH}_4+\text{C}_2\text{H}_4$ dalam Karbon Aktif pada $T=301,4\text{ K}$
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran B.6.1 Adsorpsi $\text{CH}_4+\text{C}_2\text{H}_6$ dalam Karbon Aktif pada $T=212,7\text{ K}$
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran B.6.2 Adsorpsi $\text{CH}_4+\text{C}_2\text{H}_6$ dalam Karbon Aktif pada $T=260,2\text{ K}$
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran B.6.3 Adsorpsi $\text{CH}_4+\text{C}_2\text{H}_6$ dalam Karbon Aktif pada $T=301,4\text{ K}$
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran B.7.1 Adsorpsi $\text{C}_3\text{H}_8+\text{CO}_2$ dalam Karbon Aktif pada $T=303,15\text{ K}$
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276; $\text{C}_3\text{H}_8(1)+\text{CO}_2(2)$ on H-Mordenite Molecular sieve zeolite)
- Lampiran B.8.1 Adsorpsi $\text{C}_3\text{H}_8+\text{H}_2\text{S}$ dalam Karbon Aktif pada $T=303,15\text{ K}$
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276; $\text{C}_3\text{H}_8(1)+\text{H}_2\text{S}(2)$ on H-Mordenite Molecular sieve zeolite)
- Lampiran B.9.1 Adsorpsi $\text{CO}_2+\text{H}_2\text{S}$ dalam Karbon Aktif pada $T=303,15\text{ K}$
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276; $\text{CO}_2(1)+\text{H}_2\text{S}(2)$ on H-Mordenite Molecular sieve zeolite)

Lampiran C. Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Gas Tiga Campuran

- Lampiran C.1.1 Adsorpsi $\text{CH}_4+\text{C}_2\text{H}_6+\text{C}_2\text{H}_4$ dalam Karbon Aktif pada $T=212,7\text{ K}$
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated

- Lampiran C.1.2 Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres".
Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
Adsorpsi $\text{CH}_4+\text{C}_2\text{H}_6+\text{C}_2\text{H}_4$ dalam Karbon Aktif pada
 $T=301,4\text{ K}$
(Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of
Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary
and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated
Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres".
Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344)
- Lampiran C.2.1 Adsorpsi $\text{CO}_2+\text{H}_2\text{S}+\text{C}_3\text{H}_8$ dalam Karbon Aktif pada
 $T=303,15\text{ K}$
(Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption
Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32,
No. 8, 1263-1276)



DAFTAR SIMBOL

A	Luas permukaan
c	Konstanta isotherm adsorpsi BET
E_{ij}	Faktor koreksi
P	Tekanan gas total yang teradsorpsi
P_0	Tekanan uap murni gas
R	Konstanta gas ($\text{Psi.cm}^3/\text{mol}^\circ\text{R}$)
T	Suhu
W	Volume adsorbat
k_1, k_2	Tetapan laju adsorpsi dan desorpsi
θ	Fraksi yang ditempati oleh adsorbat
v	Volume gas teradsorpsi (STP)/g
v_m	Volume gas pembentuk lapisan <i>monolayer</i>
n	Jumlah gas teradsorpsi moles/g
n_m	Jumlah maksimum gas yang teradsorpsi pada lapisan monolayer
ΔH_{ads}	Entalpi adsorpsi
α	Konstanta adsorpsi; faktor pemisahan; rasio selektivitas
Q	Panas adsorpsi
z	Faktor kompresibilitas
β	Konstanta desorpsi
Vvoid	<i>Void Volume</i>
B	Konstanta isotherm Langmuir
Φ	Koefisien fugasitas

DAFTAR KONVERSI SATUAN

1. Tekanan

$$1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa (Pascal)} = 1 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$1 \text{ Psia} = 1 \text{ lb}_f/\text{in.}^2$$

$$1 \text{ atm} = 14.696 \text{ Psia} = 1,01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 1.01325 \text{ bar}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg at } 0^\circ\text{C} = 1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$$

2. Densitas dan Volume

$$1 \text{ g mol gas ideal pada } 0^\circ\text{C, } 760 \text{ mm Hg} = 22.4140 \text{ liter} = 22414 \text{ cm}^3$$

$$1 \text{ kg mol gas ideal pada } 0^\circ\text{C, } 760 \text{ mm Hg} = 22.414 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ g/cm}^3 = 62.43 \text{ lbm/ft}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Densitas udara kering pada } 0^\circ\text{C, } 760 \text{ mm Hg} = 1.2929 \text{ g/liter} = 0.080711 \text{ lbm/ft}^3$$

3. Konstanta Gas, R

$$669.9542893 \text{ (Psi cm}^3\text{)/(mol }^\circ\text{R)}$$

$$10.73 \text{ (Psia) (ft}^3\text{) (lb mol) (}^\circ\text{R)}$$

$$0.08206 \text{ (L) (atm)/ (g mol) (K)}$$

$$8.314 \text{ (kPa) (m}^3\text{)/ (kg mol) (K)}$$

4. Faktor Konversi lainnya

$$\text{\AA} = 1,00 \times 10^{-10} \text{ meter}$$

$$T^\circ\text{F} = (9/5 \times T^\circ\text{C}) + 32$$

$$T^\circ\text{C} = 5/9 \times (T^\circ\text{F} - 32)$$

$$T \text{ K} = T^\circ\text{C} + 273.15$$

$$T^\circ\text{C} = T \text{ K} - 273.15$$

$$T^\circ\text{R} = T^\circ\text{F} + 459.67$$

$$T^\circ\text{F} = T^\circ\text{R} - 459.67$$

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemisahan merupakan salah satu proses utama dalam industri kimia dan industri petrokimia. Salah satu proses pemisahan yang cukup banyak dilakukan adalah proses adsorpsi dengan menggunakan suatu adsorben. Dalam proses komersial, adsorben biasanya berbentuk dalam bentuk partikel kecil dalam sebuah *fixed bed*. Dalam aplikasinya untuk adsorpsi fase liquid yaitu seperti pemisahan kandungan organik dari air atau larutan organik dan produk fermentasi dari *effluent fermentor* lalu pemisahan paraffin dari aromatik. Sedangkan aplikasi untuk adsorpsi fase gas pemisahan air dari gas hidrokarbon dan kandungan sulfur dari natural gas [Geankoplis,1993].

Adsorpsi adalah proses penyerapan molekul (gas atau cair) oleh permukaan (padatan). Definisi tersebut digunakan untuk menjelaskan terjadinya akumulasi molekul-molekul gas pada permukaan padatan. Adsorpsi dapat terjadi karena interaksi gaya elektrostatis atau van der Waals antar molekul (*physisorption/fisisorpsi*) maupun oleh adanya interaksi kimiawi antar molekul (*chemisorption/kimisorpsi*) [Smith,2001].

Adsorpsi biasanya dilakukan secara isotermal, dimana terjadi suatu kesetimbangan antara jumlah adsorbat didalam partikel pada adsorben dengan tekanannya (jika gas) atau konsentrasinya (jika cairan). Adsorpsi isoterm pertama kali diperkenalkan oleh Freundlich dan Kuster (1894) dan rumus empirik murninya valid digunakan untuk adsorbat – adsorbat gas [Wikipedia, 2009]. Teori adsorpsi Langmuir dan BET adalah teori adsorpsi yang sering digunakan pada aplikasi teknik terutama untuk adsorbat gas. Namun bagaimanapun aplikasi model tersebut masih terbatas pada adsorpsi gas zat tunggal, sedangkan penggunaan dan akurasinya di dalam adsorpsi multikomponen masih banyak dipertanyakan, terutama pada tekanan tinggi.

Model BET ini merupakan pengembangan dari model Langmuir. Model Langmuir merupakan model yang paling sederhana dan mudah diaplikasikan sehingga banyak digunakan dalam berbagai bidang industri. Namun model

Langmuir ini hanya berasumsi bahwa adsorpsi yang terjadi adalah monolayer, sedangkan di beberapa aplikasi terutama pada proses adsorpsi secara fisika yang banyak terjadi adalah adsorpsi multilayer. [Darmawan, 2008] Kekurangan dari model Langmuir ini kemudian disempurnakan lagi oleh model BET. Model adsorpsi isoterm BET inilah yang akhirnya dapat diaplikasikan pada adsorpsi multilayer. Pada penelitian ini model adsorpsi isoterm BET akan dievaluasi dalam penerapannya untuk adsorpsi gas multikomponen.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan persamaan adsorpsi BET sehingga persamaan tersebut dapat merepresentasikan data eksperimen adsorpsi gas multikomponen lebih akurat. Adapun tujuan penelitian yang akan dilakukan secara lebih spesifik adalah :

1. Mengembangkan model adsorpsi isoterm BET untuk aplikasi adsorpsi multikomponen.
2. Mengevaluasi keakuratan model adsorpsi BET untuk merepresentasikan data adsorpsi gas multikomponen.
3. Memodifikasi aturan pencampuran untuk mendapatkan model BET multikomponen yang cukup akurat.

1.3 Perumusan Masalah

Persamaan BET merupakan salah satu persamaan yang menjelaskan proses adsorpsi isoterm. Persamaan ini merupakan pengembangan dari persamaan Langmuir yang menganggap adsorpsi adalah monolayer.

Bagaimanapun aplikasi model tersebut masih terbatas pada adsorpsi gas zat tunggal, sedangkan penggunaan dan akurasi di dalam adsorpsi multikomponen masih banyak dipertanyakan, terutama pada tekanan tinggi. Sehingga, diperlukan suatu kajian untuk mengevaluasi penerapan model adsorpsi BET pada adsorpsi gas multikomponen, serta memodifikasinya jika diperlukan untuk dapat merepresentasikan data percobaan secara lebih akurat,

1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Proses adsorpsi terjadi tanpa disertai perubahan temperatur atau dengan katalain adsorpsi diasumsikan terjadi pada kondisi isoterm.
2. Model yang digunakan untuk proses adsorpsi adalah persamaan adsorpsi isoterm BET.
3. Data yang digunakan untuk mengevaluasi persamaan berasal dari literatu
4. Gas yang terlibat adalah multikomponen.
5. Gas kerja pada penelitian ini meliputi :
 - Gas Metana (CH_4)
 - Gas Etana (C_2H_6)
 - Gas Etena (C_2H_4)
 - Gas Karbondioksida (CO_2)
 - Gas Nitrogen (N_2)
 - Gas Hidrogen Sulfida (H_2S)
6. Adsorben yang digunakan pada penelitian adalah :
 - Karbon aktif
 - Zeolit

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan terdiri dari :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang permasalahan secara umum yang mencakup latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang teori – teori yang mendukung penelitian serta hasil penelitian orang lain atau yang berasal dari literatur sebagai acuan khusus.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi metode yang dipakai dalam penelitian yang mencakup tahapan-tahapan penelitian. Bagian ini juga menjelaskan diagram alir penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dilakukan pembahasan terhadap hasil pengolahan data yang dilakukan dengan menggunakan dua persamaan, yaitu persamaan BET dan persamaan hasil modifikasi BET.

BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini berisi tentang rangkuman poin – poin penting dari hasil dan pembahasan sehingga tercapai tujuan dari penelitian yang diharapkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Adsorpsi [Yang,1987]

Dalam proses adsorpsi satu atau lebih komponen – komponen dari gas atau aliran liquid diadsorb pada permukaan dengan sebuah adsorben padat dan proses pemisahan dapat terjadi. Dalam proses komersial, adsorben biasanya dalam bentuk partikel kecil dalam sebuah *fixed bed*. Fluida dilewatkan melalui kolom dan partikel – partikel solid mengadsorb komponen dari fluida tersebut. Ketika kolom hampir jenuh, laju alir dalam kolom ini dihentikan dan kolom diregenerasi secara termal atau dengan metode – metode yang lain, jadi desorpsi terjadi. Adsorben padat telah siap digunakan kembali untuk proses adsorpsi.

Dalam teori ini peristiwa adsorpsi dianalogikan sebagaimana halnya penyebaran cairan minyak diatas air. Secara sederhana pada proses adsorpsi digambarkan bahwa molekul yang berasal dari fluida ditarik oleh atom dari padatan. Pada beberapa adsorben seperti alumina dan karbon aktif yang memiliki struktur yang amorf dan memiliki banyak pori-pori yang kecil dapat membentuk luas permukaan yang sangat luas sehingga molekul-molekul yang teradsorpsi akan semakin banyak.

2.2 Jenis – jenis Adsorpsi

2.2.1 Adsorpsi Secara Kimia

Adsorpsi secara kimia atau *chemisorption* merupakan adsorpsi dimana gaya yang terlibat adalah gaya valensi yang sama seperti halnya pada pembentukan senyawaan kimia. Permasalahan yang timbul dalam membedakan antara adsorpsi secara kimia dengan adsorpsi secara fisik pada dasarnya sama dengan membedakan antara interaksi secara kimia dan interaksi secara fisika secara umum. Tidak terdapat perbedaan tajam mengenai keduanya yang timbul. Beberapa ciri-ciri yang biasanya terdapat pada adsorpsi secara kimia atau *chemisorption*: [Yang, 1987]

- 1) Adanya ciri khusus yang melibatkan proses kimiawi
- 2) Adanya perubahan pada keadaan elektron yang dapat dideteksi oleh *infrared spectroscopy*
- 3) Tahap awal pada *chemisorption* melibatkan energi aktivasi.
- 4) Hanya terbentuk satu lapis pada saat terjadi adsorpsi.

2.2.2 Adsorpsi Secara Fisika [Yang,1987]

Adsorpsi secara fisik merupakan peristiwa adsorpsi yang melibatkan gaya intermolekuler (Van Der Waals) sama halnya dengan gaya yang terdapat pada proses kondensasi uap dan kelemahan yang ada pada gas nyata. Beberapa ciri dari adsorpsi secara fisik adalah sebagai berikut:

- 1) Proses terjadi secara umum pada setiap sistem padatan/fluida.
- 2) Keterangan mengenai gangguan pada kedudukan elektron adsorben dan adsorbat kecil.
- 3) Spesies yang teradsorpsi secara kimiawi identik pada fase fluidanya, sehingga sifat dari fluida tidak berubah karena adanya adsorpsi.
- 4) Energi interaksi antara molekul adsorben dan adsorbat besarnya sama dan terkadang lebih besar dibandingkan energi kondensasi adsorpsi.
- 5) Pada adsorpsi secara fisik, kesetimbangan terbentuk antara adsorbat dan fasa fluid. Pada sistem padatan/gas pada tekanan yang tidak terlalu tinggi tingkat adsorpsi secara fisik meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan gas .
- 6) Lapisan yang terbentuk pada proses adsorpsi bisa lebih dari satu.

Permasalahan yang timbul dalam membedakan antara adsorpsi secara kimia dengan adsorpsi secara fisika pada dasarnya sama dengan membedakan antara interaksi secara kimia dan interaksi secara fisika. Tidak terdapat perbedaan yang cukup tajam mengenai keduanya yang timbul. Perbedaan antara adsorpsi fisika dengan adsorpsi kimia dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Tabel Perbedaan Antara Adsorpsi Kimia dan Adsorpsi Fisika

No.	Parameter	Adsorpsi secara fisika	Adsorpsi secara kimia
1.	Adsorben	Semua jenis	Terbatas
2.	Adsorbat	Semua gas	kecuali gas mulia
3.	Jenis Ikatan	Fisika	Kimia
4.	Panas Adsorpsi	5-10 kkal/gmol gas	10-100 kkal/gr-mol gas
5.	Temperatur Operasi	Dibawah temperatur kritis	di atas temperatur kritis
6.	Energi Aktivasi	kurang dari 1 kkal/gr-mol	10-60 kkal/gr-mol
7.	Reversibilitas	Reversibel	Tidak selamanya reversibel
8.	Tebal Lapisan	Banyak (multilayer)	Satu (monolayer)
9.	Kecepatan adsorpsi	Besar	Kecil
10.	Jumlah zat teradsorb	Sebanding dengan kenaikan tekanan	Sebanding dengan banyaknya inti aktif adsorben yang dapat beraksi dengan adsorbat.

2.3 Kriteria Ketika Menggunakan Proses Adsorpsi [Yang, 1987]

Proses adsorpsi dipilih pada suatu proses pemisahan dari dua komponen. Dimana proses adsorpsi ini dipilih dengan kriteria – kriteria sebagai berikut :

- 1) Volatilitas relatif antara komponen – komponen kunci yang ingin dipisahkan memiliki rentang 1.2 – 1.5 atau yang lebih rendah.
- 2) Komponen yang akan dipisahkan memiliki titik didih yang berdekatan. Adsorpsi akan efektif jika komponen-komponen tersebut secara kimia dan geometri berbeda.
- 3) Biaya pemisahan adsorpsi secara umum lebih rendah dibandingkan pemisahan dengan metode lain. Proses adsorpsi memerlukan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan proses destilasi.
- 4) Temperatur rendah dan tekanan tinggi diperlukan untuk *liquefaction*.

2.4 Adsorben [Yang,1987]

Padatan yang digunakan untuk menyerap fluida (cair maupun gas) pada proses adsorpsi disebut adsorben. Karakteristik adsorben yang penting adalah adsorben ini memiliki porositas yang tinggi. Selain itu, untuk adsorben karakteristik secara fisik lebih penting dibandingkan karakteristik kimianya. Struktur mikroskopis adsorben dapat diketahui dengan metode standar. Karakteristik secara fisik yang penting diantaranya :

- Volum pori
- Luas permukaan
- Distribusi ukuran pori

Adsorben yang digunakan biasanya dalam bentuk pelet spherical, batang, papan, monolit dengan hidrodinamik dengan diameter 0.5 dan 10 mm. Adsorben harus tahan terhadap abrasi, stabil pada suhu tinggi, dan pori – pori diameter yang kecil yang memiliki kapasitas permukaan yang besar untuk adsorpsi.

Banyak industri adsorben mengelompokkan pada tiga kelas

- 1) *Oxygen-containing compounds* yang mempunyai tipe hidrofilik dan polar, yang termasuk kategori ini adalah silika gel dan zeolit.
- 2) *Carbon-based compounds* yang mempunyai tipe hidrofobik dan non polar, yang termasuk kategori ini adalah aktif karbon dan grafit.
- 3) *Polymer-based compounds* yang polar dan non polar.

Untuk mengetahui volume pori, baik volume total pori maupun distribusinya serta diameter pori yang dibutuhkan digunakan berdasarkan pada penentuan densitas (penempatan) dari merkuri dan helium. Helium digunakan karena ukuran atomnya yang kecil serta adsorpsinya yang menyertainya dapat diabaikan menunjukkan total kekosongan dimana merkuri tidak berpenetrasi kedalam pori pada tekanan ambient dan memberikan kekosongan antar partikel. Total volume pori setara dengan perbedaan antara kekosongan. Distribusi ukuran pori (*pore size distribution*) diukur dengan menggunakan merkuri porosimeter untuk pori dengan ukuran lebih besar dari 100-150 Angstrom serta dengan menggunakan N₂ desorpsi untuk rentang ukuran pori 10-250 Angstrom. Radius

pori pada tekanan tertentu dihitung dengan didasarkan pada kesetimbangan tekanan yang diterapkan dan tegangan antar permukaan :

$$r = \frac{-2\sigma m \cos \theta}{p} \quad (2.1)$$

Dimana :

σ = tegangan antar permukaan

θ = sudut kontak

Secara umum σ bernilai 0,48 N/m dan θ memiliki rata-rata nilai sebesar 140° . Persamaan diatas diturunkan menjadi $r = 7500/P$ dimana P dalam atm dan r dalam Angstrom. Pada teknik N_2 adsorpsi memiliki keuntungan ketika terjadi kondensasi secara kapiler pada tekanan relatif. Hal ini disebabkan karena kesetimbangan tekanan uap diatas miniskus konkaf lebih rendah dibandingkan tekanan diatas permukaan lurus, yang diprediksikan oleh persamaan Kelvin :

$$\frac{\ln P}{P_0} = \frac{-2\sigma V_m \cos \theta}{r_k RT} \quad (2.2)$$

dimana :

V_m = Volum molar cairan

r_k = Radius Kelvin

R dan T = konstanta gas dan temperatur absolut

Adsorben berdasarkan struktur dan karakteristik air dibedakan menjadi dua bagian, yaitu adsorben yang amorf dan adsorben yang memiliki struktur jelas. Pembagian ini dapat dilihat dari Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Adsorben Berdasarkan Strukturnya

Struktur dan karakteristik Air	Amorf	Non amorf
Hidrofilik	Karbon Aktif, Polimer	Carbon molecular sieve, silikat
Hidrofobik	Silika Gel, Alumina aktif	Jenis-jenis Zeolit seperti : 3A (KA), 4A (NaA), 5A (CaA)

Klasifikasi adsorben yang dilakukan selain berdasarkan struktur juga berdasarkan ukuran porinya. Berikut ini merupakan hasil pengklasifikasian adsorben yang dilakukan oleh IUPAC:

Tabel 2.3 Klasifikasi Adsorben Berdasarkan Diameter Porinya

Tipe	Diameter Pori
Mikropori	$\omega < 2\text{nm}$
Mesopori	$2\text{ nm} < \omega < 50\text{ nm}$
Makropori	$\omega > 50\text{ nm}$

2.4.1 Karbon Aktif

Pembuatan dan penggunaan karbon aktif dimulai dari dari abad ke 19. Proses pembuatan karbon aktif secara modern mengikuti tahap – tahap sebagai berikut : Persiapan bahan baku, *pelletizing*, karbonisasi pada temperatur rendah dan aktivasi. Kondisi – kondisi dikontrol secara hati-hati untuk mencapai struktur yang baik dan kekuatan mekanis.[Adsorption.org]

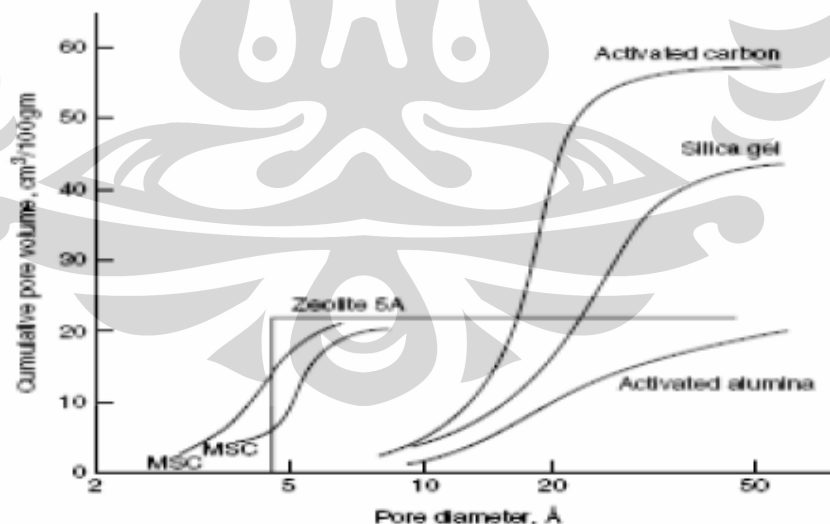
Bahan baku untuk karbon aktif biasanya yang memiliki kandungan karbon seperti kayu, tempurung kelapa, dan tulang. Antrasit dan bituminous mempunyai banyak sumber. Metode yang digunakan untuk proses aktivasi itu sendiri terdiri dari dua jenis, yaitu dengan gasifikasi dan bahan kimia. Pada proses aktivasi dengan menggunakan gas, keterlibatan gas terjadi pada tahapan perlakuan awal dan pembentukan pelet, gas digunakan pada karbonisasi awal yang bertujuan untuk mengurangi bagian-bagian pada bahan dasar yang bersifat volatil yaitu pada temperatur 400-500 °C kemudian gas kembali terlibat pada gasifikasi parsial yang bertujuan untuk menaikkan porositas dan luas permukaan pada temperatur 800-1000 °C. [Douglas] Tahap aktivasi merupakan tahapan yang sangat krusial dalam mencapai distribusi pori yang diinginkan. Pada dasarnya tahap ini merupakan gasifikasi yang didalamnya digunakan steam karbondioksida maupun oksigen sebagaimana penambahan katalis.

Metode kedua yang digunakan untuk memproduksi karbon aktif adalah dengan menggunakan bahan kimia. Bahan kimia ditambahkan berfungsi untuk

mendegradasi dan mendehidrasi *raw material selulotik*. *Raw material* yang biasanya digunakan untuk metode ini adalah lignin, misalnya serbuk kayu. Pada proses aktivasi menggunakan reagen kimia tidak dibutuhkan tahap pra karbonisasi.

Raw material akan dicampur dengan aktivator seperti asam fosfat, seng klorida, kalium sulfida dan kalium tiosianat yang kemudian dikarbonisasi pada temperatur antara 500-900 °C. sisa bahan kimia yang bercampur dengan produk dihilangkan dengan menggunakan air atau asam. Produk yang dihasilkan biasanya berbentuk bubuk dan digunakan untuk tujuan pada fase gas dan fase terlarut.

Karbon aktif merupakan adsorben yang memiliki luas permukaan yang paling besar dibandingkan dengan adsorben lainnya. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300 dan 4000 m²/g yang diukur dengan menggunakan metode BET. Pengujian terhadap karbon aktif dilakukan dengan melakukan pengukuran *bulk density*, *absolute density*, *particle density*, distribusi ukuran partikel, kekuatan mekanik, dan *pressure drop* sepanjang *packed bed*. Efektifitas dari karbon aktif dapat diuji dengan mengukur banyaknya reagen kimia yang dapat teradsorpsi dalam kondisi standar. Gambar 2.1 menunjukkan distribusi pori pada tiap adsorben



Gambar 2.1 Distribusi Ukuran Partikel Pada Tiap – Tiap Adsorben

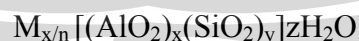
2.4.1.1 Sifat dari karbon aktif

Karakteristik unik karbon aktif, berlawanan dengan sebagian besar dari yang dimiliki adsorben, karakteristik yang unik ini adalah permukaan karbon aktif yang bersifat non polar atau sedikit polar yang disebabkan karena pada permukaannya terdapat pengotor anorganik dan grup dari oksida. Karakteristik yang unik ini memberikan keuntungan bagi karbon aktif itu sendiri, diantaranya :

- 1) Karbon aktif merupakan satu – satunya adsorben yang digunakan untuk proses pemisahan dan pemurnian dengan tanpa membutuhkan pemindahan uap, seperti dalam pemurnian udara.
- 2) Karena sangat luas dengan volume pori yang besar dibandingkan adsorben lainnya, maka karbon aktif dapat mengadsorpsi lebih banyak molekul nonpolar dan molekul polar yang lemah. Sebagai contoh, besarnya metana yang diadsorpsi oleh karbon aktif dua kali lebih banyak dibandingkan dengan besarnya metana yang diadsorpsi oleh zeolit.
- 3) Kalor adsorpsi atau kekuatan ikatannya secara umum lebih lemah dibandingkan dengan adsorben lainnya. Sehingga dibutuhkan energi yang rendah pula untuk proses regenerasi karbon aktif itu sendiri.

2.4.2 Zeolit

Zeolit merupakan kristal aluminosilikat dari alkali atau elemen alkali seperti sodium, potassium, dan kalsium yang ditunjukkan dengan stoikiometri :



Dimana x dan y adalah bilangan dengan y/x sama dengan lebih dari satu, n adalah valensi kation M, dan z adalah bilangan dari jumlah molekul air dari unit sel.

Zeolit adalah polar di alam. Zeolit diproduksi dengan sintesis hidrotermal dari sodium aluminosilikat atau sumber silika yang lain dalam sebuah autoclave yang kemudian diikuti oleh *ion exchange* dengan beberapa kation (Na^+ , Li^+ , Ca^+ , K^+ , NH_4^+).

Zeolit digunakan dalam proses pengeringan udara, pemisahan CO₂ dari gas alam, pemisahan CO dalam gas reforming, pemisahan udara, katalitik cracking, dan katalitik sintesis dan reforming.

2.4.2.1 Aktivasi zeolit

Zeolit yang terbentuk secara alami biasanya mengandung banyak pengotor, seperti mineral mineral dan bahan-bahan organik yang ada di tanah misalnya asam humat. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kemampuan zeolit sesuai dengan tujuan penggunaannya, biasanya dilakukan aktivasi terhadap zeolit. Beberapa cara aktivasi yang biasa digunakan, yaitu:

1) Aktivasi secara kimia

Aktivasi ini biasa dilakukan dengan tujuan untuk melarutkan pengotor-pengotor yang menutupi permukaan zeolit dan gugus fungsi yang ada pada zeolit. Pengotor yang bersifat asam akan larut dengan pencucian yang menggunakan larutan basa dan pengotor yang bersifat basa akan larut dalam pencucian dengan larutan asam, sehingga akan diperoleh zeolit yang bersih sehingga gugus fungsi yang terdapat pada zeolit teraktifkan.

2) Aktivasi secara fisik atau pemanasan

Aktivasi fisik atau secara pemanasan dilakukan untuk menghilangkan air yang terdapat pada permukaan atau pori-pori zeolit, sehingga pori-pori zeolit dapat lebih terbuka. Selain itu aktivasi secara fisik dapat memperoleh zeolit dengan pori-pori zeolit dapat lebih terbuka. Selain itu aktivasi secara fisik dapat memperoleh zeolit dengan pori-pori yang lebih terbuka karena pemanasan ini dapat menguraikan senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam rongga atau pori zeolit. Biasanya aktivasi ini dilakukan dengan pemanasan pada suhu 300°C-600°C.[Husnil Yuli, 2005]

2.5 Kesetimbangan Isoterm Adsorpsi

Untuk sistem gas-padatan, jumlah zat yang diadsorb pada kesetimbangan dinyatakan dalam :

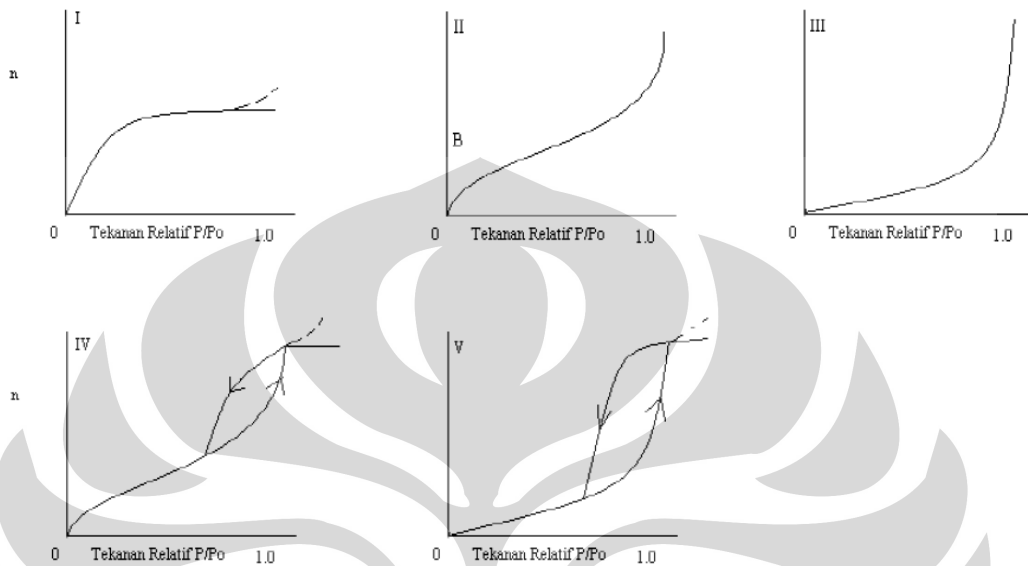
$$v = f(P, T) \quad (2.3)$$

dimana v dinyatakan dalam cc STP/g. Pada temperatur yang sesuai, v merupakan fungsi dari P , yang disebut dengan sebuah isoterm adsorpsi.

Pada sistem gas-padat, yang terjadi adalah adsorpsi secara fisik dimana molekul dari adsorbat (fasa gas) akan terikat dalam padatan melalui gaya van der

Waals dan gaya coulomb. Kapasitas dari adsorben yang digunakan tergantung pada luas permukaan dan porositas.

Sebagian besar adsorpsi isoterm bisa diklasifikasikan kedalam lima tipe, yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2



Gambar 2.2 Lima Tipe Adsorpsi Isoterm

Tipe I dan II sering ditemukan dalam proses pemisahan. Banyak teori dan model-model yang telah dibangun untuk menafsirkan tipe perbedaan dari adsorpsi isoterm. Hasil dari persamaan adsorpsi isoterm kemudian bisa digunakan untuk memprediksi jumlah zat yang diadsorpsi berdasarkan pada jumlah experiment.

Model dari adsorpsi isoterm didasarkan pada tiga pendekatan yang berbeda :

- 1) Pendekatan Langmuir: Pendekatan diberikan oleh Langmuir pada tahun 1918, secara dasar sebuah kinetika, mengasumsikan sistem adsorpsi adalah kesetimbangan dinamik, dimana laju evaporasi adalah sebanding dengan kondensasinya. Isoterm Langmuir adalah tetap yang paling berguna untuk korelasi data dalam proses pemisahan.
- 2) Pendekatan Gibbs: Pendekatan ini memakai adsorpsi isoterm Gibbs:

$$-Ad\pi + nd\mu = 0 \quad (2.4)$$

Dan mengasumsikan dua persamaan dimensional dari lapisan diadsorb, hubungan $\pi - A - T$, dimana π adalah penyebaran tekanan, A adalah luas permukaan, n adalah jumlah mol, dan μ adalah potensial kimia. Sebuah integrasi dari persamaan Gibbs menghasilkan persamaan isoterm yang dibutuhkan.

- 3) Teori potensial: Dibuat oleh Polanyi pada sekitar 1914, sistem adsorpsi dilihat setahap demi setahap sebagai konsentrasi dari molekul gas pada permukaan solid melalui potensialnya.

2.5.1 Isoterm berdasarkan pada pendekatan Langmuir

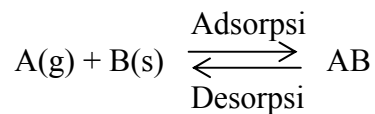
Isoterm paling sederhana dan masih berguna, untuk kedua adsorpsi secara fisika dan kimia, adalah isoterm Langmuir. Walaupun semula Langmuir dipertimbangkan tujuh kasus, termasuk adsorpsi multilayer, adsorpsi pada permukaan heterogen, dan adsorpsi dengan disosiasi, Isoterm Langmuir didasarkan pada asumsi-asumsi:

- 1) Molekul yang diadsorb atau atom menempati satu tempat dalam suatu adsorben.
- 2) Tiap situs dalam adsorben dapat mengakomodasi hanya satu molekul atau atom
- 3) Energi adsorpsi pada tiap situs sama tidak ada interaksi antara adsorbat yang bersebelahan.

Persamaan isoterm yang diperoleh didasarkan pada konsep dari kesetimbangan dinamik antara laju kondensasi (adsorpsi) dan evaporasi (desorpsi). Karena situs telah terisi yang tidak lagi terdapat adsorpsi, laju adsorpsi per unit luas permukaan adalah sebanding dengan $\alpha v(1-\theta)$, dimana v adalah frekuensi tabrakan dari molekul – molekul gas yang menyerang permukaan, α adalah kemungkinan menempel atau koefisien akomodasi dari adsorpsi, dan θ adalah jumlah fraksi, sebagai teori kinetik dari gas:

$$v = \frac{P}{(2\pi mkT)^{1/2}} \quad (2.5)$$

Reaksi kimia dari adsorpsi isoterm Langmuir :



Dimana $A(g)$ adalah molekul gas yang belum diadsorpsi, $B(s)$ permukaan logam yang kosong dan AB adalah molekul gas diadsorpsi.

Berdasarkan pada teorinya, Langmuir memperoleh persamaan Langmuir yang digambarkan pada sebuah hubungan antara jumlah situs yang aktif dari permukaan yang mengalami adsorpsi dan tekanan.

$$\theta = \frac{BP}{1 + BP} \quad (2.6)$$

$$B = \frac{\alpha}{\beta(2\pi mkT)^{1/2}} e^{Q/RT} \quad (2.7)$$

Dimana θ adalah fraksi dari lapisan monolayer, P menunjukkan tekanan dan B adalah konstanta adsorpsi Langmuir, atau konstanta Langmuir. Keterbatasan dasar dari persamaan adsorpsi Langmuir adalah hanya tepat buat tekanan rendah saja.

Pada tekanan yang rendah, BP adalah sangat kecil, bahwa faktor $(1+BP)$ dalam penyebut adalah bisa diabaikan. Jadi persamaan Langmuir menjadi:

$$\theta = BP \quad (2.7)$$

Pada tekanan tinggi BP sangat besar, sehingga faktor $(1+BP)$ dalam penyebut hampir sama dengan BP . Jadi persamaan Langmuir menjadi:

$$\theta = \frac{BP}{BP} = 1 \quad (2.8)$$

θ sulit untuk diukur secara percobaan, biasanya, adsorbat adalah gas dan jumlah yang diadsorb diberikan dalam bentuk mol, gram, atau dalam volume gas pada *standard temperature and pressure* (STP) per gram dari adsorben. Jika kita menganggap v_m adalah volume STP dari adsorbat yang dibutuhkan untuk membuat monolayer pada adsorben (per gram adsorben), $\theta = \frac{v}{v_m}$ dan kita

memperoleh sebuah ekspresi:

$$\frac{1}{v} = \frac{1}{Bv_m} \frac{1}{P} + \frac{1}{v_m} \quad (2.9)$$

Melalui slopenya dan intersep kita bisa menentukan v_{mon} dan K , yang konstan untuk setiap pasang adsorben/adsorbat pada temperatur yang diberikan. v_{mon} berhubungan dengan jumlah situs adsorpsi melalui hukum gas ideal. Jika kita mengasumsikan bahwa jumlah situs hanya keseluruhan luas dari padatan dibagi menjadi *cross section* dari molekul adsorbat, kita secara mudah menghitung luas permukaan dari adsorben. Luas permukaan dari adsorben bergantung pada strukturnya, semakin besar pori, semakin besar area, yang mempunyai pengaruh besar pada reaksi pada permukaan.

Jika lebih dari satu gas diadsorb pada permukaan atau adsorpsi multikomponen, kita mendefinisikan θ_E sebagai fraksi dari situs kosong dan kita mempunyai

$$\theta_E = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^n B_i P_i} \quad (2.10)$$

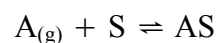
Dan

$$\theta_j = \frac{B_j P_j}{1 + \sum_{i=1}^n B_i P_i} \quad (2.11)$$

Dimana i adalah setiap satu gas yang teradsorpsi.

2.5.2 Isoterm BET

Sering molekul – molekul membentuk multilayer, yang beberapa diadsorb telah diadsorb molekul – molekulnya dan isoterm Langmuir tidak valid. Pada tahun 1938 Stephan Brunauer, Paul Emmet, dan Edward Teller membangun sebuah isoterm model yang memiliki kemungkinan untuk dihitung. Teori mereka dikenal dengan Teori BET, yang diambil dari nama mereka. Mereka memodifikasi mekanisme Langmuir sebagai berikut:



Turunan dari formula mereka lebih rumit susunannya jika dibandingkan Langmuir,

Persamaan BET diperoleh :

$$\theta = \frac{n}{n_m} = \frac{cz}{(1-z)(1-z+cz)} \quad (2.12)$$

Dimana nilai z adalah P/P^0 dimana P^0 adalah tekanan uap murni adsorbat, kemudian nilai dari c adalah:

$$c = \frac{\alpha_1\beta_2}{\alpha_2\beta_1} \exp\left(\frac{Q_1 - Q_L}{RT}\right) = \exp\left(\frac{Q_1 - Q_L}{RT}\right) \quad (2.13)$$

Dimana tulisan kecil mengindikasikan jumlah dari layer dari permukaan, dan L menunjukkan *liquefaction*. Perbandingan kekuatan ikatan pada permukaan adsorben dan pada lapisan adsorbat monolayer didefinisikan sebagai konstanta c . sedangkan n menyatakan jumlah mol gas yang teradsorpsi persatuan massa adsorben, n_m menyatakan jumlah mol gas yang diperlukan untuk membentuk lapisan monolayer. Nilai c dan n_m ditentukan secara eksperimen. Persamaan BET masih berlaku sebagai alat utama untuk mengukur luas permukaan. Menggunakan data eksperimen dalam range $P/P_0 = 0,05$ sampai $0,3$, dimana P_0 adalah tekanan uap murni adsorbat. Persamaan sisi sebelah kiri 2.6 diplot terhadap tekanan relatif, dan slope dan intersep adalah nilai dari v_m dan c .

Persamaan BET jarang digunakan untuk korelasi data adsorpsi. Satu alasannya adalah meliputi betuk matematikanya yang kompleks. Alasan lainnya adalah bahwa persamaan tidak bisa dipakai untuk adsorpsi dibawah kondisi superkritikal yaitu pada temperatur kritisnya. Dibawah kondisi ini, modelnya kembali pada model Langmuir.

2.5.2.1 Pengembangan Persamaan BET untuk Adsorpsi Multikomponen

Teori BET untuk adsorption telah dikembangkan untuk campuran. Hasil persamaannya cukup kompleks karena memerlukan perhitungan berbagai kemungkinan panas dari adsorpsi antara layer yang tercampur. Seperti pengembangan isotherm Freundlich, ini juga sangat terbatas kegunaannya. Sebuah versi yang sederhana dari model BET untuk adsorpsi campuran telah dikembangkan oleh Gonzalez and Holland. Dengan mengasumsikan bahwa rasio

antara konstanta Langmuir yang ke (n+1)th dan layer ke nth adalah konstan untuk semua komponen pada campuran:

$$\frac{B_{n+1}}{B} = v \quad (2.14)$$

Jumlah dari i yang diserap adalah

$$v_i = v_{mi} P_i \sum_j \frac{B_i v^{j(j-1)/2} \phi^{j-1}}{(1+\phi)(1+v\phi)(1+v^2\phi)\dots(1+v^{j-1}\phi)} \quad (2.15)$$

dimana j adalah jumlah dari layer adsorbat, dan

$$\phi = \sum_m B_m P_m \quad (2.16)$$

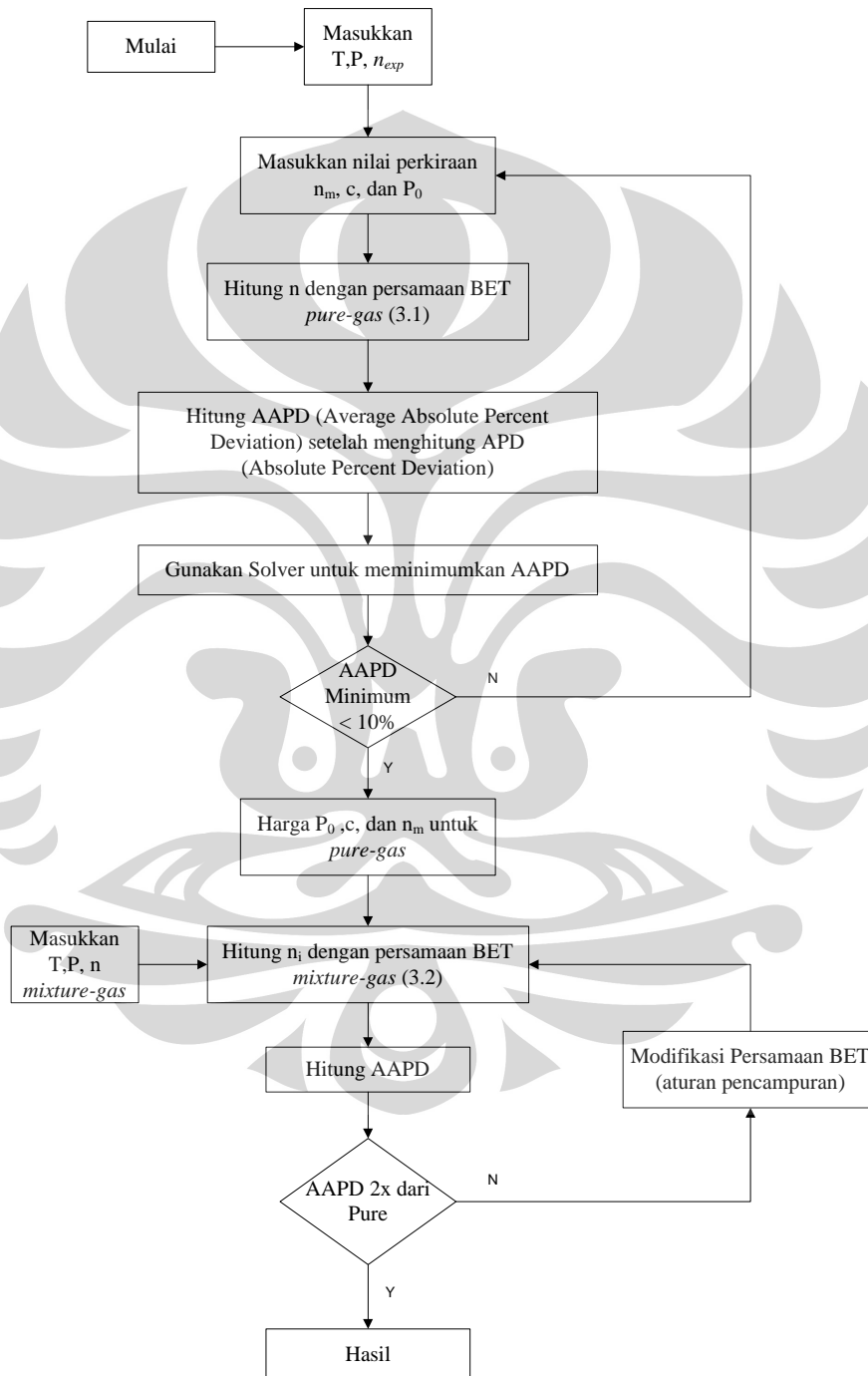
Ketika $j = 1$, persamaan 2.15 kembali pada persamaan Langmuir yang dikembangkan, Gonzalez dan Holland telah menunjukkan yang $j = 2$ adalah cukup untuk campuran dari paraffin pada karbon aktif dan silika gel.

Penyederhanaan lebih lanjut, untuk kasus dimana $P/P_0 = z = 0$ pada persamaan 2.12, maka parameter B pada persamaan 2.15 bisa dianalogikan dengan parameter c pada persamaan 2.12 sehingga bentuk sederhana dari pengembangan persamaan BET untuk multikomponen menjadi :

$$n_i = n_{mi} \frac{c_i (P/P_{oi}) y_i}{1 + \sum_j c_j (P/P_{oj}) y_j} \quad (2.17)$$

BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dalam studi ini dapat digambarkan di dalam diagram alir pada Gambar 3.1 dan dijelaskan lebih detail pada sub bab 3.2.



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahap Optimasi Data Eksperimen

3.1 Tahapan Penelitian

Tahap I : Pengumpulan Data dari Literatur

Penelitian diawali dengan mengumpulkan data – data mengenai adsorpsi gas. Data – data eksperimen ini merupakan data yang berasal dari literatur dengan variasi yang terdapat pada parameternya seperti adsorben, adsorbat yang digunakan serta kondisi temperatur dan tekanan yang bervariasi. Tabel 3.1 sampai dengan Tabel 3.4 merupakan data-data dari literatur yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3.1 Data Yang Digunakan Untuk Evaluasi Model Adsorpsi *Pure-Gas*

No. Sistem	Adsorben	Adsorbat	Range Suhu (K)	Range Tekanan (MPa)	Referensi
1	AC, BPL	CH ₄	213 – 301	0,012 – 3,83	Reich (1980)
2	AC, BPL	C ₂ H ₄	213 – 301	7x10 ⁻⁴ – 1,70	Reich (1980)
3	Active Carbon	C ₂ H ₄	298- 373	0,0002-0,14	Hyun (1982)
4	AC, BPL	C ₂ H ₆	213 – 301	7x10 ⁻⁴ – 1,71	Reich (1980)
5	Active Carbon	C ₂ H ₆	298- 373	0,0004-0,14	Hyun (1982)
6	AC, BPL	CO ₂	213 – 301	0,003 – 3,84	Reich (1980)
7	Active Carbon	CO ₂	298- 323	0,0002-0,14	Hyun (1982)
8	Active Carbon	i-C ₄ H ₁₀	298- 373	0,0002-0,14	Hyun (1982)

No. Sistem	Adsorben	Adsorbat	Range Suhu (K)	Range Tekanan (MPa)	Referensi
9	H-Mordenite Molecular sieve zeolite	C ₃ H ₈	283-323	0,00002-0,2	Talu (1988)
10	H-Mordenite Molecular sieve zeolite	CO ₂	283-324	0,0003-0,3	Talu (1988)
11	H-Mordenite Molecular sieve zeolite	H ₂ S	283-368	0,0005-0,1	Talu (1988)

Tabel 3.2 Data Yang Digunakan Untuk Evaluasi Model Adsorpsi *Mixture-Gas*

No. Sistem	Adsorben	Adsorbat	Range Suhu (K)	Range Tekanan (MPa)	Referensi
1	AC, BPL	C ₂ H ₆ + C ₂ H ₄	301	0,14 – 1,98	Reich (1980)
2	AC, BPL	CH ₄ + C ₂ H ₄	301	0,12 – 2,03	Reich (1980)
3	AC, BPL	CH ₄ + C ₂ H ₆	301	0,13 – 2,01	Reich (1980)
4	Active Carbon	C ₂ H ₄ +CO ₂	298-323	0,13	Hyun (1982)
5	Active Carbon	i-C ₄ H ₁₀ +C ₂ H ₄	298-373	0,13	Hyun (1982)
6	Active Carbon	i-C ₄ H ₁₀ +C ₂ H ₆	298-323	0,13	Hyun (1982)

7	H- Mordenite Molecular sieve zeolite	$C_3H_8+CO_2$	303	0,001 – 0,04	Talu (1988)
8	H- Mordenite Molecular sieve zeolite	$C_3H_8+H_2S$	303	0,002 – 0,008	Talu (1988)
9	H- Mordenite Molecular sieve zeolite	CO_2+H_2S	303	0,001 – 0,016	Talu (1988)
10	AC, BPL	$CH_4+ C_2H_6+$ C_2H_4	301	0,12 – 2,97	Reich (1980)
11	H- Mordenite Molecular sieve zeolite	$CO_2+H_2S+C_3H_8$	303	0,0006 – 0,01	Talu (1988)

Tahap II : Memasukkan Data – Data dari Literatur dengan Menggunakan Spreadsheet

Data – data adsorpsi yang didapat dari literatur kemudian dimasukkan ke dalam *Spreadsheet*. Lalu disimpan dengan menggunakan format : nama dokumen.xls

Tahap III : Membuat Persamaan BET untuk *Pure-Gas* dengan Menggunakan Spreadsheet

Pada tahap ini dilakukan pembuatan persamaan BET ke dalam *Spreadsheet*.

Persamaan yang dimaksud adalah :

$$\theta = \frac{n}{n_m} = \frac{cz}{(1-z)(1-z+cz)} \quad (3.1)$$

Tahap IV : Membuat Persamaan BET untuk *Mixture-Gas* dengan Menggunakan Spreadsheet

Pada tahap ini dilakukan pembuatan persamaan BET ke dalam *Spreadsheet*.

Persamaan yang dimaksud adalah :

$$n_i = n_{mi} \frac{c_i (P/P_{oi}) y_i}{1 + \sum_j c_j (P/P_{oj}) y_j} \quad (3.2)$$

Tahap V : Melakukan Optimasi Parameter – Parameter Yang Ada dalam Persamaan BET Untuk *Pure-Gas* dan *Mixture-Gas*

Dari tiap-tiap data hasil eksperimen yang dilakukan dua macam perlakuan. Perlakuan pertama adalah pengolahan data gas teradsorpsi maksimum dengan menggunakan persamaan BET untuk *pure-gas*, pada pengolahan data yang pertama ini dilakukan perhitungan dengan cara menginput persamaan BET kedalam satu sel yang ada pada spread sheet lalu kedalam persamaan ini dimasukkan nilai tekanan (MPa), serta nilai konstanta BET (c), setelah itu ditentukan nilai persen deviasi dari data jumlah gas teradsorpsi maksimum hasil pengolahan dengan menggunakan persamaan BET terhadap data jumlah gas teradsorpsi maksimum literatur. Data – data yang didapatkan kemudian dituangkan dalam suatu grafik dimana yang bertindak sebagai absis (sumbu x) adalah tekanan yang terlibat dalam sistem P dan yang bertindak sebagai ordinat (sumbu y) adalah jumlah gas yang teradsorpsi (n). Pengolahan data yang kedua adalah mengoptimasi nilai jumlah gas teradsorpsi maksimum dan konstanta BET (c) sebagai parameter yang terdapat dalam persamaan BET dengan menggunakan salah satu *tools* yang ada dalam program Microsoft Excel yaitu solver sehingga

didapat nilai jumlah gas teradsorpsi maksimum dan nilai konstanta BET yang optimum. Perlakuan kedua dilakukan seperti perlakuan pertama terhadap data yang berasal dari literatur, hanya saja persamaan yang digunakan adalah persamaan BET untuk *mixture-gas* dengan parameter-parameter yang dioptimasi pada perlakuan kedua terdiri dari nilai konstanta BET (c), jumlah gas maksimum yang teradsorpsi (nmaks). Hasil optimasi haruslah memiliki kriteria sebagai berikut :

$$\sum \left| \frac{X_{\text{eksperimen}} - X_{\text{persamaan}}}{X_{\text{eksperimen}}} \right| \times 100\% = \text{minimum} \quad (3.3)$$

Parameter-parameter yang dioptimasi adalah sebagai berikut :

- Untuk persamaan BET *pure-gas* adalah nmaks dan c
- Untuk persamaan BET *mixture-gas* adalah nmaks, c, dan Po

optimasi ini dilakukan hingga kualitas deviasi dari masing-masing persamaan memiliki nilai yang paling kecil sehingga sudah tidak dapat lagi dilakukan optimasi. Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir optimasi parameter-parameter persamaan.

Tahap VI : Melakukan Modifikasi Persamaan BET (Sesuai Aturan Pencampuran)

Pada tahap ini dilakukan modifikasi persamaan BET sesuai aturan pencampuran apabila hasil perhitungan AAPD kurang dari 10 %. Yaitu dengan memasukkan faktor koreksi E_{ij} yang menggambarkan interaksi dua molekul dari gas yang teradsorpsi. Faktor koreksinya adalah sebagai berikut :

$$\text{Untuk Binary} \rightarrow x_1^2 + x_2^2 + 2 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (E_{1,2}) \quad (3.4)$$

$$\text{Untuk Ternary} \rightarrow x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + 2 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (E_{1,2}) + 2 \cdot x_1 \cdot x_3 \cdot (E_{1,3}) + 2 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot (E_{2,3}) \quad (3.5)$$

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, persamaan BET *pure-gas* dan *mixture-gas* digunakan untuk merepresentasikan data hasil eksperimen adsorpsi gas dengan menggunakan empat jenis adsorben. Gas – gas yang digunakan sebagai adsorbat adalah CH₄, C₂H₄, C₂H₆, CO₂, C₃H₈, i-C₄H₁₀, H₂S dan N₂. Sedangkan adsorben yang digunakan adalah karbon aktif dan zeolit

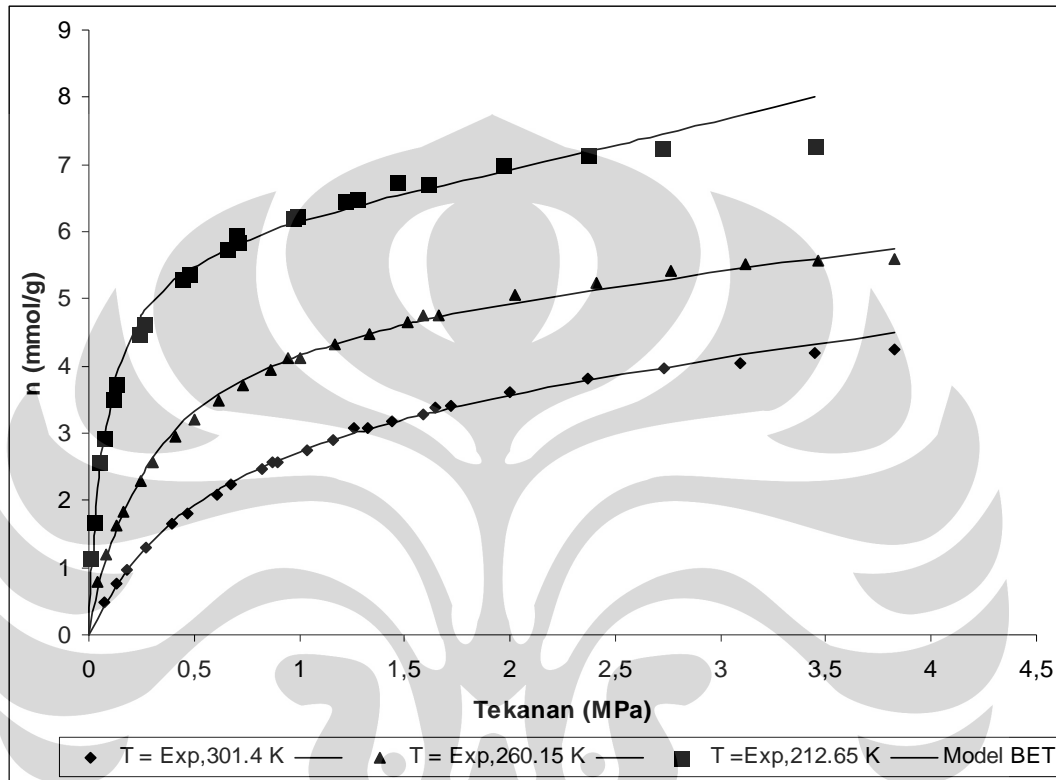
Berikut ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai hasil representasi adsorpsi beberapa macam gas murni didalam empat jenis adsorben yang telah disebutkan diatas berdasarkan masing – masing persamaan, baik persamaan BET *pure-gas* maupun persamaan BET *mixture-gas*.

4.1 Hasil Representasi Model dari Data Adsorpsi Gas Tunggal pada Karbon Aktif.

Tabel 4.1 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Gas pada Karbon Aktif

Sistem	Deskripsi		T (K)	Persamaan BET			AAPD (%)
	Gas	Adsorben		n_m (mmol/g)	c	P ₀ (MPa)	
1	CH ₄	Karbon Aktif	212,65	6,131	172,12	13,87	4,44
			260,15	5,098	77,98	22,97	2,44
			301,37	4,004	31,29	18,40	1,67
2	C ₂ H ₄	Karbon Aktif	212,65	6,060	693,02	2,30	8,34
			260,15	5,088	305,63	5,98	4,44
			301,37	4,585	109,14	9,72	2,83
3	C ₂ H ₄	Karbon Aktif	212,65	2,137	220,44	0,40	8,15
			323,15	2,036	91,20	0,44	5,58
			373,15	1,458	23,92	0,49	3,12
4	C ₂ H ₆	Karbon Aktif	212,65	5,530	907,43	1,23	3,39
			260,15	4,898	441,33	5,09	4,10
			301,37	4,557	156,63	9,40	3,01
5	C ₂ H ₆	Karbon Aktif	273,15	2,847	200,18	2,10	6,54
			298,15	2,730	170,87	4,93	6,26
			323,15	2,723	21,05	1,54	3,90
			373,15	2,730	19,26	5,47	1,94
6	CO ₂	Karbon Aktif	260,15	7,785	60,69	7,94	2,02
			301,37	6,978	56,71	23,55	1,72
7	CO ₂	Karbon Aktif	298,15	3,328	137,17	0,53	10,66
			323,15	2,429	76,79	0,39	6,78
8	i-C ₄ H ₁₀	Karbon Aktif	298,15	1,635	3876,96	0,92	3,85
			323,15	1,537	3876,96	2,38	2,66
			373,15	1,363	3612,04	12,87	5,08
Rata – Rata							4,48

Dari hasil pengolahan data yang ditunjukkan pada Tabel 4.1, secara umum dapat dilihat bahwa data literatur dapat direpresentasikan dengan cukup baik oleh model BET. Hal ini dapat dilihat dari nilai persen deviasi rata – rata (AAPD) yang dihasilkan cenderung kecil atau dapat dikatakan rata – rata semua data menghasilkan AAPD dibawah 5 %.



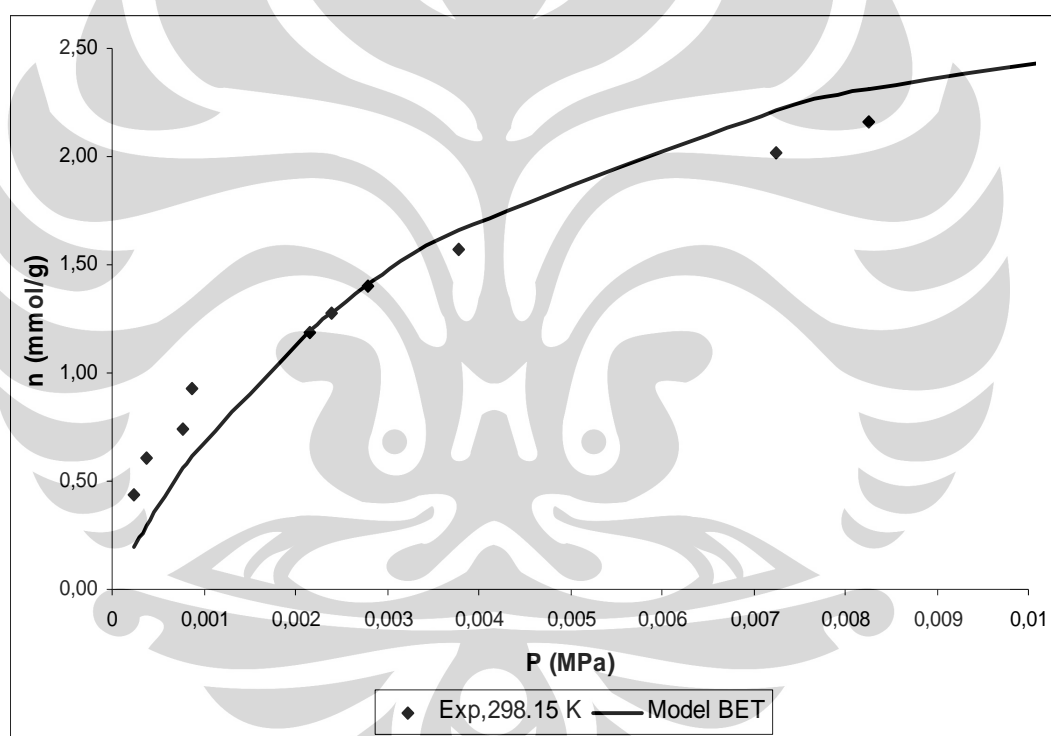
Gambar 4.1 Adsorpsi CH₄ Pada Sistem No. 1

Gambar 4.1 menunjukkan perbandingan antara data literatur dengan model BET untuk sistem nomor 1. Dari Gambar 4.1 diatas terlihat bahwa representasi data yang berasal dari persamaan BET mengikuti profil data eksperimen, dimana ketika tekanan semakin tinggi, maka representasi data dari persamaan BET memiliki kecenderungan untuk terus meningkat mengikuti profil dari data eksperimen. Namun demikian terlihat bahwa model BET cenderung over estimate dari data eksperimen pada tekanan yang semakin tinggi. Kecenderungan ini juga terlihat di hampir semua sistem.

Pada persamaan 2.13 bahwa harga c berbanding terbalik dengan temperatur hal ini juga ditunjukkan oleh data – data yang ada pada Tabel 4.1 dimana terdapat kecenderungan kenaikan pada harga c terhadap penurunan nilai

temperatur. Hal yang sama juga ditunjukkan oleh harga n_{\max} yang cenderung naik dengan turunnya harga temperatur. Jadi, semakin rendah temperatur maka semakin tinggi juga jumlah mol gas yang teradsorpsi (n_m).

Pada sistem no 7 pada temperatur 298,15 K nilai AAPD berada pada harga 10,66%. Hal ini terutama disebabkan karena deviasi yang sangat besar pada tekanan rendah. Pada daerah ini model BET memberikan hasil yang lebih rendah dari data eksperimen karena selisih antara nilai eksperimen dan perhitungan cukup besar, kemudian nilai eksperimen juga cukup kecil yang menyebabkan pembagiannya juga kecil. Proses deviasi untuk daerah ini bisa mencapai 50 %. Selain itu data percobaan sendiri menunjukkan ketidakteraturan yang cukup berarti, maka harga AAPD menjadi besar.



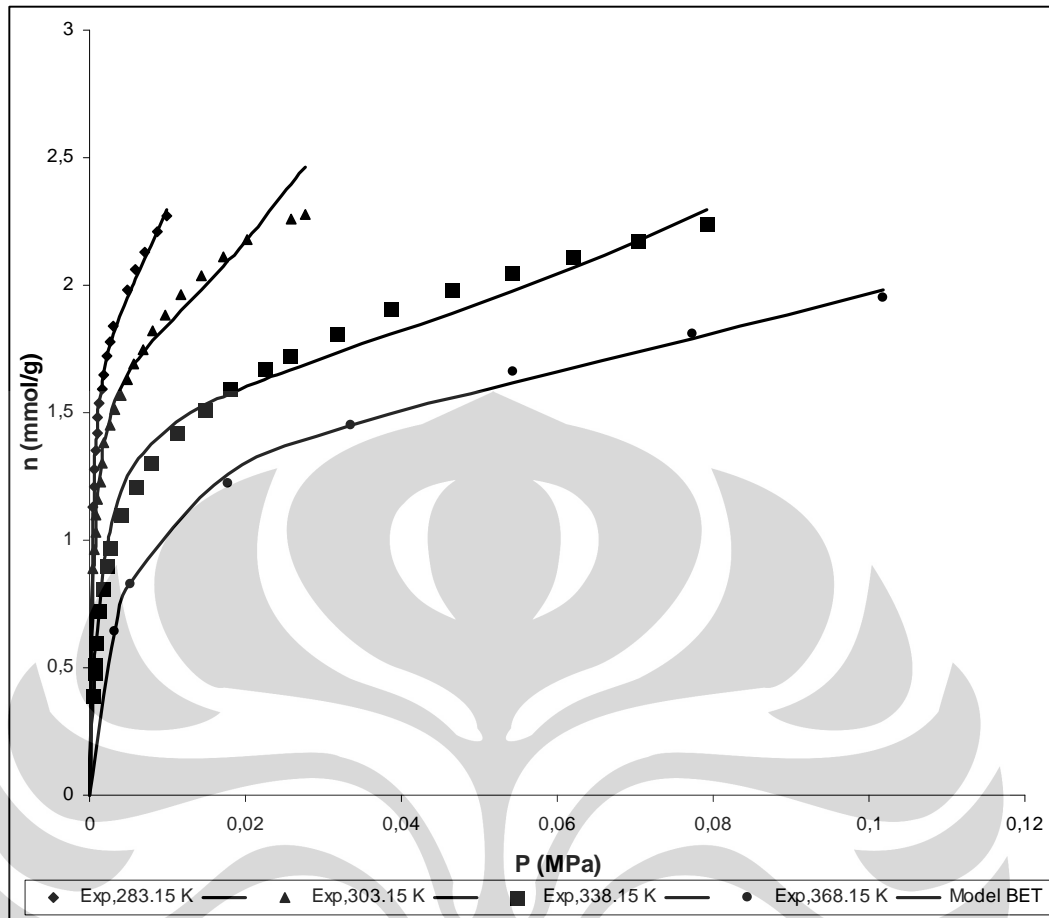
Gambar 4.2 Adsorpsi CO₂ Pada Sistem No. 7

4.2 Hasil Representasi Model dari Data Adsorpsi Gas Tunggal pada Zeolit.

Tabel 4.2 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Gas Tunggal Pada Zeolit

Sistem	Deskripsi		T (K)	Persamaan BET			AAPD (%)
	Gas	Adsorben		n_m (mmol/g)	c	P_0 (MPa)	
1	C ₃ H ₈	zeolit	283,05	0,860	1089,26	0,26	8,72
			303,15	0,839	450,01	0,41	6,98
			324,25	0,831	371,14	0,74	3,16
2	CO ₂	zeolit	283,15	1,470	98,17	0,13	7,99
			303,15	1,450	71,49	0,30	9,82
			323,15	1,440	64,51	0,60	10,18
3	H ₂ S	zeolit	283,15	1,845	147,16	0,05	1,11
			303,15	1,713	170,35	0,09	2,47
			338,15	1,566	171,29	0,24	3,72
			368,15	1,466	85,97	0,36	1,24
Rata – Rata							5,54

Dari hasil pengolahan data yang ditunjukkan pada Tabel 4.2, secara umum dapat dilihat bahwa data literatur dapat direpresentasikan dengan cukup baik oleh model BET. Hal ini dapat dilihat dari nilai persen deviasi rata – rata (AAPD) yang dihasilkan cenderung kecil atau dapat dikatakan rata – rata semua data menghasilkan AAPD dibawah 6 %.



Gambar 4.3 Adsorpsi H₂S Pada Sistem No. 3

Pada persamaan 2.13 bahwa harga c berbanding terbalik dengan temperatur hal ini juga ditunjukkan oleh data – data yang ada pada Tabel 4.2 dimana terdapat kecenderungan kenaikan pada harga c terhadap penurunan nilai temperatur. Hal yang sama juga ditunjukkan oleh harga n_{max} yang cenderung naik dengan turunnya harga temperatur. Jadi, semakin rendah temperatur maka semakin tinggi juga jumlah mol gas yang teradsorpsi (n_m).

Gambar 4.3 menunjukkan perbandingan antara data literatur dengan model BET untuk sistem nomor 3. Dari Gambar 4.3 terlihat bahwa representasi data yang berasal dari persamaan BET mengikuti profil data eksperimen, dimana ketika tekanan semakin tinggi, maka representasi data dari persamaan BET memiliki kecenderungan untuk terus meningkat mengikuti profil dari data eksperimen. Namun demikian terlihat bahwa model BET cenderung over estimate

dari data eksperimen pada tekanan yang semakin tinggi. Kecenderungan ini juga terlihat di hampir semua sistem.

4.3 Hasil Prediksi Model untuk Adsorpsi Campuran Dua Gas (Binary Mixture).

Tabel 4.3 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Campuran Dua Gas

Sistem	Deskripsi		T (K)	% AAPD		
	Gas	Adsorben		n1	n2	n total
1	C ₂ H ₆ (1)+C ₂ H ₄ (2)	Karbon Aktif	212,65	9,84	33,51	20,69
			301,37	8,79	16,79	12,59
2	CH ₄ (1)+C ₂ H ₄ (2)	Karbon Aktif	212,65	39,85	11,29	12,40
			260,15	33,69	6,22	8,15
3	CH ₄ (1)+C ₂ H ₆ (2)	Karbon Aktif	301,37	45,70	10,12	12,01
			212,65	65,28	15,32	18,45
4	C ₂ H ₄ (1)+CO ₂ (2)	Karbon Aktif	260,15	34,72	5,72	8,79
			301,37	40,24	6,79	11,21
5	i-C ₄ H ₁₀ (1)+C ₂ H ₄ (2)	Karbon Aktif	298,15	16,33	49,25	27,18
			323,15	22,86	40,14	29,40
6	i-C ₄ H ₁₀ (1)+C ₂ H ₆ (2)	Karbon Aktif	298,15	13,87	62,90	24,05
			323,15	12,48	70,63	18,47
7	C ₃ H ₈ (1)+CO ₂ (2)	H-Mordenite Molecular sieve zeolite	373,15	5,64	55,75	14,00
			298,15	37,88	76,79	14,73
8	C ₃ H ₈ (1)+H ₂ S(2)	H-Mordenite Molecular sieve zeolite	323,15	26,02	74,36	10,22
			303,15	15,36	77,27	36,84
9	CO ₂ (1)+H ₂ S(2)	H-Mordenite Molecular sieve zeolite	303,15	20,97	61,77	35,26
			303,15	28,04	27,98	24,70
Rata – Rata						18,84

Dari hasil pengolahan data, secara umum hasil prediksi model BET untuk adsorpsi dua gas kurang baik hal ini dapat dilihat dari nilai AAPD yang lebih besar dari 2 kali AAPD pure gas nya yaitu sebesar 18,84 % untuk ntotal. Hal ini menunjukkan bahwa model BET untuk campuran biner masih kurang bagus.

Oleh karena itu, maka dalam penelitian ini diusulkan untuk menambah faktor E_{ij} pada perhitungan model BET untuk mengakomodasi pengaruh interaksi antara dua molekul

Dari hasil prediksi model BET dengan E_{ij} untuk dua campuran gas yang ditunjukkan Tabel 4.4, secara umum dapat dilihat bahwa rata – rata % AAPD ntotal mencapai 8,89 % ini berarti penambahan parameter E_{ij} pada model BET dapat meningkatkan keakurasian data perhitungan secara signifikan.

Tabel 4.4 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Campuran Dua Gas dengan E_{ij}

Sistem	Deskripsi		T (K)	% AAPD			
	Gas	Adsorben		E_{ij}	n1	n2	n total
1	C ₂ H ₆ (1)+C ₂ H ₄ (2)	Karbon Aktif	212,65	1,63	13,69	16,85	4,24
			301,37	1,27	7,41	9,72	7,62
2	CH ₄ (1)+C ₂ H ₄ (2)	Karbon Aktif	212,65	1,32	10,12	8,53	9,61
			260,15	1,22	28,56	14,18	7,24
3	CH ₄ (1)+C ₂ H ₆ (2)	Karbon Aktif	301,37	1,05	45,58	10,50	11,71
			212,65	1,56	57,10	6,88	6,44
4	C ₂ H ₄ (1)+CO ₂ (2)	Karbon Aktif	260,15	1,12	31,83	7,45	7,70
			301,37	1,21	38,77	4,51	6,45
5	i-C ₄ H ₁₀ (1)+C ₂ H ₄ (2)	Karbon Aktif	298,15	1,94	50,29	28,40	5,50
			323,15	1,89	13,45	22,21	8,46
6	i-C ₄ H ₁₀ (1)+C ₂ H ₆ (2)	Karbon Aktif	298,15	1,75	38,09	54,62	7,26
			323,15	1,53	32,10	65,43	5,35
7	C ₃ H ₈ (1)+CO ₂ (2)	H-Mordenite Molecular sieve zeolite	373,15	1,39	15,16	51,62	7,56
			298,15	1,44	45,02	75,27	6,98
8	C ₃ H ₈ (1)+H ₂ S(2)	H-Mordenite Molecular sieve zeolite	323,15	1,19	27,91	73,50	6,28
			303,15	2,88	43,19	66,78	11,07
9	CO ₂ (1)+H ₂ S(2)	H-Mordenite Molecular sieve zeolite	303,15	2,52	28,11	57,54	23,42
			303,15	1,37	27,44	20,12	17,08
Rata – Rata							8,89

4.4 Hasil Prediksi Model untuk Adsorpsi Campuran Tiga Gas (Ternary Mixture).

Tabel 4.5 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Campuran Tiga Gas

Sistem	Deskripsi		T (K)	% AAPD			
	Gas	Adsorben		n1	n2	n3	n total
10	CH ₄ (1)+C ₂ H ₆ (2)+C ₂ H ₄ (3)	Karbon Aktif	212,65	62,41	8,35	29,50	19,73
			301,37	57,53	6,69	12,39	14,87
11	CO ₂ (1)+H ₂ S(2)+C ₃ H ₈ (3)	H-Mordenite Molecular sieve zeolite	303,15				
				37,90	80,01	120,57	29,17
Rata – Rata							21,26

Sama halnya dengan sistem dua campuran gas, pengolahan data untuk sistem tiga campuran, secara umum hasil prediksi model BET untuk adsorpsi tiga gas kurang baik hal ini dapat dilihat dari nilai AAPD yang lebih besar dari 2 kali AAPD pure gas-nya yaitu sebesar 21,26 % untuk ntotal. Hal ini menunjukkan bahwa model BET untuk campuran ternery juga kurang bagus.

Oleh karena itu perlu dilakukan juga menambah faktor E_{ij} pada perhitungan model BET untuk menambah keakurasian data perhitungan.

Dari hasil prediksi model BET dengan E_{ij} untuk tiga campuran gas yang ditunjukkan Tabel 4.6, secara umum dapat dilihat bahwa rata – rata % AAPDnya mencapai 8,14 % ini berarti penambahan parameter E_{ij} pada model BET dapat meningkatkan keakurasian data perhitungan secara signifikan.

Tabel 4.6 Hasil Pengolahan Data Adsorpsi Campuran Tiga Gas dengan E_{ij}

Sistem	Deskripsi		T (K)	% AAPD						
	Gas	Adsorben		E12	E13	E23	n1	n2	n3	n tot
10	CH ₄ (1)+C ₂ H ₆ (2)+ C ₂ H ₄ (3)	Karbon Aktif	212,65	2,63	0,26	1,53	55,48	15,67	12,66	5,88
			301,37	1,24	1,42	1,06	56,55	9,78	8,64	10,04
11	CO ₂ (1)+H ₂ S(2)+ C ₃ H ₈ (3)	H- Mordenite Molecular sieve zeolite	303,15	2,98	0,84	1,42	33,46	70,58	208,47	8,48
Rata –Rata										8,14

BAB V

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain:

1. Model BET dapat merepresentasikan data eksperimen untuk pure komponen secara baik. Hal ini dapat dilihat dari nilai persen deviasi rata – rata (AAPD) yang dihasilkan cenderung kecil. Dari data eksperimen adsorpsi gas dengan menggunakan adsorben karbon aktif rata – rata semua data menghasilkan AAPD dibawah 5 %. Sedangkan adsorpsi gas dengan menggunakan adsorben zeolit rata – rata semua data menghasilkan AAPD dibawah 6 %.
2. Kenaikan temperatur sistem dapat membuat nilai konstanta c dan jumlah gas yang teradsorpsi (n) cenderung mengalami penurunan. Hal ini secara umum terjadi pada setiap sistem dan adsorben yang digunakan.
3. Model BET untuk campuran yang berasal dari modifikasi Langmuir, kurang dapat memprediksi nilai adsorpsi gas dua komponen dengan baik yang ditunjukkan dengan AAPD total sebesar 18,84 %.
4. Penambahan faktor koreksi E_{ij} dapat memperbaiki model BET untuk dua komponen yang menghasilkan AAPD total sebesar 8,89 %.
5. Untuk sistem tiga komponen juga menghasilkan AAPD total yang kurang baik yaitu sebesar 21,26 %.
6. Penambahan faktor koreksi E_{ij} juga diterapkan pada sistem tiga komponen untuk memperbaiki model BET sehingga menghasilkan AAPD total sebesar 8,14 %.

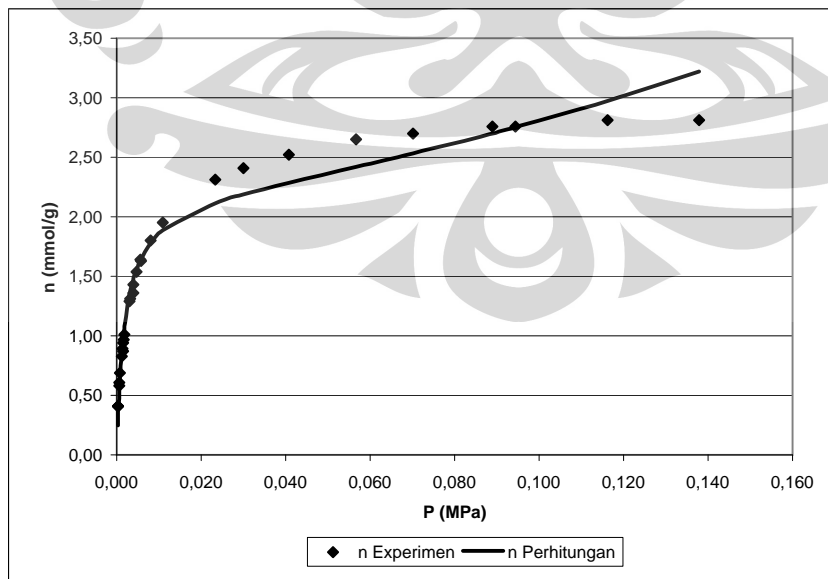
DAFTAR REFERENSI

- Dermawan, Panji. (2008). *Evaluasi Persamaan BET dan Hasil Modifikasinya Dalam Merepresentasi Data Eksperimen Adsorpsi Gas Pada Tekanan Tinggi*. Departemen Teknik Kimia FT UI.
- Douglas, J.M. *Conceptual Design of Chemical Engineering*. MacGraw-Hill. New York.
- Geankoplis, Christie, J. (1993). *Transport Processes and Unit Operations*. Third Edition. Prentice Hall.
- Husnil, Yuli Amalia. (2005). *Evaluasi Model Kisi Ono-Kondo Pada Adsorpsi Gas Tekanan Tinggi*. Departemen Teknik Kimia FT UI.
- Hyun, S. H. and Danner, R. P. (1982). *Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutene, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves*. J. Chem. Eng. Data, 27, 196-200.
- Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A. (1980). *Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres*. Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev, 19, 336-344.
- Ruthven, Douglas M., Shamsuzzaman Farooq and Kent S. Knaebel. (1994). *Pressure Swing Adsorption*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Smith, J. M., Van Ness, H.C and Abbott, M.M. (2001). *Introduction to chemical Engineering Thermodynamics, 6th Edition*, McGraw-Hill, New York.
- Sudibandriyo, Mahmud. (2007). *Metode Baru Prediksi Kapasitas Adsorpsi Gas Tekanan Tinggi*.
- Talu, O. and Zwiebel, I. (1988). *Multicomponent Adsorption Equilibrium of Non ideal Mixtures*. AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276.
- Yang, R. T. (1987). *Gas Separation by Adsorption Processes*, Butterworth's, Boston.
- www.wikipedia.com/adsorption.htm
- www.Adsorption.org/BET

Lampiran A.1.1 Adsorpsi C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=298,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

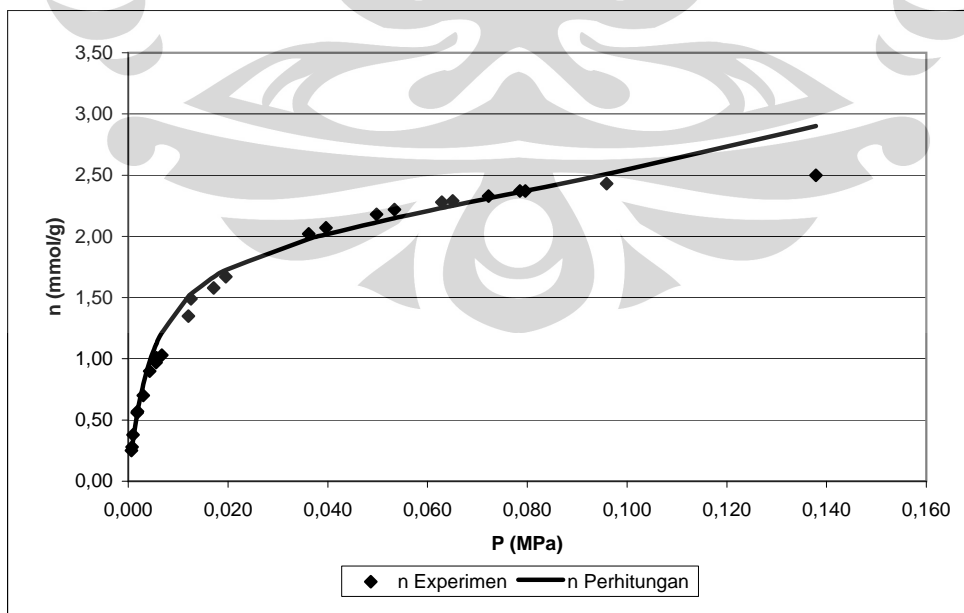
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
77,00	0,24	0,000	0,03	0,41	0,001	0,25	39,39
77,00	0,27	0,000	0,04	0,41	0,001	0,28	32,78
77,00	0,34	0,000	0,05	0,41	0,001	0,34	18,07
77,00	0,57	0,001	0,08	0,58	0,001	0,51	12,14
77,00	0,61	0,001	0,09	0,61	0,002	0,54	12,05
77,00	0,81	0,001	0,12	0,69	0,002	0,66	4,51
77,00	1,15	0,001	0,17	0,83	0,003	0,83	0,05
77,00	1,31	0,001	0,19	0,89	0,003	0,90	0,82
77,00	1,55	0,002	0,22	0,87	0,004	0,99	13,45
77,00	1,59	0,002	0,23	0,94	0,004	1,00	6,46
77,00	1,62	0,002	0,24	0,97	0,004	1,01	4,21
77,00	1,85	0,002	0,27	1,01	0,005	1,08	7,22
77,00	3,07	0,003	0,45	1,29	0,008	1,35	4,98
77,00	3,20	0,003	0,46	1,31	0,008	1,38	5,00
77,00	3,91	0,004	0,57	1,36	0,010	1,48	8,50
77,00	3,98	0,004	0,58	1,43	0,010	1,48	3,79
77,00	4,65	0,005	0,67	1,54	0,012	1,56	1,14
77,00	5,60	0,006	0,81	1,64	0,014	1,64	0,00
77,00	5,70	0,006	0,83	1,63	0,014	1,65	1,08
77,00	7,99	0,008	1,16	1,80	0,020	1,78	1,03
77,00	10,86	0,011	1,58	1,95	0,027	1,89	3,20
77,00	23,40	0,023	3,40	2,31	0,058	2,11	8,49
77,00	29,98	0,030	4,35	2,41	0,074	2,19	9,29
77,00	40,80	0,041	5,92	2,52	0,101	2,29	9,27
77,00	56,65	0,057	8,22	2,65	0,141	2,42	8,67
77,00	70,17	0,070	10,18	2,70	0,174	2,53	6,15
77,00	88,98	0,089	12,91	2,76	0,221	2,70	2,16
77,00	94,41	0,094	13,70	2,76	0,234	2,75	0,32
77,00	116,19	0,116	16,86	2,81	0,289	2,97	5,73
77,00	137,84	0,138	20,00	2,81	0,342	3,22	14,65
P _o	0,40					AAPD	8,15
n _m	2,14						
c	220,44						



Lampiran A.1.2 Adsorpsi C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=323,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

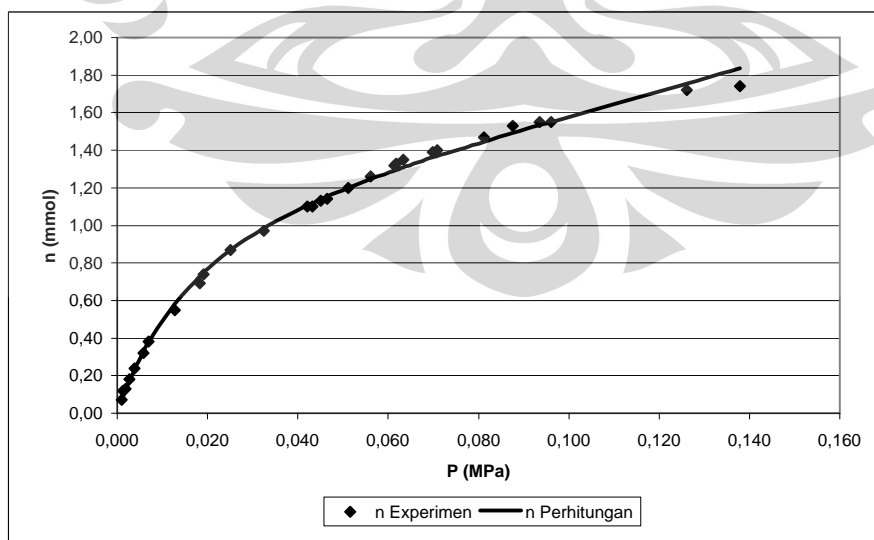
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
122,00	0,67	0,001	0,10	0,25	0,002	0,25	0,00
122,00	0,74	0,001	0,11	0,28	0,002	0,27	2,60
122,00	0,94	0,001	0,14	0,38	0,002	0,33	11,95
122,00	1,79	0,002	0,26	0,56	0,004	0,56	0,58
122,00	1,85	0,002	0,27	0,57	0,004	0,57	0,06
122,00	3,00	0,003	0,44	0,70	0,007	0,79	13,08
122,00	4,32	0,004	0,63	0,90	0,010	0,98	8,75
122,00	5,60	0,006	0,81	0,97	0,013	1,12	15,13
122,00	5,66	0,006	0,82	1,01	0,013	1,12	11,13
122,00	6,71	0,007	0,97	1,03	0,015	1,21	17,75
122,00	12,04	0,012	1,75	1,35	0,027	1,51	11,72
122,00	12,58	0,013	1,83	1,49	0,029	1,53	2,62
122,00	17,10	0,017	2,48	1,58	0,039	1,67	5,58
122,00	19,56	0,020	2,84	1,67	0,045	1,73	3,35
122,00	36,21	0,036	5,25	2,02	0,083	1,98	2,06
122,00	39,65	0,040	5,75	2,07	0,091	2,02	2,60
122,00	49,77	0,050	7,22	2,18	0,114	2,12	2,95
122,00	53,38	0,053	7,75	2,22	0,122	2,15	3,22
122,00	62,88	0,063	9,12	2,28	0,144	2,23	2,15
122,00	65,04	0,065	9,44	2,29	0,149	2,25	1,78
122,00	72,23	0,072	10,48	2,33	0,165	2,31	0,88
122,00	78,53	0,079	11,39	2,37	0,179	2,36	0,34
122,00	79,61	0,080	11,55	2,37	0,182	2,37	0,04
122,00	95,93	0,096	13,92	2,43	0,219	2,51	3,24
122,00	137,84	0,138	20,00	2,50	0,315	2,90	16,06
P _o	0,44					AAPD	5,58
n _m	2,04						
c	91,20						



Lampiran A.1.3 Adsorpsi C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=373,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

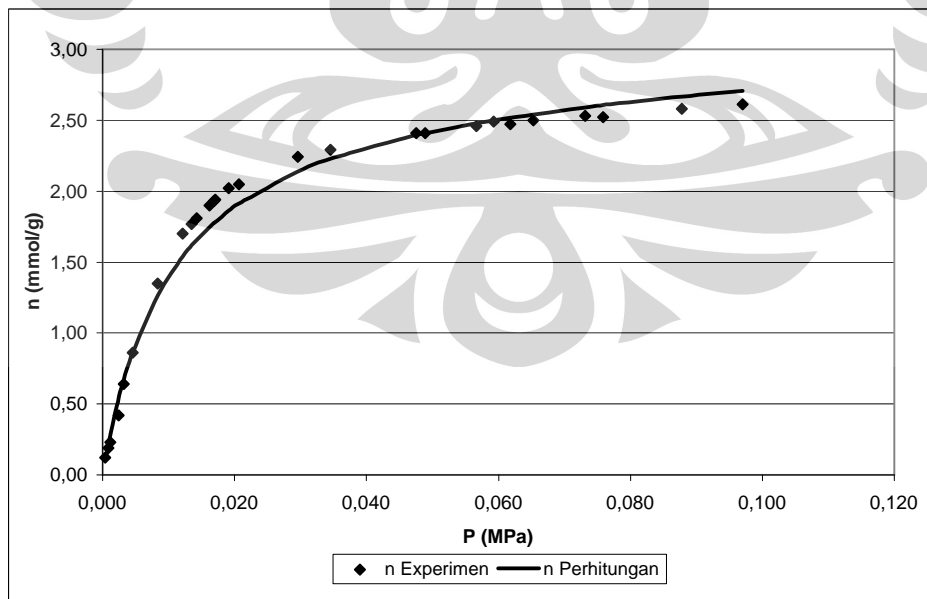
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
212,00	1,05	0,001	0,15	0,07	0,002	0,07	2,45
212,00	1,31	0,001	0,19	0,12	0,003	0,09	26,26
212,00	1,85	0,002	0,27	0,13	0,004	0,12	6,02
212,00	2,70	0,003	0,39	0,18	0,006	0,17	4,28
212,00	3,78	0,004	0,55	0,24	0,008	0,23	3,61
212,00	5,77	0,006	0,84	0,32	0,012	0,33	2,65
212,00	6,95	0,007	1,01	0,38	0,014	0,38	0,01
212,00	12,71	0,013	1,84	0,55	0,026	0,58	6,22
212,00	18,28	0,018	2,65	0,69	0,037	0,73	5,86
212,00	19,12	0,019	2,77	0,74	0,039	0,75	1,28
212,00	25,15	0,025	3,65	0,87	0,052	0,87	0,12
212,00	32,40	0,032	4,70	0,97	0,066	0,98	1,41
212,00	42,08	0,042	6,11	1,10	0,086	1,11	0,53
212,00	43,23	0,043	6,27	1,10	0,089	1,12	1,70
212,00	45,05	0,045	6,54	1,13	0,092	1,14	0,75
212,00	46,53	0,047	6,75	1,14	0,095	1,15	1,23
212,00	51,12	0,051	7,42	1,20	0,105	1,20	0,00
212,00	56,12	0,056	8,14	1,26	0,115	1,25	1,07
212,00	61,37	0,061	8,90	1,32	0,126	1,29	2,10
212,00	61,77	0,062	8,96	1,33	0,127	1,30	2,58
212,00	63,29	0,063	9,18	1,35	0,130	1,31	3,09
212,00	69,93	0,070	10,15	1,39	0,143	1,36	2,04
212,00	70,88	0,071	10,28	1,40	0,145	1,37	2,21
212,00	81,19	0,081	11,78	1,47	0,167	1,45	1,62
212,00	87,53	0,088	12,70	1,53	0,180	1,49	2,52
212,00	93,57	0,094	13,58	1,55	0,192	1,53	1,05
212,00	96,07	0,096	13,94	1,55	0,197	1,55	0,07
212,00	126,11	0,126	18,30	1,72	0,259	1,76	2,08
212,00	137,84	0,138	20,00	1,74	0,283	1,84	5,58
Po	0,49					AAPD	3,12
n _m	1,46						
c	23,92						



Lampiran A.2.1 Adsorpsi C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=273,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

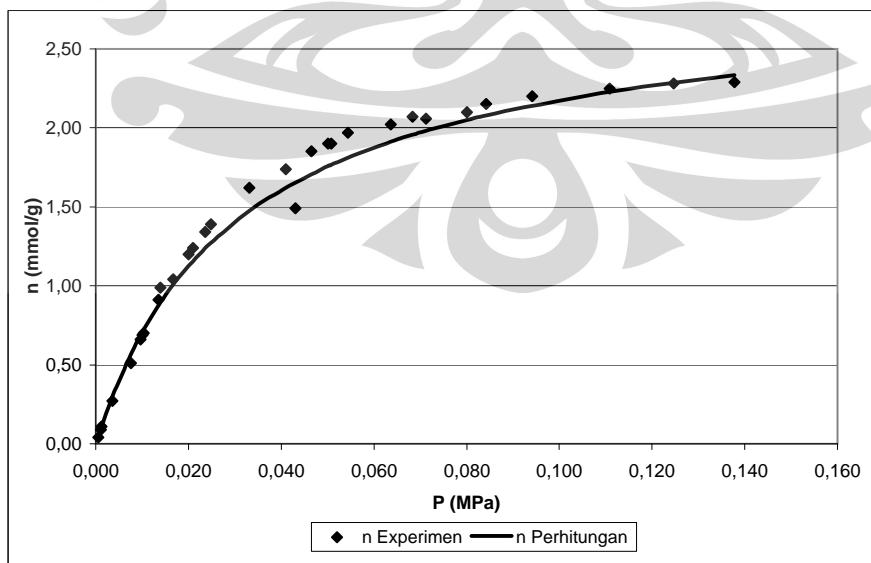
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
32	0,40	0,000	0,058	0,12	0,000	0,10	12,88
32	0,84	0,001	0,122	0,19	0,000	0,21	11,10
32	1,15	0,001	0,167	0,23	0,001	0,28	22,34
32	2,46	0,002	0,357	0,42	0,001	0,54	28,97
32	3,20	0,003	0,464	0,64	0,002	0,67	4,21
32	4,52	0,005	0,656	0,86	0,002	0,86	0,01
32	8,30	0,008	1,204	1,35	0,004	1,26	6,30
32	12,11	0,012	1,757	1,70	0,006	1,54	9,53
32	13,52	0,014	1,962	1,77	0,006	1,62	8,61
32	14,23	0,014	2,065	1,81	0,007	1,65	8,60
32	16,22	0,016	2,354	1,90	0,008	1,75	8,04
32	16,89	0,017	2,451	1,93	0,008	1,78	8,00
32	17,03	0,017	2,471	1,94	0,008	1,78	8,18
32	19,15	0,019	2,779	2,02	0,009	1,86	7,83
32	20,64	0,021	2,995	2,05	0,010	1,91	6,72
32	29,61	0,030	4,296	2,24	0,014	2,14	4,47
32	34,53	0,035	5,010	2,29	0,016	2,23	2,69
32	47,54	0,048	6,898	2,41	0,023	2,40	0,58
32	48,93	0,049	7,100	2,41	0,023	2,41	0,00
32	56,63	0,057	8,217	2,46	0,027	2,48	0,77
32	59,28	0,059	8,602	2,49	0,028	2,50	0,39
32	61,81	0,062	8,969	2,47	0,029	2,52	1,96
32	65,25	0,065	9,468	2,50	0,031	2,54	1,68
32	73,14	0,073	10,613	2,53	0,035	2,59	2,41
32	75,90	0,076	11,013	2,52	0,036	2,61	3,43
32	87,77	0,088	12,735	2,58	0,042	2,67	3,32
32	97,04	0,097	14,081	2,61	0,046	2,71	3,67
P ₀	2,10					AAPD	6,54
n _m	2,85						
c	200,18						



Lampiran A.2.2 Adsorpsi C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=298,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

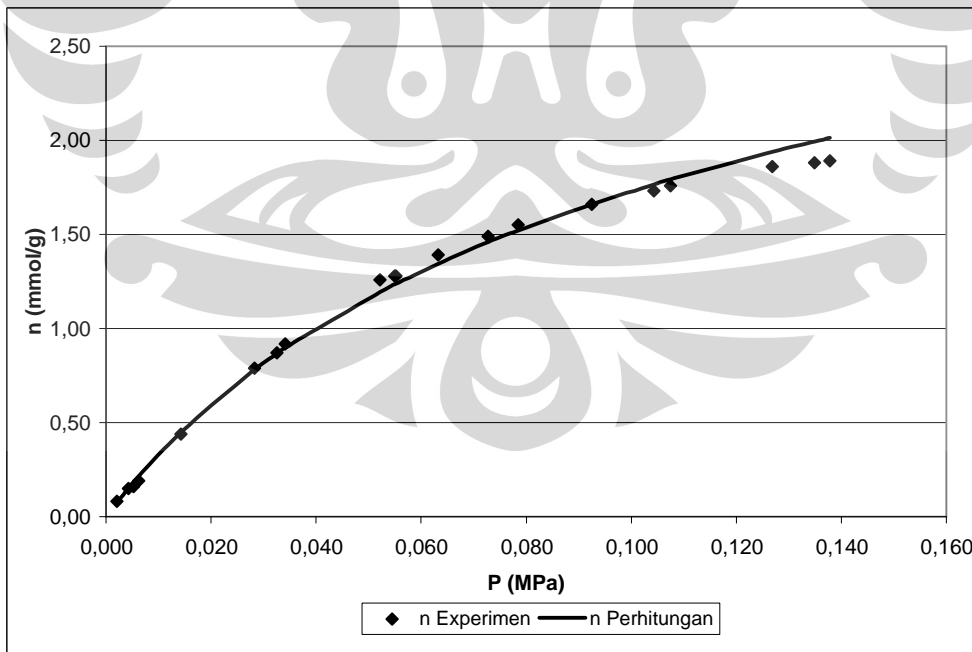
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
77	0,54	0,001	0,078	0,04	0,000	0,05	25,49
77	1,05	0,001	0,152	0,09	0,000	0,10	6,62
77	1,21	0,001	0,176	0,11	0,000	0,11	0,00
77	3,54	0,004	0,514	0,27	0,001	0,30	10,71
77	7,54	0,008	1,094	0,51	0,002	0,57	11,27
77	9,71	0,010	1,409	0,66	0,002	0,69	4,56
77	10,05	0,010	1,458	0,69	0,002	0,71	2,62
77	10,40	0,010	1,509	0,70	0,002	0,73	3,76
77	13,55	0,014	1,966	0,91	0,003	0,88	3,65
77	14,00	0,014	2,031	0,99	0,003	0,90	9,44
77	16,72	0,017	2,426	1,04	0,003	1,01	3,12
77	20,00	0,020	2,902	1,20	0,004	1,13	6,22
77	20,94	0,021	3,038	1,24	0,004	1,16	6,75
77	23,64	0,024	3,430	1,34	0,005	1,24	7,53
77	24,82	0,025	3,601	1,39	0,005	1,27	8,44
77	33,09	0,033	4,801	1,62	0,007	1,47	9,06
77	40,94	0,041	5,940	1,74	0,008	1,62	6,85
77	43,05	0,043	6,247	1,49	0,009	1,66	11,08
77	46,53	0,047	6,752	1,85	0,009	1,71	7,69
77	50,14	0,050	7,275	1,90	0,010	1,76	7,49
77	50,75	0,051	7,364	1,90	0,010	1,77	7,07
77	54,46	0,054	7,902	1,97	0,011	1,81	8,03
77	63,69	0,064	9,241	2,02	0,013	1,91	5,37
77	68,38	0,068	9,922	2,07	0,014	1,96	5,54
77	71,18	0,071	10,328	2,06	0,014	1,98	3,90
77	80,05	0,080	11,615	2,10	0,016	2,05	2,43
77	84,26	0,084	12,226	2,15	0,017	2,08	3,33
77	94,21	0,094	13,670	2,20	0,019	2,14	2,70
77	110,83	0,111	16,081	2,25	0,022	2,23	1,04
77	124,66	0,125	18,088	2,28	0,025	2,29	0,24
77	137,84	0,138	20,001	2,29	0,028	2,33	1,92
P ₀	4,93					AAPD	6,26
n _m	2,73						
c	170,87						



Lampiran A.2.3 Adsorpsi C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=323,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

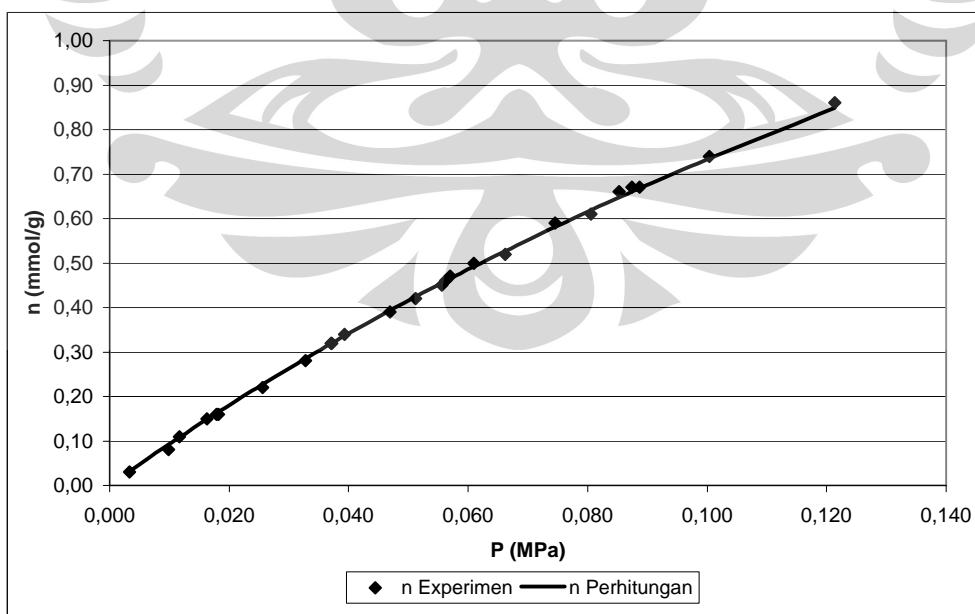
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
122	2,12	0,002	0,308	0,08	0,001	0,08	4,07
122	4,25	0,004	0,617	0,15	0,003	0,15	0,02
122	5,26	0,005	0,763	0,16	0,003	0,18	14,70
122	6,24	0,006	0,905	0,19	0,004	0,22	13,31
122	14,23	0,014	2,065	0,44	0,009	0,45	2,33
122	28,29	0,028	4,105	0,79	0,018	0,78	0,91
122	32,51	0,033	4,717	0,87	0,021	0,87	0,31
122	34,06	0,034	4,942	0,92	0,022	0,90	2,51
122	52,16	0,052	7,568	1,26	0,034	1,20	5,13
122	55,00	0,055	7,981	1,28	0,036	1,24	3,47
122	55,23	0,055	8,014	1,28	0,036	1,24	3,22
122	63,22	0,063	9,173	1,39	0,041	1,34	3,28
122	72,76	0,073	10,557	1,49	0,047	1,46	2,14
122	78,43	0,078	11,380	1,55	0,051	1,52	1,92
122	92,49	0,092	13,420	1,66	0,060	1,66	0,00
122	104,29	0,104	15,132	1,73	0,068	1,76	1,98
122	107,53	0,108	15,603	1,76	0,070	1,79	1,77
122	126,82	0,127	18,402	1,86	0,082	1,94	4,23
122	134,90	0,135	19,574	1,88	0,087	1,99	6,11
122	137,84	0,138	20,001	1,89	0,089	2,01	6,59
Po	1,54					AAPD	3,90
n _m	2,72						
c	21,05						



Lampiran A.2.4 Adsorpsi C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=373,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

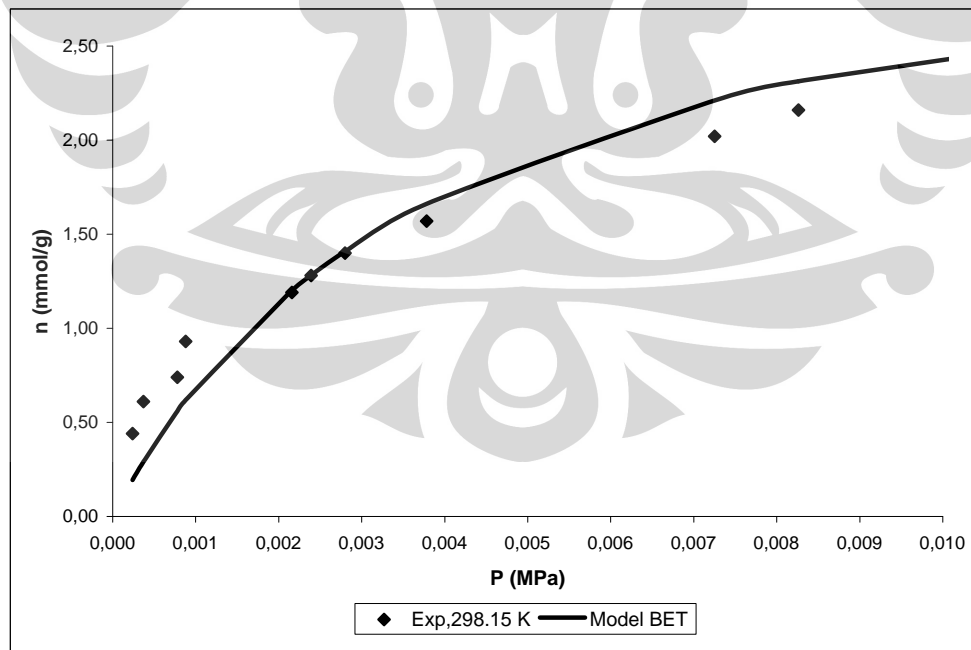
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
212	3,30	0,003	0,479	0,03	0,001	0,03	4,58
212	9,88	0,010	1,434	0,08	0,002	0,09	15,06
212	11,70	0,012	1,698	0,11	0,002	0,11	1,45
212	16,32	0,016	2,368	0,15	0,003	0,15	0,58
212	17,84	0,018	2,589	0,16	0,003	0,16	1,42
212	18,24	0,018	2,647	0,16	0,003	0,17	3,58
212	25,59	0,026	3,713	0,22	0,005	0,23	3,43
212	32,77	0,033	4,755	0,28	0,006	0,29	1,96
212	37,06	0,037	5,377	0,32	0,007	0,32	0,31
212	37,19	0,037	5,396	0,32	0,007	0,32	0,00
212	39,35	0,039	5,710	0,34	0,007	0,34	1,01
212	46,87	0,047	6,801	0,39	0,009	0,39	0,70
212	51,18	0,051	7,426	0,42	0,009	0,42	0,93
212	55,57	0,056	8,063	0,45	0,010	0,45	1,10
212	56,24	0,056	8,160	0,46	0,010	0,46	0,08
212	56,98	0,057	8,268	0,47	0,010	0,46	1,11
212	61,00	0,061	8,851	0,50	0,011	0,49	1,52
212	66,16	0,066	9,600	0,52	0,012	0,53	1,35
212	74,58	0,075	10,822	0,59	0,014	0,58	1,42
212	80,52	0,081	11,683	0,61	0,015	0,62	1,45
212	85,24	0,085	12,368	0,66	0,016	0,65	1,87
212	87,40	0,087	12,682	0,67	0,016	0,66	1,40
212	88,65	0,089	12,863	0,67	0,016	0,67	0,29
212	100,38	0,100	14,565	0,74	0,018	0,74	0,56
212	121,35	0,121	17,608	0,86	0,022	0,85	1,32
P ₀	5,47					AAPD	1,94
n _m	2,73						
c	19,26						



Lampiran A.3.1 Adsorpsi CO₂ dalam Karbon Aktif pada T=298,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

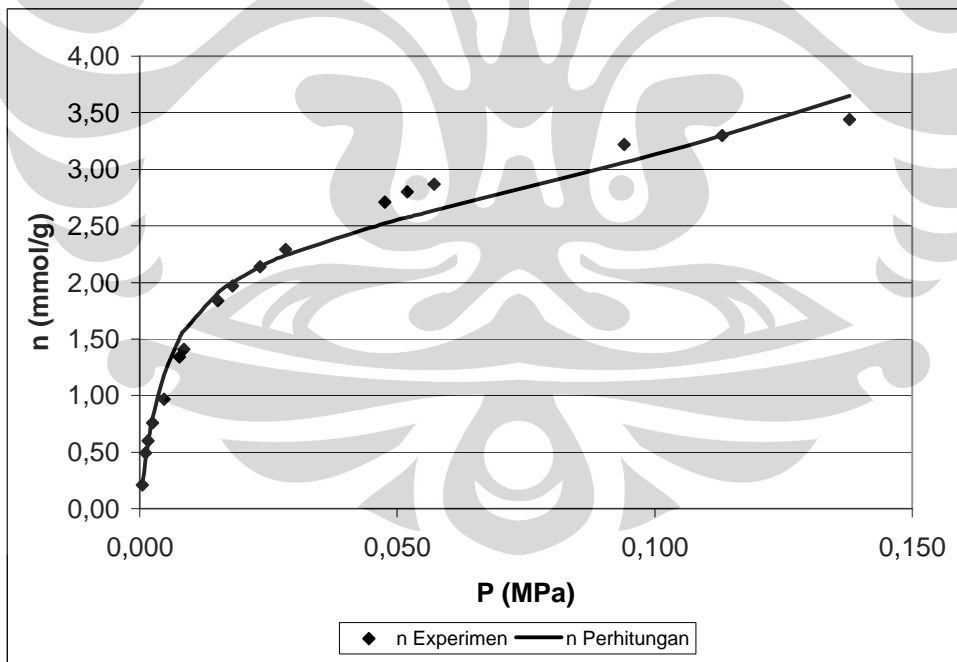
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD	
77	0,24	0,000	0,035	0,44	0,000	0,19	55,79	
77	0,37	0,000	0,054	0,61	0,001	0,29	52,32	
77	0,78	0,001	0,113	0,74	0,001	0,56	24,35	
77	0,88	0,001	0,128	0,93	0,002	0,62	33,49	
77	2,16	0,002	0,313	1,19	0,004	1,20	0,86	
77	2,39	0,002	0,347	1,28	0,005	1,28	0,00	
77	2,80	0,003	0,406	1,40	0,005	1,41	0,63	
77	3,78	0,004	0,548	1,57	0,007	1,66	5,88	
77	7,25	0,007	1,052	2,02	0,014	2,21	9,42	
77	8,26	0,008	1,199	2,16	0,016	2,31	7,10	
77	15,91	0,016	2,309	2,68	0,030	2,78	3,57	
77	22,19	0,022	3,220	2,99	0,042	2,98	0,48	
77	23,16	0,023	3,361	3,02	0,044	3,00	0,66	
77	29,74	0,030	4,315	3,19	0,056	3,14	1,58	
77	45,79	0,046	6,644	3,44	0,086	3,38	1,72	
77	54,86	0,055	7,960	3,60	0,103	3,49	3,04	
77	72,76	0,073	10,557	3,71	0,137	3,69	0,62	
77	87,25	0,087	12,660	3,84	0,164	3,84	0,00	
77	102,32	0,102	14,847	3,92	0,193	4,00	2,05	
77	137,84	0,138	20,001	4,02	0,260	4,40	9,54	
Po	0,53					AAPD		10,66
n _m	3,33							
c	137,17							



Lampiran A.3.2 Adsorpsi CO₂ dalam Karbon Aktif pada T=323,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

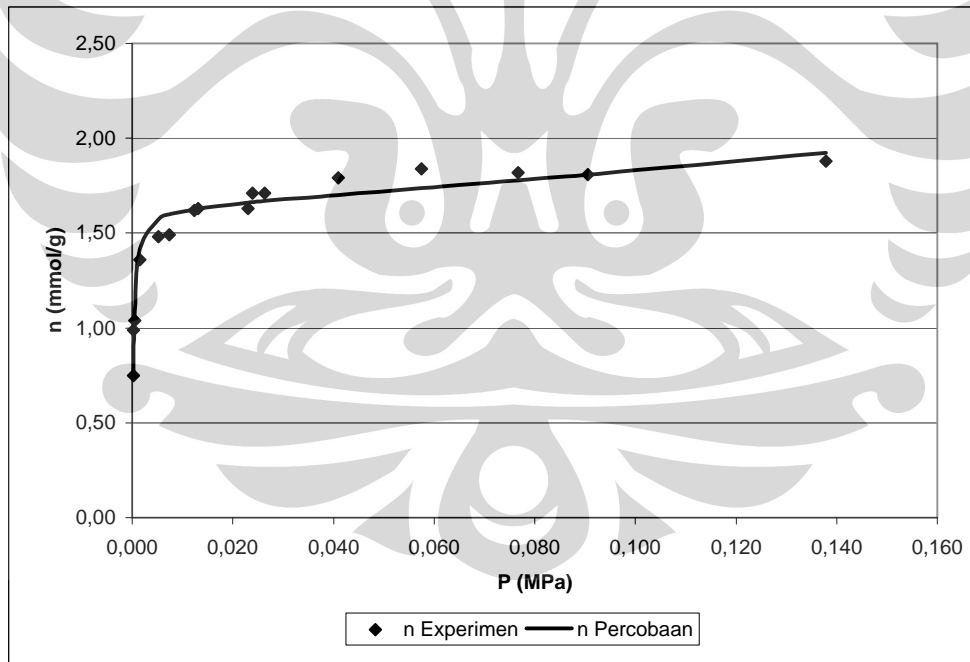
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
122	0,44	0,000	0,064	0,21	0,001	0,19	8,44
122	1,11	0,001	0,161	0,49	0,003	0,43	11,37
122	1,59	0,002	0,231	0,60	0,004	0,58	3,53
122	2,50	0,003	0,363	0,76	0,006	0,80	5,83
122	4,68	0,005	0,679	0,97	0,012	1,18	21,64
122	7,76	0,008	1,126	1,34	0,020	1,50	12,19
122	8,63	0,009	1,252	1,41	0,022	1,57	11,36
122	15,11	0,015	2,192	1,84	0,038	1,90	3,47
122	17,97	0,018	2,607	1,97	0,046	2,00	1,52
122	23,37	0,023	3,391	2,14	0,059	2,14	0,00
122	28,36	0,028	4,115	2,29	0,072	2,24	2,15
122	47,61	0,048	6,908	2,71	0,121	2,52	6,88
122	51,93	0,052	7,535	2,80	0,132	2,58	7,98
122	57,22	0,057	8,303	2,87	0,145	2,64	8,05
122	94,06	0,094	13,648	3,22	0,239	3,06	4,87
122	113,09	0,113	16,409	3,30	0,287	3,30	0,00
122	137,84	0,138	20,001	3,44	0,350	3,65	6,04
Po	0,39					AAPD	6,78
n _m	2,43						
c	76,79						



Lampiran A.4.1 Adsorpsi i-C₄H₁₀ dalam Karbon Aktif pada T=298,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

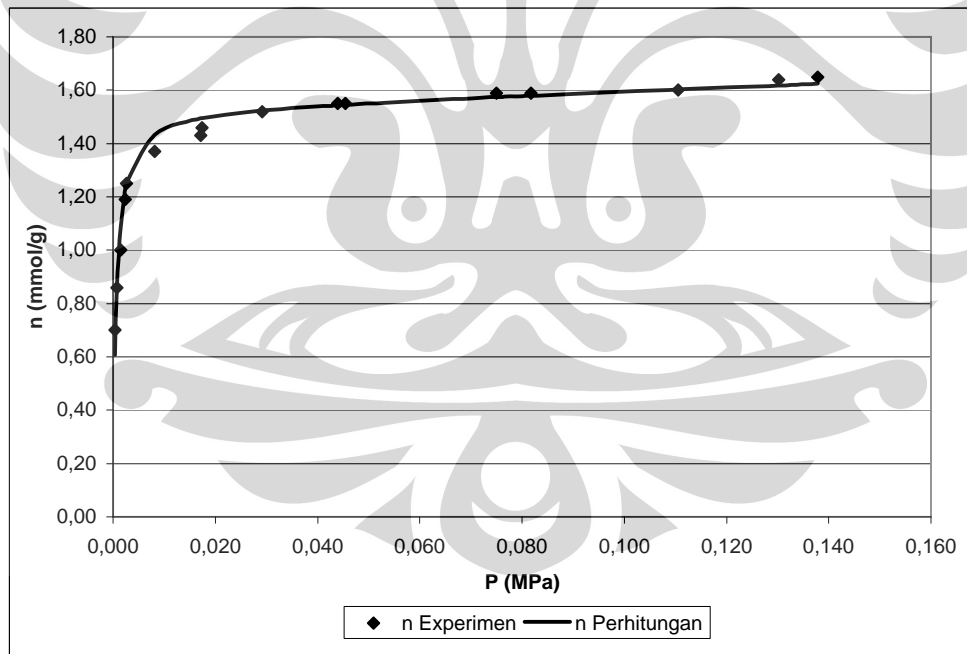
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
77	0,20	0,000	0,029	0,75	0,000	0,75	0,04
77	0,24	0,000	0,035	0,99	0,000	0,82	16,75
77	0,47	0,000	0,068	1,04	0,001	1,09	4,68
77	1,52	0,002	0,221	1,36	0,002	1,42	4,24
77	5,23	0,005	0,759	1,48	0,006	1,57	6,33
77	7,38	0,007	1,071	1,49	0,008	1,60	7,22
77	12,37	0,012	1,795	1,62	0,014	1,63	0,42
77	13,12	0,013	1,904	1,63	0,014	1,63	0,01
77	23,00	0,023	3,337	1,63	0,025	1,66	1,87
77	23,97	0,024	3,478	1,71	0,026	1,66	2,75
77	26,37	0,026	3,826	1,71	0,029	1,67	2,40
77	40,90	0,041	5,935	1,79	0,045	1,70	4,91
77	57,46	0,057	8,337	1,84	0,063	1,74	5,56
77	76,64	0,077	11,120	1,82	0,084	1,78	2,24
77	90,50	0,091	13,132	1,81	0,099	1,81	0,00
77	137,84	0,138	20,001	1,88	0,150	1,92	2,22
P ₀	0,92					AAPD	3,85
n _m	1,64						
c	3876,96						



Lampiran A.4.2 Adsorpsi i-C₄H₁₀ dalam Karbon Aktif pada T=323,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

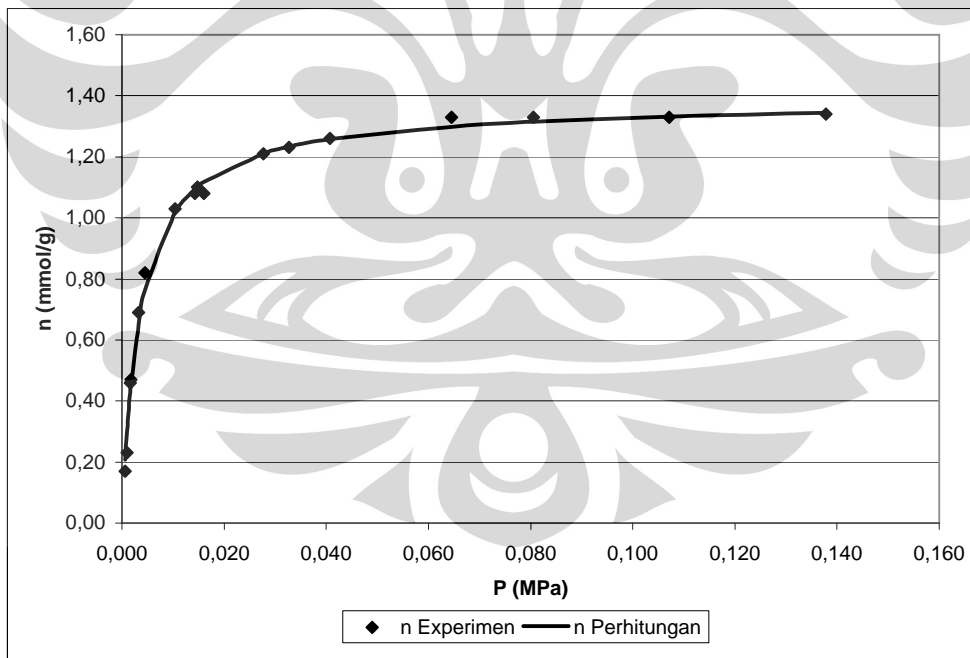
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
122	0,40	0,000	0,058	0,70	0,000	0,61	13,41
122	0,78	0,001	0,113	0,86	0,000	0,86	0,00
122	1,48	0,001	0,215	1,00	0,001	1,09	8,68
122	2,43	0,002	0,353	1,19	0,001	1,23	3,20
122	2,66	0,003	0,386	1,25	0,001	1,25	0,00
122	8,13	0,008	1,180	1,37	0,003	1,43	4,67
122	17,20	0,017	2,496	1,43	0,007	1,49	4,53
122	17,43	0,017	2,529	1,46	0,007	1,50	2,44
122	29,13	0,029	4,227	1,52	0,012	1,52	0,26
122	43,97	0,044	6,380	1,55	0,018	1,54	0,36
122	45,45	0,045	6,595	1,55	0,019	1,55	0,26
122	75,02	0,075	10,885	1,59	0,031	1,57	1,00
122	81,80	0,082	11,869	1,59	0,034	1,58	0,64
122	110,60	0,111	16,048	1,60	0,046	1,60	0,19
122	130,22	0,130	18,895	1,64	0,055	1,62	1,32
122	137,84	0,138	20,001	1,65	0,058	1,62	1,56
P ₀	2,38					AAPD	2,66
n _m	1,54						
c	3876,96						



Lampiran A.4.3 Adsorpsi i-C₄H₁₀ dalam Karbon Aktif pada T=373,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200

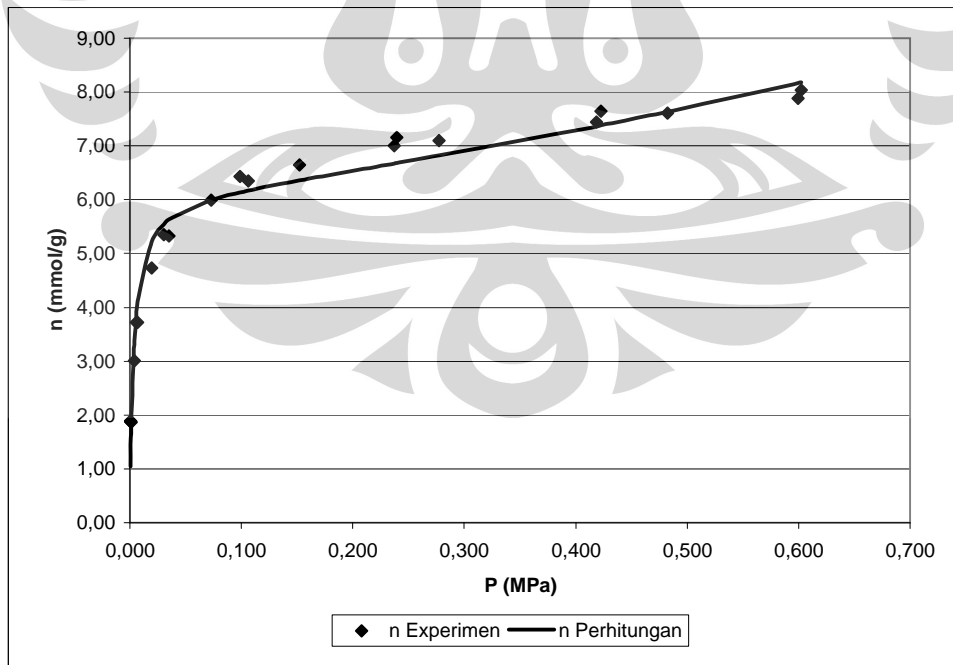
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
212	0,64	0,001	0,093	0,17	0,000	0,21	22,06
212	1,01	0,001	0,147	0,23	0,000	0,30	30,87
212	1,69	0,002	0,245	0,46	0,000	0,44	4,67
212	1,72	0,002	0,250	0,47	0,000	0,44	5,59
212	3,24	0,003	0,470	0,69	0,000	0,65	5,90
212	4,52	0,005	0,656	0,82	0,000	0,76	7,02
212	10,42	0,010	1,512	1,03	0,001	1,02	1,30
212	14,33	0,014	2,079	1,08	0,001	1,09	1,20
212	14,80	0,015	2,147	1,10	0,001	1,10	0,00
212	16,08	0,016	2,333	1,08	0,001	1,12	3,46
212	27,65	0,028	4,012	1,21	0,002	1,21	0,02
212	32,66	0,033	4,739	1,23	0,003	1,23	0,19
212	40,66	0,041	5,900	1,26	0,003	1,26	0,20
212	64,57	0,065	9,369	1,33	0,005	1,30	2,36
212	80,57	0,081	11,691	1,33	0,006	1,31	1,21
212	107,16	0,107	15,549	1,33	0,008	1,33	0,05
212	137,84	0,138	20,001	1,34	0,011	1,34	0,26
P ₀	12,87					AAPD	5,08
n _m	1,36						
c	3612,04						



Lampiran A.5.1 Adsorpsi C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=212,15 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344

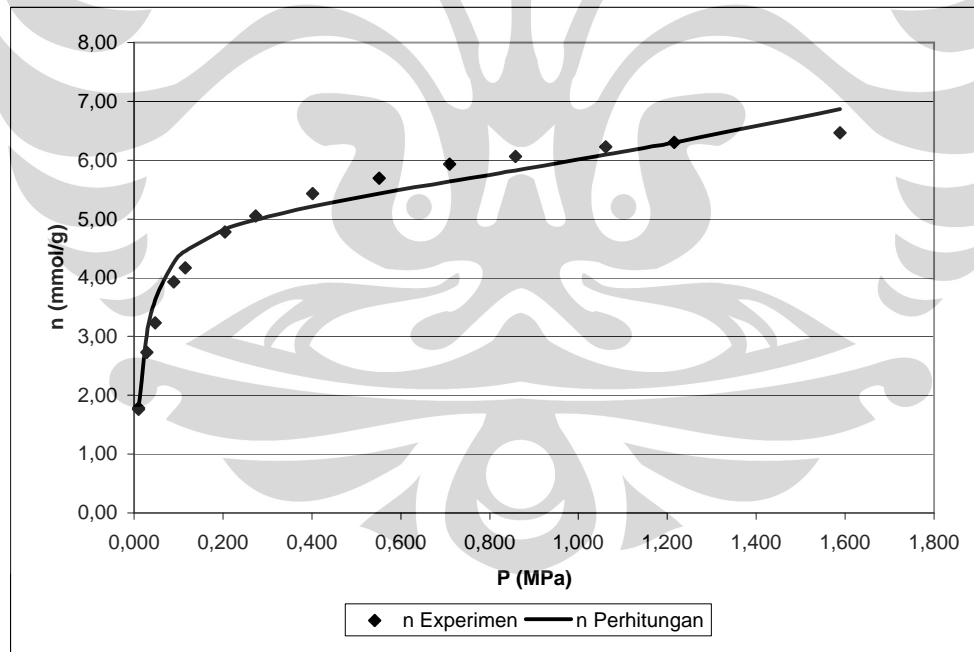
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
-76,81	0,69	0,001	0,100	1,90	0,000	1,04	44,94
-76,81	0,69	0,001	0,100	1,88	0,000	1,04	44,61
-76,81	1,38	0,001	0,200	1,86	0,001	1,78	4,33
-76,81	4,14	0,004	0,600	3,01	0,002	3,37	12,03
-76,81	5,51	0,006	0,800	3,72	0,002	3,80	2,04
-76,81	6,89	0,007	1,000	3,73	0,003	4,11	10,23
-76,81	19,30	0,019	2,800	4,74	0,008	5,22	10,26
-76,81	30,33	0,030	4,400	5,35	0,013	5,54	3,65
-76,81	35,15	0,035	5,100	5,33	0,015	5,63	5,72
-76,81	73,07	0,073	10,600	6,00	0,032	6,00	0,00
-76,81	98,57	0,099	14,300	6,44	0,043	6,13	4,70
-76,81	106,15	0,106	15,400	6,35	0,046	6,17	2,77
-76,81	152,34	0,152	22,100	6,65	0,066	6,36	4,27
-76,81	237,12	0,237	34,400	7,01	0,103	6,67	4,77
-76,81	239,19	0,239	34,700	7,16	0,104	6,68	6,66
-76,81	277,10	0,277	40,200	7,10	0,121	6,82	3,98
-76,81	418,41	0,418	60,700	7,45	0,182	7,36	1,16
-76,81	422,54	0,423	61,300	7,64	0,184	7,38	3,42
-76,81	482,51	0,483	70,000	7,61	0,210	7,63	0,32
-76,81	599,69	0,600	87,000	7,88	0,261	8,17	3,59
-76,81	602,45	0,602	87,400	8,04	0,262	8,18	1,73
P ₀	2,30					AAPD	8,34
n _m	6,06						
c	693,02						



Lampiran A.5.2 Adsorpsi C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=260,20 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344

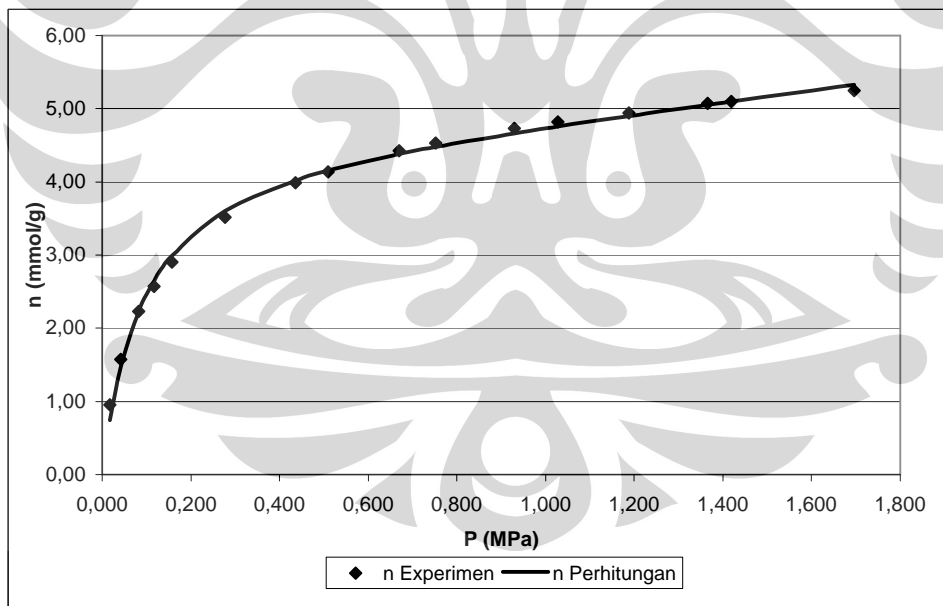
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
8,70	10,34	0,010	1,500	1,77	0,002	1,76	0,00
8,70	10,34	0,010	1,500	1,78	0,002	1,76	0,84
8,70	28,26	0,028	4,100	2,73	0,005	3,03	11,02
8,70	46,87	0,047	6,800	3,23	0,008	3,63	12,33
8,70	89,61	0,090	13,000	3,93	0,015	4,25	8,21
8,70	115,11	0,115	16,700	4,17	0,019	4,45	6,65
8,70	204,03	0,204	29,600	4,78	0,034	4,82	0,83
8,70	272,96	0,273	39,600	5,05	0,046	4,99	1,10
8,70	401,17	0,401	58,200	5,43	0,067	5,22	3,92
8,70	552,13	0,552	80,100	5,70	0,092	5,43	4,64
8,70	709,29	0,709	102,900	5,93	0,119	5,64	4,95
8,70	858,18	0,858	124,500	6,06	0,144	5,83	3,80
8,70	1061,52	1,062	154,000	6,23	0,178	6,09	2,14
8,70	1215,24	1,215	176,300	6,31	0,203	6,31	0,00
8,70	1588,84	1,589	230,500	6,47	0,266	6,87	6,20
P ₀	5,98					AAPD	4,44
n _m	5,09						
c	305,63						



Lampiran A.5.3 Adsorpsi C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=301,4 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344

T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD	
82,85	17,23	0,017	2,500	0,95	0,002	0,75	21,38	
82,85	41,36	0,041	6,000	1,58	0,004	1,47	7,04	
82,85	82,03	0,082	11,900	2,23	0,008	2,23	0,02	
82,85	116,49	0,116	16,900	2,57	0,012	2,64	2,90	
82,85	157,16	0,157	22,800	2,91	0,016	2,99	3,03	
82,85	277,79	0,278	40,300	3,51	0,029	3,60	2,44	
82,85	435,64	0,436	63,200	3,99	0,045	4,02	0,72	
82,85	510,08	0,510	74,000	4,14	0,053	4,15	0,36	
82,85	670,00	0,670	97,200	4,42	0,069	4,38	0,89	
82,85	751,34	0,751	109,000	4,53	0,077	4,48	1,10	
82,85	929,18	0,929	134,800	4,73	0,096	4,67	1,39	
82,85	1028,44	1,028	149,200	4,82	0,106	4,76	1,29	
82,85	1187,66	1,188	172,300	4,95	0,122	4,90	0,88	
82,85	1365,50	1,366	198,100	5,07	0,141	5,05	0,35	
82,85	1418,58	1,419	205,800	5,10	0,146	5,10	0,01	
82,85	1695,68	1,696	246,000	5,25	0,175	5,32	1,47	
P ₀	9,72						AAPD	2,83
n _m	4,59							
c	109,14							

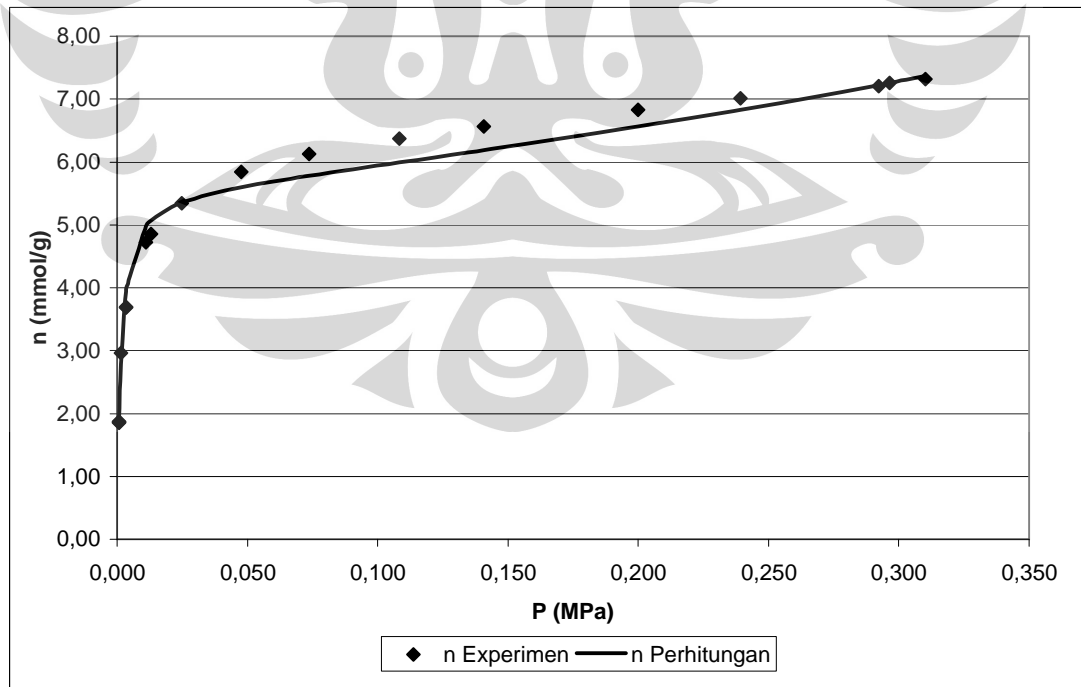


Lampiran A.6.1 Adsorpsi C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=213 K

Reich et.al. (Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev., 19, 336 (1980)

Ethane Adsorption on Activated Carbon (BPL; Pittsburgh Chemical Co.; 988 Sqm/g)

T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
-76,81	0,69	0,001	0,100	1,87	0,001	1,86	0,40
-76,81	0,69	0,001	0,100	1,86	0,001	1,86	0,24
-76,81	0,69	0,001	0,100	1,86	0,001	1,86	0,13
-76,81	1,38	0,001	0,200	2,96	0,001	2,79	5,81
-76,81	3,45	0,003	0,500	3,69	0,003	3,98	7,92
-76,81	3,45	0,003	0,500	3,70	0,003	3,98	7,71
-76,81	11,03	0,011	1,600	4,72	0,009	4,97	5,33
-76,81	13,10	0,013	1,901	4,85	0,011	5,07	4,51
-76,81	24,82	0,025	3,601	5,35	0,020	5,36	0,19
-76,81	47,57	0,048	6,902	5,84	0,039	5,60	4,21
-76,81	73,77	0,074	10,704	6,13	0,060	5,78	5,62
-76,81	108,20	0,108	15,700	6,37	0,088	5,99	5,92
-76,81	140,70	0,141	20,416	6,56	0,114	6,19	5,70
-76,81	199,90	0,200	29,005	6,83	0,162	6,56	3,88
-76,81	239,20	0,239	34,708	7,01	0,194	6,83	2,59
-76,81	292,30	0,292	42,413	7,20	0,237	7,22	0,27
-76,81	296,50	0,297	43,022	7,25	0,240	7,25	0,00
-76,81	310,30	0,310	45,025	7,32	0,251	7,36	0,64
c	907,43					AAPD	3,39
n _m	5,53						
P _o	1,23						

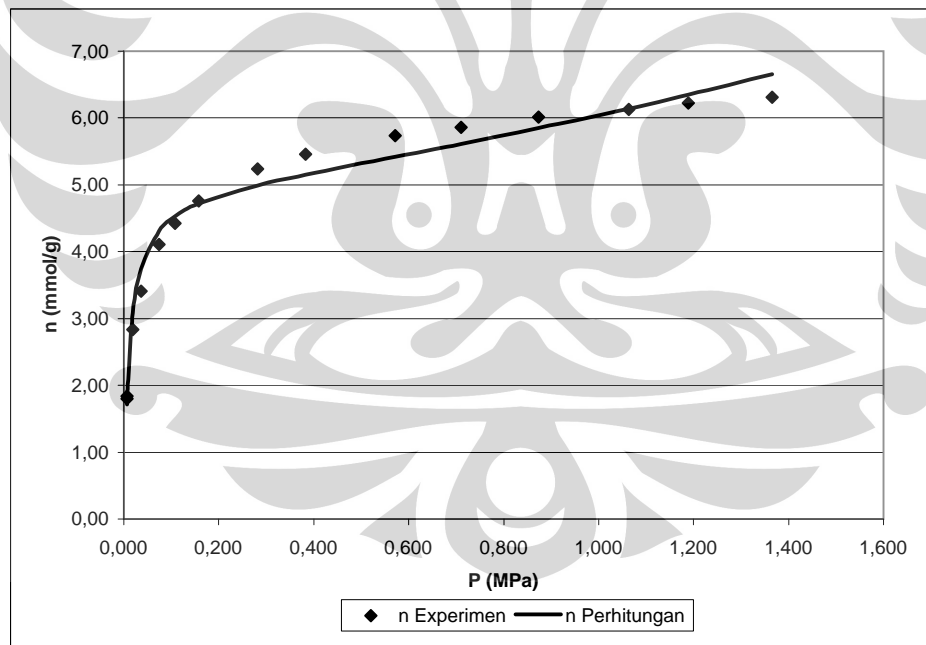


Lampiran A.6.2 Adsorpsi C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=260,2 K

Reich et.al. (Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev., 19, 336 (1980)

Ethane Adsorption on Activated Carbon (BPL; Pittsburgh Chemical Co.; 988 Sqm/g)

T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
8,69	6,21	0,006	2,576	1,80	0,001	1,72	4,34
8,69	6,89	0,007	2,860	1,84	0,001	1,84	0,00
8,69	19,31	0,019	8,016	2,83	0,004	3,08	8,89
8,69	35,85	0,036	14,881	3,41	0,007	3,74	9,73
8,69	74,46	0,074	30,908	4,11	0,015	4,31	4,95
8,69	107,60	0,108	44,665	4,42	0,021	4,53	2,43
8,69	157,90	0,158	65,544	4,76	0,031	4,72	0,71
8,69	281,30	0,281	116,768	5,24	0,055	4,99	4,66
8,69	382,70	0,383	158,859	5,46	0,075	5,15	5,62
8,69	570,90	0,571	236,981	5,74	0,112	5,42	5,53
8,69	710,80	0,711	295,053	5,86	0,140	5,62	4,22
8,69	873,60	0,874	362,631	6,02	0,172	5,85	2,74
8,69	1064,00	1,064	441,666	6,12	0,209	6,14	0,29
8,69	1189,00	1,189	493,554	6,23	0,234	6,35	1,94
8,69	1365,00	1,365	566,612	6,31	0,268	6,65	5,52
P ₀	5,09					AAPD	4,10
c	441,33						
n _m	4,90						

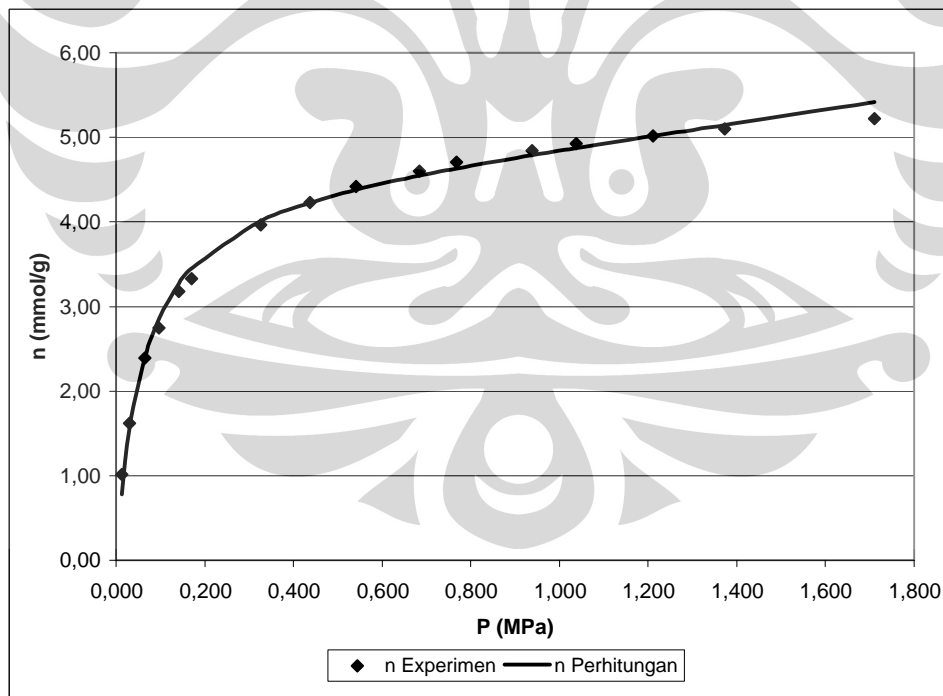


Lampiran A.6.3 Adsorpsi C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=301,4 K

Reich et.al. (Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev., 19, 336 (1980)

Ethane Adsorption on Activated Carbon (BPL; Pittsburgh Chemical Co.; 988 Sqm/g)

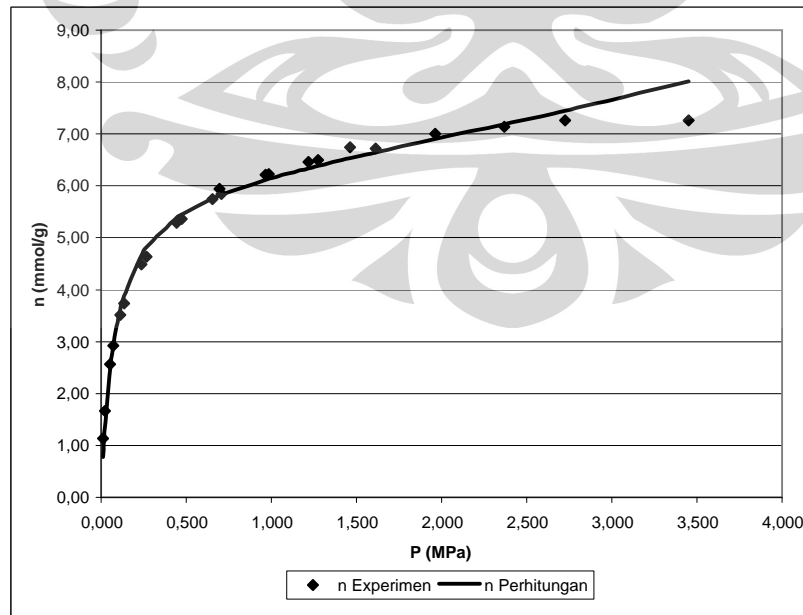
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
82,85	12,41	0,012	1,801	1,01	0,001	0,78	22,76
82,85	31,03	0,031	4,502	1,62	0,003	1,56	3,63
82,85	64,81	0,065	9,404	2,39	0,007	2,39	0,08
82,85	96,52	0,097	14,005	2,75	0,010	2,85	3,67
82,85	142,00	0,142	20,604	3,18	0,015	3,27	2,85
82,85	170,30	0,170	24,711	3,33	0,018	3,45	3,56
82,85	326,10	0,326	47,317	3,97	0,035	4,01	1,09
82,85	437,10	0,437	63,423	4,23	0,046	4,23	0,01
82,85	541,90	0,542	78,630	4,42	0,058	4,38	0,87
82,85	684,00	0,684	99,248	4,60	0,073	4,54	1,16
82,85	768,10	0,768	111,451	4,71	0,082	4,63	1,66
82,85	938,40	0,938	136,162	4,84	0,100	4,79	1,09
82,85	1038,00	1,038	150,614	4,93	0,110	4,87	1,08
82,85	1211,00	1,211	175,716	5,01	0,129	5,01	0,00
82,85	1373,00	1,373	199,222	5,10	0,146	5,14	0,86
82,85	1711,00	1,711	248,266	5,22	0,182	5,42	3,78
Po	9,40					AAPD	3,01
c	156,63						
n _m	4,56						



Lampiran A.7.1 Adsorpsi CH₄ dalam Karbon Aktif pada T=212,65 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344

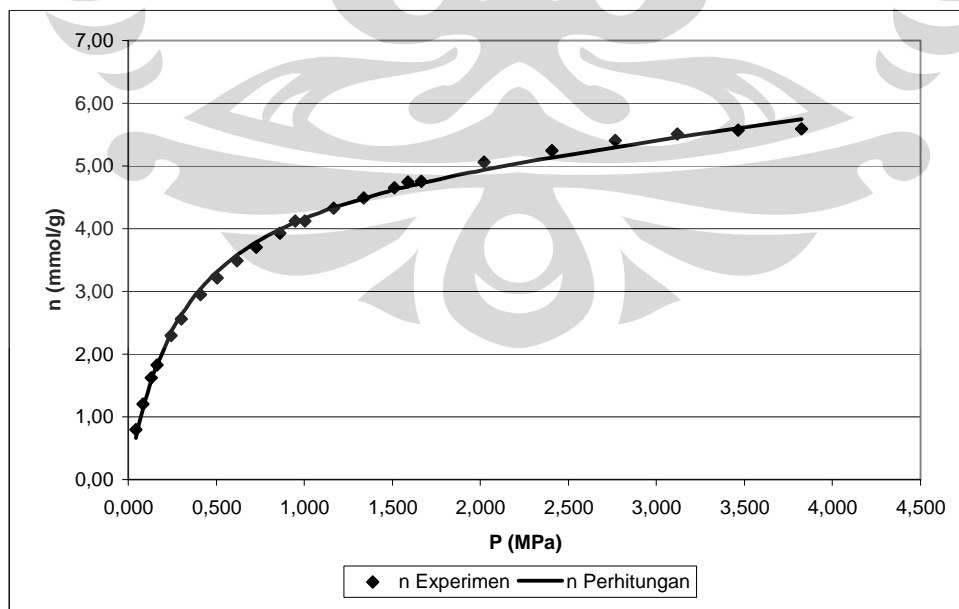
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
-76,90	1,70	11,718	0,012	1,14	0,001	0,78	31,50
-76,90	3,30	22,747	0,023	1,67	0,002	1,35	18,91
-76,90	7,70	53,076	0,053	2,56	0,004	2,45	4,36
-76,90	10,50	72,377	0,072	2,92	0,005	2,92	0,00
-76,90	16,40	113,045	0,113	3,52	0,008	3,62	2,92
-76,90	19,50	134,414	0,134	3,74	0,010	3,88	3,97
-76,90	34,10	235,051	0,235	4,48	0,017	4,66	4,02
-76,90	38,70	266,759	0,267	4,63	0,019	4,82	4,11
-76,90	64,50	444,599	0,445	5,28	0,032	5,39	1,98
-76,90	68,80	474,238	0,474	5,36	0,034	5,45	1,75
-76,90	94,90	654,146	0,654	5,75	0,047	5,76	0,14
-76,90	100,90	695,504	0,696	5,94	0,050	5,81	2,18
-76,90	102,80	708,600	0,709	5,85	0,051	5,83	0,28
-76,90	140,30	967,088	0,967	6,21	0,070	6,12	1,50
-76,90	143,00	985,699	0,986	6,22	0,071	6,13	1,42
-76,90	176,80	1218,682	1,219	6,46	0,088	6,34	1,89
-76,90	184,80	1273,826	1,274	6,49	0,092	6,38	1,68
-76,90	212,20	1462,695	1,463	6,74	0,105	6,53	3,06
-76,90	234,20	1614,341	1,614	6,72	0,116	6,65	1,04
-76,90	284,80	1963,126	1,963	7,00	0,142	6,90	1,49
-76,90	343,80	2369,813	2,370	7,14	0,171	7,19	0,70
-76,90	395,20	2724,114	2,724	7,26	0,196	7,45	2,70
-76,90	500,50	3449,947	3,450	7,26	0,249	8,02	10,45
Po	13,87					AAPD	4,44
n _m	6,13						
c	172,12						



Lampiran A.7.2 Adsorpsi CH₄ dalam Karbon Aktif pada T=260,15 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344

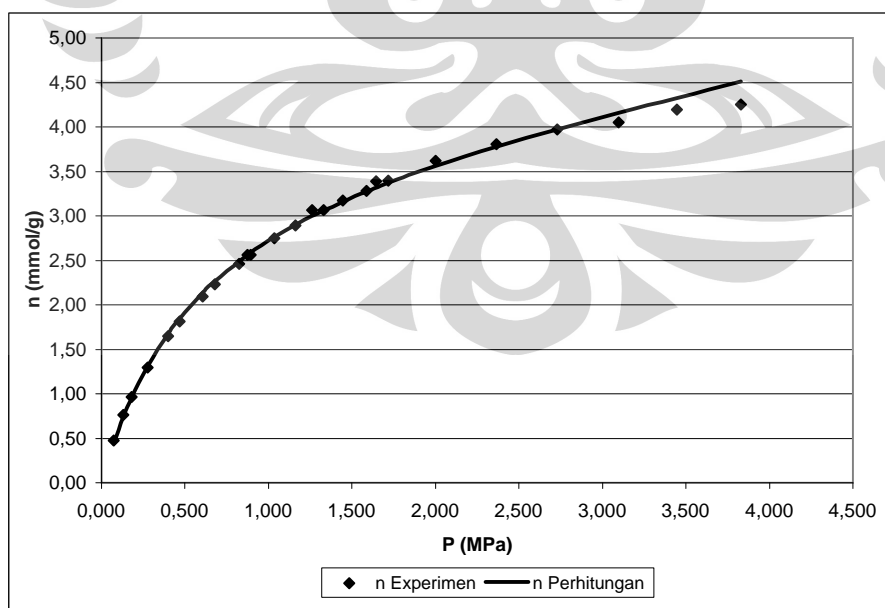
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
8,60	6,40	44,115	0,044	0,79	0,002	0,67	15,96
8,60	11,90	82,027	0,082	1,21	0,004	1,12	7,41
8,60	18,90	130,278	0,130	1,62	0,006	1,58	2,44
8,60	23,50	161,986	0,162	1,83	0,007	1,83	0,00
8,60	35,30	243,323	0,243	2,30	0,011	2,34	2,07
8,60	43,90	302,603	0,303	2,56	0,013	2,64	2,89
8,60	59,40	409,444	0,409	2,95	0,018	3,04	3,17
8,60	73,20	504,568	0,505	3,22	0,022	3,32	3,18
8,60	89,70	618,302	0,618	3,49	0,027	3,58	2,48
8,60	105,70	728,590	0,729	3,71	0,032	3,78	2,13
8,60	125,10	862,314	0,862	3,93	0,038	3,99	1,36
8,60	137,60	948,477	0,948	4,12	0,041	4,10	0,59
8,60	145,40	1002,242	1,002	4,13	0,044	4,16	0,88
8,60	169,40	1167,674	1,168	4,33	0,051	4,33	0,20
8,60	193,90	1336,553	1,337	4,49	0,058	4,48	0,09
8,60	219,50	1513,014	1,513	4,65	0,066	4,62	0,67
8,60	230,40	1588,147	1,588	4,75	0,069	4,67	1,59
8,60	241,50	1664,660	1,665	4,76	0,072	4,72	0,70
8,60	293,40	2022,406	2,022	5,06	0,088	4,94	2,41
8,60	349,30	2407,725	2,408	5,25	0,105	5,13	2,15
8,60	401,20	2765,472	2,765	5,41	0,120	5,30	2,06
8,60	452,60	3119,772	3,120	5,51	0,136	5,45	0,95
8,60	502,50	3463,733	3,464	5,57	0,151	5,60	0,52
8,60	554,90	3824,926	3,825	5,59	0,166	5,75	2,75
P _o	22,97					AAPD	2,44
n _m	5,10						
c	77,98						



Lampiran A.7.3 Adsorpsi CH₄ dalam Karbon Aktif pada T=301,4 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344

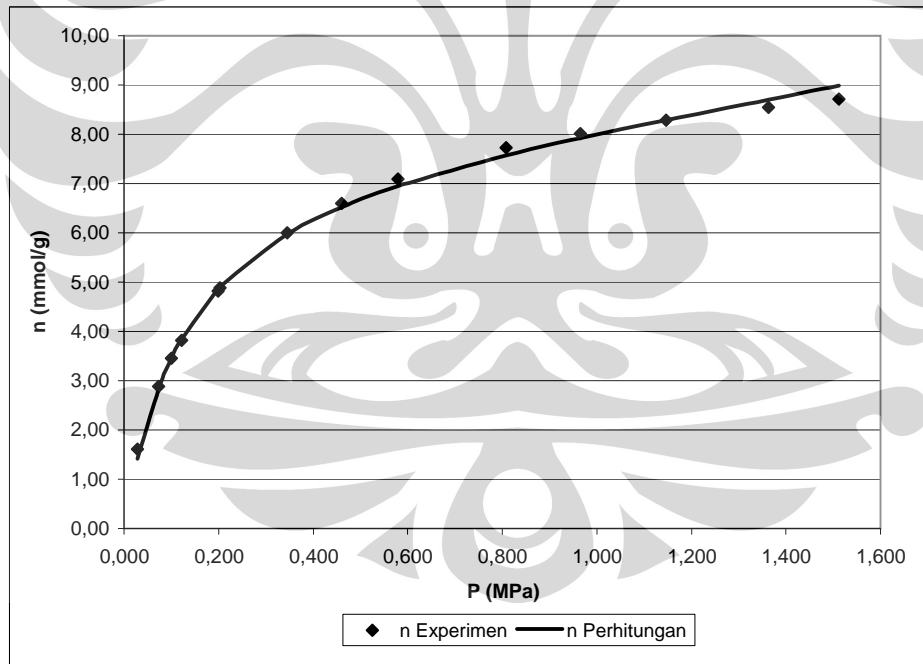
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
82,80	10,50	72,377	0,072	0,48	0,004	0,44	7,32
82,80	19,10	131,656	0,132	0,76	0,007	0,74	2,87
82,80	26,30	181,286	0,181	0,97	0,010	0,96	0,61
82,80	39,80	274,341	0,274	1,30	0,015	1,31	0,64
82,80	57,80	398,415	0,398	1,64	0,022	1,67	1,86
82,80	67,80	467,345	0,467	1,81	0,025	1,85	1,90
82,80	87,90	605,895	0,606	2,10	0,033	2,14	1,85
82,80	98,30	677,582	0,678	2,23	0,037	2,26	1,54
82,80	119,40	823,024	0,823	2,46	0,045	2,49	1,14
82,80	126,60	872,654	0,873	2,56	0,047	2,56	0,00
82,80	129,80	894,711	0,895	2,56	0,049	2,59	0,99
82,80	150,40	1036,707	1,037	2,75	0,056	2,76	0,57
82,80	168,60	1162,160	1,162	2,89	0,063	2,90	0,19
82,80	182,90	1260,730	1,261	3,07	0,069	3,00	2,24
82,80	192,70	1328,281	1,328	3,06	0,072	3,06	0,17
82,80	209,40	1443,394	1,443	3,17	0,078	3,16	0,48
82,80	230,30	1587,458	1,587	3,28	0,086	3,27	0,31
82,80	238,40	1643,291	1,643	3,39	0,089	3,32	2,04
82,80	249,30	1718,425	1,718	3,40	0,093	3,37	0,72
82,80	290,40	2001,727	2,002	3,62	0,109	3,56	1,56
82,80	343,30	2366,367	2,366	3,81	0,129	3,78	0,77
82,80	396,20	2731,007	2,731	3,97	0,148	3,97	0,02
82,80	449,10	3095,646	3,096	4,05	0,168	4,16	2,66
82,80	500,00	3446,500	3,447	4,20	0,187	4,33	3,14
82,80	555,40	3828,372	3,828	4,25	0,208	4,51	6,06
P _o	18,40					AAPD	1,67
n _m	4,00						
c	31,29						



Lampiran A.8.1 Adsorpsi CO₂ dalam Karbon Aktif pada T=301,4 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344

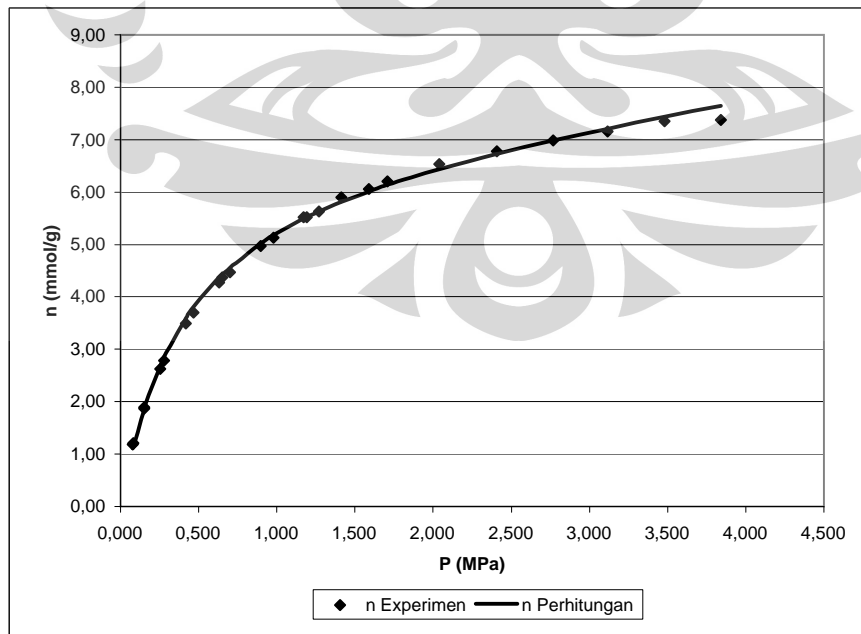
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
8,60	4,19	28,900	0,029	1,61	0,004	1,42	11,85
8,60	10,60	73,080	0,073	2,89	0,009	2,83	1,87
8,60	14,61	100,700	0,101	3,45	0,013	3,45	0,02
8,60	17,70	122,000	0,122	3,82	0,015	3,85	0,71
8,60	28,92	199,300	0,199	4,82	0,025	4,87	1,03
8,60	29,51	203,400	0,203	4,88	0,026	4,91	0,69
8,60	50,02	344,700	0,345	6,00	0,043	5,97	0,53
8,60	66,73	459,900	0,460	6,60	0,058	6,52	1,26
8,60	84,04	579,200	0,579	7,09	0,073	6,94	2,08
8,60	117,34	808,700	0,809	7,72	0,102	7,57	2,01
8,60	140,07	965,300	0,965	8,02	0,122	7,92	1,23
8,60	166,43	1147,000	1,147	8,29	0,144	8,29	0,00
8,60	197,77	1363,000	1,363	8,55	0,172	8,71	1,82
8,60	219,39	1512,000	1,512	8,71	0,190	8,99	3,15
P _o	7,94					AAPD	2,02
n _m	7,79						
c	60,69						



Lampiran A.8.2 Adsorpsi CO₂ dalam Karbon Aktif pada T=301,4 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344

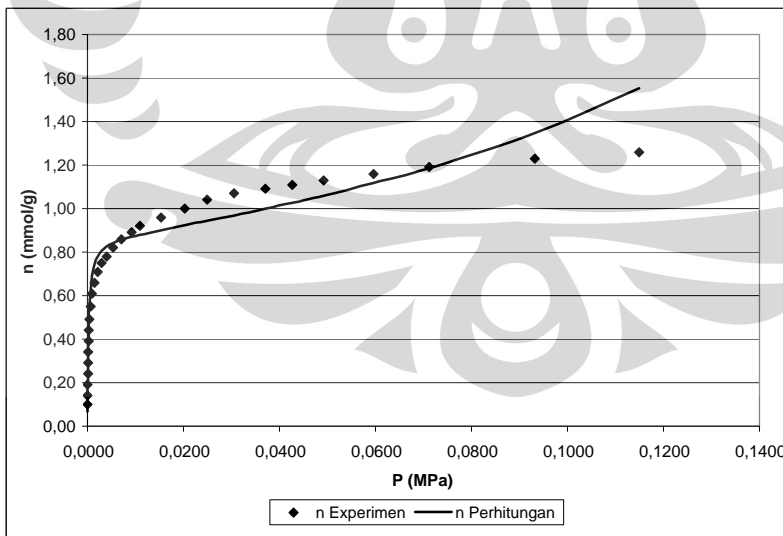
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
82,80	11,30	77,910	0,078	1,19	0,003	1,11	6,81
82,80	11,61	79,980	0,080	1,21	0,003	1,13	6,29
82,80	21,71	149,600	0,150	1,87	0,006	1,87	0,09
82,80	22,01	151,700	0,152	1,89	0,006	1,89	0,04
82,80	36,61	252,300	0,252	2,62	0,011	2,68	2,38
82,80	40,51	279,200	0,279	2,78	0,012	2,86	2,73
82,80	60,62	417,800	0,418	3,49	0,018	3,59	3,08
82,80	67,94	468,200	0,468	3,70	0,020	3,81	2,93
82,80	91,44	630,200	0,630	4,27	0,027	4,37	2,25
82,80	94,34	650,200	0,650	4,37	0,028	4,43	1,32
82,80	101,34	698,400	0,698	4,47	0,030	4,56	2,06
82,80	130,26	897,700	0,898	4,97	0,038	5,02	0,97
82,80	142,15	979,700	0,980	5,13	0,042	5,18	0,86
82,80	169,91	1171,000	1,171	5,51	0,050	5,49	0,40
82,80	173,10	1193,000	1,193	5,53	0,051	5,52	0,01
82,80	183,99	1268,000	1,268	5,63	0,054	5,63	0,07
82,80	204,74	1411,000	1,411	5,90	0,060	5,81	1,41
82,80	230,27	1587,000	1,587	6,05	0,067	6,01	0,63
82,80	247,54	1706,000	1,706	6,20	0,072	6,14	1,08
82,80	296,00	2040,000	2,040	6,54	0,087	6,44	1,47
82,80	349,40	2408,000	2,408	6,78	0,102	6,73	0,70
82,80	401,35	2766,000	2,766	6,99	0,117	6,98	0,11
82,80	452,28	3117,000	3,117	7,16	0,132	7,21	0,65
82,80	505,24	3482,000	3,482	7,35	0,148	7,43	1,16
82,80	557,18	3840,000	3,840	7,38	0,163	7,65	3,61
P _o	23,55					AAPD	1,72
n _m	6,98						
c	56,71						



Lampiran A.9.1 Adsorpsi C3H8 dalam Zeolit pada T=283,05 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
 C3H8 on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

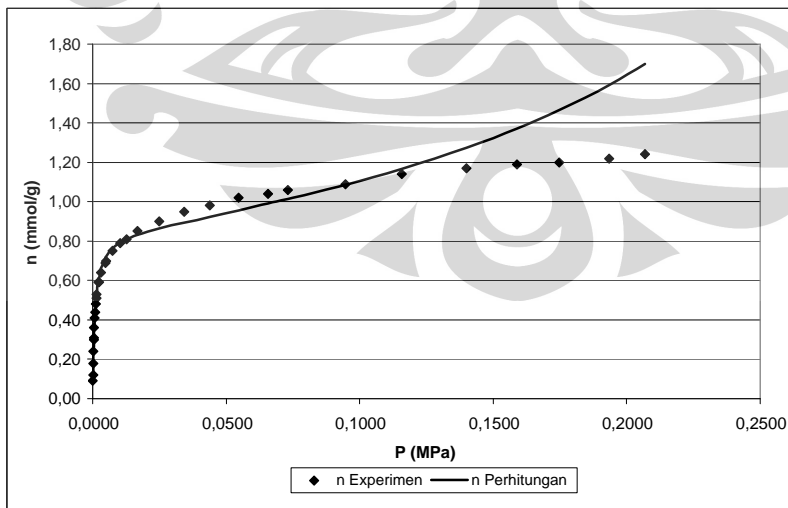
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
49,82	0,02	0,0000	0,0029	0,10	0,0001	0,07	32,84
49,82	0,04	0,0000	0,0058	0,14	0,0002	0,12	10,99
49,82	0,05	0,0001	0,0073	0,19	0,0002	0,15	20,88
49,82	0,09	0,0001	0,0131	0,24	0,0003	0,24	1,06
49,82	0,12	0,0001	0,0174	0,29	0,0005	0,29	0,00
49,82	0,16	0,0002	0,0232	0,34	0,0006	0,35	2,26
49,82	0,22	0,0002	0,0319	0,39	0,0009	0,42	6,49
49,82	0,30	0,0003	0,0435	0,44	0,0012	0,48	9,55
49,82	0,43	0,0004	0,0624	0,49	0,0017	0,56	13,55
49,82	0,62	0,0006	0,0900	0,55	0,0024	0,62	13,58
49,82	0,95	0,0010	0,1378	0,61	0,0037	0,69	13,42
49,82	1,44	0,0014	0,2089	0,66	0,0056	0,74	12,66
49,82	2,11	0,0021	0,3062	0,71	0,0082	0,78	9,93
49,82	2,97	0,0030	0,4309	0,75	0,0115	0,81	7,55
49,82	4,04	0,0040	0,5862	0,78	0,0157	0,83	5,92
49,82	5,35	0,0054	0,7763	0,82	0,0208	0,84	2,67
49,82	7,03	0,0070	1,0201	0,86	0,0273	0,86	0,44
49,82	9,26	0,0093	1,3436	0,89	0,0360	0,87	2,17
49,82	11,00	0,0110	1,5961	0,92	0,0428	0,88	4,31
49,82	15,32	0,0153	2,2229	0,96	0,0596	0,90	6,10
49,82	20,23	0,0202	2,9354	1,00	0,0786	0,92	7,65
49,82	24,92	0,0249	3,6159	1,04	0,0969	0,94	9,21
49,82	30,49	0,0305	4,4241	1,07	0,1185	0,97	9,44
49,82	37,07	0,0371	5,3789	1,09	0,1441	1,00	8,32
49,82	42,61	0,0426	6,1827	1,11	0,1657	1,03	7,57
49,82	49,18	0,0492	7,1360	1,13	0,1912	1,06	6,27
49,82	59,65	0,0597	8,6552	1,16	0,2319	1,12	3,77
49,82	71,26	0,0713	10,3398	1,19	0,2770	1,19	0,28
49,82	93,21	0,0932	13,5248	1,23	0,3624	1,35	9,48
49,82	114,96	0,1150	16,6807	1,26	0,4469	1,55	23,27
P _o	0,26					AAPD	8,72
n _m	0,86						
c	1089,26						



Lampiran A.9.2 Adsorpsi C₃H₈ dalam Zeolit pada T=303,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
C₃H₈ on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

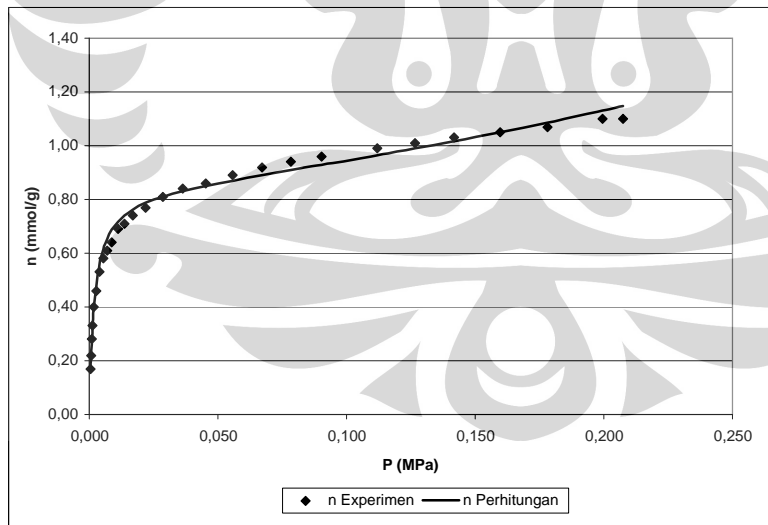
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
86	0,10	0,0001	0,015	0,09	0,0002	0,08	7,20
86	0,14	0,0001	0,020	0,12	0,0003	0,11	6,27
86	0,22	0,0002	0,032	0,18	0,0005	0,16	8,76
86	0,33	0,0003	0,048	0,24	0,0008	0,22	6,45
86	0,41	0,0004	0,059	0,30	0,0010	0,26	12,64
86	0,49	0,0005	0,071	0,31	0,0012	0,30	4,73
86	0,57	0,0006	0,083	0,36	0,0014	0,33	9,72
86	0,77	0,0008	0,112	0,41	0,0019	0,39	5,64
86	0,99	0,0010	0,144	0,44	0,0024	0,44	0,00
86	1,08	0,0011	0,157	0,48	0,0027	0,46	4,51
86	1,47	0,0015	0,213	0,51	0,0036	0,52	2,36
86	1,51	0,0015	0,219	0,53	0,0037	0,53	0,48
86	2,27	0,0023	0,329	0,59	0,0056	0,60	2,44
86	2,40	0,0024	0,348	0,59	0,0059	0,61	4,08
86	3,22	0,0032	0,467	0,64	0,0079	0,66	3,37
86	4,72	0,0047	0,685	0,69	0,0116	0,71	3,46
86	5,06	0,0051	0,734	0,70	0,0124	0,72	3,19
86	7,39	0,0074	1,072	0,75	0,0181	0,76	1,75
86	10,26	0,0103	1,489	0,79	0,0252	0,79	0,37
86	12,67	0,0127	1,838	0,81	0,0311	0,81	0,03
86	16,70	0,0167	2,423	0,85	0,0410	0,83	2,11
86	24,81	0,0248	3,600	0,90	0,0609	0,86	3,97
86	34,28	0,0343	4,974	0,95	0,0841	0,89	5,80
86	43,85	0,0439	6,363	0,98	0,1076	0,92	5,75
86	54,62	0,0546	7,925	1,02	0,1340	0,96	6,31
86	65,79	0,0658	9,546	1,04	0,1614	0,99	4,84
86	73,19	0,0732	10,620	1,06	0,1796	1,01	4,44
86	94,66	0,0947	13,735	1,09	0,2323	1,09	0,42
86	115,89	0,1159	16,816	1,14	0,2844	1,17	2,33
86	140,07	0,1401	20,324	1,17	0,3437	1,27	8,86
86	158,90	0,1589	23,056	1,19	0,3899	1,37	15,23
86	174,76	0,1748	25,358	1,20	0,4289	1,47	22,12
86	193,37	0,1934	28,058	1,22	0,4745	1,59	30,62
86	206,81	0,2068	30,008	1,24	0,5075	1,70	37,16
P _o	0,41					AAPD	6,98
n _m	0,84						
c	450,01						



Lampiran A.9.3 Adsorpsi C₃H₈ dalam Zeolit pada T=324,25 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
C₃H₈ on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

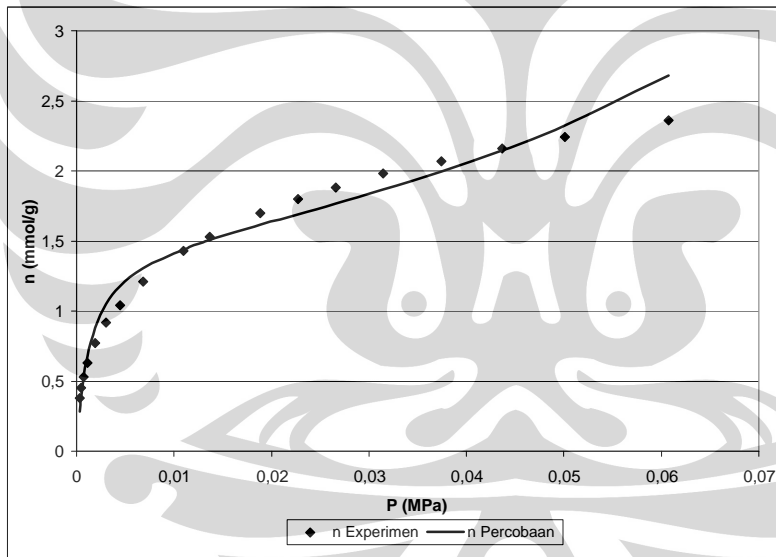
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
123,98	0,51	0,001	0,074	0,17	0,001	0,17	0,01
123,98	0,67	0,001	0,097	0,22	0,001	0,21	4,56
123,98	0,91	0,001	0,132	0,28	0,001	0,26	6,54
123,98	1,21	0,001	0,176	0,33	0,002	0,32	4,41
123,98	1,80	0,002	0,261	0,40	0,002	0,40	0,86
123,98	2,63	0,003	0,382	0,46	0,004	0,48	3,44
123,98	4,02	0,004	0,583	0,53	0,005	0,56	5,69
123,98	5,43	0,005	0,788	0,58	0,007	0,61	5,87
123,98	6,92	0,007	1,004	0,61	0,009	0,65	7,05
123,98	8,81	0,009	1,278	0,64	0,012	0,69	7,45
123,98	11,12	0,011	1,614	0,69	0,015	0,72	3,96
123,98	13,69	0,014	1,986	0,71	0,019	0,74	4,37
123,98	16,88	0,017	2,449	0,74	0,023	0,76	3,05
123,98	22,01	0,022	3,194	0,77	0,030	0,79	2,26
123,98	28,53	0,029	4,140	0,81	0,039	0,81	0,00
123,98	36,22	0,036	5,256	0,84	0,049	0,83	1,14
123,98	45,16	0,045	6,553	0,86	0,061	0,85	1,18
123,98	55,76	0,056	8,091	0,89	0,076	0,87	2,24
123,98	67,18	0,067	9,748	0,92	0,091	0,89	3,24
123,98	78,27	0,078	11,357	0,94	0,106	0,91	3,31
123,98	90,35	0,090	13,110	0,96	0,123	0,93	3,24
123,98	111,84	0,112	16,228	0,99	0,152	0,96	2,54
123,98	126,53	0,127	18,360	1,01	0,172	0,99	1,97
123,98	141,79	0,142	20,574	1,03	0,192	1,02	1,24
123,98	159,59	0,160	23,157	1,05	0,217	1,05	0,02
123,98	178,21	0,178	25,858	1,07	0,242	1,09	1,55
123,98	199,44	0,199	28,939	1,10	0,271	1,13	2,81
123,98	207,51	0,208	30,110	1,10	0,282	1,15	4,42
P _o	0,74					AAPD	3,16
n _m	0,83						
c	371,14						



Lampiran A.10.1 Adsorpsi CO₂ dalam zeolit pada T=283,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
 CO₂ on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

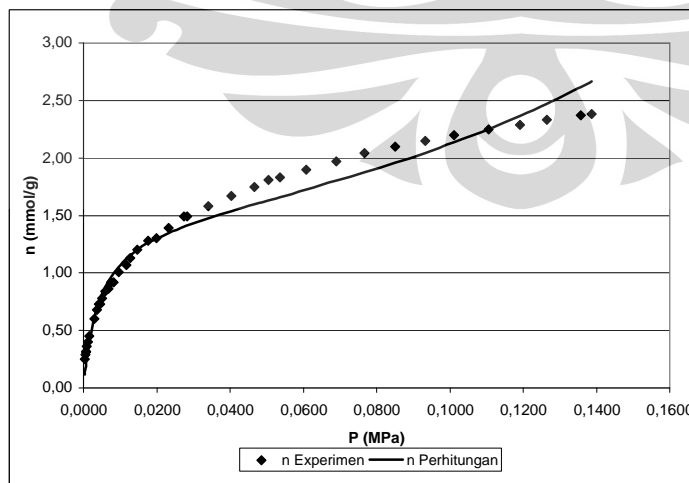
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (Psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
50	0,32	0,00032	0,046432	0,38	0,002415	0,282948	25,5401
50	0,47	0,00047	0,068197	0,45	0,003547	0,382019	15,10697
50	0,75	0,00075	0,108825	0,53	0,00566	0,529976	0,004468
50	1,12	0,00112	0,162512	0,63	0,008452	0,67543	7,211095
50	1,91	0,00191	0,277141	0,77	0,014413	0,879179	14,17905
50	3,03	0,00303	0,439653	0,92	0,022865	1,048183	13,9329
50	4,48	0,00448	0,650048	1,04	0,033807	1,178438	13,31137
50	6,85	0,00685	0,993935	1,21	0,051691	1,306122	7,943997
50	10,97	0,01097	1,591747	1,43	0,082782	1,440202	0,713408
50	13,68	0,01368	1,984968	1,53	0,103232	1,506033	1,566486
50	18,85	0,01885	2,735135	1,7	0,142246	1,614679	5,018881
50	22,72	0,02272	3,296672	1,8	0,17145	1,691024	6,054196
50	26,59	0,02659	3,858209	1,88	0,200654	1,767371	5,990899
50	31,48	0,03148	4,567748	1,98	0,237554	1,867058	5,704162
50	37,43	0,03743	5,431093	2,07	0,282454	1,997069	3,523231
50	43,67	0,04367	6,336517	2,16	0,329543	2,14812	0,550009
50	50,12	0,05012	7,272412	2,24	0,378216	2,325336	3,809635
50	60,76	0,06076	8,816276	2,36	0,458507	2,682576	13,66847
P _o	0,13					AAPD	7,990518
n _m	1,47						
c	98,17						



Lampiran A.10.2 Adsorpsi CO₂ dalam zeolit pada T=303,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
CO₂ on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

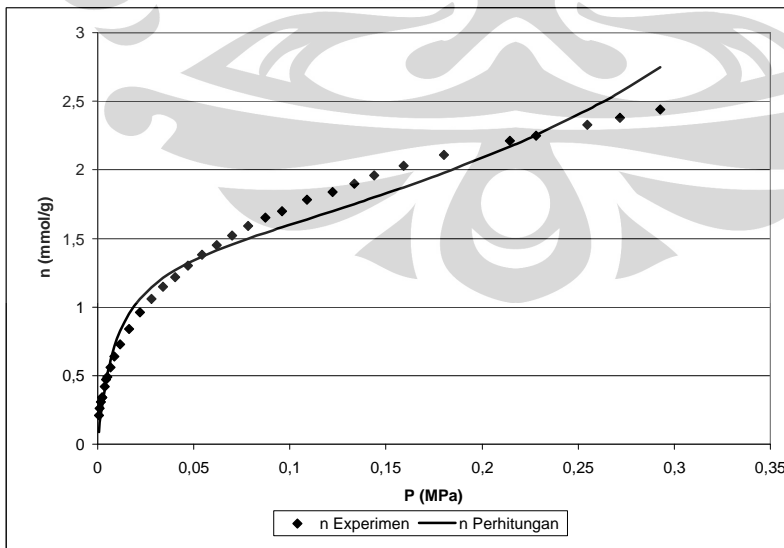
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
86	0,37	0,0004	0,0537	0,25	0,0012	0,12	52,69
86	0,57	0,0006	0,0827	0,29	0,0019	0,17	39,75
86	0,63	0,0006	0,0914	0,31	0,0021	0,19	38,46
86	0,72	0,0007	0,1045	0,32	0,0024	0,21	33,08
86	0,94	0,0009	0,1364	0,36	0,0031	0,27	25,59
86	1,20	0,0012	0,1741	0,40	0,0040	0,33	18,52
86	1,57	0,0016	0,2278	0,45	0,0053	0,40	11,17
86	2,97	0,0030	0,4309	0,60	0,0099	0,61	2,03
86	3,63	0,0036	0,5267	0,68	0,0122	0,69	1,02
86	4,24	0,0042	0,6152	0,73	0,0142	0,75	2,22
86	4,56	0,0046	0,6617	0,73	0,0153	0,77	6,05
86	5,08	0,0051	0,7371	0,78	0,0170	0,82	4,58
86	6,02	0,0060	0,8735	0,84	0,0202	0,88	4,87
86	6,88	0,0069	0,9983	0,86	0,0230	0,93	8,33
86	7,51	0,0075	1,0897	0,92	0,0251	0,96	4,83
86	8,22	0,0082	1,1927	0,92	0,0275	1,00	8,47
86	9,59	0,0096	1,3915	1,01	0,0321	1,05	4,34
86	11,74	0,0117	1,7035	1,07	0,0393	1,12	5,13
86	12,71	0,0127	1,8442	1,13	0,0426	1,15	1,94
86	14,67	0,0147	2,1286	1,20	0,0491	1,20	0,00
86	17,71	0,0177	2,5697	1,28	0,0593	1,26	1,44
86	19,87	0,0199	2,8831	1,30	0,0665	1,30	0,11
86	23,20	0,0232	3,3663	1,39	0,0777	1,35	3,00
86	27,50	0,0275	3,9903	1,49	0,0921	1,40	5,80
86	28,29	0,0283	4,1049	1,49	0,0947	1,41	5,18
86	34,13	0,0341	4,9523	1,58	0,1143	1,48	6,52
86	40,29	0,0403	5,8461	1,67	0,1349	1,54	7,89
86	46,72	0,0467	6,7791	1,75	0,1564	1,60	8,66
86	50,46	0,0505	7,3217	1,81	0,1690	1,63	9,81
86	53,63	0,0536	7,7817	1,83	0,1796	1,66	9,22
86	60,84	0,0608	8,8279	1,90	0,2037	1,73	9,13
86	68,94	0,0689	10,0032	1,97	0,2309	1,80	8,57
86	76,62	0,0766	11,1176	2,04	0,2566	1,87	8,12
86	85,06	0,0851	12,3422	2,10	0,2848	1,96	6,73
86	93,19	0,0932	13,5219	2,15	0,3121	2,04	4,90
86	101,19	0,1012	14,6827	2,20	0,3388	2,13	2,96
86	110,63	0,1106	16,0524	2,25	0,3705	2,25	0,01
86	119,18	0,1192	17,2930	2,29	0,3991	2,36	3,20
86	126,52	0,1265	18,3581	2,33	0,4237	2,47	5,96
86	135,71	0,1357	19,6915	2,37	0,4544	2,61	10,29
86	138,67	0,1387	20,1210	2,38	0,4643	2,66	11,93
P _c	0,30					AAPD	9,82
n _m	1,45						
c	71,49						



Lampiran A.10.3 Adsorpsi CO₂ dalam zeolit pada T=323,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
CO₂ on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

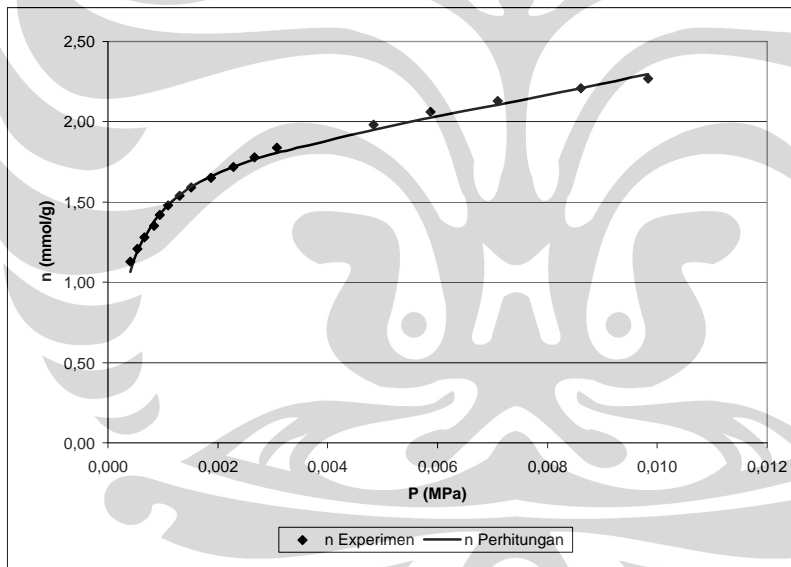
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
122	0,63	0,00063	0,091413	0,21	0,001042	0,090855	56,73566
122	1,14	0,00114	0,165414	0,26	0,001885	0,156673	39,74099
122	1,71	0,00171	0,248121	0,31	0,002828	0,223296	27,96913
122	2,17	0,00217	0,314867	0,34	0,003588	0,272424	19,87534
122	2,25	0,00225	0,326475	0,34	0,00372	0,280585	17,47502
122	3,53	0,00353	0,512203	0,42	0,005837	0,397884	5,265665
122	4,46	0,00446	0,647146	0,47	0,007375	0,470001	0,000259
122	4,99	0,00499	0,724049	0,49	0,008251	0,507097	3,489259
122	6,74	0,00674	0,977974	0,56	0,011145	0,613022	9,46821
122	8,8	0,0088	1,27688	0,64	0,014551	0,712855	11,38361
122	11,78	0,01178	1,709278	0,73	0,019479	0,824891	12,99876
122	16,48	0,01648	2,391248	0,84	0,02725	0,952975	13,44938
122	22,06	0,02206	3,200906	0,96	0,036477	1,060324	10,45042
122	27,92	0,02792	4,051192	1,06	0,046166	1,143459	7,873518
122	34,07	0,03407	4,943557	1,15	0,056336	1,211396	5,338807
122	40,2	0,0402	5,83302	1,22	0,066472	1,266746	3,831653
122	46,91	0,04691	6,806641	1,3	0,077567	1,318092	1,391682
122	54,37	0,05437	7,889087	1,38	0,089902	1,367622	0,896931
122	62,06	0,06206	9,004906	1,45	0,102618	1,413099	2,544898
122	69,91	0,06991	10,14394	1,52	0,115598	1,455582	4,238016
122	78,4	0,0784	11,37584	1,59	0,129636	1,498514	5,75381
122	87,41	0,08741	12,68319	1,65	0,144535	1,541825	6,556057
122	96	0,096	13,9296	1,7	0,158738	1,581762	6,955188
122	108,74	0,10874	15,77817	1,78	0,179804	1,639725	7,880628
122	122,19	0,12219	17,72977	1,84	0,202044	1,700498	7,581617
122	133,44	0,13344	19,36214	1,9	0,220646	1,751765	7,801853
122	143,73	0,14373	20,85522	1,96	0,237661	1,799444	8,191631
122	159,03	0,15903	23,07525	2,03	0,26296	1,872404	7,763363
122	180,13	0,18013	26,13686	2,11	0,297849	1,978536	6,23051
122	214,47	0,21447	31,1196	2,21	0,354631	2,170062	1,807129
122	228,05	0,22805	33,09006	2,25	0,377086	2,253995	0,177577
122	254,73	0,25473	36,96132	2,33	0,421202	2,436023	4,550328
122	271,62	0,27162	39,41206	2,38	0,44913	2,565273	7,784571
122	292,86	0,29286	42,49399	2,44	0,484251	2,746707	12,56998
P _o	0,60					AAPD	10,1771
n _m	1,44						
c	64,51						



Lampiran A.11.1 Adsorpsi H₂S dalam Zeolit pada T=283,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
 H₂S on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

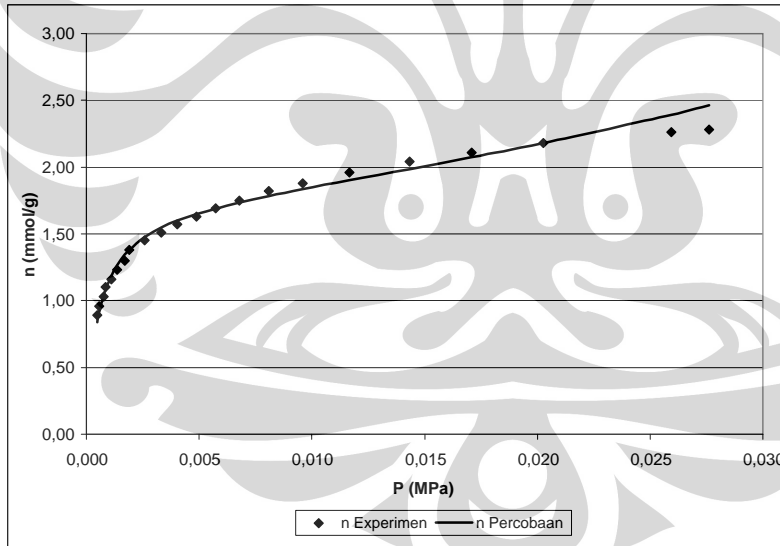
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD	
50	0,41	0,000	0,059	1,13	0,009	1,06	5,78	
50	0,54	0,001	0,078	1,21	0,012	1,19	1,52	
50	0,66	0,001	0,096	1,28	0,014	1,28	0,00	
50	0,84	0,001	0,122	1,35	0,018	1,38	2,22	
50	0,94	0,001	0,136	1,42	0,021	1,42	0,29	
50	1,10	0,001	0,160	1,48	0,024	1,48	0,20	
50	1,30	0,001	0,189	1,54	0,029	1,54	0,13	
50	1,52	0,002	0,221	1,59	0,033	1,59	0,28	
50	1,87	0,002	0,271	1,65	0,041	1,66	0,61	
50	2,28	0,002	0,331	1,72	0,050	1,72	0,00	
50	2,67	0,003	0,387	1,78	0,059	1,77	0,75	
50	3,07	0,003	0,445	1,84	0,067	1,81	1,75	
50	4,83	0,005	0,701	1,98	0,106	1,95	1,44	
50	5,87	0,006	0,852	2,06	0,129	2,02	1,73	
50	7,09	0,007	1,029	2,13	0,156	2,11	1,08	
50	8,61	0,009	1,249	2,21	0,189	2,21	0,00	
50	9,83	0,010	1,426	2,27	0,216	2,30	1,12	
P _o	0,05					AAPD		1,11
n _m	1,84							
c	147,16							



Lampiran A.11.2 Adsorpsi H₂S dalam Zeolit pada T=303,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
 H₂S on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

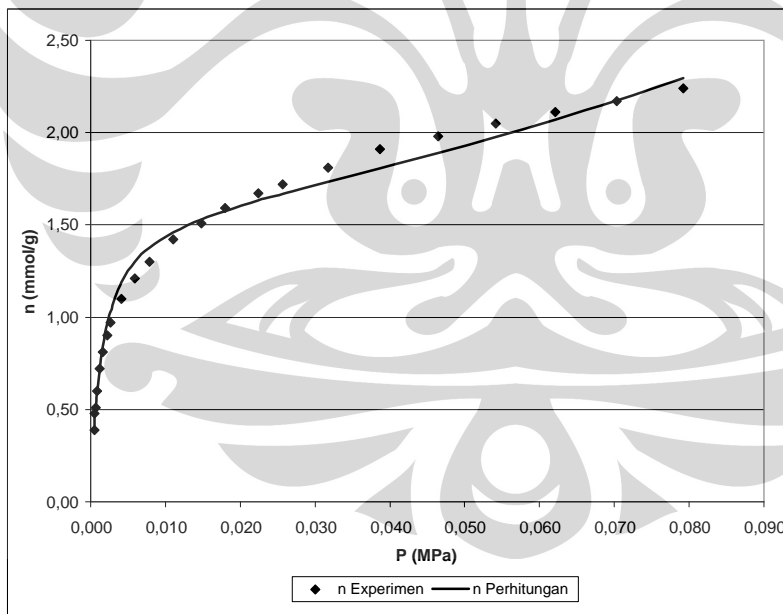
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD
86	0,49	0,000	0,071	0,89	0,006	0,84	5,68
86	0,58	0,001	0,084	0,96	0,007	0,91	4,85
86	0,76	0,001	0,110	1,03	0,009	1,03	0,08
86	0,86	0,001	0,125	1,10	0,010	1,08	1,52
86	1,10	0,001	0,160	1,16	0,012	1,18	2,04
86	1,36	0,001	0,197	1,23	0,015	1,26	2,85
86	1,70	0,002	0,247	1,30	0,019	1,34	3,42
86	1,89	0,002	0,274	1,38	0,021	1,38	0,00
86	2,57	0,003	0,373	1,45	0,029	1,48	1,75
86	3,32	0,003	0,482	1,51	0,038	1,55	2,47
86	4,03	0,004	0,585	1,57	0,046	1,60	1,82
86	4,87	0,005	0,707	1,63	0,055	1,65	1,05
86	5,73	0,006	0,831	1,69	0,065	1,69	0,07
86	6,78	0,007	0,984	1,75	0,077	1,73	0,97
86	8,09	0,008	1,174	1,82	0,092	1,78	2,09
86	9,60	0,010	1,393	1,88	0,109	1,83	2,47
86	11,67	0,012	1,693	1,96	0,132	1,90	3,04
86	14,32	0,014	2,078	2,04	0,162	1,98	2,73
86	17,10	0,017	2,481	2,11	0,194	2,07	1,73
86	20,26	0,020	2,940	2,18	0,230	2,18	0,00
86	25,95	0,026	3,765	2,26	0,294	2,39	5,85
86	27,62	0,028	4,008	2,28	0,313	2,46	7,94
P _o	0,09					AAPD	2,47
n _m	1,71						
c	170,35						



Lampiran A.11.3 Adsorpsi H₂S dalam Zeolit pada T=338,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
H₂S on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

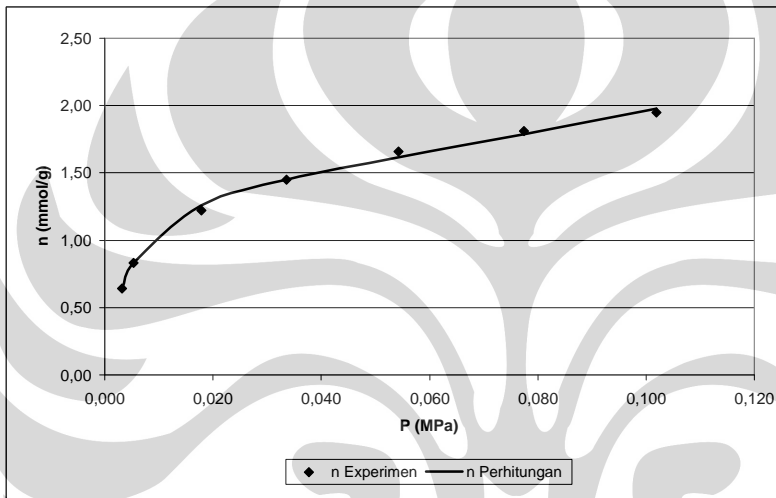
T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD	
149	0,48	0,000	0,070	0,39	0,002	0,40	1,91	
149	0,55	0,001	0,080	0,48	0,002	0,44	8,46	
149	0,68	0,001	0,099	0,51	0,003	0,51	0,00	
149	0,85	0,001	0,123	0,60	0,004	0,59	1,62	
149	1,16	0,001	0,168	0,72	0,005	0,71	1,40	
149	1,62	0,002	0,235	0,81	0,007	0,84	4,11	
149	2,21	0,002	0,321	0,90	0,009	0,97	7,35	
149	2,62	0,003	0,380	0,97	0,011	1,03	6,29	
149	4,11	0,004	0,596	1,10	0,017	1,19	8,13	
149	5,92	0,006	0,859	1,21	0,024	1,30	7,52	
149	7,83	0,008	1,136	1,30	0,032	1,38	5,90	
149	11,02	0,011	1,599	1,42	0,045	1,46	2,87	
149	14,82	0,015	2,150	1,51	0,061	1,53	1,33	
149	17,94	0,018	2,603	1,59	0,074	1,58	0,92	
149	22,44	0,022	3,256	1,67	0,092	1,63	2,30	
149	25,66	0,026	3,723	1,72	0,106	1,67	3,00	
149	31,70	0,032	4,600	1,81	0,131	1,73	4,23	
149	38,63	0,039	5,605	1,91	0,159	1,81	5,43	
149	46,49	0,046	6,746	1,98	0,191	1,89	4,55	
149	54,16	0,054	7,859	2,05	0,223	1,98	3,65	
149	62,07	0,062	9,006	2,11	0,256	2,07	1,98	
149	70,31	0,070	10,202	2,17	0,290	2,17	0,13	
149	79,18	0,079	11,489	2,24	0,326	2,30	2,49	
P _o	0,24						AAPD	3,72
n _m	1,57							
c	171,29							



Lampiran A.11.4 Adsorpsi H₂S dalam Zeolit pada T=368,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
 H₂S on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

T(°F)	P (kPa)	P (MPa)	P (psia)	n _{exp} (mmol/g)	z	n _{perht}	APD	
203	3,19	0,003	0,463	0,64	0,009	0,64	0,06	
203	5,27	0,005	0,765	0,83	0,015	0,83	0,15	
203	17,81	0,018	2,584	1,22	0,049	1,26	3,13	
203	33,56	0,034	4,870	1,45	0,092	1,45	0,00	
203	54,32	0,054	7,882	1,66	0,150	1,62	2,57	
203	77,47	0,077	11,241	1,81	0,213	1,79	1,26	
203	101,87	0,102	14,781	1,95	0,280	1,98	1,48	
P _o	0,36					AAPD		1,24
n _m	1,47							
c	85,97							



Lampiran B.1.1 Adsorpsi C₂H₄ +CO₂ dalam Karbon Aktif pada T=298,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200
C₂H₄(1)+CO₂(2)

1,00

Po	0,40
c	220,44
nm	2,14

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

2,00

Po	0,53
c	137,17
nm	3,33

Eij	1,94
-----	------

T (K)	P (kPa)	P (MPa)	n C ₂ H ₄ Experimen	n CO ₂ Experimen	n C ₂ H ₄ Perhitungan	n CO ₂ Perhitungan	y ₁	y ₂
298,15	137,80	0,14	0,30	3,68	0,27	2,83	6,56	93,44
298,15	137,80	0,14	0,35	3,58	0,36	2,69	9,01	90,99
298,15	137,80	0,14	0,72	3,06	0,98	1,74	29,32	70,68
298,15	137,80	0,14	1,08	2,57	1,41	1,07	49,30	50,70
298,15	137,80	0,14	1,61	1,74	1,75	0,56	69,68	30,32
298,15	137,80	0,14	2,23	0,84	1,99	0,18	88,94	11,06

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD C ₂ H ₄	APD CO ₂	APD ntotal	n Eij C ₂ H ₄	n Eij CO ₂	nt Eij	APD Eij nC ₂ H ₄	APD Eij nCO ₂	APD Eij nTotal
3,98	3,10	10,01	23,16	22,17	0,30	3,16	3,46	0,40	14,27	13,17
3,93	3,05	1,94	24,85	22,44	0,42	3,10	3,52	17,72	13,21	10,43
3,78	2,72	36,43	43,24	28,13	1,36	2,42	3,78	89,82	21,03	0,00
3,65	2,48	30,62	58,30	31,96	2,08	1,58	3,66	92,27	38,62	0,16
3,35	2,30	8,10	67,75	31,19	2,44	0,78	3,22	51,23	54,88	3,74
3,07	2,17	10,89	78,17	29,21	2,36	0,22	2,58	5,66	74,11	16,06
	AAPD	16,33	49,25	27,18				50,29	28,40	5,50

Lampiran B.1.2 Adsorpsi C₂H₄ +CO₂ dalam Karbon Aktif pada T=323,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200
C₂H₄(1)+CO₂(2)

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

1,00	
Po	0,44
c	91,20
nm	2,04

2,00	
Po	0,39
c	76,79
nm	2,43

Eij	1,89
------------	------

T (K)	P (kPa)	P (MPa)	n C ₂ H ₄ Experimen	n CO ₂ Experimen	n C ₂ H ₄ Perhitungan	n CO ₂ Perhitungan	y ₁	y ₂
323,15	137,80	0,14	0,30	3,11	0,20	2,11	9,43	90,57
323,15	137,80	0,14	0,88	2,41	0,63	1,60	30,43	69,57
323,15	137,80	0,14	1,42	1,58	1,21	0,90	60,19	39,81
323,15	137,80	0,14	1,67	1,21	1,37	0,71	68,23	31,77
323,15	137,80	0,14	2,22	0,44	1,78	0,22	90,04	9,96

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD C ₂ H ₄	APD CO ₂	APD ntotal	n Eij C ₂ H ₄	n Eij CO ₂	nt Eij	APD Eij nC ₂ H ₄	APD Eij nCO ₂	APD Eij nTotal
3,41	2,30	33,46	32,34	32,43	0,23	2,43	2,65	23,39	22,10	22,21
3,29	2,22	28,56	33,86	32,45	0,86	2,20	3,06	1,76	9,06	7,12
3,00	2,11	14,55	43,24	29,65	1,73	1,28	3,01	21,73	19,14	0,21
2,88	2,08	18,04	41,15	27,75	1,89	0,99	2,88	13,43	18,55	0,00
2,66	2,00	19,68	50,11	24,73	2,07	0,26	2,32	6,92	42,19	12,77
	AAPD	22,86	40,14	29,40				13,45	22,21	8,46

Lampiran B.2.1 Adsorpsi i-C4H10 +C2H4 dalam Karbon Aktif pada T=298,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200
 I-C4H10(1)+C2H4(2)

1,00	
Po	0,92
c	3876,96
nm	1,64

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

2,00	
Po	0,40
c	220,44
nm	2,14

Eij	1,75
-----	------

T (K)	P (kPa)	P (MPa)	n i-C4H10 Experimen	n C2H4 Experimen	n i-C4H10 Perhitungan	n C2H4 Perhitungan	y1	y2
298,15	137,80	0,14	0,33	2,35	0,43	1,55	4,50	95,50
298,15	137,80	0,14	0,55	2,08	0,82	1,05	11,68	88,32
298,15	137,80	0,14	0,76	1,70	0,94	0,89	15,15	84,85
298,15	137,80	0,14	1,01	1,38	1,11	0,68	21,63	78,37
298,15	137,80	0,14	1,19	1,11	1,28	0,45	32,49	67,51
298,15	137,80	0,14	1,22	1,05	1,31	0,41	34,85	65,15
298,15	137,80	0,14	1,51	0,68	1,46	0,22	53,10	46,90
298,15	137,80	0,14	1,56	0,58	1,56	0,10	73,02	26,98
298,15	137,80	0,14	1,59	0,48	1,58	0,06	80,47	19,53
298,15	137,80	0,14	1,68	0,37	1,60	0,04	87,45	12,55

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n i-C4H10	APD n C2H4	APD ntotal	n Eij n i-C4H10	n Eij C2H4	nt Eij	APD Eij n i-C4H10	APD Eij n C2H4	APD Eij nTotal
2,68	1,98	31,83	34,06	26,00	0,46	1,65	2,11	40,28	29,84	21,26
2,63	1,87	49,61	49,60	28,91	0,95	1,21	2,16	72,61	41,85	17,98
2,46	1,83	24,07	47,54	25,44	1,12	1,06	2,19	47,84	37,49	11,16
2,39	1,79	9,34	50,74	25,28	1,39	0,85	2,24	36,96	38,29	6,41
2,30	1,73	8,11	59,48	24,60	1,70	0,60	2,30	43,45	46,23	0,05
2,27	1,73	7,42	60,48	23,96	1,76	0,55	2,31	43,77	47,11	1,77
2,19	1,68	3,13	67,84	23,21	2,01	0,30	2,31	32,82	55,90	5,29
2,14	1,65	0,02	83,32	22,70	2,01	0,13	2,14	29,39	78,42	0,00
2,07	1,65	0,23	86,59	20,44	1,95	0,08	2,03	23,14	83,45	1,80
2,05	1,64	4,90	89,35	19,95	1,86	0,05	1,91	10,66	87,61	6,85
AAPD		13,87	62,90	24,05				38,09	54,62	7,26

Lampiran B.2.2 Adsorpsi i-C4H10 +C2H4 dalam Karbon Aktif pada T=323,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Euilibrium Adsorption of Ethanme, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200
i-C4H10(1)+C2H4(2)

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

1,00	
Po	2,38
c	3876,96
nm	1,54

2,00	
Po	0,44
c	91,20
nm	2,04

Eij	1,53
------------	------

T (K)	P (kPa)	P (MPa)	n i-C4H10 Experimen	n C2H4 Experimen	n i-C4H10 Perhitungan	n C2H4 Perhitungan	y1	y2
323,15	137,80	0,14	0,44	1,93	0,60	1,20	7,76	92,24
323,15	137,80	0,14	0,97	1,16	1,15	0,49	28,43	71,57
323,15	137,80	0,14	0,97	1,03	1,20	0,42	32,37	67,63
323,15	137,80	0,14	1,22	0,68	1,39	0,18	56,75	43,25
323,15	137,80	0,14	1,37	0,55	1,43	0,13	65,33	34,67
323,15	137,80	0,14	1,41	0,52	1,46	0,09	72,23	27,77
323,15	137,80	0,14	1,49	0,38	1,50	0,04	85,66	14,34
323,15	137,80	0,14	1,53	0,14	1,52	0,01	94,93	5,07

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n i-C4H10	APD n C2H4	APD ntotal	n Eij i-C4H10	n Eij C2H4	nt Eij	APD Eij n i-C4H10	APD Eij n C2H4	APD Eij nTotal
2,37	1,80	34,97	37,73	24,19	0,64	1,29	1,93	45,18	33,02	18,45
2,13	1,64	17,87	57,58	23,06	1,40	0,60	1,99	43,22	48,46	6,52
2,00	1,62	23,53	58,72	18,79	1,48	0,52	2,00	52,11	49,17	0,00
1,90	1,57	14,22	73,70	17,38	1,75	0,23	1,98	43,84	66,88	4,05
1,92	1,56	4,65	76,77	18,83	1,77	0,16	1,93	29,70	71,21	0,60
1,93	1,55	3,12	81,68	19,64	1,76	0,12	1,88	24,98	77,80	2,61
1,87	1,54	0,57	88,87	17,69	1,69	0,05	1,74	13,62	87,43	7,00
1,67	1,53	0,89	89,98	8,21	1,60	0,01	1,61	4,15	89,47	3,54
	AAPD	12,48	70,63	18,47				32,10	65,43	5,35

Lampiran B.2.3 Adsorpsi i-C4H10 +C2H4 dalam Karbon Aktif pada T=373,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200
i-C4H10(1)+C2H4(2)

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

1,00	
Po	12,87
c	3612,04
nm	1,36

2,00	
Po	0,49
c	23,92
nm	1,46

Eij	1,39
-----	------

T (K)	P (kPa)	P (MPa)	n i-C4H10 Experimen	n C2H4 Experimen	n i-C4H10 Perhitungan	n C2H4 Perhitungan	y1	y2
373,15	137,80	0,14	0,18	1,56	0,20	1,08	3,39	96,61
373,15	137,80	0,14	0,71	0,97	0,72	0,58	18,76	81,24
373,15	137,80	0,14	1,04	0,53	1,07	0,25	44,25	55,75
373,15	137,80	0,14	1,12	0,35	1,24	0,09	72,79	27,21
373,15	137,80	0,14	1,25	0,15	1,30	0,03	88,39	11,61
373,15	137,80	0,14	1,36	0,02	1,32	0,01	96,17	3,83

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n i-C4H10	APD n C2H4	APD ntotal	n Eij n i-C4H10	n Eij C2H4	nt Eij	APD Eij n i-C4H10	APD Eij n C2H4	APD Eij nTotal
1,74	1,28	13,72	31,08	26,51	0,21	1,10	1,31	16,62	29,33	24,64
1,68	1,30	1,28	39,94	22,52	0,80	0,65	1,46	13,29	32,82	13,33
1,57	1,32	2,62	52,73	16,11	1,27	0,30	1,57	22,33	43,65	0,00
1,47	1,32	10,18	75,01	9,89	1,43	0,10	1,53	27,18	71,15	4,01
1,40	1,33	3,24	78,10	5,20	1,40	0,03	1,43	11,49	76,35	2,38
1,38	1,33	2,83	57,65	3,75	1,36	0,01	1,37	0,04	56,43	0,99
AAPD		5,64	55,75	14,00				15,16	51,62	7,56

Lampiran B.3.1 Adsorpsi i-C4H10 +C2H6 dalam Karbon Aktif pada T=298,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200
i-C4H10(1)+C2H6(2)

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

1,00	
Po	0,92
c	3876,96
nm	1,64

2,00	
Po	4,93
c	170,87
nm	2,73

Eij	1,44
-----	------

T (K)	P (kPa)	P (MPa)	n i-C4H10 Experimen	n C2H6 Experimen	n i-C4H10 Perhitungan	n C2H6 Perhitungan	y1	y2
298,15	137,80	0,14	0,19	2,07	0,38	1,73	0,30	99,70
298,15	137,80	0,14	0,48	1,70	1,20	0,60	2,69	97,31
298,15	137,80	0,14	0,93	1,12	1,50	0,19	9,96	90,04
298,15	137,80	0,14	1,28	0,68	1,53	0,14	12,70	87,30
298,15	137,80	0,14	1,54	0,41	1,58	0,07	22,98	77,02
298,15	137,80	0,14	1,66	0,30	1,60	0,05	31,84	68,16
298,15	137,80	0,14	1,67	0,26	1,62	0,02	48,68	51,32
298,15	137,80	0,14	1,73	0,20	1,62	0,02	52,23	47,77
298,15	137,80	0,14	1,87	0,04	1,63	0,00	92,00	8,00
298,15	137,80	0,14	1,91	0,00	1,63	0,00	96,32	3,68

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n i-C4H10	APD n C2H6	APD ntotal	n Eij i-C4H10	n Eij C2H6	nt Eij	APD Eij n i-C4H10	APD Eij n C2H6	APD Eij nTotal
2,26	2,11	103,16	16,48	6,56	0,38	1,74	2,12	103,69	16,26	6,31
2,18	1,80	151,32	65,03	17,56	1,23	0,61	1,84	157,10	64,23	15,67
2,05	1,68	61,91	83,52	17,87	1,62	0,20	1,82	74,67	82,22	11,40
1,96	1,67	19,23	78,80	14,69	1,68	0,16	1,84	30,85	76,73	6,37
1,95	1,65	2,52	82,28	15,26	1,83	0,08	1,91	18,47	79,52	2,08
1,96	1,65	3,91	84,21	16,06	1,90	0,06	1,96	14,43	81,20	0,04
1,93	1,64	3,28	91,03	15,09	1,97	0,03	2,00	17,96	89,06	3,56
1,93	1,64	6,32	90,04	15,14	1,97	0,02	2,00	14,23	87,85	3,48
1,91	1,63	12,78	95,16	14,51	1,74	0,00	1,74	7,14	94,85	8,98
1,91	1,63	14,37	81,39	14,53	1,68	0,00	1,68	11,70	80,81	11,86
	AAPD	37,88	76,79	14,73				45,02	75,27	6,98

Lampiran B.3.2 Adsorpsi i-C4H10 +C2H6 dalam Karbon Aktif pada T=323,15 K

Hyun, S. H. and Danner, R. P., "Equilibrium Adsorption of Ethane, Ethylene, Isobutane, Carbon Dioxide, and their binary mixtures on 13X molecular sieves", J. Chem. Eng. Data 1982, 27, 196-200
 I-C4H10(1)+C2H6(2)

	1,00
Po	2,38
c	3876,96
nm	1,54

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

	2,00
Po	1,54
c	21,05
nm	2,72

Eij	1,19
-----	------

T (K)	P (kPa)	P (MPa)	n i-C4H10 Experimen	n C2H6 Experimen	n i-C4H10 Perhitungan	n C2H6 Perhitungan	y1	y2
323,15	137,80	0,14	0,67	1,17	1,13	0,47	3,47	96,53
323,15	137,80	0,14	0,69	1,14	1,15	0,44	3,69	96,31
323,15	137,80	0,14	1,15	0,60	1,40	0,15	12,23	87,77
323,15	137,80	0,14	1,35	0,33	1,46	0,08	21,14	78,86
323,15	137,80	0,14	1,54	0,13	1,52	0,01	65,29	34,71
323,15	137,80	0,14	1,64	0,04	1,53	0,01	81,90	18,10
323,15	137,80	0,14	1,66	0,01	1,53	0,00	89,05	10,95

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n i-C4H10	APD n C2H6	APD ntotal	n Eij i-C4H10	n Eij C2H6	nt Eij	APD Eij n i-C4H10	APD Eij n C2H6	APD Eij nTotal
1,84	1,59	69,20	60,25	13,33	1,14	0,47	1,61	71,31	59,75	12,24
1,83	1,59	66,23	60,99	13,02	1,16	0,45	1,61	68,43	60,47	11,86
1,75	1,55	22,19	75,24	11,39	1,46	0,16	1,61	27,08	74,25	7,85
1,68	1,54	8,42	75,72	8,27	1,55	0,09	1,64	15,15	74,21	2,57
1,67	1,53	1,29	90,81	8,29	1,65	0,01	1,66	7,05	90,04	0,55
1,68	1,53	6,79	88,45	8,90	1,61	0,01	1,62	1,64	87,81	3,86
1,67	1,53	8,04	69,07	8,37	1,58	0,00	1,59	4,70	67,94	5,04
AAPD		26,02	74,36	10,22				27,91	73,50	6,28

Lampiran B.4.1 Adsorpsi C₂H₆+C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=212,7 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344
C₂H₆(1)+C₂H₄(2)

1,00	
Po	1,23
c	907,43
vm	5,53

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

2,00	
Po	2,30
c	693,02
vm	6,06

Eij	1,63
-----	------

T (K)	P (psia)	P (MPa)	n C ₂ H ₆ Experimen	n C ₂ H ₄ Experimen	n C ₂ H ₆ Perhitungan	n C ₂ H ₄ Perhitungan	y1	y2
212,70	20,30	0,14	2,33	4,40	2,36	3,36	24,00	76,00
212,70	32,50	0,22	2,36	4,73	2,38	3,39	24,00	76,00
212,70	58,80	0,41	2,53	5,25	2,39	3,40	24,00	76,00
212,70	19,90	0,14	5,27	1,41	4,59	0,96	68,20	31,80
212,70	34,90	0,24	5,60	1,59	4,61	0,97	68,20	31,80
212,70	49,80	0,34	5,82	1,70	4,62	0,97	68,20	31,80

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n C ₂ H ₆	APD n C ₂ H ₄	APD ntotal	n Eij C ₂ H ₆	n Eij C ₂ H ₄	nt Eij	APD Eij n C ₂ H ₆	APD Eij n C ₂ H ₄	APD Eij nTotal
6,73	5,73	1,56	23,61	14,90	2,91	4,14	7,05	24,95	6,01	4,69
7,09	5,77	0,80	28,45	18,72	2,93	4,17	7,09	24,01	11,98	0,00
7,78	5,79	5,47	35,23	25,56	2,94	4,19	7,13	16,29	20,32	8,42
6,68	5,55	12,97	31,60	16,89	5,84	1,22	7,07	10,86	12,88	5,86
7,19	5,58	17,67	39,17	22,42	5,87	1,23	7,10	4,87	22,52	1,18
7,51	5,59	20,56	42,99	25,63	5,88	1,23	7,12	1,18	27,38	5,27
	AAPD	9,84	33,51	20,69				13,69	16,85	4,24

Lampiran B.4.2 Adsorpsi C₂H₆+C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=301,4 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344
C₂H₆(1)+C₂H₄(2)

1,00	
Po	9,40
c	156,63
vm	4,56

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

2,00	
Po	9,72
c	109,14
vm	4,59

Eij	1,27
-----	------

T (K)	P (psia)	P (MPa)	n C ₂ H ₆ Experimen	n C ₂ H ₄ Experimen	n C ₂ H ₆ Perhitungan	n C ₂ H ₄ Perhitungan	y ₁	y ₂
301,40	20,00	0,14	0,84	2,15	0,92	1,98	24,00	76,00
301,40	44,70	0,31	1,12	2,73	1,15	2,48	24,00	76,00
301,40	106,90	0,74	1,35	3,37	1,31	2,82	24,00	76,00
301,40	194,50	1,34	1,48	3,90	1,37	2,95	24,00	76,00
301,40	287,40	1,98	1,62	4,32	1,40	3,00	24,00	76,00
301,40	31,60	0,22	2,01	1,59	1,95	1,48	47,20	52,80
301,40	79,70	0,55	2,53	2,05	2,29	1,74	47,20	52,80
301,40	164,30	1,13	2,87	2,51	2,44	1,85	47,20	52,80
301,40	20,90	0,14	2,49	0,78	2,37	0,75	68,20	31,80
301,40	50,20	0,35	3,05	1,03	2,90	0,92	68,20	31,80
301,40	100,50	0,69	3,63	1,24	3,16	1,00	68,20	31,80
301,40	198,40	1,37	4,08	1,53	3,30	1,05	68,20	31,80

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n C ₂ H ₆	APD n C ₂ H ₄	APD ntotal	n Eij C ₂ H ₆	n Eij C ₂ H ₄	nt Eij	APD Eij n C ₂ H ₆	APD Eij n C ₂ H ₄	APD Eij nTotal
2,99	2,90	9,72	7,94	2,98	1,01	2,17	3,19	20,57	1,16	6,61
3,85	3,64	3,25	9,16	5,56	1,27	2,73	3,99	13,46	0,18	3,78
4,72	4,13	2,94	16,33	12,50	1,44	3,10	4,54	6,66	8,05	3,84
5,38	4,32	7,26	24,40	19,69	1,51	3,24	4,75	1,91	16,92	11,74
5,94	4,40	13,66	30,50	25,91	1,54	3,30	4,83	5,12	23,63	18,59
3,59	3,43	2,95	6,66	4,59	2,21	1,68	3,89	10,16	5,95	8,31
4,58	4,04	9,38	15,03	11,91	2,60	1,98	4,58	2,87	3,54	0,00
5,38	4,29	14,83	26,28	20,18	2,77	2,10	4,87	3,31	16,32	9,39
3,27	3,12	4,92	3,74	4,64	2,64	0,84	3,48	6,26	7,58	6,58
4,08	3,82	4,70	10,59	6,19	3,25	1,03	4,27	6,50	0,08	4,84
4,87	4,16	12,96	19,20	14,55	3,53	1,12	4,65	2,73	9,70	4,50
5,61	4,35	18,94	31,60	22,39	3,69	1,17	4,86	9,40	23,56	13,26
AAPD		8,79	16,79	12,59				7,41	9,72	7,62

Lampiran B.5.1 Adsorpsi CH₄+C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=212,7 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344
CH₄(1)+C₂H₄(2)

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

1,00	
Po	13,87
c	6,13
nm	172,12

2,00	
Po	2,30
c	693,02
nm	6,06

Eij	1,32
-----	------

T (K)	P (psia)	P (MPa)	n CH ₄ Experimen	n C ₂ H ₄ Experimen	n CH ₄ Perhitungan	n C ₂ H ₄ Perhitungan	y ₁	y ₂
212,70	19,70	0,14	0,11	6,23	0,09	5,86	26,00	74,00
212,70	34,90	0,24	0,19	6,59	0,09	5,95	26,00	74,00
212,70	60,10	0,41	0,23	7,08	0,09	5,99	26,00	74,00
212,70	98,70	0,68	0,09	7,62	0,09	6,02	26,00	74,00
212,70	89,30	0,62	0,66	6,69	0,29	5,98	53,60	46,40
212,70	151,00	1,04	0,90	7,18	0,29	6,01	53,60	46,40
212,70	151,40	1,04	0,85	7,19	0,29	6,01	53,60	46,40
212,70	19,70	0,14	0,75	4,72	0,82	5,47	76,50	23,50
212,70	64,00	0,44	1,16	5,50	0,82	5,85	76,50	23,50
212,70	64,20	0,44	1,17	5,50	0,82	5,85	76,50	23,50
212,70	130,00	0,90	1,44	5,92	0,82	5,94	76,50	23,50

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n CH ₄	APD n C ₂ H ₄	APD ntotal	n Eij CH ₄	n Eij C ₂ H ₄	nt Eij	APD Eij n CH ₄	APD Eij n C ₂ H ₄	APD Eij nTotal
6,34	5,95	20,59	5,88	6,13	0,10	6,59	6,69	10,74	5,80	5,52
6,78	6,03	53,98	9,80	11,03	0,10	6,68	6,78	48,28	1,38	0,00
7,31	6,08	61,39	15,36	16,79	0,10	6,74	6,83	56,60	4,86	6,47
7,71	6,11	1,16	21,02	20,77	0,10	6,76	6,86	13,71	11,22	10,94
7,35	6,27	56,05	10,61	14,71	0,33	6,94	7,27	49,67	3,72	1,09
8,08	6,30	67,55	16,30	22,00	0,34	6,97	7,31	62,66	2,88	9,52
8,04	6,30	65,76	16,37	21,60	0,34	6,97	7,31	60,60	2,96	9,06
5,47	6,29	9,68	15,81	14,97	0,83	6,10	6,93	10,50	29,23	26,67
6,65	6,67	29,10	6,36	0,19	0,88	6,52	7,41	23,67	18,69	11,32
6,67	6,67	29,95	6,35	0,03	0,88	6,52	7,41	24,57	18,68	11,08
7,36	6,76	43,10	0,30	8,21	0,90	6,63	7,52	37,77	11,92	2,18
AAPD		39,85	11,29	12,40				36,25	10,12	8,53

Lampiran B.5.2 Adsorpsi CH₄+C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=260,2 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344
 CH₄(1)+C₂H₄(2)

1,00

Po	22,97
c	77,98
nm	5,10

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

2,00

Po	5,98
c	305,63
nm	5,09

Eij	1,22
-----	------

T (K)	P (psia)	P (MPa)	n CH ₄ Experimen	n C ₂ H ₄ Experimen	n CH ₄ Perhitungan	n C ₂ H ₄ Perhitungan	y ₁	y ₂
260,20	21,10	0,15	0,67	2,55	0,62	2,85	76,50	23,50
260,20	50,80	0,35	1,06	3,18	0,76	3,50	76,50	23,50
260,20	99,20	0,68	1,33	3,65	0,82	3,80	76,50	23,50
260,20	99,20	0,68	1,35	3,64	0,82	3,80	76,50	23,50
260,20	204,70	1,41	1,92	4,02	0,86	3,99	76,50	23,50

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n CH ₄	APD n C ₂ H ₄	APD ntotal	n Eij CH ₄	n Eij C ₂ H ₄	nt Eij	APD Eij n CH ₄	APD Eij n C ₂ H ₄	APD Eij nTotal
3,22	3,46	7,92	11,67	7,60	0,66	3,07	3,73	0,79	20,32	15,93
4,24	4,26	28,44	10,21	0,54	0,82	3,77	4,59	22,91	18,73	8,32
4,99	4,63	38,27	4,09	7,24	0,89	4,10	4,98	33,49	12,15	0,06
4,99	4,63	38,82	4,52	7,18	0,89	4,10	4,98	34,09	12,61	0,00
5,94	4,85	55,00	0,61	18,21	0,93	4,30	5,23	51,52	7,08	11,88
AAPD		33,69	6,22	8,15				28,56	14,18	7,24

Lampiran B.5.3 Adsorpsi CH₄+C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=301,4 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344
CH₄(1)+C₂H₄(2)

1,00	
Po	18,40
c	31,29
nm	4,00

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

2,00	
Po	9,40
c	156,63
nm	4,56

Eij	1,05
-----	------

T (K)	P (psia)	P (MPa)	n CH ₄ Experimen	n C ₂ H ₄ Experimen	n CH ₄ Perhitungan	n C ₂ H ₄ Perhitungan	y ₁	y ₂
301,40	19,00	0,13	0,09	2,37	0,09	2,75	26,00	74,00
301,40	50,00	0,34	0,25	3,36	0,11	3,58	26,00	74,00
301,40	99,00	0,68	0,35	4,00	0,12	3,95	26,00	74,00
301,40	177,80	1,23	0,45	4,69	0,13	4,13	26,00	74,00
301,40	290,20	2,00	0,63	5,11	0,13	4,23	26,00	74,00
301,40	17,70	0,12	0,22	1,84	0,22	2,09	53,60	46,40
301,40	49,90	0,34	0,49	2,69	0,32	3,05	53,60	46,40
301,40	98,10	0,68	0,69	3,25	0,36	3,48	53,60	46,40
301,40	179,90	1,24	1,00	3,78	0,39	3,73	53,60	46,40
301,40	294,60	2,03	1,33	4,06	0,40	3,86	53,60	46,40
301,40	18,70	0,13	0,33	1,66	0,40	1,37	76,50	23,50
301,40	64,30	0,44	0,66	2,40	0,70	2,39	76,50	23,50
301,40	100,60	0,69	0,95	2,87	0,78	2,68	76,50	23,50
301,40	101,10	0,70	1,39	3,29	0,78	2,68	76,50	23,50
301,40	207,50	1,43	1,37	3,32	0,88	3,02	76,50	23,50

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n CH ₄	APD n C ₂ H ₄	APD ntotal	n Eij CH ₄	n Eij C ₂ H ₄	nt Eij	APD Eij n CH ₄	APD Eij n C ₂ H ₄	APD Eij nTotal
2,45	2,84	0,26	16,35	15,76	0,09	2,80	2,89	1,61	18,53	17,93
3,60	3,70	54,07	6,75	2,60	0,12	3,65	3,77	53,21	8,74	4,51
4,35	4,07	63,94	1,42	6,38	0,13	4,02	4,15	63,27	0,43	4,63
5,14	4,27	71,04	11,76	16,95	0,13	4,21	4,35	70,49	10,11	15,40
5,73	4,37	78,68	17,07	23,80	0,14	4,31	4,45	78,28	15,52	22,38
2,05	2,31	0,10	13,93	12,45	0,22	2,14	2,36	2,32	16,68	15,17
3,18	3,37	35,23	13,42	5,95	0,32	3,12	3,45	33,66	16,16	8,51
3,93	3,84	47,42	7,16	2,36	0,37	3,56	3,93	46,15	9,75	0,00
4,78	4,11	61,44	1,27	13,88	0,40	3,82	4,21	60,51	1,12	11,80
5,39	4,26	69,97	5,02	21,05	0,41	3,95	4,36	69,25	2,72	19,14
1,99	1,78	20,58	17,23	10,91	0,41	1,40	1,81	22,69	15,78	9,36
3,06	3,08	6,28	0,53	0,93	0,71	2,43	3,14	8,14	1,21	2,70
3,82	3,46	17,20	6,68	9,28	0,80	2,73	3,52	15,75	5,05	7,70
4,68	3,47	43,56	18,53	25,95	0,80	2,73	3,53	42,58	17,10	24,66
4,69	3,90	35,47	9,19	16,85	0,90	3,07	3,96	34,35	7,60	15,39
AAPD		45,70	10,12	12,01				45,58	10,50	11,71

Lampiran B.6.1 Adsorpsi CH₄+C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=212,7 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344
CH₄(1)+C₂H₆(2)

1,00	
Po	13,87
c	172,12
nm	6,13

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

2,00	
Po	1,23
c	907,43
nm	5,53

Eij	1,56
-----	------

T (K)	P (psia)	P (MPa)	n CH ₄ Experimen	n C ₂ H ₆ Experimen	n CH ₄ Perhitungan	n C ₂ H ₆ Perhitungan	y ₁	y ₂
212,70	18,90	0,13	0,08	6,36	0,04	5,42	26,70	73,30
212,70	35,40	0,24	0,17	6,56	0,04	5,46	26,70	73,30
212,70	51,20	0,35	0,23	7,01	0,04	5,47	26,70	73,30
212,70	19,10	0,13	0,19	5,94	0,10	5,33	49,90	50,10
212,70	50,40	0,35	0,39	6,52	0,10	5,40	49,90	50,10
212,70	100,80	0,69	0,56	7,28	0,10	5,42	49,90	50,10
212,70	19,10	0,13	0,43	5,26	0,28	5,07	74,50	25,50
212,70	63,30	0,44	0,72	5,94	0,28	5,21	74,50	25,50
212,70	126,90	0,87	1,03	6,20	0,29	5,24	74,50	25,50

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n CH ₄	APD n C ₂ H ₆	APD ntotal	n Eij CH ₄	n Eij C ₂ H ₆	nt Eij	APD Eij n CH ₄	APD Eij n C ₂ H ₆	APD Eij nTotal
6,43	5,46	52,04	14,73	15,18	0,05	6,61	6,66	41,51	4,00	3,45
6,74	5,49	78,64	16,88	18,48	0,05	6,65	6,70	73,95	1,38	0,57
7,24	5,51	83,73	22,01	23,96	0,05	6,67	6,71	80,16	4,88	7,26
6,13	5,43	48,54	10,18	11,39	0,13	6,83	6,95	34,10	15,02	13,47
6,91	5,50	74,08	17,25	20,44	0,13	6,91	7,04	66,81	5,98	1,89
7,84	5,52	82,07	25,54	29,60	0,13	6,94	7,07	77,04	4,64	9,84
5,69	5,35	35,51	3,45	5,88	0,34	6,16	6,49	21,76	17,13	14,19
6,67	5,49	60,62	12,34	17,58	0,35	6,32	6,67	52,23	6,35	0,00
7,23	5,53	72,25	15,46	23,57	0,35	6,36	6,70	66,34	2,57	7,27
	AAPD	65,28	15,32	18,45				57,10	6,88	6,44

Lampiran B.6.2 Adsorpsi CH₄+C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=260,2 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344
CH₄(1)+C₂H₆(2)

1,00	
Po	22,97
c	77,98
nm	5,10

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

2,00	
Po	5,09
c	441,33
nm	4,90

Eij	1,12
-----	------

T (K)	P (psia)	P (MPa)	n CH ₄ Experimen	n C ₂ H ₆ Experimen	n CH ₄ Perhitungan	n C ₂ H ₆ Perhitungan	y1	y2
260,15	18,10	0,12	0,43	3,05	0,39	3,32	74,50	25,50
260,15	59,70	0,41	0,79	3,89	0,48	4,00	74,50	25,50
260,15	136,50	0,94	1,13	4,47	0,50	4,21	74,50	25,50

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n CH ₄	APD n C ₂ H ₆	APD ntotal	n Eij n CH ₄	n Eij n C ₂ H ₆	nt Eij	APD Eij n CH ₄	APD Eij n C ₂ H ₆	APD Eij nTotal
3,49	3,71	9,08	8,63	6,43	0,41	3,46	3,88	5,05	13,45	11,15
4,68	4,48	39,52	2,89	4,25	0,50	4,18	4,68	36,84	7,46	0,00
5,59	4,72	55,56	5,64	15,70	0,52	4,40	4,92	53,59	1,45	11,97
AAPD		34,72	5,72	8,79				31,83	7,45	7,70

Lampiran B.6.3 Adsorpsi CH₄+C₂H₆ dalam Karbon Aktif pada T=301,4 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 212-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344
CH₄(1)+C₂H₆(2)

1,00	
Po	18,40
c	31,29
nm	4,00

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{oi}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{oj}} \right)}$$

2,00	
Po	9,40
c	156,63
nm	4,56

Eij	1,21
-----	------

T (K)	P (psia)	P (MPa)	n CH ₄ Experimen	n C ₂ H ₆ Experimen	n CH ₄ Perhitungan	n C ₂ H ₆ Perhitungan	y ₁	y ₂
301,40	18,80	0,13	0,08	2,82	0,09	2,73	26,70	73,30
301,40	50,90	0,35	0,23	3,68	0,12	3,59	26,70	73,30
301,40	99,30	0,68	0,34	4,18	0,13	3,94	26,70	73,30
301,40	179,00	1,23	0,56	4,71	0,13	4,13	26,70	73,30
301,40	290,90	2,01	0,74	5,07	0,14	4,23	26,70	73,30
301,40	19,10	0,13	0,18	2,41	0,20	2,26	49,90	50,10
301,40	49,90	0,34	0,39	3,21	0,28	3,14	49,90	50,10
301,40	100,50	0,69	0,57	3,74	0,32	3,57	49,90	50,10
301,40	200,90	1,38	1,12	4,30	0,34	3,84	49,90	50,10
301,40	18,80	0,13	0,33	1,66	0,38	1,46	74,50	25,50
301,40	50,70	0,35	0,66	2,40	0,61	2,31	74,50	25,50
301,40	99,70	0,69	0,95	2,87	0,73	2,78	74,50	25,50
301,40	199,20	1,37	1,39	3,29	0,81	3,10	74,50	25,50
301,40	199,90	1,38	1,37	3,32	0,81	3,10	74,50	25,50

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n CH ₄	APD n C ₂ H ₆	APD ntotal	n Eij CH ₄	n Eij C ₂ H ₆	nt Eij	APD Eij n CH ₄	APD Eij n C ₂ H ₆	APD Eij nTotal
2,89	2,82	17,39	3,09	2,55	0,10	2,96	3,06	27,24	5,04	5,63
3,91	3,70	47,91	2,62	5,23	0,13	3,89	4,01	43,54	5,55	2,72
4,52	4,07	61,80	5,83	10,00	0,14	4,27	4,41	58,59	2,07	2,45
5,26	4,26	75,69	12,29	18,98	0,15	4,48	4,62	73,64	4,93	12,18
5,81	4,37	81,41	16,59	24,88	0,15	4,58	4,73	79,85	9,59	18,57
2,60	2,47	10,60	6,14	4,96	0,22	2,51	2,73	22,46	3,93	5,24
3,59	3,42	27,06	1,98	4,67	0,31	3,48	3,79	19,24	8,53	5,55
4,31	3,89	44,35	4,36	9,68	0,35	3,96	4,31	38,38	5,89	0,00
5,43	4,18	69,51	10,83	22,99	0,38	4,25	4,63	66,24	1,27	14,73
1,99	1,85	15,14	11,93	7,41	0,41	1,58	2,00	24,52	4,76	0,13
3,06	2,92	7,67	3,72	4,57	0,66	2,50	3,15	0,15	4,13	3,21
3,82	3,50	22,97	3,27	8,15	0,79	3,00	3,79	16,70	4,61	0,67
4,68	3,91	41,45	5,82	16,39	0,88	3,35	4,23	36,68	1,85	9,58
4,69	3,91	40,44	6,60	16,46	0,88	3,35	4,23	35,59	1,01	9,65
	AAPD	40,24	6,79	11,21				38,77	4,51	6,45

Lampiran B.7.1 Adsorpsi C₃H₈+CO₂ dalam Karbon Aktif pada T=303,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
 C₃H₈(1)+CO₂(2) on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

1,00	
Po	0,41
c	450,01
nm	0,84

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{oi}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{oj}} \right)}$$

2,00	
Po	0,30
c	71,49
nm	1,45

Eij	2,88
------------	-------------

T (K)	P (kPa)	P (MPa)	n C ₃ H ₈ Experimen	n CO ₂ Experimen	n C ₃ H ₈ Perhitungan	n CO ₂ Perhitungan	y ₁	y ₂
303,15	1,29	0,00	0,47	0,19	0,45	0,03	83,30	16,70
303,15	10,11	0,01	0,71	0,38	0,73	0,05	83,50	16,50
303,15	21,41	0,02	0,81	0,48	0,77	0,06	83,70	16,30
303,15	41,03	0,04	0,88	0,60	0,78	0,06	83,30	16,70
303,15	61,19	0,06	0,90	0,69	0,79	0,06	82,20	17,80
303,15	40,88	0,04	0,33	1,34	0,13	1,11	4,20	95,80
303,15	41,55	0,04	0,72	0,98	0,59	0,38	36,70	63,30
303,15	40,95	0,04	0,82	0,79	0,73	0,14	66,20	33,80
303,15	40,86	0,04	0,92	0,35	0,81	0,01	96,50	3,50

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n C ₃ H ₈	APD n CO ₂	APD ntotal	n Eij C ₃ H ₈	n Eij CO ₂	nt Eij	APD Eij n C ₃ H ₈	APD Eij n CO ₂	APD Eij nTotal
0,66	0,48	5,57	82,48	27,72	0,68	0,05	0,73	43,94	73,30	10,17
1,09	0,78	2,58	85,84	28,28	1,11	0,08	1,19	55,85	78,49	8,96
1,29	0,82	4,66	88,36	35,96	1,16	0,08	1,25	44,37	82,38	3,03
1,48	0,84	10,45	90,17	42,82	1,20	0,09	1,29	36,49	85,01	12,84
1,60	0,85	12,69	90,77	46,57	1,22	0,10	1,32	35,46	85,67	17,11
1,67	1,24	60,97	17,19	25,90	0,15	1,28	1,43	55,05	4,63	14,66
1,71	0,96	18,79	61,55	43,46	1,10	0,71	1,81	52,31	27,89	6,03
1,61	0,87	10,70	82,23	45,75	1,35	0,26	1,61	64,61	67,25	0,00
1,27	0,83	11,87	96,81	35,06	0,92	0,01	0,93	0,65	96,41	26,79
	AAPD	15,36	77,27	36,84				43,19	66,78	11,07

Lampiran B.8.1 Adsorpsi C₃H₈+H₂S dalam Karbon Aktif pada T=303,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
 C₃H₈(1)+H₂S(2) on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

1,00	
Po	0,41
c	450,01
nm	0,84

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{oi}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{oj}} \right)}$$

2,00	
Po	0,09
c	170,35
nm	1,71

Eij	2,52
-----	------

T (K)	P (kPa)	P (MPa)	n C ₃ H ₈ Experimen	n H ₂ S Experimen	n C ₃ H ₈ Perhitungan	n H ₂ S Perhitungan	y ₁	y ₂
303,15	1,85	0,00	0,50	0,46	0,53	0,08	95,90	4,10
303,15	4,87	0,00	0,61	0,57	0,67	0,08	96,90	3,10
303,15	8,11	0,01	0,65	0,71	0,71	0,11	96,00	4,00
303,15	18,32	0,02	0,73	0,85	0,75	0,10	96,50	3,50
303,15	8,13	0,01	0,16	1,70	0,03	1,55	6,40	93,60
303,15	8,14	0,01	0,41	1,46	0,22	1,13	41,60	58,40
303,15	8,30	0,01	0,53	1,24	0,46	0,64	72,10	27,90
303,15	7,97	0,01	0,62	0,93	0,63	0,26	89,70	10,30

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n C ₃ H ₈	APD n H ₂ S	APD ntotal	n Eij C ₃ H ₈	n Eij H ₂ S	nt Eij	APD Eij n C ₃ H ₈	APD Eij n H ₂ S	APD Eij nTotal
0,96	0,61	4,91	82,23	36,48	0,59	0,09	0,68	17,42	80,11	28,91
1,18	0,75	10,55	86,54	36,54	0,73	0,08	0,82	20,62	85,31	30,76
1,36	0,81	9,26	85,17	40,23	0,79	0,12	0,91	21,98	83,45	33,26
1,58	0,85	2,95	88,46	46,13	0,83	0,11	0,94	13,50	87,28	40,61
1,85	1,58	81,02	8,75	14,82	0,03	1,83	1,86	77,57	7,84	0,66
1,86	1,36	44,66	22,36	27,22	0,39	1,96	2,36	3,87	34,87	26,42
1,76	1,09	13,00	48,52	37,90	0,74	1,02	1,76	40,10	17,10	0,00
1,56	0,89	1,40	72,17	42,75	0,81	0,33	1,14	29,82	64,37	26,70
AAPD		20,97	61,77	35,26				28,11	57,54	23,42

Lampiran B.9.1 Adsorpsi CO₂+H₂S dalam Karbon Aktif pada T=303,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
CO₂(1)+H₂S(2) on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

1,00	
Po	0,30
c	71,49
nm	1,45

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{0i}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{0j}} \right)}$$

2,00	
Po	0,09
c	170,35
nm	1,71

Eij	1,37
-----	------

T (K)	P (kPa)	P (MPa)	n CO ₂ Experimen	n H ₂ S Experimen	n CO ₂ Perhitungan	n H ₂ S Perhitungan	y ₁	y ₂
303,15	0,60	0,00	0,14	0,60	0,12	0,33	77,10	22,90
303,15	0,62	0,00	0,12	0,52	0,12	0,32	78,40	21,60
303,15	7,00	0,01	0,29	1,09	0,37	0,95	78,80	21,20
303,15	12,17	0,01	0,99	3,56	0,41	1,01	79,50	20,50
303,15	15,55	0,02	0,43	1,19	0,47	0,98	81,90	18,10
303,15	14,38	0,01	0,06	1,88	0,03	1,61	16,00	84,00
303,15	14,93	0,01	0,15	1,74	0,09	1,52	36,20	63,80
303,15	15,69	0,02	0,23	1,59	0,17	1,41	53,60	46,40

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n CO ₂	APD n H ₂ S	APD ntotal	n Eij CO ₂	n Eij H ₂ S	nt Eij	APD Eij n CO ₂	APD Eij n H ₂ S	APD Eij nTotal
0,74	0,45	15,43	44,99	39,46	0,13	0,37	0,50	4,51	37,88	31,64
0,65	0,44	1,21	38,52	31,05	0,14	0,36	0,50	13,75	30,91	22,52
1,38	1,32	27,02	12,98	4,54	0,41	1,06	1,48	42,54	2,35	7,12
4,55	1,43	58,15	71,52	68,62	0,46	1,14	1,60	53,16	68,13	64,88
1,61	1,45	9,02	17,28	10,31	0,52	1,09	1,60	20,84	8,31	0,59
1,95	1,64	48,39	14,70	15,78	0,04	1,76	1,80	43,31	6,32	7,50
1,89	1,61	38,32	12,43	14,45	0,11	1,78	1,89	27,90	2,36	0,00
1,83	1,58	26,80	11,43	13,40	0,20	1,67	1,87	13,49	4,68	2,35
AAPD		28,04	27,98	24,70				27,44	20,12	17,08

Lampiran C.1.1 Adsorpsi CH₄+C₂H₆+C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=212,7 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 112-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344
 CH₄(1)+C₂H₆(2)+C₂H₄(3)

Data Pure gas CH₄ pada T=212,7 K

Po	13,87
c	172,12
nm	6,13

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{oi}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{oj}} \right)}$$

Data Pure gas C₂H₄ pada T=212,7 K

Po	2,30
c	693,02
nmax	6,06

Data Pure gas C₂H₆ pada T=212,7 K

Po	1,23	E12	2,63
c	907,43	E13	0,26
nm	5,53	E23	1,53

T (K)	P (psia)	P (MPa)	n CH ₄ Experimen	n C ₂ H ₆ Experimen	n C ₂ H ₄ Experimen	n CH ₄ Perhitungan	n C ₂ H ₆ Perhitungan	n C ₂ H ₄ Perhitungan	y ₁	y ₂	y ₃
212,70	51,40	0,35	0,57	3,75	2,47	0,24	3,55	1,85	62,40	17,40	20,20
212,70	163,00	1,12	1,04	3,97	3,01	0,24	3,58	1,87	62,40	17,40	20,20
212,70	19,20	0,13	0,06	5,02	1,32	0,04	4,52	0,98	23,00	52,00	25,00
212,70	40,20	0,28	0,18	5,36	1,47	0,04	4,56	0,98	23,00	52,00	25,00
212,70	70,80	0,49	0,27	5,72	1,65	0,04	4,57	0,99	23,00	52,00	25,00
212,70	18,20	0,13	0,05	2,25	4,05	0,05	2,33	3,32	20,00	19,20	60,80
212,70	40,00	0,28	0,17	2,36	4,49	0,05	2,36	3,36	20,00	19,20	60,80
212,70	71,30	0,49	0,24	2,45	4,87	0,05	2,37	3,38	20,00	19,20	60,80

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n CH ₄	APD n C ₂ H ₆	APD n C ₂ H ₄	APD n Total	n Eij CH ₄	n Eij C ₂ H ₆	n Eij C ₂ H ₄	ntotal Eij	APD Eij n CH ₄	APD Eij n C ₂ H ₆	APD Eij n C ₂ H ₄	APD Eij n Total
6,79	5,64	57,95	5,43	24,97	16,92	0,29	4,27	2,23	6,79	49,39	13,82	9,69	0,00
8,02	5,69	76,85	9,75	37,99	29,04	0,30	4,50	2,35	7,15	70,91	13,39	22,09	10,85
6,39	5,53	34,44	9,93	26,02	13,47	0,05	5,67	1,23	6,95	17,63	13,16	7,05	8,71
7,01	5,58	78,95	15,00	33,01	20,41	0,05	5,72	1,24	7,01	73,55	6,80	15,83	0,00
7,64	5,60	85,73	20,04	40,30	26,71	0,05	5,74	1,24	7,03	82,07	0,46	25,00	7,92
6,35	5,69	12,66	3,60	18,06	10,34	0,06	2,93	4,17	7,15	9,74	30,16	2,95	12,65
7,01	5,77	72,11	0,03	25,07	17,73	0,06	2,97	4,22	7,25	64,96	25,67	5,86	3,37
7,55	5,80	80,57	3,02	30,59	23,23	0,06	2,98	4,24	7,28	75,59	21,84	12,79	3,55
AAPD		62,41	8,35	29,50	19,73					55,48	15,67	12,66	5,88

Lampiran C.1.1 Adsorpsi CH₄+C₂H₆+C₂H₄ dalam Karbon Aktif pada T=212,7 K

Reich, R., Ziegler, W. T., Rogers, K. A., "Adsorption of Methane, Ethane, and ethylene Gases and Their Binary and Ternary Mixtures and Carbon Dioxide on Activated Carbon at 112-301K and pressures to 35 atmospheres". Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1980, 19, 336-344
 CH₄(1)+C₂H₆(2)+C₂H₄(3)

Data Pure gas CH₄ pada T=212,7 K

Po	13,87
c	172,12
nm	6,13

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{oi}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{oj}} \right)}$$

Data Pure gas C₂H₄ pada T=212,7 K

Po	2,30
c	693,02
nmax	6,06

Data Pure gas C₂H₆ pada T=212,7 K

Po	1,23	E12	2,63
c	907,43	E13	0,26
nm	5,53	E23	1,53

T (K)	P (psia)	P (MPa)	n CH ₄ Experimen	n C ₂ H ₆ Experimen	n C ₂ H ₄ Experimen	n CH ₄ Perhitungan	n C ₂ H ₆ Perhitungan	n C ₂ H ₄ Perhitungan	y ₁	y ₂	y ₃
212,70	51,40	0,35	0,57	3,75	2,47	0,24	3,55	1,85	62,40	17,40	20,20
212,70	163,00	1,12	1,04	3,97	3,01	0,24	3,58	1,87	62,40	17,40	20,20
212,70	19,20	0,13	0,06	5,02	1,32	0,04	4,52	0,98	23,00	52,00	25,00
212,70	40,20	0,28	0,18	5,36	1,47	0,04	4,56	0,98	23,00	52,00	25,00
212,70	70,80	0,49	0,27	5,72	1,65	0,04	4,57	0,99	23,00	52,00	25,00
212,70	18,20	0,13	0,05	2,25	4,05	0,05	2,33	3,32	20,00	19,20	60,80
212,70	40,00	0,28	0,17	2,36	4,49	0,05	2,36	3,36	20,00	19,20	60,80
212,70	71,30	0,49	0,24	2,45	4,87	0,05	2,37	3,38	20,00	19,20	60,80

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n CH ₄	APD n C ₂ H ₆	APD n C ₂ H ₄	APD n Total	n Eij CH ₄	n Eij C ₂ H ₆	n Eij C ₂ H ₄	ntotal Eij	APD Eij n CH ₄	APD Eij n C ₂ H ₆	APD Eij n C ₂ H ₄	APD Eij n Total
6,79	5,64	57,95	5,43	24,97	16,92	0,29	4,27	2,23	6,79	49,39	13,82	9,69	0,00
8,02	5,69	76,85	9,75	37,99	29,04	0,30	4,50	2,35	7,15	70,91	13,39	22,09	10,85
6,39	5,53	34,44	9,93	26,02	13,47	0,05	5,67	1,23	6,95	17,63	13,16	7,05	8,71
7,01	5,58	78,95	15,00	33,01	20,41	0,05	5,72	1,24	7,01	73,55	6,80	15,83	0,00
7,64	5,60	85,73	20,04	40,30	26,71	0,05	5,74	1,24	7,03	82,07	0,46	25,00	7,92
6,35	5,69	12,66	3,60	18,06	10,34	0,06	2,93	4,17	7,15	9,74	30,16	2,95	12,65
7,01	5,77	72,11	0,03	25,07	17,73	0,06	2,97	4,22	7,25	64,96	25,67	5,86	3,37
7,55	5,80	80,57	3,02	30,59	23,23	0,06	2,98	4,24	7,28	75,59	21,84	12,79	3,55
AAPD		62,41	8,35	29,50	19,73					55,48	15,67	12,66	5,88

Lampiran C.2.1 Adsorpsi CO₂+H₂S+C₃H₈ dalam Karbon Aktif pada T=303,15 K

Talu, O. and Zwiebel, I., "Multicomponent Adsorption Equilibria of Nonideal Mixtures", AIChE Journal, Vol. 32, No. 8, 1263-1276
 CO₂(1)+H₂S(2)+C₃H₈(3) on H-Mordenite Molecular sieve zeolite

Data Pure gas CO₂ pada T=303,15 K

Po	0,30
c	71,49
nm	1,45

$$n = n_m \frac{c_i y_i \left(\frac{P}{P_{oi}} \right)}{1 + \sum_j c_j y_j \left(\frac{P}{P_{oj}} \right)}$$

Data Pure gas H₂S pada T=303,15 K

Po	0,09
c	170,35
nmax	1,71

Data Pure gas C₃H₈ pada T=303,15 K

Po	0,41	E12	2,98
c	450,01	E13	0,84
nm	0,84	E23	1,42

T (K)	P (kPa)	P (MPa)	n CO ₂ Experimen	n H ₂ S Experimen	n C ₃ H ₈ Experimen	n CO ₂ Perhitungan	n H ₂ S Perhitungan	n C ₃ H ₈ Perhitungan	y1	y2	y3
303,15	0,65	0,00	0,08	0,71	0,12	0,05	0,11	0,41	36,40	31,80	31,80
303,15	3,25	0,00	0,13	1,03	0,28	0,10	0,22	0,76	37,10	32,00	30,90
303,15	6,85	0,01	0,16	1,13	0,36	0,11	0,24	0,88	38,80	29,90	31,30
303,15	13,42	0,01	0,17	1,18	0,52	0,11	0,26	0,94	34,90	32,60	32,50
303,15	13,36	0,01	0,06	1,42	0,47	0,03	0,27	1,04	10,80	43,10	46,10
303,15	13,34	0,01	0,41	0,91	0,32	0,46	0,16	0,64	78,50	10,10	11,40
303,15	13,33	0,01	0,28	0,92	0,53	0,13	0,08	1,29	44,30	9,80	45,90
303,15	13,33	0,01	0,04	1,73	0,22	0,03	0,65	0,25	9,70	81,40	8,90
303,15	13,33	0,01	0,19	1,45	0,26	0,18	0,47	0,40	44,50	44,90	10,60
303,15	13,68	0,01	0,12	0,95	0,63	0,02	0,05	1,52	10,20	9,10	80,70

ntotal Experimen	ntotal Perhitungan	APD n CO ₂	APD n H ₂ S	APD n C ₃ H ₈	APD n Total	n Eij CO ₂	n Eij H ₂ S	n Eij C ₃ H ₈	ntotal Eij	APD Eij n CO ₂	APD Eij n H ₂ S	APD Eij n C ₃ H ₈	APD Eij n Total
0,92	0,57	42,55	84,11	231,82	38,26	0,07	0,17	0,61	0,86	13,36	76,04	400,44	6,88
1,44	1,08	23,86	78,76	170,70	25,34	0,14	0,33	1,15	1,63	15,61	67,75	311,03	13,36
1,65	1,23	28,51	79,23	147,96	25,24	0,17	0,35	1,33	1,85	7,31	68,82	272,21	12,22
1,87	1,31	37,99	77,67	80,20	30,02	0,16	0,40	1,41	1,97	6,68	66,40	171,21	5,33
1,95	1,34	57,85	80,90	122,50	31,37	0,03	0,36	1,39	1,79	43,67	74,47	197,35	8,28
1,65	1,25	10,45	82,79	96,52	24,24	0,59	0,20	0,82	1,62	43,18	77,69	154,74	1,79
1,72	1,50	52,91	91,59	144,76	12,80	0,15	0,09	1,48	1,72	46,01	90,36	180,64	0,02
1,99	0,93	34,22	62,65	15,52	53,43	0,04	0,88	0,35	1,27	9,78	48,78	58,44	36,12
1,90	1,05	7,87	67,49	53,23	44,99	0,32	0,86	0,73	1,90	67,48	40,90	178,56	0,00
1,69	1,59	82,77	94,95	142,45	6,03	0,02	0,05	1,63	1,70	81,52	94,58	160,14	0,82
AAPD		37,90	80,01	120,57	29,17					33,46	70,58	208,47	8,48