



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERBANDINGAN MODEL DESIGN RUANG VESSEL
TERHADAP KAPASITAS PENYERAPAN GAS METANA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**FAJAR PRANANDA
0606073120**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
JULI 2012**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Kami menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul :

PERBANDINGAN MODEL DESIGN RUANG VESSEL TERHADAP KAPASITAS PENYERAPAN GAS METANA

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang kami ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 13 Juli 2012



FAJAR PRANANDA

NPM : 0606073120

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Fajar Prananda

NPM : 0606073120

Program Studi : Teknik Mesin

Judul Skripsi : PERBANDINGAN MODEL DESIGN RUANG
VESSEL TERHADAP KAPASITAS PENYERAPAN
GAS METANA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr.Ir.M. Idrus Alhamid. ()

Penguji : Dr.-Ing Ir. Nasruddin, M.Eng ()

Penguji : Dr.Awaluddin Martin, ST.,MT ()

Ditetapkan di : Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus Baru UI - Depok

Tanggal : 13 Juli 2012

KATA PENGANTAR

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

1. Dr.-Ing. Ir. Nasruddin M.Eng dan Dr.Ir.M. Idrus Alhamid selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr.Awaluddin Martin,ST.,MT dan Bapak Senoadi, yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang penulis perlukan dari tahap desain hingga dibuat alat ini;
3. Orang tua dan keluarga penulis yang telah banyak memberikan bantuan dukungan doa, materi dan moral;
4. Partner kerja saya Habib dan Mikhail, yang telah membantu dan menemani saya hingga pengambilan data;
5. Para karyawan Departemen Teknik Mesin yang telah banyak membantu mempersiapkan jalannya penelitian ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di masa yang akan datang.

Depok, 13 Juli 2012

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fajar Prananda
NPM : 0606073120
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive RoyaltyFree Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PERBANDINGAN MODEL DESIGN RUANG VESSEL TERHADAP KAPASITAS PENYERAPAN GAS METANA

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 13 Juli 2012

Yang menyatakan



(Fajar Prananda)

ABSTRAK

Nama : Fajar Prananda
Program Studi : Teknik Mesin
Judul : PERBANDINGAN MODEL DESIGN RUANG VESSEL
TERHADAP KAPASITAS PENYERAPAN GAS METANA

Bahan bakar minyak (BBM) merupakan salah satu sumber daya yang tidak dapat diperbaharui. Penggunaan terbesar bahan bakar minyak (BBM) adalah kendaraan bermotor. Efek BBM di pembakaran kendaraan bermotor dapat menghasilkan CH_4 dan CO_2 serta gas lainnya yang bisa menyebabkan efek rumah kaca, yang mengakibatkan suhu permukaan bumi memanas, disebabkan kadar CO_2 dan CH_4 meningkat. Hal tersebut mempunyai dampak yang sangat berbahaya bagi kehidupan di bumi. Untuk itu kita perlu suatu cara agar emisi dari pembakaran kendaraan bermotor berkurang dan memanfaatkan sumber bahan bakar gas (BBG) yang ada. Walaupun ada, penggunaannya masih sedikit karena tabung yang digunakan berukuran besar dan bertekanan 200 bar sehingga membuat konsumen ragu untuk memakainya serta stasiun pengisian yang sangat langka. Adsorpsi adalah salah satu cara atau metode yang efektif untuk mengurangi tekanan dalam tanki dan mengurangi emisi gas buang. Dalam penelitian ini karbon aktif yang digunakan adalah karbon aktif komersial (Carbotech). Pengukuran adsorpsi menggunakan metode yang mendekati yaitu metode volumetrik (isothermal) pada temperatur 25°C dengan tekanan 35 bar. Sedangkan pengukuran desorpsi pada temperatur 50°C dengan tekanan 35 bar Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membedakan karakteristik yang terjadi karena perbedaan peletakan adsorben di dalam vessel dan untuk mendapatkan data kapasitas penyerapan pada karbon aktif hingga beberapa siklus kerja.

Kata Kunci : Karbon aktif komersial, adsorpsi isothermal, kapasitas penyerapan

ABSTRACT

Name : Fajar Prananda
Study Program : Mechanical Engineering
Title : Comparison of model design of vessel to the capacity of absorption by Metana gas

Fuel is one of non renewable resources. The biggest consumption of fuel is vehicle. Furthermore, the effect of fuel in combustion engine can produce CH_4 and CO_2 and another gases can create green house effect. From green house effect make increase temperature in the earth because the content of CO_2 and CH_4 are increasing. It has a dangerous impact for another life in the earth. For that we need something way to decrease the emission from the engine combustion vehicles and utilizing the gas resources. Although the gas resources are utilized by vehicle, the consumption of gas still little because the vessel to big size and has the pressure about 200 bar, that is make the people are so confuse to use it and the gas stations are rare. Adsorption is effective way to reduce pressure in vessel and gas emission which released. In this research the activated carbon used is a commercial active carbon (Carbotech). Adsorption measurement use volumetric method (isothermal) at temperatures 25°C with 35 bar pressure. While the desorption at 50°C with 35 bar pressure. The objective from this research are to compare the characteristics that happen because the different position of activated carbon and to get capacity data of adsorption at activated carbon until several work cycle.

Key word : Commercial activated carbon, adsorption isothermal, adsorption capacity.

DAFTAR ISI

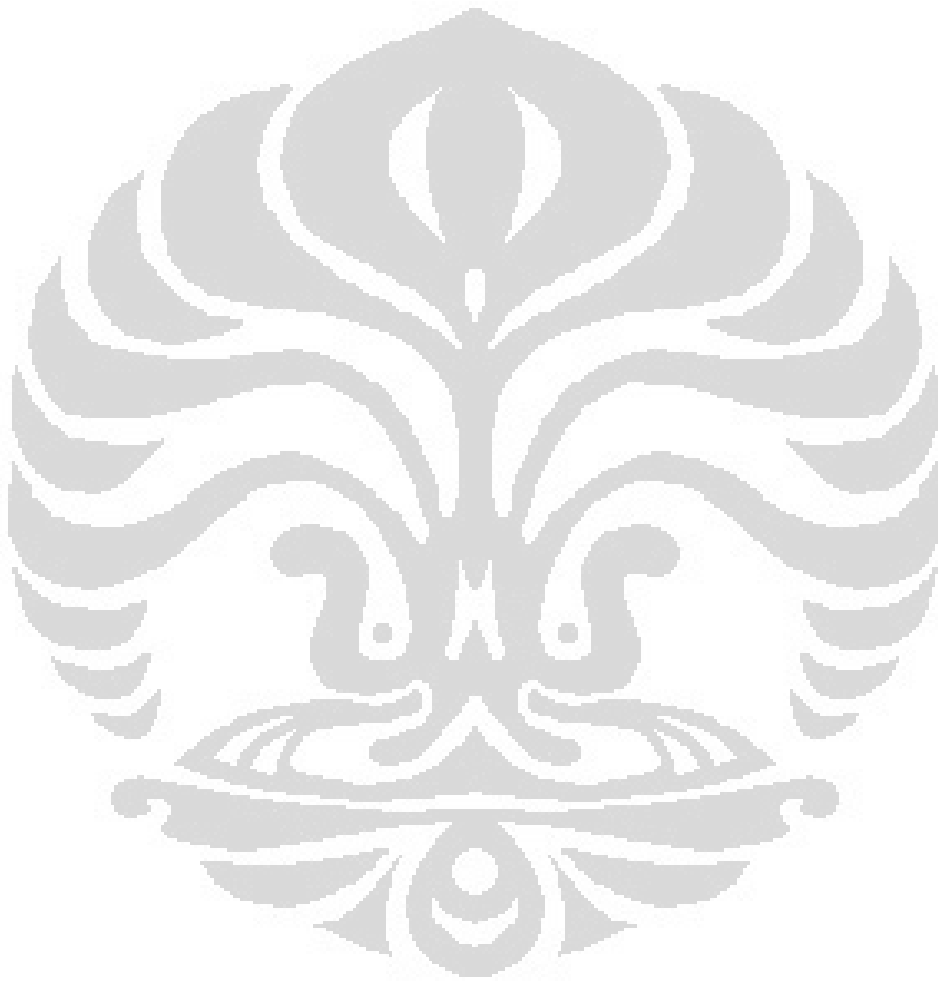
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	Error! Bookmark not defined.
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Maksud dan Tujuan.....	4
1.5 Metode Penulisan	4
BAB 2 DASAR TEORI.....	5
2.1 Adsorpsi	5
2.1.1 Adsorpsi Fisik	5
2.1.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi Adsorpsi	7
2.1.3 Adsorben dan Adsorbat	8
2.1.3.1 Adsorben.....	9
2.1.3.2 Adsorbat	11
2.2 Metode Pengujian Adsorpsi	13
2.2.1 Metode Carrier Gas	13
2.2.2 Metode Volumetrik	14
2.2.3 Metode Gravimetrik	16
2.2.4 Metode Kalorimetrik	17
2.3 Kapasitas dan Laju Penyerapan dengan Metode Volumetrik	18
2.3.1 Perhitungan Volume Kosong	19
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	21
3.1 Tahapan Penelitian Alat Uji Adsorpsi-Desorpsi Gas Metana.....	21
3.2 Alat Uji Adsorpsi-Desorpsi Metana.....	22
3.2.1 Pressure Vessel	22
3.2.2 Pipa dan Insulasi.....	25
3.2.3 Pressure Transmitter	25
3.2.4 Termokopel	26
3.2.5 Coriolis Flow Meter	27
3.2.6 Pompa Vakum	28

3.2.7 Needle Valve	29
3.2.8 Tube Flaring	29
3.2.9 Sambungan Tee	30
3.2.10 Thermal Insulation (Thermalflex)	31
3.2.11 Insulation Tape	32
3.2.12 Drum	33
3.2.13 Circulating Thermal Bath (CTB)	33
3.2.14 Solenoid Valve	34
3.2.15 Male Connector	35
3.2.16 Exhaust Fan	36
3.2.17 Regulator	37
3.2.18 Temperature Controller	37
3.2.19 Main Contact Breaker (MCB)	38
3.2.20 Dimmer	39
3.2.21 Terminal	40
3.2.22 Data Akusisi (DAQ)	41
3.2.23 Power Supply	42
3.2.24 Komputer	43
3.2.25 Heater	44
3.2.26 Karbon Aktif Komersial	45
3.3 Skematik Instalasi Alat Uji Adsorpsi-Desorpsi Metana	46
3.4 Preparasi Sampel	50
3.4.1 Dry Sorbent	50
3.4.2 Proses Degassing	52
3.5 Proses Adsorpsi	53
3.6 Proses Desorpsi	54
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	56
4.1 Adsorpsi Pada Vessel Berisi 8 Tabung Dengan Temperatur Isothermal 25°C	56
4.1.1 Hubungan Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi	56
4.1.2 Hubungan Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi	57
4.1.3 Hubungan Tekanan Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi	59
4.1.4 Kapasitas Tersimpan (8 tabung)	60
4.2 Desorpsi Pada Vessel Berisi 8 Tabung Dengan Temperatur Isothermal 50°C	61
4.2.1 Hubungan Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi	62
4.2.2 Hubungan Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi	62
4.2.3 Hubungan Tekanan Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi	63
4.3 Adsorpsi Pada Vessel Tanpa Tabung Dengan Temperatur Isothermal 25°C	65

4.3.1 Hubungan Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi	65
4.3.2 Hubungan Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi.....	66
4.3.3 Hubungan Tekanan Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi	67
4.3.4 Kapasitas Tersimpan (tanpa tabung)	68
4.4 Desorpsi Pada Vessel Tanpa Tabung Dengan Temperatur Isothermal 50°C	69
4.4.1 Hubungan Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi	69
4.4.2 Hubungan Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi	70
4.4.3 Hubungan Tekanan Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi	71
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA	74

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data properties karbon aktif komersial	45
Tabel 4.2 Adsorpsi pada Temperatur air 25 °C (pada Vessel berisi 8 tabung).....	61
Tabel 4.3 Adsorpsi pada Temperatur air 25 °C (pada Vessel tanpa tabung).....	68

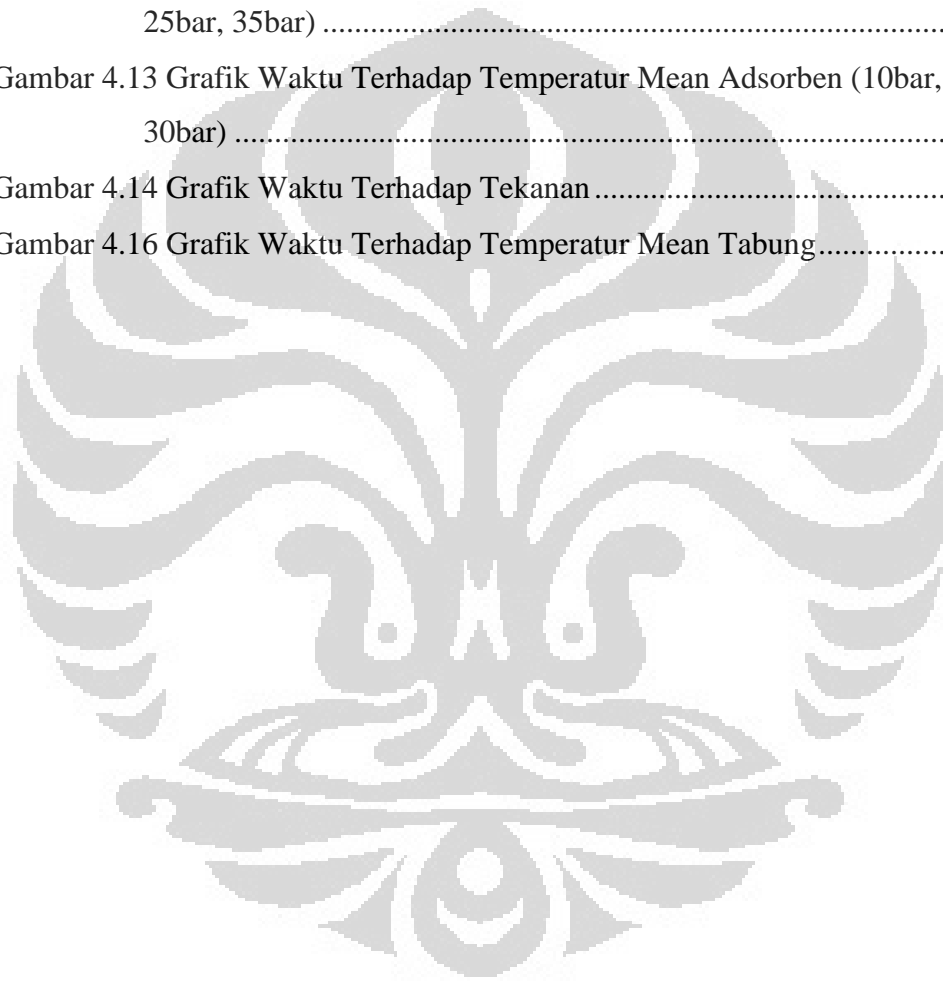


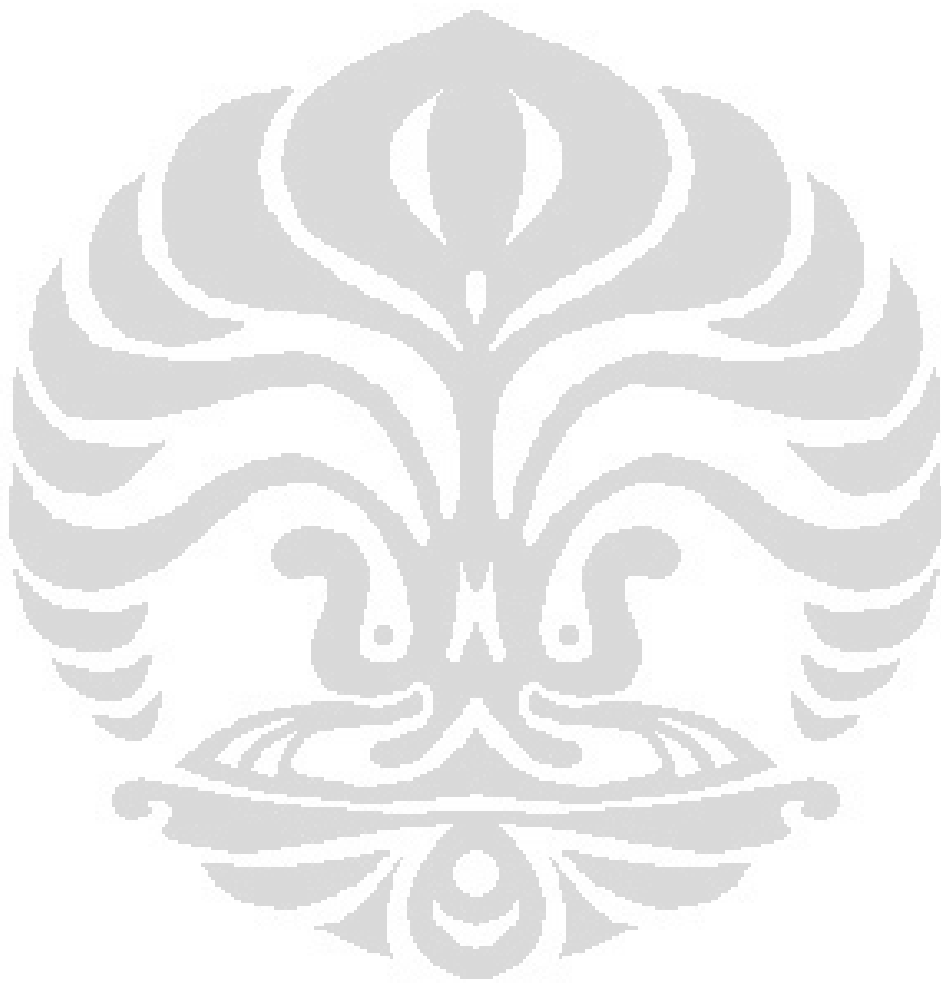
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kurva adsorpsi isoteremis	6
Gambar 2.2 (a) Karbon aktif granul (b) karbon aktif serat	10
Gambar 2.3 Skematik metode <i>carrier gas</i> . (1) sampel, (2) tabung dengan nitrogen cair gas mixer (3) dan (4) konduktivitas gas detektor. Hasil dari pengukuran metode ini adalah grafik U voltage dan waktu t.....	14
Gambar 2.4 Skematik metode volumetrik	16
Gambar 2.5 Skematik <i>Thermograph Microbalance Aparatus</i>	17
Gambar 2.6 Skematik Tian-Calvet kalorimeter. (P) pressure gauge, (T) termometer, (R) gas reservoir, (S) sampel, (G) adsorbat masuk,.....	18
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> metode penelitian alat uji adsorpsi-desorpsi Gas Metana	21
Gambar 3.2 Pressure Vessel.....	22
Gambar 3.3 Blind Flange	23
Gambar 3.4 Slip on Flange.....	23
Gambar 3.5 Mur dan Drat As.....	24
Gambar 3.6 Packing Teflon	24
Gambar 3.7 Peletakan saringan dan saringan yang digunakan	25
Gambar 3.8 Pressure Transmitter.....	26
Gambar 3.9 Modifikasi Termokopel Jenis	27
Gambar 3.10 Coriolis Flow Meter	27
Gambar 3.11 Pompa Vakum	28
Gambar 3.12 Needle Valve	29
Gambar 3.13 Tube Flaring	30
Gambar 3.14 Sambungan Tee	31
Gambar 3.15 Thermal Insulation (Thermalflex).....	31
Gambar 3.16 Insulation Tape.....	32
Gambar 3.17 Drum.....	33
Gambar 3.18 Circulating Thermal Bath.....	34

Gambar 3.19 Solenoid Valve	35
Gambar 3.20 Male connector	35
Gambar 3.21 Exhaust Fan	36
Gambar 3.22 Regulator	37
Gambar 3.23 Temperature Controller	38
Gambar 3.24 Main Contact Breaker (MCB)	39
Gambar 3.25 Dimmer	40
Gambar 3.26 Terminal	40
Gambar 3.27 Data Akusisi (DAQ)	42
Gambar 3.28 Power Supply tipe D30 2T	43
Gambar 3.29 Power Supply tipe GZT-H300S24	43
Gambar 3.30 Heater	44
Gambar 3.31 Activated Carbon (carbotech)	46
Gambar 3.32 Skematik Sistem Adsorpsi dan Desorpsi	47
Gambar 3.33 Instalasi Alat Uji Adsorpsi-Desorpsi Metana	48
Gambar 3.34 Program <i>labview</i> 8.5	50
Gambar 3.35 Timbangan AND FX 4000	51
Gambar 3.36 Proses dry sorbent dan control panel untuk menjaga temperatur ...	52
Gambar 3.37 Skematik Proses Degassing	53
Gambar 3.38 Skematik Proses Adsorpsi	54
Gambar 3.39 Skematik Proses Desorpsi	55
Gambar 4.1 Grafik Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu (5bar, 15bar, 25bar, 35bar)	56
Gambar 4.2 Grafik Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu (10bar, 20bar, 30bar)	57
Gambar 4.3 Grafik Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu (5bar, 15bar, 25bar, 35bar)	58
Gambar 4.4 Grafik Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu (10bar, 20bar, 30bar)	58
Gambar 4.7 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Tabung	62
Gambar 4.8 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Adsorben	63

Gambar 4.9 Grafik Waktu Terhadap Tekanan	64
Gambar 4.10 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Tabung (35 bar,25 bar,15 bar,5 bar)	65
Gambar 4.11 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Tabung (10bar, 20bar, 30bar)	66
Gambar 4.12 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Adsorben (5bar, 15bar, 25bar, 35bar)	66
Gambar 4.13 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Adsorben (10bar, 20bar, 30bar)	67
Gambar 4.14 Grafik Waktu Terhadap Tekanan	67
Gambar 4.16 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Tabung.....	70





BAB 1

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bahan bakar minyak yang ada di bumi mengalami penipisan karena sumber daya minyak mulai berkurang karena tingkat perkembangan jumlah kendaraan tidak sebanding dengan sumber daya bahan bakar minyak (BBM) yang tersedia. Penggunaan Bahan Bakar Minyak (BBM) jauh lebih banyak dibanding Bahan Bakar Gas (BBG) sementara cadangan Gas bumi di Indonesia masih berlimpah.

Harga Bahan Bakar Minyak dunia saat ini hingga US\$ 100 per barel melampaui APBN 2011 sebesar US\$ 60 per barel, mengakibatkan harga beli BBM untuk konsumsi dalam negeri meningkatkan subsidi BBM.

Konsumsi BBM untuk sektor transportasi adalah yang paling besar (mencapai 52%) dibandingkan untuk industri (19%), listrik (7%) dan rumah tangga (22%) (Sugriwan Soedarmo, 2000). Sehingga pengalihan BBM dengan BBG atau Compressed Natural Gas (CNG) akan mengurangi konsumsi BBM secara signifikan.

Pemakaian Compressed Natural Gas (CNG) pada kendaraan bermotor diperlukan tabung khusus karena memiliki tekanan sekitar 200 Bar, sehingga memerlukan penggunaan tabung dengan material yang harus tahan terhadap tekanan sampai 200 Bar. Dari hal tersebut konsumen tidak berminat karena takut dengan tekanan sebesar itu, ukuran yang cukup besar dan stasiun untuk pengisian yang jarang ada.

Pada saat sekarang ini pemanasan global akibat efek rumah kaca sudah tidak bisa dihindari lagi. Efek rumah kaca atau green house effect merupakan suatu fenomena dimana adanya gelombang pendek radiasi matahari menembus atmosfer dan berubah menjadi gelombang panjang ketika mencapai permukaan bumi. Setelah mencapai permukaan bumi, sedikit gelombang yang dipantulkan

untuk dilepaskan ke angkasa dan sisanya masih berada di permukaan bumi karena dipantulkan kembali oleh lapisan gas seperti kaca yang berada di atmosfer. Gas yang berada di lapisan atmosfer memiliki kemampuan untuk menyerap radiasi matahari lalu dipantulkan ke bumi sehingga bumi menjadi panas. Proses ini dapat terjadi berulang kali, sementara gelombang yang masuk semakin bertambah banyak. Hal ini mengakibatkan pemanasan di bumi menjadi meningkat.

Efek rumah kaca itu sendiri terjadi karena meningkatnya konsentrasi gas metana (CH_4) dan gas lain seperti karbondioksida (CO_2) dan klorofluorokarbon (CFC) di atmosfer. Adanya gas metana diyakini bahwa gas metana tersebut dapat dihasilkan oleh mikrobia dalam keadaan anaerob sehingga secara alamiah gas metana dapat ditemukan lahan gambut, rawa dan sedimen di daerah pantai (Hardy, 2003). Selain itu kenaikan konsentrasi gas CO_2 itu sendiri disebabkan berbagai jenis pembakaran di permukaan bumi salah satunya yang paling besar yaitu dari sisa pembakaran bahan bakar minyak (BBM) pada kendaraan bermotor.

Salah satu cara untuk mengatasi kendala-kendala tersebut adalah dengan menggunakan tempat penyimpanan bertekanan rendah dikenal dengan *Adsorbed Natural Gas (ANG)*. Disebut demikian karena dalam tempat penyimpanan BGG tersebut terdapat adsorben yang menyerap BGG dan tekanan yang diperlukan untuk proses adsorpsi antara 35-40 bar, sehingga tangki bertekanan rendah.

Proses adsorpsi sangat dipengaruhi oleh pasangan adsorben dan adsorbatnya. Adsorben adalah zat atau material yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan atau gas di dalamnya dan adsorbat adalah substansi dalam bentuk cair atau gas yang terkonsentrasi pada permukaan adsorben (Suryawan, 2004). Jenis adsorben yang sering digunakan yaitu zeolite, silica gel dan karbon aktif, akan tetapi karbon aktif paling banyak digunakan karena aplikasinya dan volume penyerapan yang lebih besar.

Karakteristik adsorpsi dapat diketahui dengan beberapa metode pengukuran. Salah satu metode pengukuran adalah volumetrik, dimana menghitung kapasitas dan laju penyerapan dilakukan dengan menggunakan perubahan tekanan per satuan waktu pada temperatur konstan atau dikenal dengan adsorpsi isothermal (Dawoud dan Aristov, 2003). Pengukuran menggunakan

metode volumetrik dapat digunakan menghitung kapasitas adsorpsi untuk semua ukuran dan jenis pasangan adsorben-adsorbat, selain itu dapat juga menghitung laju penyerapan adsorpsi (Keller, Jurgen et al, 2002).

Pembahasan masalah dalam tulisan skripsi ini mengandung beberapa hal yang sama dengan bahasan skripsi Muhammad Husin dan Mikhail, dikarenakan kami bertiga melakukan penelitian secara bersama.

Rumusan Masalah

Kinerja suatu sistem yang menggunakan sistem adsorpsi-desorpsi pada permukaan padatan dipengaruhi oleh karakteristik adsorpsi. Salah satu metode mendapatkan data karakteristik adsorpsi adalah metode pengukuran volumetrik, dimana menghitung kapasitas penyerapan dan pelepasan yang dilakukan dengan menggunakan perubahan tekanan per satuan waktu pada temperatur konstan atau dikenal dengan adsorpsi isothermal. Dengan alat uji adsorpsi-desorpsi metana kapasitas penyerapan CH_4 pada karbon aktif dapat diketahui.

Batasan Masalah

Agar bahasan penelitian ini tidak menjadi luas, maka perlu diberikan batasan. Adapun batasan-batasannya adalah sebagai berikut:

1. Adsorben yang digunakan adalah karbon aktif komersial (Carbotech) dan adsorbatnya adalah gas CH_4 .
2. Temperatur saat pengujian adsorpsi adalah 25°C , dan temperatur saat pengujian desorpsi adalah 50°C
3. Penelitian ini membedakan karakteristik yang terjadi pada 2 design tempat menaruh adsorben di dalam vessel.
4. Penelitian sebatas pada prosedur yang digunakan dalam melakukan proses adsorpsi dan desorpsi dengan berdasarkan jurnal.

Maksud dan Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membedakan karakteristik yang terjadi karena perbedaan peletakan adsorben di dalam vessel dan untuk mendapatkan data kapasitas penyerapan pada karbon aktif hingga beberapa siklus kerja.

Metode Penulisan

Penyusunan laporan tugas akhir agar memiliki struktur yang baik dan tujuan penulisan dapat tercapai dengan baik maka penulisan tugas akhir akan mengikuti sistematika sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang sebagai dasar penelitian dilakukan, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan metode penulisan.

BAB 2 DASAR TEORI

Berisi landasan teori umum yang digunakan untuk menjelaskan masalah yang dibahas.

BAB 3 METODE PENELITIAN

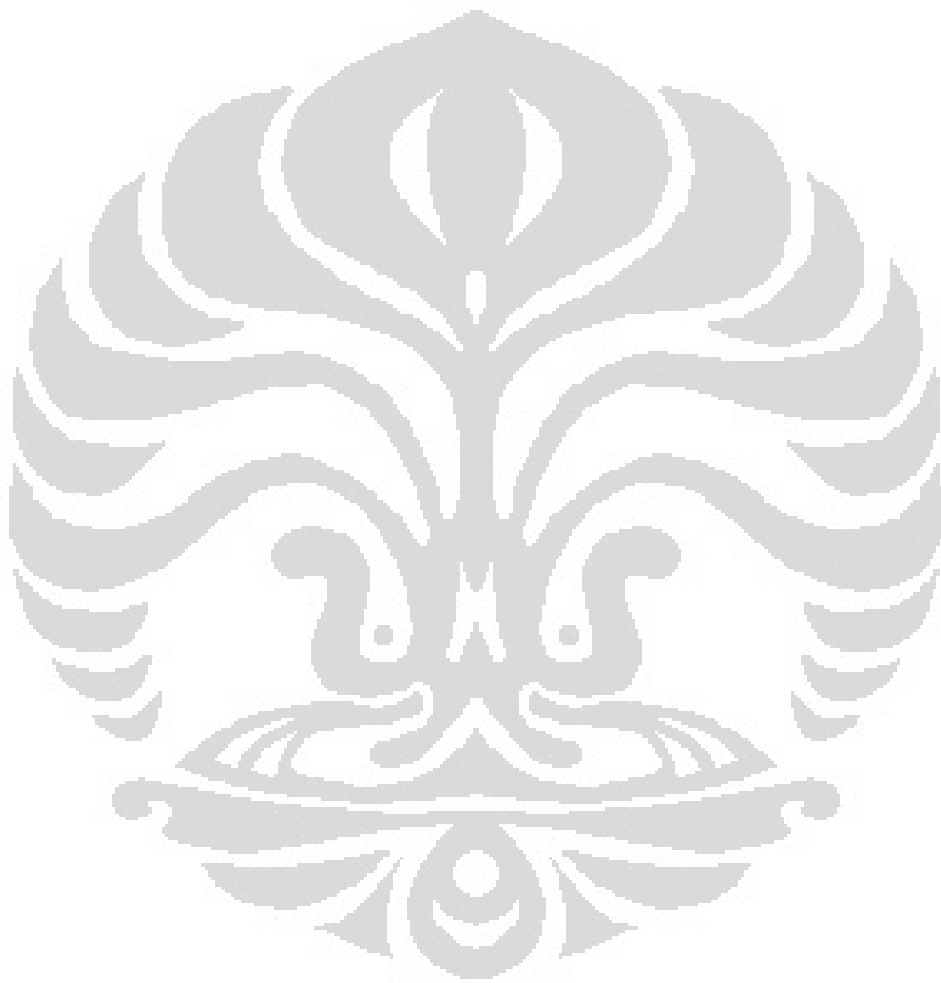
Berisi tentang metode penelitian serta langkah-langkah yang dilakukan dalam menjalankan penelitian untuk mencapai tujuan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi hasil penelitian serta pembahasan dari hasil penelitian tersebut.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dari hasil penelitian serta saran untuk penelitian yang sejenis di masa mendatang.



BAB 2

DASAR TEORI

Adsorpsi

Adsorpsi adalah fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan suatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan tersebut (Suryawan, 2004). Adsorpsi adalah proses dimana molekul-molekul fluida menyentuh dan melekat pada permukaan padatan (Nasruddin, 2005).

Interaksi antara padatan dan molekul yang mengembun tadi relatif lemah, maka proses ini disebut adsorpsi fisik. Walaupun adsorpsi biasanya dikaitkan dengan perpindahan dari suatu gas atau cairan ke suatu permukaan padatan, perpindahan dari suatu gas ke suatu permukaan cairan juga terjadi. Substansi yang terkonsentrasi pada permukaan didefinisikan sebagai adsorbat dan material dimana adsorbat terakumulasi didefinisikan sebagai adsorben (Hines, A.L dan Robert N. Maddox, 1985).

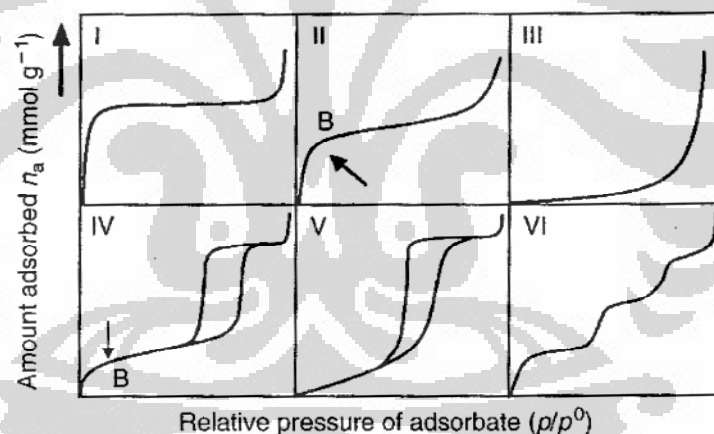
Adsorpsi Fisik

Adsorpsi fisik adalah fenomena fisik yang terjadi saat molekul-molekul gas atau cair dikontakkan dengan suatu permukaan padatan dan sebagian dari molekul-molekul tadi mengembun pada permukaan padatan tersebut (Suryawan, 2004). Adsorpsi fisik yang terjadi karena adanya gaya *Van Der Waals* yaitu gaya tarik-menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorbat tidak terikat secara kuat pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke bagian permukaan lainnya. Dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat yang satu dapat digantikan oleh adsorbat lainnya. Adsorpsi fisik merupakan suatu peristiwa yang reversibel. Bila dalam keadaan kesetimbangan kondisinya diubah misalnya tekanan diturunkan atau temperatur dinaikkan maka sebagian adsorbat akan terlepas dan akan membentuk kesetimbangan baru.

Peristiwa adsorpsi disertai dengan pengeluaran panas yang disebut dengan panas adsorpsi (eksoterm). Umumnya panas adsorpsi fisik relatif rendah berkisar (5 – 10) kkal/g.mol dan terjadi pada temperatur rendah yaitu di bawah temperatur didih adsorbat. Hal ini yang menyebabkan kesetimbangan dari proses adsorpsi fisik adalah reversibel dan berlangsung sangat cepat (Herawaty, 2003).

Proses adsorpsi fisik terjadi tanpa memerlukan energi aktivasi, sehingga pada proses tersebut akan membentuk lapisan multilayer pada permukaan adsorben. Ikatan yang terbentuk dalam adsorpsi fisika dapat diputuskan dengan mudah, yaitu dengan cara pemanasan pada temperatur 150 - 200°C selama 2 - 3 jam (Suryawan, 2004).

Penggambaran kurva antara jumlah gas yang teradsorpsi terhadap tekanan (p/p_0) pada keadaan isothermal dapat dibagi menjadi enam jenis, seperti Gambar 2.1 berikut.



(Mars H. dan F. Reinoso, 2006)

Gambar 2.1 Kurva adsorpsi isotermis

- a. Tipe I, disebut langmuir isoterm menggambarkan adsorpsi (*monolayer*). Langmuir isoterm sesuai dengan adsorpsi fisik pada padatan, biasanya diperoleh dari adsorben berpori kecil (*micropore*) kurang dari 2 nm dan luas area eksternal sangat sedikit, seperti pada karbon aktif, silika gel, zeolit dan bentofit.

- b. Tipe II, diperoleh dari percobaan Brauner, Emmett dan Teller (1938). Kurva jenis ini ditemukan pada adsorben berpori (*porous*) atau padatan berpori besar (*macro-porous*).
- c. Tipe III, menunjukkan kuantitas adsorben semakin tinggi saat tekanan bertambah. Tipe ini jarang terlihat dalam eksperimen adsorpsi, dimana gaya tarik molekul gas lebih besar dibandingkan gaya ikat serapan.
- d. Tipe IV, sering terlihat pada padatan berpori, seperti pada katalis industri. Relatif tekanan rendah sampai menengah, dimana volume terbesar adsorbat yang teradsorpsi dapat dihitung dari *capillary condensation* yang telah sempurna mengisi pori. Kurva jenis ini dihasilkan padatan adsorben berukuran *mesopore* (2-50 nm).
- e. Tipe V, jenis ini hampir sama dengan tipe III, dihasilkan dari interaksi yang rendah antara adsorben dengan adsorbat.
- f. Tipe VI, menunjukkan interaksi adsorbat dengan permukaannya yang terlalu homogen (*pyrolytic graphite*) yang berinteraksi dengan adsorben seperti argon dan metan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi Adsorpsi

Daya adsorpsi dipengaruhi lima faktor (Bahl et al, 1997 dan Suryawan, Bambang 2004), yaitu :

1. Jenis adsorbat
 - a. Ukuran molekul adsorbat

Ukuran molekul yang sesuai merupakan hal penting agar proses adsorpsi dapat terjadi, karena molekul-molekul yang dapat diadsorpsi adalah molekul-molekul yang diameternya lebih kecil atau sama dengan diameter pori adsorben.
 - b. Kepolaran zat

Apabila berdiameter sama, molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul tidak polar. Molekul-molekul

Universitas Indonesia

yang lebih polar dapat menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang terlebih dahulu teradsorpsi.

2. Karakteristik adsorben

a. Kemurnian adsorben

Sebagai zat untuk mengadsorpsi, maka adsorben yang lebih murni lebih diinginkan karena kemampuan adsorpsi lebih baik.

b. Luas permukaan dan volume pori adsorben

Jumlah molekul adsorbat yang teradsorpsi meningkat dengan bertambahnya luas permukaan dan volume pori adsorben.

3. Temperatur absolut (T), temperatur yang dimaksud adalah temperatur adsorbat. Pada saat molekul-molekul gas atau adsorbat melekat pada permukaan adsorben akan terjadi pembebasan sejumlah energi yang dinamakan peristiwa eksotermis. Berkurangnya temperatur akan menambah jumlah adsorbat yang teradsorpsi demikian juga untuk peristiwa sebaliknya.

4. Tekanan (P), tekanan yang dimaksud adalah tekanan adsorbat. Kenaikkan tekanan adsorbat dapat menaikkan jumlah yang di adsorpsi.

5. Interaksi potensial (E), interaksi potensial antara adsorbat dengan dinding adsorben sangat bervariasi, tergantung dari sifat adsorbat-adsorben.

Adsorben dan Adsorbat

Pasangan adsorben-adsorbat untuk adsorpsi fisik adalah silika gel-air, zeolit-air, karbon aktif-ammonia, karbon aktif-metanol (Hamamoto, Y, 2002). Pasangan adsorben dan adsorbat, pada umumnya dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

1. Non-polar adsorben atau *Hydrophobic*, meliputi karbon aktif dan adsorben polimer, dengan oli atau gas sebagai adsorbatnya.
2. Polar adsorben atau *Hydrophilic*, meliputi silika gel, zeolit, *active alumina*, dengan air sebagai adsorbatnya.

- Adsorben

Material penyerap atau adsorben adalah zat atau material yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan atau gas didalamnya (Suryawan, 2004). Adapun beberapa adsorben yang digunakan secara komersial adalah kelompok polar adsorben atau disebut juga *hydrophilic* seperti silika gel, alumina aktif, dan zeolit.

Kelompok lainnya adalah kelompok non polar adsorben atau *hydrophobic* seperti polimer adsorben dan karbon aktif. Karakter fisik adsorben yang utama adalah karakter permukaannya, yaitu luas permukaan dan pori-porinya (Suzuki, 1990).

Karakteristik adsorben dapat dilihat dari permukaannya seperti luas permukaan dan polaritas. Semakin luas permukaan spesifik, maka kemampuan adsorpsi juga semakin meningkat (Suzuki, 1990). Karakteristik adsorben yang dibutuhkan untuk adsorpsi (Suryawan, 2004), adalah :

- a. Luas permukaan besar sehingga kapasitas adsorpsinya tinggi
- b. Memiliki aktifitas terhadap komponen yang diadsorpsi
- c. Memiliki daya tahan yang baik
- d. Tidak ada perubahan volume yang berarti selama peristiwa adsorpsi dan desorpsi.

Adsorben yang memiliki kemampuan menyerap air disebut *hydrophilic* yaitu silika gel, zeolit dan aktif alumina, sedangkan adsorben yang memiliki kemampuan menyerap oli dan gas disebut *hydrophobic* yaitu karbon aktif dan adsorben yang polimer (Suzuki, 1990).

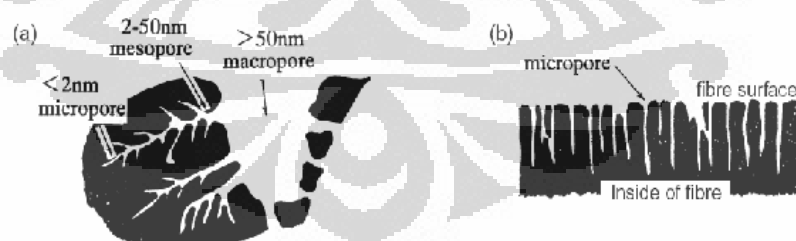
1. Silika gel

Energi yang dibutuhkan untuk pengikatan adsorbat pada silika gel relatif kecil dibanding dengan energi yang dibutuhkan untuk mengikat adsorbat pada karbon aktif atau zeolit sehingga temperatur untuk desorpsinya rendah. Laju desorpsi silika gel terhadap kenaikan temperatur sangat tinggi. Silika gel dibuat dari silika murni dan secara kimia diikat dengan air. Jika silika gel diberi panas yang berlebih

sampai kehilangan kadar air maka daya adsorpsinya akan hilang sehingga umumnya silika gel digunakan pada temperatur dibawah 200°C. Silika gel memiliki kapasitas menyerap air yang besar terutama pada saat tekanan uap air tinggi.

2. Karbon aktif

Karbon aktif adalah suatu bahan berupa karbon amorf yang sebagian besar terdiri dari atas karbon bebas serta memiliki “permukaan dalam” (*internal surface*) sehingga mempunyai kemampuan daya serap yang baik. Karbon aktif ini memiliki dua jenis yang dapat dilihat pada Gambar 2.2. Daya serap dari karbon aktif umumnya bergantung pada senyawa karbon berkisar 85% sampai 95% karbon bebas. Pada dasarnya karbon aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon, baik berasal dari tumbuhan, hewan maupun barang tambang. Bahan yang dapat dibuat menjadi karbon aktif diantaranya jenis kayu, sekam padi, tulang hewan, batubara, tempurung kelapa, kulit biji kopi dan lain-lain.



(Manocha, Satish. M, 2003)

Gambar 2.2 (a) Karbon aktif granul (b) karbon aktif serat

Karbon aktif banyak digunakan karena memiliki luas permukaan yang sangat besar $1,95 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{kg}$, dengan pori-pori volumenya $10,28 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{kg}$ dan diameter pori $2,16 \text{ \AA}$ (El-Sharkawy I.I., et.al, 2006),

Universitas Indonesia

sehingga sangat memungkinkan dapat menyerap adsorbat dalam jumlah yang banyak.

Jika dibandingkan dengan adsorben lainnya karbon aktif merupakan adsorben yang paling banyak digunakan karena distribusi ukuran pori-pori pada karbon aktif mempunyai diameter pori yang lebih besar dibandingkan dengan adsorben lainnya (Yang, Ralph.T, 2003)

3. Zeolit

Zeolit digunakan untuk pengeringan dan pemisahan campuran hidrokarbon, zeolit memiliki kemampuan adsorpsi tinggi karena zeolit memiliki porositas yang tinggi. Zeolit mengandung kristal zeolit yaitu mineral *aluminosilicate* yang disebut sebagai penyaring molekul. Mineral *aluminosilicate* ini terbentuk secara alami. Zeolit buatan dibuat dan dikembangkan untuk tujuan khusus, diantaranya 4A, 5A, 10X, dan 13X yang memiliki volume rongga antara 0,05 sampai 0,30 cm³/gram dan dapat dipanaskan sampai 500°C tanpa harus kehilangan mampu adsorpsi dan regenerasinya. Zeolit 4A (NaA) digunakan untuk mengeringkan dan memisahkan campuran *hydrocarbon*. Zeolit 5A (CaA) digunakan untuk memisahkan *paraffins* dan beberapa *Cyclic hydrocarbon*. Zeolit 10X (CaX) dan 13X (NaX) memiliki diameter pori yang lebih besar sehingga dapat mengadsorpsi adsorbat pada umumnya.

Adsorbat

Adsorbat adalah substansi dalam bentuk cair atau gas yang terkonsentrasi pada permukaan adsorben. Adsorbat yang biasa digunakan pada sistem pendingin adalah air (*polar substances*) dan kelompok *non-polar substances* seperti methanol, ethanol dan kelompok hidrokarbon (Suzuki, 1990).

1. Air

Merupakan adsorbat yang ideal karena memiliki kalor laten spesifik terbesar, mudah didapat, murah, dan tidak beracun. Air dapat dijadikan pasangan zeolit, dan silika gel. Tekanan penguapan air yang rendah merupakan keterbatasan air sebagai adsorbat, sehingga menyebabkan :

- a. Temperatur penguapan rendah (100°C), sehingga penggunaan air terbatas hanya untuk air-conditioning dan chilling.
- b. Tekanan sistem selalu dibawah tekanan normal (1 atm). Sistem harus memiliki instalasi yang tidak bocor agar udara tidak masuk.
- c. Rendahnya tekanan penguapan air menyebabkan rendahnya tekanan proses adsorpsi dibatasi oleh transfer massa.

2. Amonia

Besarnya panas laten spesifik ammonia adalah setengah lebih rendah dari panas laten spesifik air, pada temperatur 0°C dan memiliki tekanan penguapan yang tinggi. Amonia memiliki keuntungan yang ramah lingkungan dan dapat digunakan sebagai adsorbat sampai -40°C , dan dapat dipanaskan sampai 200°C . Kerugian dari amonia :

- a. Beracun, sehingga penggunaannya dibatasi.
- b. Tidak dapat ditampung pada instalasi yang terbuat dari tembaga atau campurannya.

3. Metanol

Di banyak hal kemampuan atau performa metanol berada diantara air dan ammonia. Metanol memiliki tekanan penguapan yang lebih tinggi dibandingkan dengan air (meskipun pada tekanan 1 atm), sehingga sangat cocok untuk sistem pendingin. Karbon aktif, silika gel, dan zeolit merupakan adsorben yang menjadi pasangan dari metanol.

4. Karbondioksida (CO₂)

Karbondioksida merupakan persenyawaan antara karbon (27,3 wt%) dengan oksigen (72,7 wt%). Pada kondisi tekanan dan temperatur atmosfer, karbondioksida merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau. Karbondioksida juga merupakan gas tidak reaktif dan tidak beracun. Gas tersebut tidak mudah terbakar (*nonflammable*) dan tidak dapat memicu terjadinya pembakaran.

5. Metana (CH₄)

Metana merupakan ikatan senyawa kimia yang sangat sederhana terdiri dari satu atom karbon dan empat atom hydrogen. Gas metana ini diproduksi oleh mikrobia dalam keadaan anaerob. Secara alamiah lahan gambut, rawa dan sedimen di daerah pantai merupakan sumber utama dari gas metan di atmosfer (Hardy,2003). Pada kondisi tekanan dan temperature atmosfer, gas metana merupakan gas yang sangat ringan, tidak berwarna, dan juga tidak berbau (gas metana murni). Gas metana juga merupakan gas reaktif dan beracun. Gas tersebut mudah terbakar (*flammable*) sehingga dapat memicu ledakan.

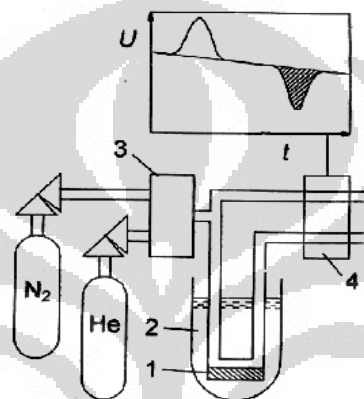
Metode Pengujian Adsorpsi

Terdapat empat metode pengukuran penyerapan adsorpsi, yaitu: metode *carrier gas*, metode volumetrik, metode gravimetrik dan metode kalorimetrik. Empat metode pengukuran penyerapan adsorpsi tersebut telah digunakan di berbagai negara dan telah diakui secara internasional (Keller, J.U et al, 2002).

Metode Carrier Gas

Metode *carrier gas* adalah variasi dari metode gas *chromatography* yang telah dimodifikasi (Keller, J.U et al, 2002). Metode *carrier gas* memanfaatkan *carrier gas*, yaitu gas mulia (helium) yang tidak terserap oleh adsorben, untuk mengukur konsentrasi adsorbat (nitrogen) yang terserap adsorben. Pengukuran

dengan metode ini dilakukan dengan mengalirkan helium dan nitrogen, nitrogen yang terserap oleh sampel diindikasikan dengan berkurangnya konsentrasi gas helium pada satu waktu. Titik jenuh pengukuran menggunakan metode *carrier gas* ditandai dengan bertambahnya konsentrasi nitrogen. Skematik metode *carrier gas* dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut:



(Keller, J.U et al, 2002).

Gambar 2.3 Skematik metode *carrier gas*. (1) sampel, (2) tabung dengan nitrogen cair gas mixer (3) dan (4) konduktivitas gas detektor. Hasil dari pengukuran metode ini adalah grafik U voltage dan waktu t

Metode *carrier gas* sangat mudah dibuat, murah, dan mudah digunakan. Alat uji *carrier gas* tidak memiliki akurasi tinggi dalam pengukuran penyerapan. Biasanya penggunaan metode ini digunakan hanya untuk mencari satu parameter, yaitu luas permukaan. Pengujian untuk dua parameter seperti kapasitas dan laju penyerapan sangat sulit digunakan (Keller, J.U et al, 2002).

Metode Volumetrik

Dasar pengukuran metode volumetrik adalah tekanan, volume dan temperatur. Perhitungan adsorpsi isothermal biasanya merujuk pada metode volumetrik BET. Karakteristik adsorpsi menggunakan metode volumetrik

Universitas Indonesia

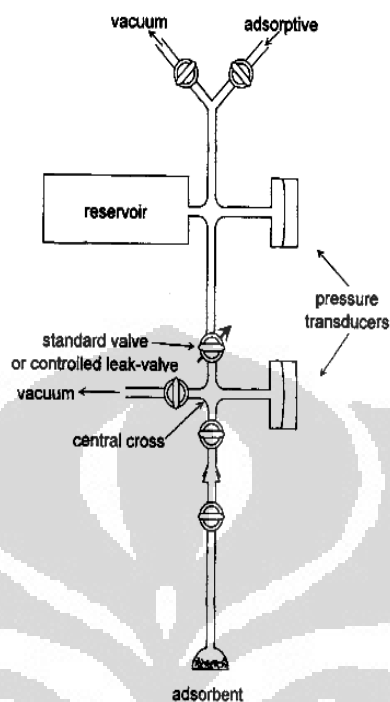
biasanya ditampilkan data yang terserap pada keadaan ideal (STP) dengan tekanan relatif. Teknik pengukuran adsorpsi menggunakan volumetrik sekarang ini lebih sering digunakan, karena sederhana dan efektif selama alat ukur tekanan dapat memberikan informasi yang dibutuhkan menggunakan adsorpsi isothermal (Rouquerol, J et al, 1998).

Data pengukuran pada metode volumetrik adalah tekanan dan temperatur, dimana data diukur saat adsorbat masuk ke tempat diletakkannya adsorben (*adsorption bulb*). Setelah kesetimbangan adsorpsi terjadi, jumlah adsorbat yang terserap dihitung dari perubahan tekanan yang terjadi.

Hal yang terpenting dalam pengukuran adsorpsi isothermal menggunakan alat uji adsorpsi metode volumetrik sebagai berikut (Keller, J.U et al, 2002):

- a. Volume efektif alat uji harus diketahui,
- b. Alat uji harus dapat mengukur temperatur dari gas yang menjadi adsorbat,
- c. Keakuratan alat uji untuk mengukur perubahan tekanan pada metode volumetrik adalah hal yang utama,
- d. Kesetimbangan adsorpsi terjadi apabila tekanan relative mencapai $p/p_0=1$, maka pengukuran berakhir,
- e. Perhitungan adsorbat yang terserap dapat diukur menggunakan persamaan gas ideal.

Kelebihan metode volumetrik adalah dapat mengukur beberapa jenis sampel, dan memiliki *sensitivity* yang tinggi. Biaya pembuatan alat ukur menggunakan metode volumetrik relatif murah dan mudah dibuat karena komponennya terdapat di pasar (Keller, J.U et al, 2002). Skematik metode volumetrik dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut :



(Rouquerol, J et al, 1998)

Gambar 2.4 Skematik metode volumetrik

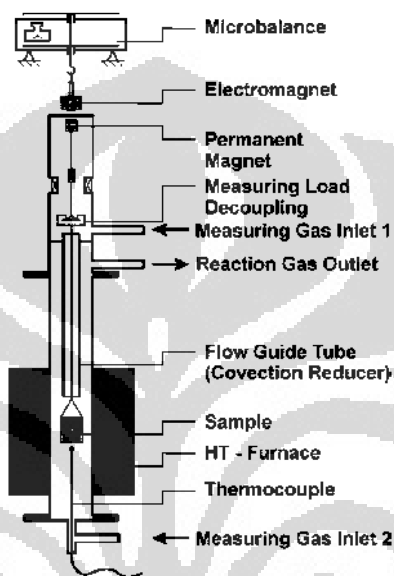
Metode Gravimetrik

Metode gravimetrik memiliki akurasi untuk pengukuran paling tinggi diantara metode lain pada pengukuran adsorpsi isothermal. Pengukuran adsorpsi isothermal yang dapat dilakukan menggunakan metode gravimetrik, antara lain: massa yang terserap pada adsorben, tekanan gas dan temperatur. Alat yang digunakan untuk mengukur adsorpsi isothermal adalah *Thermograph Microbalance Aparatus* (TGA) (Rouquerol, J et al, 1998).

Preparasi sampel pengujian menggunakan metode gravimetrik mutlak dilakukan untuk mendapatkan pengujian yang optimum. Preparasi sampel dilakukan dengan *degassing* sampel untuk mendapatkan massa kering sampel serta temperatur, tekanan, dan waktu untuk mendapatkan data pengujian yang valid (Keller, J.U et al, 2002). Pengujian menggunakan metode gravimetrik sangat kompleks, dikarenakan diperlukan pengukuran efek *bouyancy* pada

Universitas Indonesia

pengolahan datanya. Alat uji adsorpsi menggunakan metode gravimetrik membutuhkan investasi yang cukup besar, karena untuk memiliki TGA dengan keakurasian tinggi harus menyediakan jutaan dollar (Rouquerol, J et al, 1998). Skematik *Thermograph Microbalance Aparatus* dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut :

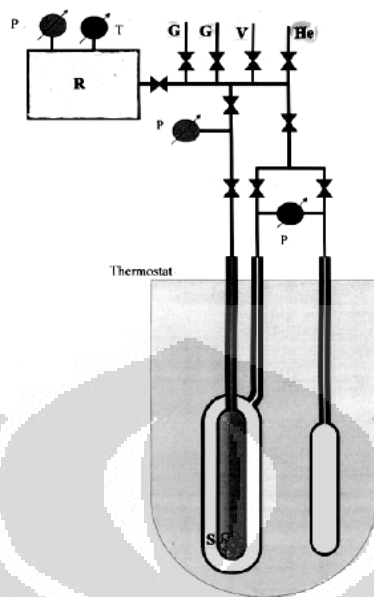


(Keller, J.U et al, 2002)

Gambar 2.5 Skematik *Thermograph Microbalance Aparatus*

Metode Kalorimetrik

Pengukuran adsorpsi menggunakan metode kalorimetrik baik dilakukan isothermal maupun isobar tidak dapat dilakukan tanpa data awal adsorbat dan sampel yang diuji. Data awal tersebut adalah data termodinamika. Teknik pengukuran ini sangat khusus dan terdapat komponen khusus yang tidak ditemukan di pasar. Pada institusi penelitian biasanya digunakan Tian-Calvet kalorimeter yang digunakan untuk mengukur panas adsorpsi (Keller, J.U et al, 2002). Dari panas adsorpsi maka entalpi adsorpsi dan massa yang terserap bisa di hitung. Skematik Tian-Calvet kalorimeter dapat dilihat pada Gambar 2.6 sebagai berikut:



(Keller, J.U et al, 2002)NU

Gambar 2.6 Skematik Tian-Calvet kalorimeter. (P) *pressure gauge*, (T) termometer, (R) *gas reservoir*, (S) sampel, (G) adsorbat masuk, (V) katup vakum, dan (He) helium masuk

Kapasitas dan Laju Penyerapan dengan Metode Volumetrik

Instalasi alat uji adsorpsi metana menggunakan metode volumetrik sebagai salah satu metode pengukuran penyerapan adsorpsi karena metode volumetrik ini merupakan metode yang sangat mendekati terhadap parameter-parameter dengan alat uji adsorpsi metana. Pengukuran kapasitas dan laju penyerapan dapat dilakukan menggunakan persamaan hukum kesetimbangan gas ideal (STP). Perubahan massa adsorpsi diukur dari perubahan tekanan yang terjadi antara adsorbat dan adsorben pada temperatur konstan (Rouquerol, J et al, 1998). Kesetimbangan massa uap adsorbat dalam *measuring cell* menurut Dawoud dan Aristov, 2003, dapat diasumsikan pada persamaan (2.1) berikut.

$$m_{ads} = |\dot{m}_{fc} \times t| - (\rho(P, T) \times V_{void}) \quad (2.1)$$

- Dengan: V_{void} : volume kosong pada tabung(L)
 t : waktu (detik)
 $\rho(P,T)$: nilai density pada kondisi temperature dan tekanan tertentu(g/L)
 \dot{m}_{fc} : laju aliran massa adsorbat di *flow controller* (g/min)
 m_{ads} : massa adsorbat yang diserap oleh adsorben (g)

Perhitungan Volume Kosong

Volume kosong (V_{void}) yang akan diukur adalah volume ruangan yang kosong di dalam vessel yang sudah diisi dengan karbon aktif. Volume kosong (V_{void}) diperlukan untuk mengetahui berapa jumlah gas metana yang tersimpan dalam fasa gas dan fasa teradsorpsi dalam vessel. Untuk mencari volume kosong (V_{void}) digunakan pendekatan massa dengan memanfaatkan gas helium. Dalam proses ini gas helium digunakan karena sifatnya yang tidak teradsorpsi pada karbon aktif, ini disebabkan karena ukuran molekul helium yang kecil.

Dengan V_{void} adalah volume kosong di dalam vessel, m_{helium} adalah massa helium yang masuk ke dalam vessel, dan ρ_{helium} adalah massa jenis helium pada tekanan dan temperatur pada vessel yang didapat dari REFPROP.

no	ρ_1	P_1	T_1	ρ_2	P_2	T_2
1 (V_{void} 8 tabung)	0,91081	0,568	299,4	0,31338	0,195	299,29
2 (V_{void} tanpa tabung)	0,87181	0,549	299,6	0,30775	0,194	299,35

ρ_m	P_m	T_m	M He	V void (cm3)	V void (liter)
0,30748	0,191	298,78	698,9931	2273,296149	2,273296149
0,30122	0,19	299,05	659,9502	2190,924241	2,190924241

Volume kosong (V_{void}) vessel berisi 8 tabung

$$\begin{aligned}
 M_{He} &= (\rho_1 - \rho_2) \cdot V_{\text{charging side}} \\
 &= (0,91081 - 0,31338) \cdot 1170 \\
 &= 698,9931
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{void}} &= \frac{M_{He}}{\rho_m} \\
 &= \frac{698,9931}{0,30748} \\
 &= 2273,296149 \text{ cm}^3 \\
 &= 2,273296149 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

Volume kosong (Vvoid) vessel tanpa tabung

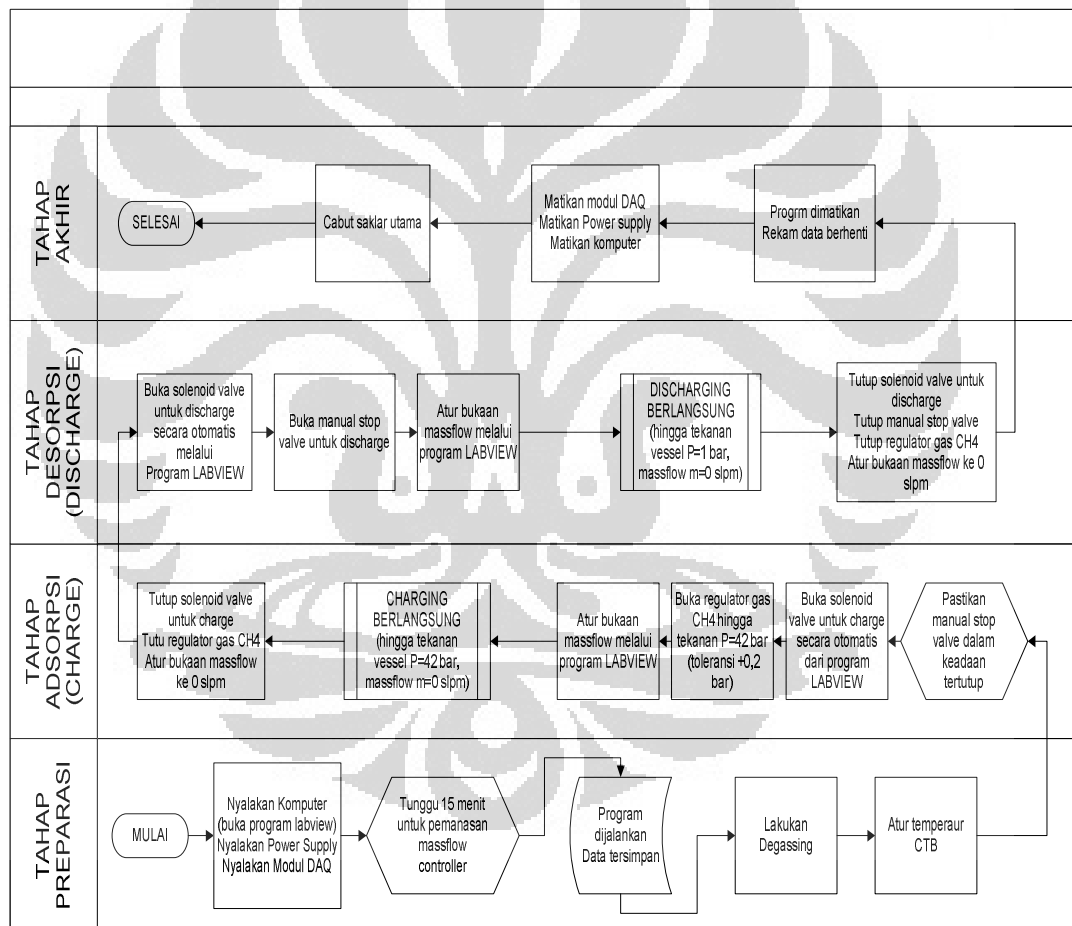
$$\begin{aligned}
 M_{He} &= (\rho_1 - \rho_2) \cdot V_{\text{charging side}} \\
 &= (0,87181 - 0,30775) \cdot 1170 \\
 &= 659,9502
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{void}} &= \frac{M_{He}}{\rho_m} \\
 &= \frac{659,9502}{0,30122} \\
 &= 2190,924241 \text{ cm}^3 \\
 &= 2,190924241 \text{ liter}
 \end{aligned}$$

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian Alat Uji Adsorpsi-Desorpsi Gas Metana

Tahapan metode penelitian alat uji adsorpsi-desorpsi dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut :

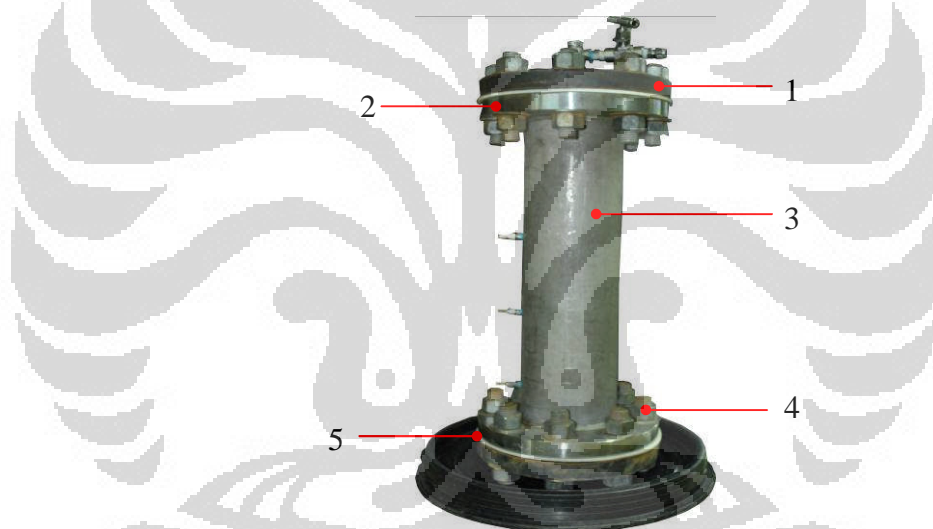


Gambar 3.1 *Flowchart* metode penelitian alat uji adsorpsi-desorpsi Gas Metana

3.2 Alat Uji Adsorpsi-Desorpsi Metana

3.2.1 Pressure Vessel

Pressure vessel dirancang sebagai tempat untuk merubah fasa adsorbat menjadi *vapour*. Namun pada penelitian ini digunakan untuk menyimpan CH_4 bertekanan tinggi. Pada perancangan pressure vessel parameternya adalah tekanan maksimum adsorbat, karena akan berpengaruh pada ketebalan *vessel*. Tekanan yang dibutuhkan yaitu 40 bar, sehingga perancangan untuk pressure vessel harus mampu menahan tekanan lebih dari 40 bar, sebagai *safety factor*. Bentuk pressure vessel dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut:



Gambar 3.2 Pressure Vessel

Bagian-bagian dari pressure vessel yang dibuat yaitu,

1. Blind Flange

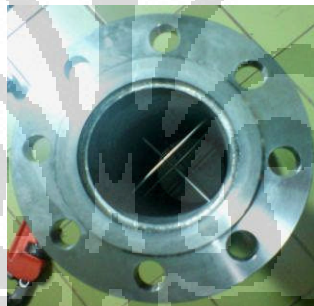
Blind flange yang digunakan memiliki material baja karbon dengan ukuran disesuaikan untuk DIN 40 SS 304. Bentuk blind flange dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Blind Flange

2. Slip on Flange

Slip on Flange yang digunakan DIN 40 SS 304. Bentuk Slip in Flange dapat dilihat pada Gambar 3.4.



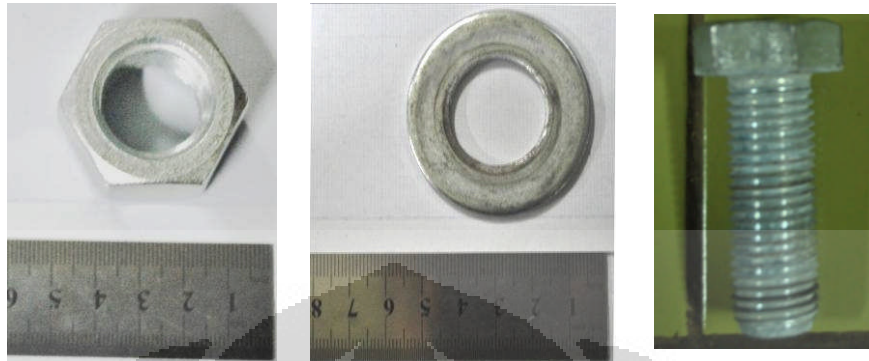
Gambar 3.4 Slip on Flange

3. Pipa

Pipa dengan schedule 40 memiliki diameter dalam ($\text{\O}i$) 128.19 mm dan diameter luar ($\text{\O}o$) 141.3 mm.

4. Mur dan Drat As

Memiliki material baja karbon yang dilapisi galvanis, dengan diameter as 25 mm. Bentuk Mur dan Drat As dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Mur dan Drat As

5. Packing Teflon

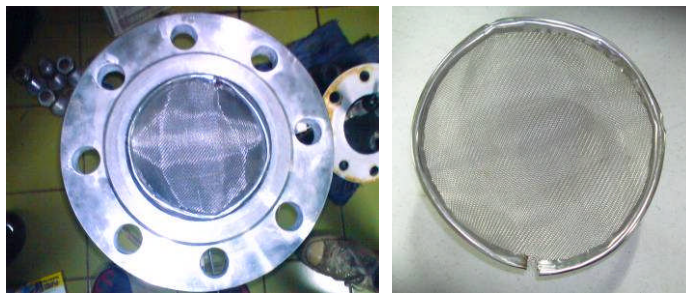
Diantara flange diberi packing agar tidak terjadi kebocoran, dengan jenis teflon yang mampu menahan tekanan dan temperatur masing-masing 400 kg/cm^2 dan 280°C . Bentuk Packing Teflon dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Packing Teflon

6. Filter

Filter memiliki mesh sebesar 2.11 mm . Letak filter di dalam pressure vessel, dengan menggantungkan filter di flange slip-on, seperti pada Gambar 3.7 berikut:



Gambar 3.7 Peletakan saringan dan saringan yang digunakan

3.2.2 Pipa dan Insulasi

Pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana, dari sumber gas CH_4 menuju *pressure vessel* dihubungkan dengan pipa *stainless steel* dengan ukuran 1/4 inci. Pipa ini memiliki diameter luar (Ø_o) 6.35 mm dan diameter dalam (Ø_i) 3 mm. Panjang keseluruhan pipa yang digunakan pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana 7225 mm, sehingga volumenya 51070.52 mm^3 .

Insulasi pipa pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana yang digunakan terbuat dari asbestos. Diameter (Ø) 6 mm dan tebal insulasi 9 mm. *Thermal conductivity* adalah $0,04 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

3.2.3 Pressure Transmitter

Pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan satu buah *pressure transmitter* yang digunakan untuk mengukur tekanan di *measuring cell* (bejana bertekanan). *Pressure transmitter* yang digunakan pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana memiliki spesifikasi, sebagai berikut :

Pabrikan	: General Electric
Tipe	: Druck PTX 1400
<i>Pressure range</i>	: 0 – 40 bar absolut
Supply input	: 9 – 28 VDC
Analog Output	: 4 – 20 mA
<i>Accuracy</i>	: 0,15 %

Gambar *pressure transmitter* pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana, dapat dilihat pada Gambar 3.8 berikut.



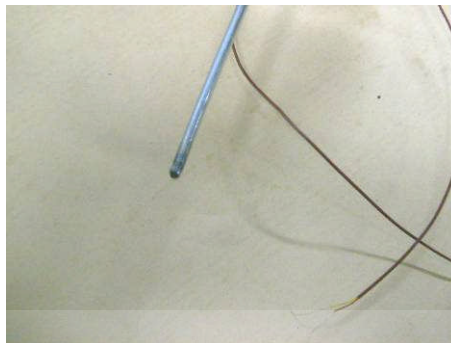
Gambar 3.8 Pressure Transmitter

3.2.4 Termokopel

Pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan tujuh buah termokopel yang digunakan untuk mengukur temperatur di *measuring cell*. Termokopel yang digunakan pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana memiliki spesifikasi, sebagai berikut :

Jenis	: Kabel
Tipe termokopel	: K
Temperatur <i>range</i>	: – 200 - 1250°C
<i>Accuracy</i>	: Class I → 95 %

Termokopel yang digunakan dimodifikasi untuk mencegah kebocoran yang terjadi melalui kabel termokopel yaitu ujung dari termokopel dimasukkan ke dalam tubing 1/8 inci sebagai selubung yang dilas menempel dengan sisi selubung tersebut, termokopel yang dimodifikasi ini dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Modifikasi Termokopel Jenis

3.2.5 Coriolis Flow Meter

Coriolis flow meter (CFM) pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan sebagai alat untuk mengetahui *mass flow rate*, *total mass*, *density*, *temperatur*, *volumetric flowrate*, *total volume*, *fraction flow*, *% fraction*, dan *total fraction* suatu fluida yang mengalir pada alat ini. Bentuk *Coriolis flow meter* dapat dilihat pada Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3.10 Coriolis Flow Meter

Coriolis flow meter (CFM) yang digunakan pada alat uji adsorpsi kinetik memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan	: SIEMENS
Tipe	: Sitrans F C Massflo mass 6000 IP 67
Measuring Range	: 0-52000 kg/h

Universitas Indonesia

Liquid temperatur range	: -50 to +180oC
Liquid pressure range	: max 430 bar
Accuracy	: 0.1% of actual flow
Supply voltage	: 115/230 V a.c., 50-60 Hz

3.2.6 Pompa Vakum

Pada pengujian alat uji adsorpsi-desorpsi metana perlu dievakuasi unsur-unsur selain adsorbat dan adsorben. Oleh karena itu pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana diperlukan pompa vakum. Selain digunakan sebagai alat evakuasi, pompa vakum dapat digunakan untuk penelitian sistem adsorpsi-desorpsi yang membutuhkan tekanan dibawah tekanan atmosfer, seperti pada sistem pendingin.

Pompa vakum yang digunakan pada alat uji, memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Pabrikan	: Aruki
Tipe	: VP-1C-2
Jenis	: <i>1 Stage Vacuum Pump</i>
Vakum maksimal	: 10 Pa
Laju pemvakuman	: 1.5 CFM (50/60 Hz)
Konsumsi energi	: 220 V

Gambar pompa vakum yang digunakan dalam pengujian alat uji adsorpsi-desorpsi metana, dapat dilihat pada Gambar 3.11 berikut.



Gambar 3.11 Pompa Vakum

3.2.7 Needle Valve

Pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan dua buah *needle valve* yang digunakan sebagai alat pembuka dan penutup serta sebagai pengontrol banyaknya aliran fluida yang mengalir. *Needle valve* merupakan salah satu jenis dari *valve*. Bentuk *needle valve* dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Needle Valve

Needle valve yang digunakan pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan	: WHITEY
Tipe	: SS-20VF4
Orifice	: 0.125 in or 3.2 mm
Stem type	: VEE
Connection size	: <i>inlet</i> 1/4" female NPT and <i>outlet</i> 1/4" female NPT
Tekanan	: max 6000 PSI (41300 kPa)
Temperatur	: 1000°F

3.2.8 Tube Flaring

Tube flaring atau sambungan pipa pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan untuk menyambungkan seluruh aliran pipa dalam sistem, yaitu

Universitas Indonesia

menghubungkan antara tabung gas CH_4 menuju *measuring cell* (bejana bertekanan).

Tube flaring yang digunakan pada alat uji memiliki spesifikasi, sebagai berikut :

Pabrikan : Swagelok
Diameter luar (Ø) : 1/4 inchi

Gambar *tube flaring* yang digunakan dalam pengujian alat uji adsorpsi-desorpsi metana dapat dilihat pada Gambar 3.13 berikut :



Gambar 3.13 Tube Flaring

3.2.9 Sambungan Tee

Sambungan *tee* atau sambungan T pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan sebagai terminal rangkaian pipa. Dalam suatu rangkaian pipa yang dimana input pipa yang bercabang dapat diubah output pipa menjadi single dan juga sebaliknya. Jenis dari sambungan *tee* ada banyak jenisnya, salah satunya adalah sambungan *tee* dengan 3 kepala untuk jenis tubing. Bentuk dari sambungan *tee* dapat dilihat pada Gambar 3.14 berikut.

Sambungan *tee* atau sambungan T yang digunakan pada alat uji ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan : SWAGELOK
Tipe : 3 kepala untuk jenis tubing
Orifice : 1/4 inchi



Gambar 3.14 Sambungan Tee

3.2.10 Thermal Insulation (Thermalflex)

Thermal insulation pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan sebagai isolasi temperatur pada media yang dipasangkannya. Dengan adanya *thermal insulation* atau biasa disebut *thermalflex* dapat menjaga temperatur dari temperatur ambient yang selalu berubah setiap saat. Bentuk dari Thermal Insulation (Thermalflex) dapat dilihat pada Gambar 3.15 berikut.



Gambar 3.15 Thermal Insulation (Thermalflex)

Thermal insulation yang digunakan pada alat uji ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan	: ACTROL
Tipe	: superlonFR (black)
Temperatur limit	: -40 ⁰ C to 105 ⁰ C
Thermal Conductivity	: 0.0374 W/mK
Thickness	: 10 mm

3.2.11 Insulation Tape

Insulation tape pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan sebagai alat untuk menempelkan *thermalflex* sekeliling drum serta dapat digunakan untuk isolasi temperatur pada suatu media. *Insulation tape* ini sama dengan plester pada umumnya tetapi memiliki kelebihan dapat mengisolasi temperatur walaupun sangat kecil. Biasanya alat ini digunakan untuk mengisolai pipa pada *air conditioning*. Bentuk dari *Insulation tape* ini dapat dilihat pada Gambar 3.16.

Insulation tape white yang digunakan pada alat uji ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan	: MULTICOMP
Tipe	: 38mm X 20m insulation tape white 3820W
Temperatur limit	: 0 ⁰ C to 80 ⁰ C
Material thickness	: 0.15 mm



Gambar 3.16 Insulation Tape

3.2.12 Drum

Drum pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan sebagai tempat untuk mengkondisikan temperatur menjadi *isothermal* dengan media air. Drum yang digunakan pada alat uji ini memiliki spesifikasi volume sebesar 100 liter. Bentuk drum yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.17 berikut.



Gambar 3.17 Drum

3.2.13 Circulating Thermal Bath (CTB)

Circulating thermal bath (CTB) pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan untuk membuat air dalam keadaan *isothermal* sesuai dengan kondisi temperatur yang diinginkan. *Circulating thermal bath* ini juga dilengkapi dengan *pump* untuk mensirkulasi air sehingga tercapai temperatur yang sesuai dengan temperatur yang diinginkan.

Circulating thermal bath yang digunakan pada alat uji ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan	: HUBER
Tipe	: CC1
Operating temperatur	: -20 ⁰ C to 200 ⁰ C
Max operating temp. of refrigerator	: 50 ⁰ C
Heating power	: 2 kW

Universitas Indonesia

Cooling power	: 0.18 kW
Max delivery (pressure)	: 10 l/m
Bath volume	: 12 liters
Bath depth and height	: 150 mm and 215 mm

Bentuk Circulating Thermal Bath yang digunakan dalam percobaan dapat dilihat pada Gambar 3.18 berikut.



Gambar 3.18 Circulating Thermal Bath

3.2.14 Solenoid Valve

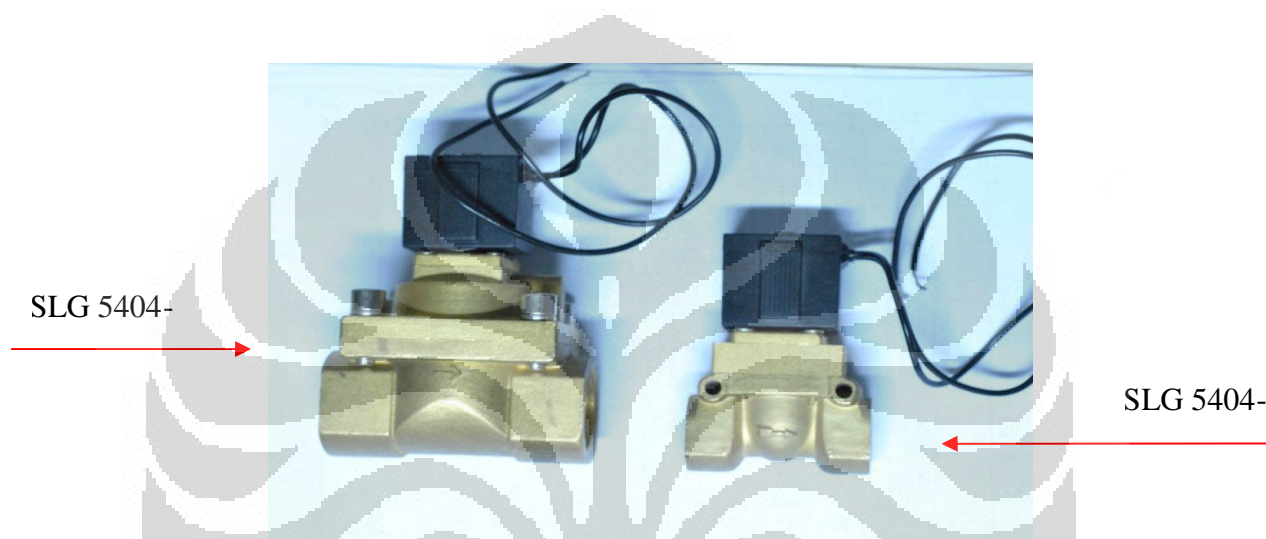
Solenoid valve pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan untuk mengontrol buka atau tutup *valve* secara otomatis dengan bantuan suatu program untuk menjalankannya seperti program *labview*.

Solenoid valve yang digunakan pada alat uji ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan	: JIOYOUNG PNEUMATIC CO LTD
Tipe	: SLG 5404-25 dan SLG 5404-15
Pressure	: 0-7.5 MPa
PT	: 1"(SLG 5404-25) dan 1/2"(SLG 5404-15)

Volt : 220 AC DC 24 Volt $\pm 10\%$, 320 mA 7.6 Watt
 Orifice : 26(SLG 5404-25) dan 15(SLG 5404-15)
 Temperatur : 0^oC-150^oC

Bentuk Solenoid Valve yang digunakan dalam percobaan dapat dilihat pada Gambar 3.19 berikut.



Gambar 3.19 Solenoid Valve

3.2.15 Male Connector

Male connector pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan sebagai penyambung antara connector ulir dengan *connector tubing*. Komponen *connector* ini mempunyai 2 jenis yaitu *male connector* dan *female connector*. Bentuk *male connector* dapat dilihat pada Gambar 3.20 berikut.



Gambar 3.20 Male connector

Male connector yang digunakan pada alat uji ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan : SWAGELOK
 Tipe : male connector
 Orifice : 1/4"

3.2.16 Exhaust Fan

Exhaust fan pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan sebagai alat untuk membantu proses pembuangan gas baik didalam ruangan atau dari *out tubing gas*. Dengan adanya exhaust fan dapat mengurangi tingkat bahaya dari gas *flammable* dan dari gas beracun yang ada didalam ruangan. Bentuk *Exhaust fan* dapat dilihat pada Gambar 3.21 berikut.



Gambar 3.21 Exhaust Fan

Exhaust fan yang digunakan pada alat uji ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan : PANASONIC
 Tipe : 25RUN3
 Sumber tegangan : 220 Volt 50Hz
 Hembusan udara(m³/mnt) : 15.6(keluar) dan 10.7(masuk)
 Arus(ampere) : 0.131-0.167(keluar) dan 0.078-0.1(masuk)

Daya	: 27.46-39.94(keluar) dan 17.21-21.91(masuk)
Putaran per menit(RPM)	: 1046-1240(keluar) dan 899-1067(masuk)

3.2.17 Regulator

Regulator pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan sebagai *valve* dan sekaligus mengontrol tekanan yang diinginkan secara manual. Di *regulator* terdapat 2 *pressure gauge* untuk membaca *pressure* di tabung dan *pressure* yang dikeluarkan. Bentuk regulator yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.22 berikut.



Gambar 3.22 Regulator

Regulator yang digunakan pada alat uji ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

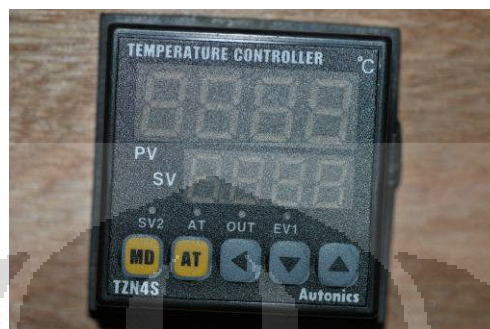
Pabrikan	: HARRIS
Max pressure di tabung	: 200 bar
Max pressure output	: 40 bar

3.2.18 Temperature Controller

Temperature controller pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan untuk mengontroller temperatur pada *heater*. Dengan adanya alat ini dapat menset

Universitas Indonesia

temperatur sesuai dengan kebutuhan. Bentuk *Temperature Controller* dapat dilihat pada Gambar 3.23 berikut.



Gambar 3.23 Temperature Controller

Temperature *controller* yang digunakan pada alat ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan	: Autronics
Model	: TZN4S
Power supply	: 100-240 VAC 50/60 Hz
Input sensor	: termokopel K,R,E,T,S,N,W
Display accuracy	: $\pm 0.3\%$ based on F.S or 3°C max
Input temperatur	: K(-100 to 1300°C), J(0 to 800°C)
Ambient temperatur	: -10 to 50°C (at non-freezing status)
Storage temperatur	: -20 to 60°C
Ambient humidity	: 35 to 85% RH

3.2.19 Main Contact Breaker (MCB)

Main contact breaker (MCB) pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan pada *heater* sebagai pemutus aliran listrik bila terjadi kelebihan beban listrik agar tidak terjadi kerusakan pada alat elektronik. Bentuk *Main Contact Breaker* dapat dilihat pada Gambar 3.24 berikut.



Gambar 3.24 Main Contact Breaker (MCB)

Main contact breaker (MCB) pada alat uji ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan : SCHNEIDER ELECTRIC
 Model : 11341SNI
 Voltase operation : 230/400 V 50 Hz

3.2.20 Dimmer

Dimmer pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan pada *heater* sebagai pengatur *Voltage* dan *current* secara manual. Dengan adanya *dimmer* dapat menset *Voltage* sesuai dengan kebutuhan yang dipakai alat elektronik tersebut. Bentuk dimmer dapat dilihat pada Gambar 3.25 berikut.



Universitas Indonesia

Gambar 3.25 Dimmer

Dimmer pada alat uji ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan : CLIPSAL
 Model : E30 system C-Classic series
 Voltage : 250 V AC
 Load : hanya untuk lampu pijar
 Dimension : 87mm X 87mm

3.2.21 Terminal

Terminal pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan pada *heater* untuk menstabilkan listrik dan dapat mengubah arus DC menjadi AC. Bentuk terminal dapat dilihat pada Gambar 3.26 berikut.



Gambar 3.26 Terminal

Terminal pada alat uji ini memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan : FOTEK
 Model : solid state module SSR-10 DA
 Voltage range : input 3-32VDC dan ouput 24-380VAC
 Current : 10 A

3.2.22 Data Akusisi (DAQ)

Data akusisi digunakan untuk menerima sinyal atau *analog output* dari alat ukur, yaitu *pressure transmitter* dan termokopel serta kendali terhadap *solenoid valve* dan *coriolis flow meter*. Data *analog* yang diterima data akusisi dari alat ukur diubah menjadi data digital, sehingga mampu dibaca dan disimpan komputer.

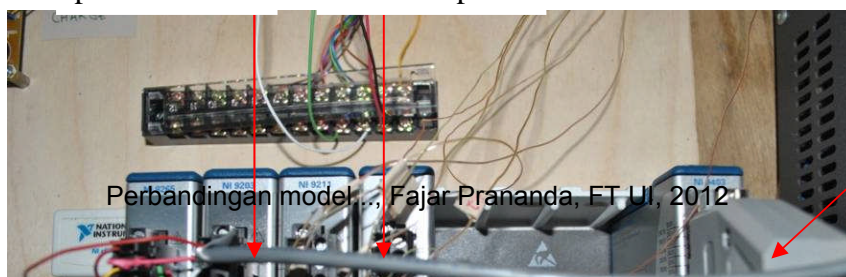
Data akusisi terdiri dari dua bagian yaitu *analog input module* dan *converter*. *Analog input module* merupakan alat yang menangkap sinyal dari alat ukur, sedangkan *converter* merupakan alat yang merima, mengubah sinyal dan menguatkan keluaran *analog input module* agar dapat diterima komputer melalui *communication port*. Pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana terdapat empat data akusisi, yaitu data akusisi untuk menerima keluaran termokopel, *pressure transmitter*, *solenoid valve* serta *coriolis flow meter* berupa mA. Perbedaan keluaran sinyal alat ukur tersebut mengakibatkan harus digunakan empat data akusisi.

Data akusisi yang digunakan pada alat uji memiliki spesifikasi, sebagai berikut:

Pabrikan	: National Instrument
Tipe	: NI cDAQ 9174
Komponen	: modul NI9221, modul NI9203, modul NI9265, modul NI9403 dan slot kaki modul
Input accepted	: termokopel: J,K,T,E,R,S dan B current: ± 20 mA, 4-20 mA
Jumlah channel	: 8
Accuracy	: $\pm 0,1\%$
Supply voltage	: 9-30 V dan 15 W max

Bentuk DAQ dapat dilihat pada Gambar 3.27 berikut.

Input pressure	Input termocouple
-------------------	----------------------



Indonesia

Input solenoid
valve

Gambar 3.27 Data Akuisisi (DAQ)

3.2.23 Power Supply

Power supply digunakan untuk memberikan *supply* tegangan pada instrumen dan alat ukur serta pada *solenoid valve*. Pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana, *supply* tegangan diperlukan untuk memberikan tegangan untuk data akuisisi, *solenoid valve* dan *pressure transmitter*. Besar tegangan *supply* untuk kedua komponen tersebut tidak boleh melebihi tegangan maksimal komponen.

Power supply yang digunakan pada alat uji memiliki spesifikasi, sebagai berikut :

Pabrikan	: Farnell
Tipe	: D30 2T
Jenis	: <i>Digital dual output power supply</i>
Output	: arus (A) dan tegangan (V)

Bentuk *Power supply* dengan tipe D30 2T dapat dilihat pada Gambar 3.28 berikut.



Universitas Indonesia

Gambar 3.28 Power Supply tipe D30 2T

Sedangkan *Power supply* dengan tipe GZT-H300S24 dapat dilihat pada Gambar 3.29 berikut.



Gambar 3.29 Power Supply tipe GZT-H300S24

Spesifikasi *Power supply* dengan tipe GZT-H300S2 adalah sebagai berikut :

Tipe	: GZT-H300S24
Jenis	: AC-DC
Input	: 176V-264V/3.8A max 50/60 Hz
Output	: +24.0V===12.5A

3.2.24 Komputer

Komputer pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan sebagai alat penerima sinyal dari data akusisi dan penyimpan data pengujian dan terinstal perangkat lunak konversi tegangan (Lab View 6.5).

Secara umum komputer yang digunakan pada alat uji memiliki spesifikasi, sebagai berikut :

Universitas Indonesia

Processor	: Intel (R) Celeron (R) 4 - 2,8 GHz
Memory	: 480 GB of RAM
OS	: Microsoft XP service pack 2
Perangkat lunak	: National Instrument, Lab View 6.5

3.2.25 Heater

Heater pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana ini digunakan sebagai alat pemanas *measuring cell* (bejana bertekanan) saat akan melakukan proses *degassing* sehingga substansi yang masih tersisa di dalam karbon aktif dapat dilepas. Pemanasan dilakukan dengan menjaga temperatur konstan sehingga digunakan temperatur *controller*. Bentuk *Heater* dapat dilihat pada Gambar 3.30 berikut.



Gambar 3.30 Heater

Berikut adalah spesifikasi untuk *heater* :

Jumlah	: 3 buah
Daya	: 500 W
Voltase	: 220 V

3.2.26 Karbon Aktif Komersial

Karbon aktif komersial yang digunakan pada penelitian ini berbentuk granul dengan diameter 1-2 mm yang diproduksi oleh Carbotech. Berikut ini pada Tabel 3.1 merupakan tabel *properties data* karbon aktif komersial yang digunakan.

Tabel 3.1 Data properties karbon aktif komersial

<i>Bulk density</i>	kg/m ³	450 ± 30
<i>Moisture (as packed)</i>	wt-%	< 2,0
<i>Surface area (BET)</i>	m ² /g	1050 ± 50
<i>Ash content</i>	wt-%	< 8,0
<i>Iodine number</i>	mgJ ₂ /g	> 1000
<i>Pore volume</i>	Cc/g	0.514
<i>Lower confidence</i>	Å	3.070
<i>Fitting error</i>	%	0.254
<i>Half pore width (mode)</i>	Å	3.070

Sedangkan bentuk *activated carbon* dapat dilihat pada Gambar 3.31 berikut.

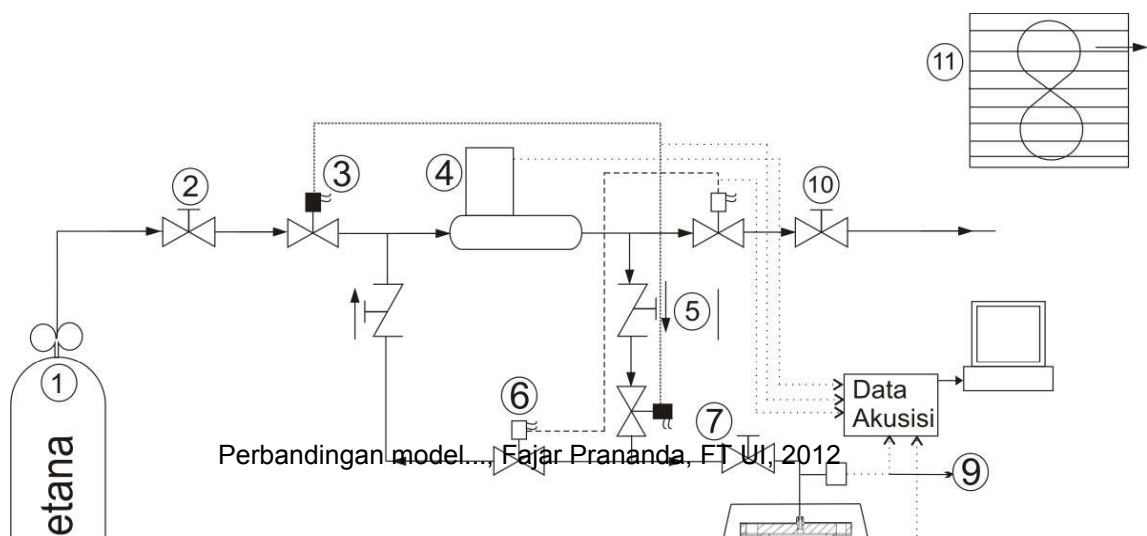


ersitas Indonesia

Gambar 3.31 Activated Carbon (carbotech)

3.3 Skematik Instalasi Alat Uji Adsorpsi-Desorpsi Metana

Dari bagian-bagian alat uji di atas diinstalasi menjadi satu sistem, bagian-bagian alat uji yang telah ada dimodifikasi di beberapa tempat diantaranya modifikasi termokopel dengan *tubing* berselubung serta desain dan pembuatan sistem kontrol temperatur ruang pengujian. Skematik penginstalasian alat uji adsorpsi-desorpsi metana ini berdasarkan dari referensi jurnal akan tetapi ada perbedaannya yaitu dari segi komponen yang digunakan karena hal tersebut disesuaikan terhadap kondisi lingkungan laboratorium dan tujuan utama dari penelitian. Walaupun ada sedikit perbedaan pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana ini, akan tetapi prosedur penelitian tersebut sama dengan prosedur yang dilakukan berdasarkan dari referensi jurnal. Berikut ini pada Gambar 3.32 dan Gambar 3.33 adalah skematik dan gambar instalasi alat uji adsorpsi-desorpsi metana yang bertempat di Laboratorium Pendingin dan Tata udara Lantai 3 Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sebagai berikut.



Gambar 3.32 Skematik Sistem Adsorpsi dan Desorpsi

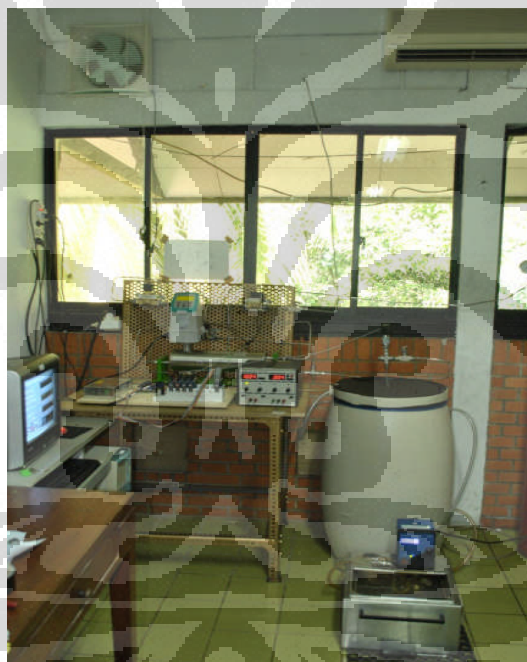
Keterangan :

1. Penyimpanan gas metana
2. Katup untuk kontrol aliran
3. *Solenoid valve* untuk pengisian (adsorpsi)
4. *Coriolis Mass flowmeter* (CMF)
5. *Check valve*
6. *Solenoid valve* untuk pembuangan (desorpsi)
7. Katup Tabung
8. Sensor temperatur (termokopel)
9. Sensor tekanan (*Pressure Transmitter*)
10. *Ball valve*, untuk katup buka dan tutup
11. *Exhaust fan*

Dari skematik diatas dapat dijelaskan secara umum bahwa jalur pipa *inlet* yang melewati *coriolis flow meter* maka aliran massa yang lewat akan terbaca baik di layar komputer maupun layar digital *coriolis flow meter* dan juga untuk jalur pipa *outlet* dari bejana akan melewati *coriolis flow meter* sehingga aliran massa yang lewat dapat diketahui. *Coriolis flow meter* yang digunakan hanya satu

Universitas Indonesia

buah dan juga memiliki satu aliran input dan satu aliran output sehingga tidak terjadi kebalikan arah aliran massa yang melewati *coriolis flow meter*. Selain itu digunakan *check valve* yang berfungsi agar aliran gas tidak berbalik arah. Data akuisisi yang digunakan adalah National Instrument, yang berfungsi untuk membaca sensor tekanan dari *pressure transmitter*, temperatur dari termokopel yang dimodifikasi bentuknya dan laju aliran massa dari *coriolis flow meter* (CFM) serta sebagai kendali dari proses buka-tutup dari *solenoid valve*. Kemudian ada Exhaust fan yang berfungsi untuk membantu proses keluar hingga dipastikan gas metana yang terbawa oleh udara tersebut dibuang keluar dari *outlet*.



Gambar 3.33 Instalasi Alat Uji Adsorpsi-Desorpsi Metana

Pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan teknik instrumentasi pada alat ukur yang dilakukan untuk mengukur tekanan dan temperatur serta kendali buka-tutup *solenoid valve*. Instrumentasi dapat diartikan sebagai alat atau piranti(devive) yang dipakai dalam pengukuran dan pengendalian suatu sistem. Secara umum instrumentasi mempunyai 3 fungsi utama:

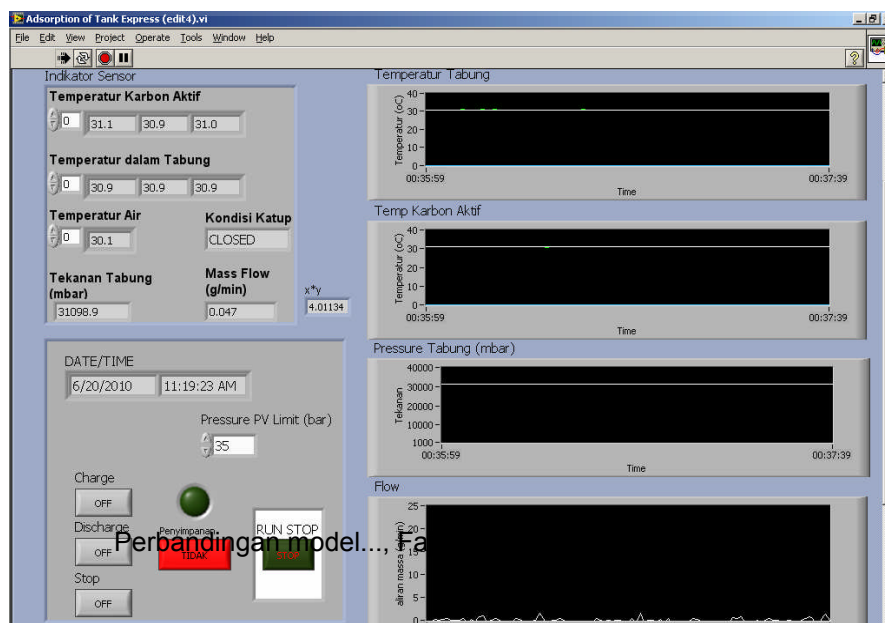
- a. sebagai alat ukur

Universitas Indonesia

- b. sebagai alat analisa data
- c. alat kendali

Pada perancangan alat uji adsorpsi-desorpsi metana, teknik instrumentasi digunakan sebagai alat ukur, sebagai alat analisa data, dan juga sebagai alat kendali. Oleh karena itu, teknik instrumentasi digunakan karena pengambilan data tekanan, mass flow dan temperatur dilakukan per detik yang tidak mungkin dilakukan secara manual, analisis yang dilakukan berdasarkan perubahan tekanan dan temperatur per detik, dan juga komponen *solenoid valve* yang dikendalikan dengan alat instrumentasi.

Pengukuran menggunakan *pressure transmitter*, *coriolis flow meter* dan termokopel serta kendali *solenoid valve* memerlukan perangkat lunak (*software*) untuk membaca, mengendalikan dan menyimpan hasil pengukuran. Perangkat lunak ini mudah untuk dibuat dan dioperasikan (*user friendly*), hal ini memungkinkan orang dapat menggunakannya. Pada alat uji adsorpsi-desorpsi metana digunakan perangkat lunak *labview 8.5* sebagai pembaca, kendali dan penyimpanan data hasil pengujian. Program pembacaan dan penyimpanan menggunakan perangkat lunak *labview 8.5* mudah dibuat dan dioperasikan. Adapun program pembacaan, kontrol dan penyimpanan data hasil pengujian alat uji adsorpsi-desorpsi metana menggunakan *labview 8.5*, bentuk program *labview 8.5* dapat dilihat pada Gambar 3.34 berikut:



Gambar 3.34 Program *labview* 8.5

3.4 Preparasi Sampel

3.4.1 Dry Sorbent

Adsorben adalah zat atau material yang mempunyai kemampuan untuk mengikat dan mempertahankan cairan atau gas didalamnya dan adsorbat adalah substansi dalam bentuk cair atau gas yang terkonsentrasi pada permukaan adsorben (Suryawan, 2004). Dibutuhkan proses pembuatan dry sorbent berarti mengeringkan adsorben, yaitu karbon aktif yang akan digunakan untuk menghilangkan substansi tersebut dalam hal ini yaitu uap air serta mengetahui berat adsorben yang akan digunakan dalam penelitian.

Berikut metode yang digunakan untuk dalam proses dry sorbent:

- Timbang karbon aktif yang akan dipanaskan dengan timbangan dengan tingkat kepresisian tinggi untuk mendapatkan berat awal sampel. Timbangan yang digunakan adalah timbangan dengan merk AND tipe FX 4000 dengan ketelitian 0.01 dan maksimum beban 4100. Gambar timbangan dapat dilihat pada Gambar 3.35 sebagai berikut:



Universitas Indonesia

Gambar 3.35 Timbangan AND FX 4000

- Gunakan heater dan temperatur controller untuk memanaskannya agar temperatur dapat terjaga konstan, yaitu sekitar 200°C, selama dua jam. Lamanya pemanasan tergantung dari tempat yang digunakan dan massa dari karbon aktif.
- Selama pemanasan dilakukan pengadukan secara perlahan agar panas merata ke seluruh karbon aktif dan mempercepat pemanasan.
- Diharapkan temperatur di permukaan karbon aktif berkisar antara 95 – 100 °C, karena air yang terkandung sudah menguap.
- Segera timbang kembali massa karbon aktif yang telah dipanaskan
- Terjadi pengurangan dari massa awal, dan massa akhirnya yang digunakan untuk penelitian.

Karbon aktif yang telah dipanaskan dimasukkan ke dalam pressure vessel. Setiap pemanasan yang dilakukan massa awal karbon aktif. Proses *dry sorbent* dan *control panel* untuk menjaga temperatur dapat dilihat pada Gambar 3.36 berikut.



Universitas Indonesia

Gambar 3.36 Proses dry sorbent dan control panel untuk menjaga temperatur

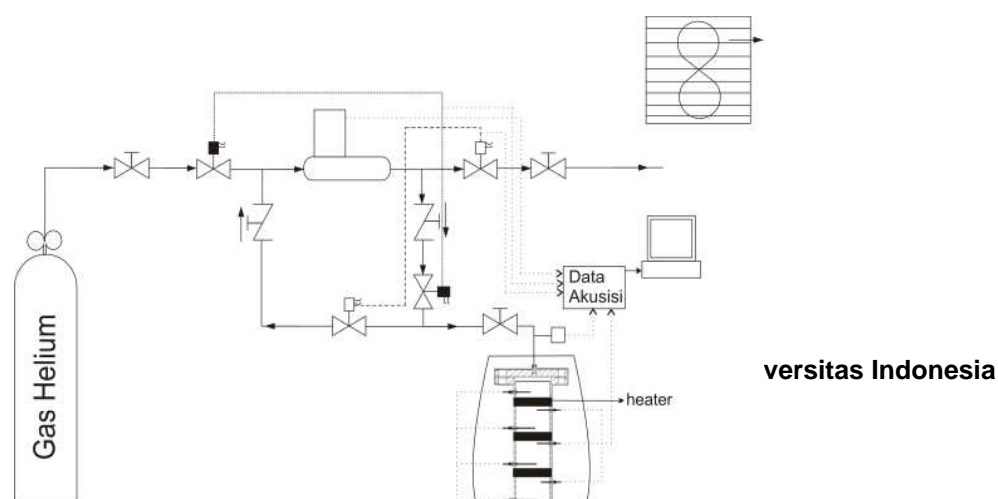
3.4.2 Proses Degassing

Proses degassing adalah suatu proses pengeluaran zat kotor atau zat yang tidak diinginkan sehingga tidak ada zat yang tersimpan didalam karbon aktif (Saha, Bidyut Baran et al, 2006).

Tahapan proses degassing:

1. Panaskan tabung dengan menggunakan heater dengan temperatur sekitar 100°C selama 1 jam
2. Vakumkan tabung dengan menggunakan pompa vakum selama 1 jam.
3. Setelah itu isi tabung menggunakan gas Helium sebanyak 6-7 bar selama 1-1,5 jam. Gas Helium tersebut berfungsi sebagai pengangkut zat kotor yang tidak diinginkan yang berada didalam dan disekitar rongga-rongga karbon aktif.
4. Lalu vacuum kembali tabung dengan menggunakan pompa vacuum selama 1 jam. Dalam proses pengvakuman ini semua zat pengotor yang tidak diinginkan termasuk gas Helium akan terbang ke lingkungan sehingga kondisi didalam tabung dan karbon aktif tidak ada lagi sisa-sisa zat pengotor yang tidak diinginkan.
5. Lakukan semua proses tersebut sebanyak 4 kali agar pemurnian karbon aktif dan didalam tabung tidak ada lagi sisa zat pengotor yang tidak diinginkan.

Skema proses *degassing* ini dapat dilihat pada Gambar 3.37 berikut.



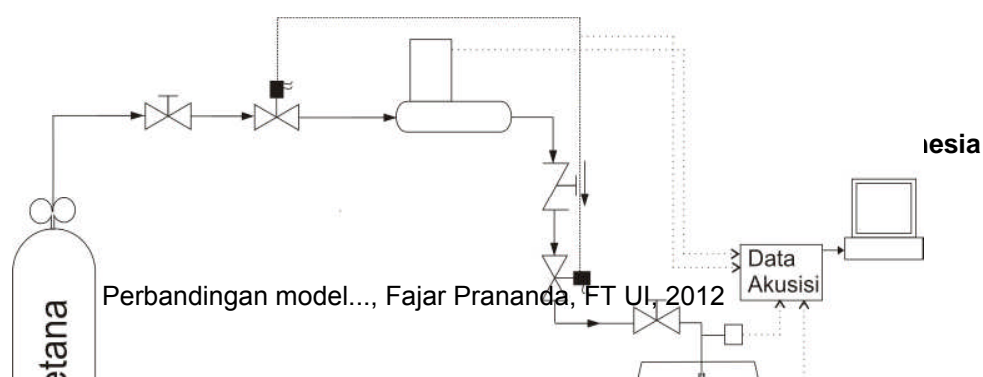
Gambar 3.37 Skematik Proses Degassing

3.5 Proses Adsorpsi

Berikut ini adalah prosedur pengujian karakteristik adsorpsi isothermal:

1. Pengujian dimulai dengan melakukan proses degassing.
2. Circulating thermal bath (CTB) dioperasikan untuk menaikkan atau menurunkan suhu pada bak berisi vessel. Operasikan CTB untuk menurunkan suhu menjadi 5°C.
3. Setelah suhu bak dan suhu di dalam vessel mencapai $\pm 5^{\circ}\text{C}$, buka keran vessel dan set gas metana di 5 bar. Lalu buka valve charge dan set flow 5 slpm. Pengambilan data untuk adsorpsi dimulai.
4. Saat tekanan di dalam vessel telah stabil di 5 bar, tutup valve charge dan set gas metana menjadi 10 bar. Lalu buka kembali valve charge sampai tekanan di vessel stabil di 10 bar.
5. Ulangi langkah di atas sampai tekanan 35 bar. Setelah tekanan stabil di 35 bar, tutup keran vessel.

Setelah proses selesai dilakukan, data tekanan, temperatur dan *flow rate* ketika pengujian akan tercatat pada komputer. Data tersebut dianalisis dengan menggunakan persamaan kesetimbangan massa. Skema proses Adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 3.38 berikut.



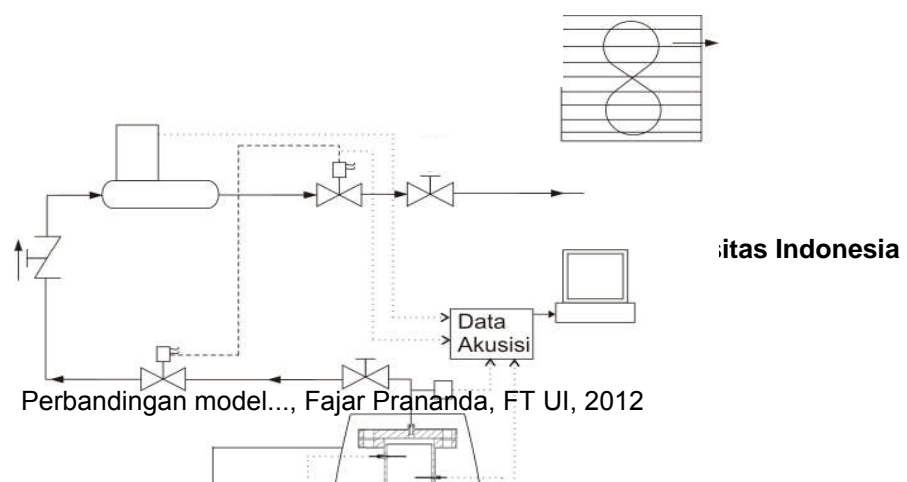
Gambar 3.38 Skematik Proses Adsorpsi

3.6 Proses Desorpsi

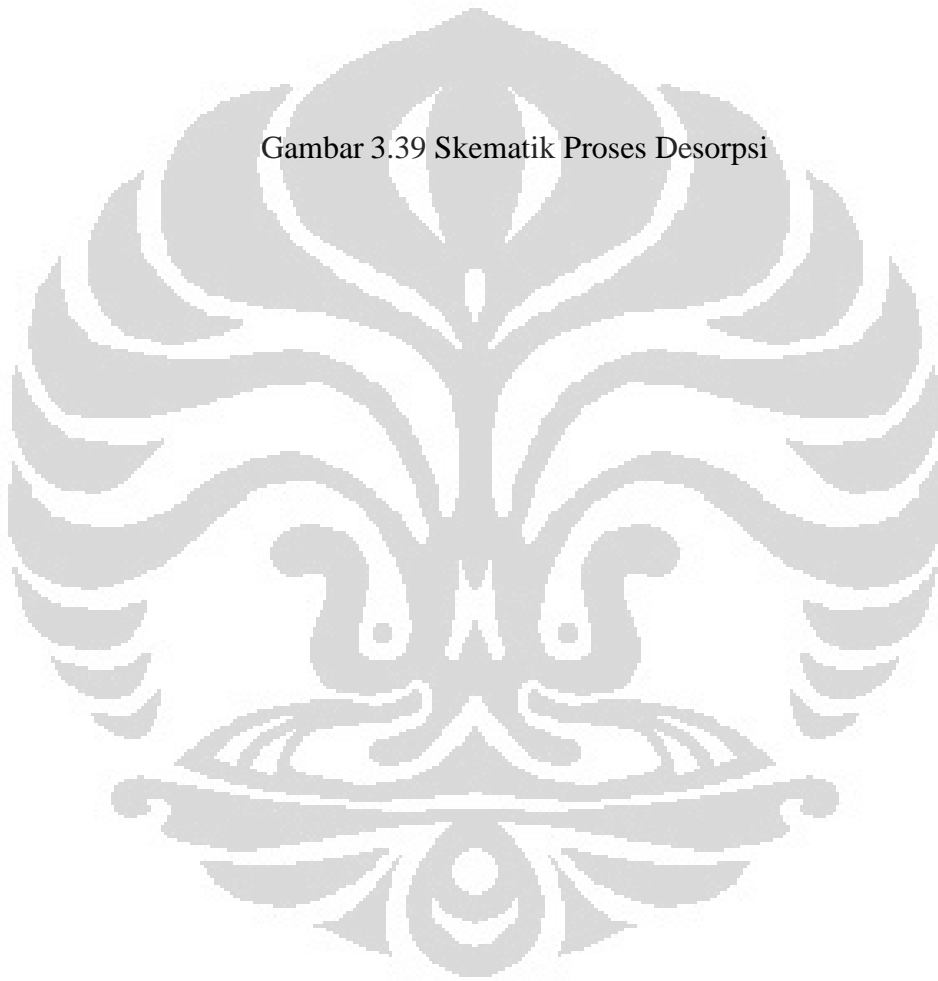
Berikut ini adalah prosedur pengujian karakteristik desorpsi isothermal:

1. Setelah proses adsorpsi selesai, dilanjutkan dengan proses desorpsi.
2. Set temperatur CTB 50°C.
3. Buka valve discharge dan needle valve dan set flow 5 slpm.
4. Pengambilan data untuk desorpsi dimulai.
5. Tunggu sampai tekanan di vessel turun dan stabil.
6. Setelah tekanan di vessel stabil (atau habis), tutup keran vessel dan valve discharge.

Proses pembuangan disertai dengan penurunan temperatur yang berarti proses endoterm dan penurunan tekanan, hingga keadaan stabil, maka proses berakhir. Skema proses *desorpsi* dapat dilihat pada Gambar 3.39 berikut.



Gambar 3.39 Skematik Proses Desorpsi



BAB 4

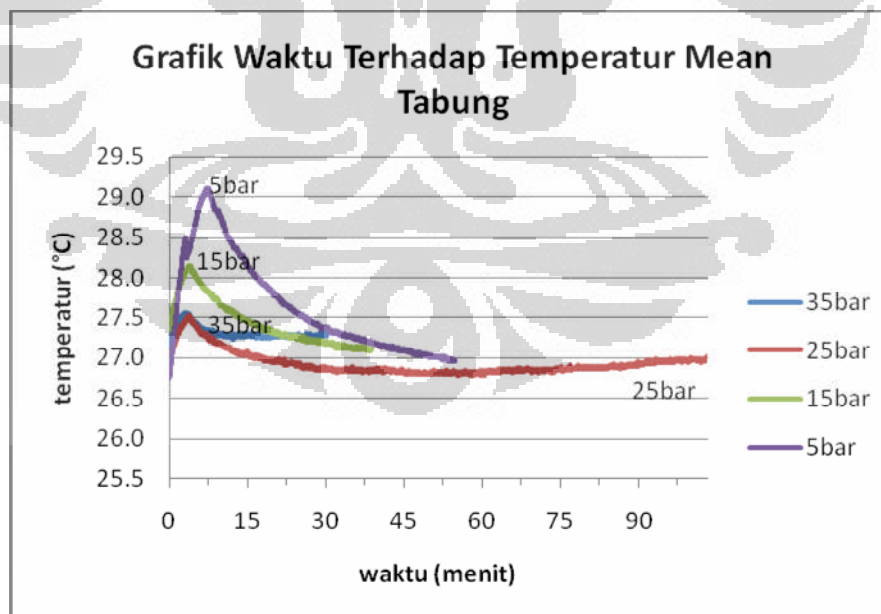
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Adsorpsi Pada Vessel Berisi 8 Tabung Dengan Temperatur Isothermal 25°C

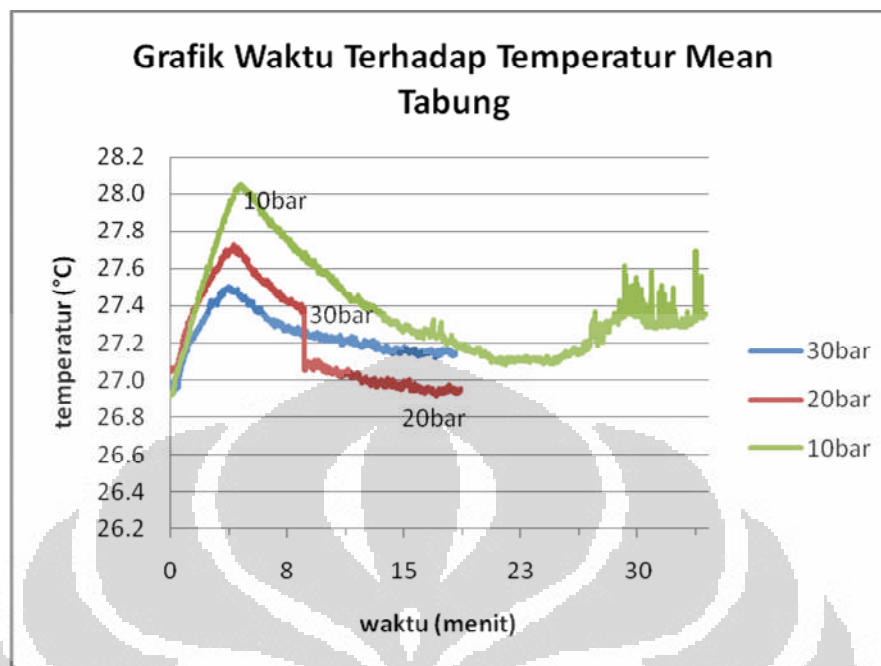
Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan karakteristik proses Adsorpsi dan Desorpsi pada suhu 25°C (adsorpsi) dan suhu 50°C (desorpsi) dengan perbedaan *design* tempat di dalam vessel. Karbon aktif diletakkan di 8 buah tabung yang menggantung di dalam vessel.

Percobaan dilakukan dengan cara mengalirkan gas metana pada *setting* tekanan dalam vessel 5 bar, 10 bar, 15 bar, 20 bar, 25 bar, 30 bar dan 35 bar.

4.1.1 Hubungan Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi



Gambar 4.1 Grafik Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu (5bar, 15bar, 25bar, 35bar)

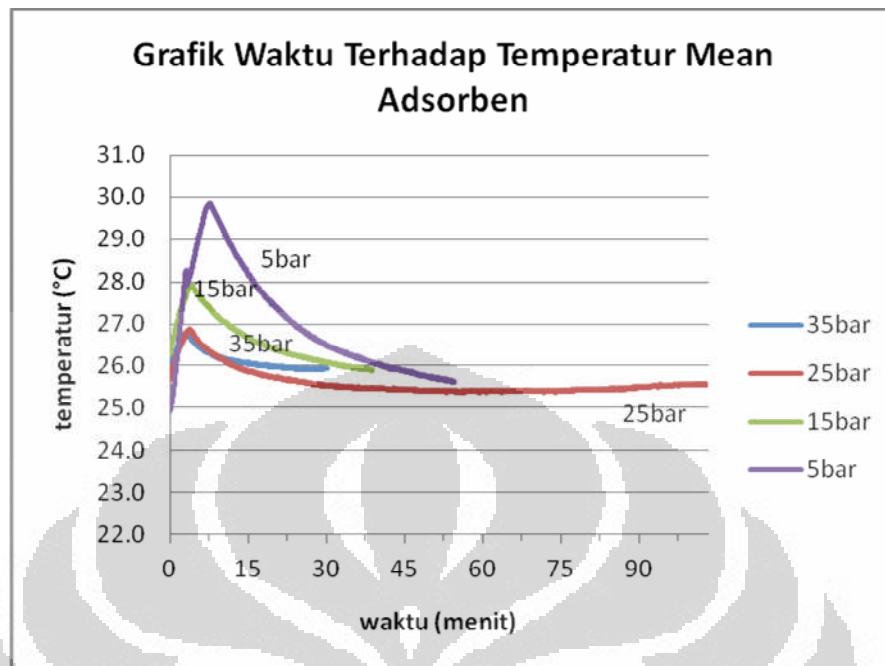


Gambar 4.2 Grafik Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu (10bar, 20bar, 30bar)

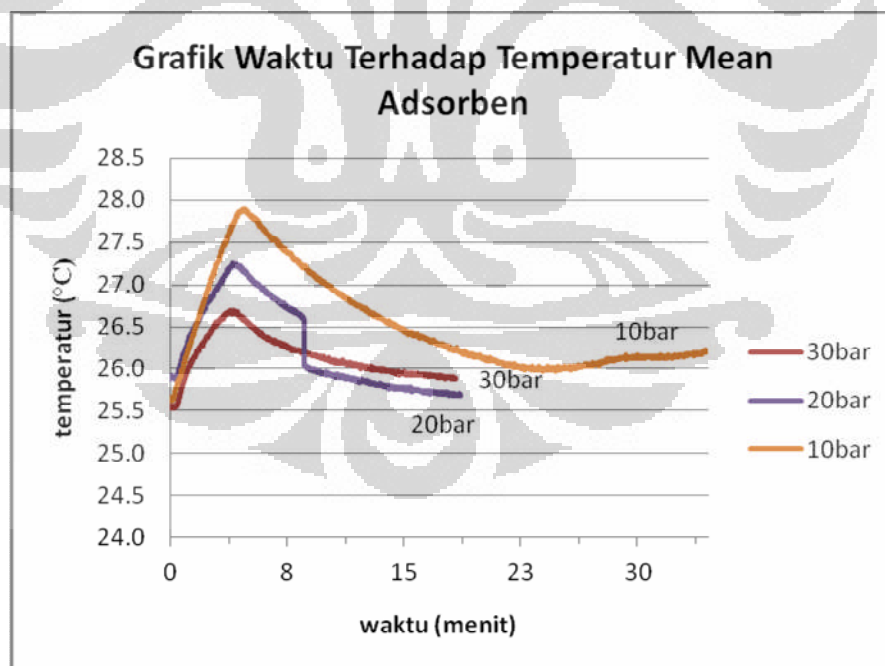
Dari grafik 4.1 dan 4.2 terlihat peningkatan suhu terbesar ketika tekanan berada di dalam vessel sebesar 5 bar. Peningkatan suhu saat tekanan dalam vessel sebesar 10-35 bar relatif sama, dengan suhu paling rendah ketika tekanan dalam vessel sebesar 35 bar.

4.1.2 Hubungan Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi

Grafik hubungan temperature mean adsorben terhadap waktu dapat dilihat pada 4.3 dan 4.4 berikut.



Gambar 4.3 Grafik Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu (5bar, 15bar, 25bar, 35bar)



Gambar 4.4 Grafik Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu (10bar, 20bar, 30bar)

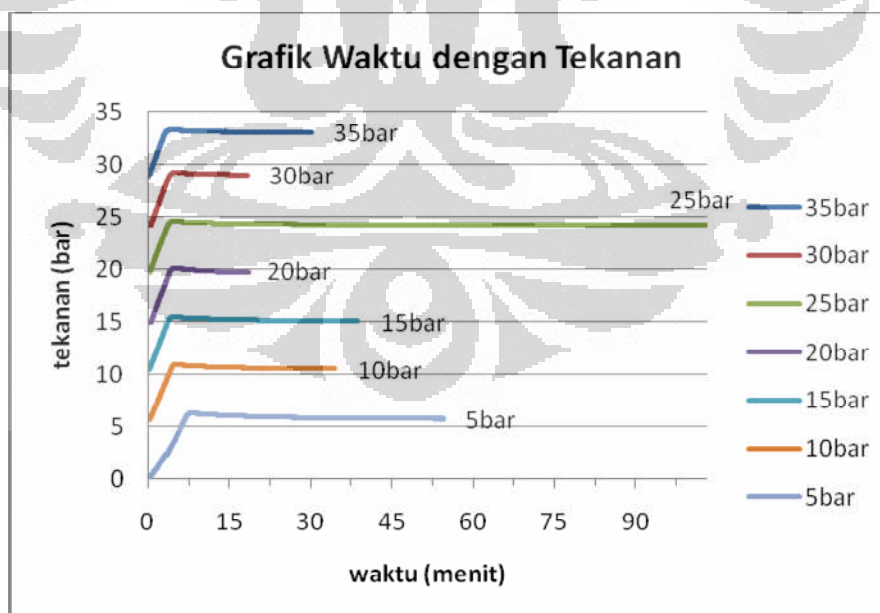
Temperatur mean adsorben dan mean tabung mengalami kenaikan sesaat (ketika adsorpsi) karena pengaruh tekanan yang diberikan ke dalam tabung, namun kemudian kembali stabil.

Perubahan temperature di adsorben membuktikan adanya proses adsorpsi dan desorpsi. Ketika adsorpsi disertai dengan pengeluaran kalor atau eksoterm, sedangkan ketika desorpsi disertai dengan pengambilan kalor dilingkungan atau endoterm.

Pada grafik mean adsorben terhadap waktu memiliki kemiripan dengan grafik temperatur mean tabung terhadap waktu. Grafik mean adsorben terhadap waktu hanya memiliki perbedaan pada besarnya suhu thermokopel di vessel saat tekanan di dalam vessel sebesar 5 bar, suhu yang dihasilkan sempat mencapai 14°C, lebih tinggi dari temperatur mean tabung. Hal ini terjadi karena ketika adsorpsi berlangsung disertai dengan pengeluaran kalor atau eksoterm.

4.1.3 Hubungan Tekanan Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi

Grafik hubungan tekanan terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Grafik Tekanan Terhadap Waktu

Pada grafik tekanan terhadap waktu menunjukkan perubahan tekanan selama proses adsorpsi dan desorpsi. Tekanan maksimum yang dapat diberikan oleh system yaitu mencapai 35 bar. Pressure regulator yang digunakan tidak mencukupi hingga tekanan 40 bar, walaupun batas maksimum pressure regulator yaitu 40 bar.

Proses adsorpsi terjadi ketika gas metana mulai masuk kedalam bejana bertekanan, maka tekanan naik hingga 35 bar. Jika diperhatikan terjadi penurunan tekanan dan kemudian naik kembali, hingga pada waktu tertentu tekanan tetap menurun dan kemudian stabil.

Pada awal pemberian tekanan (adsorpsi) massa yang dimasukkan ke dalam tabung paling banyak dibandingkan dengan yang lain. Untuk 1 jam pertama, tabung penyimpanan masih membutuhkan banyak masukan gas, lambat laun hanya 1 kali masukan untuk menjaganya tetap stabil. Hal ini menandakan bahwa untuk pertama kali adsorben yang masih kosong masih mampu untuk menyerap, kemudian stabil yang menandakan berakhirnya proses adsorpsi.

Pada grafik tekanan terhadap waktu ada kecendrungan tekanan naik turun, kecendrungan naik karena pada proses bukaan pada needle valve yang manual sehingga tidak tepat pada tekanan 30 bar. Sedangkan kecendrungan turun dikarenakan terjadi proses adsorpsi pada adsorben, bila tekanan konstan 30 bar menandakan proses adsorpsi berakhir.

4.1.4 Penyerapan (vessel berisi 8 tabung)

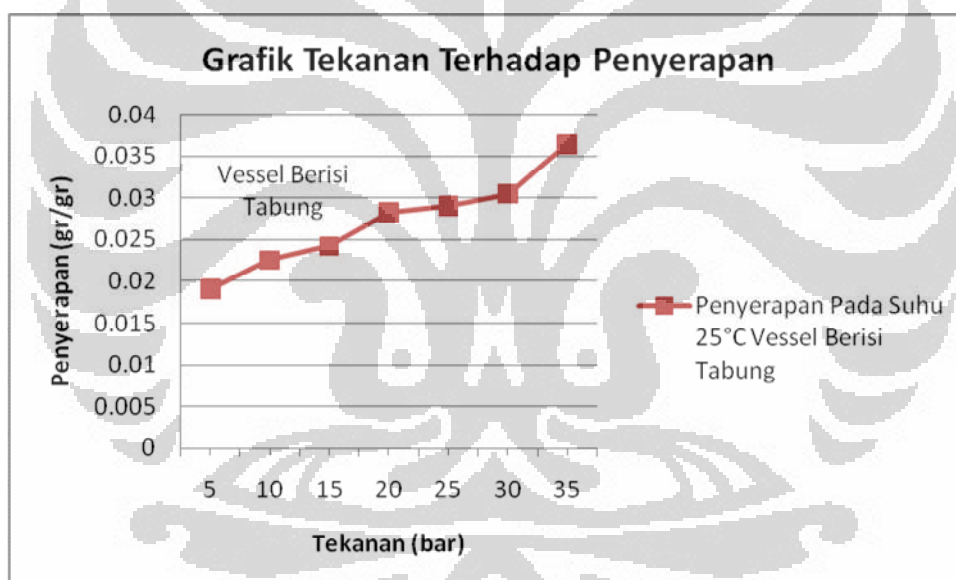
Penyerapan atau kapasitas penyerapan gas metana oleh adsorben (dalam penelitian ini adalah karbon aktif). Besar kapasitas tersimpan dapat dilihat seperti perhitungan di bawah ini:

$$V_{\text{void}} = 2273,296149 \text{ cm}^3$$

Massa adsorben (karbon aktif) = 421,6 gr

Tabel 4.1 Adsorpsi pada Temperatur air 25 °C (pada Vessel berisi 8 tabung

No	P (Mbar)	m_{ads} (gr)	Penyerapan(gr/gr)
1	0,5292	8,05	0,019093928
2	0,1065	9,504	0,022542694
3	1,4951	10,217	0,024233871
4	1,9815	11,914	0,028259013
5	2,4472	12,222	0,028989564
6	2,9369	12,848	0,030474383
7	3,4227	15,336	0,036375712



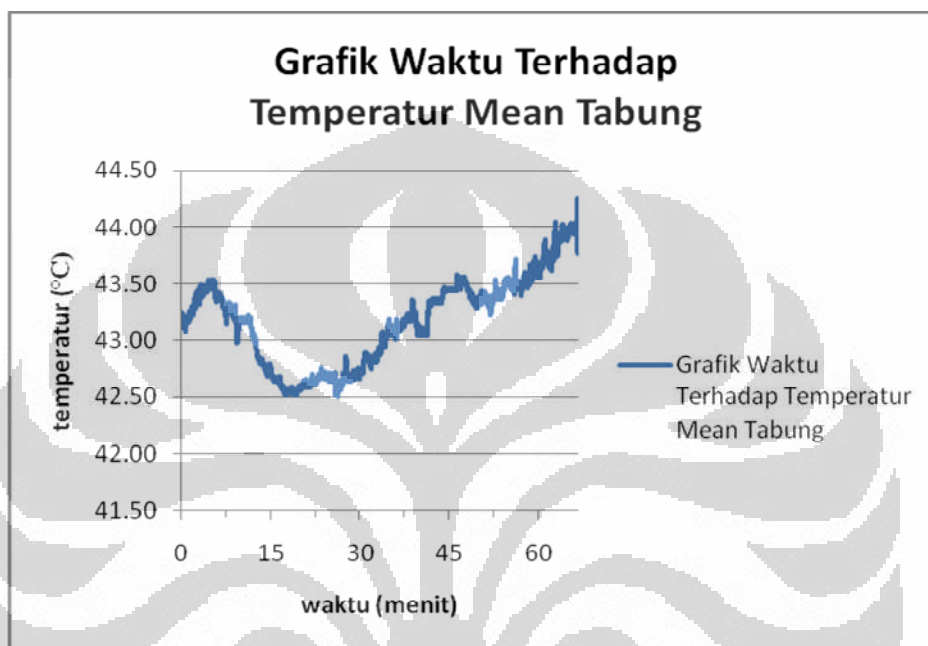
Gambar 4.6 Grafik Tekanan terhadap Penyerapan

4.2 Desorpsi Pada Vessel Berisi 8 Tabung Dengan Temperatur Isothermal 50°C

Karakteristik yang terjadi saat proses desorpsi pada vessel berisi 8 tabung dengan temperatur isothermal 50°C adalah sebagai berikut :

4.2.1 Hubungan Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi

Grafik hubungan temperature mean tabung terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



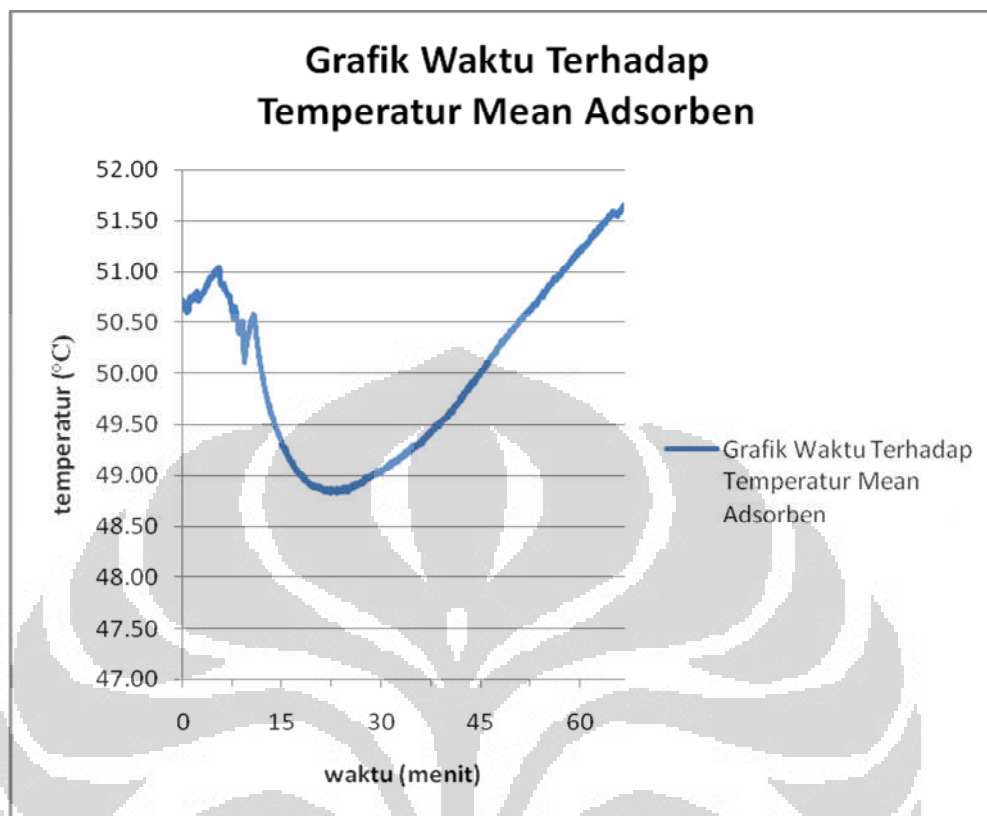
Gambar 4.5 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Tabung

Hampir sama seperti grafik sebelumnya, hanya saja temperatur rata-rata di thermokopel ini menunjukkan temperatur masih di bawah suhu saat desorpsi, yaitu 50°C. Hal ini dapat menyebabkan keadaan isothermal menjadi lebih lama.

Temperatur di desorpsi mengalami penurunan secara drastis karena tekanan mengalami penurunan dan akan kembali sesuai dengan temperature isothermalnya karena proses desorpsi berakhir.

4.2.2 Hubungan Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi

Grafik hubungan temperature mean adsorben terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.

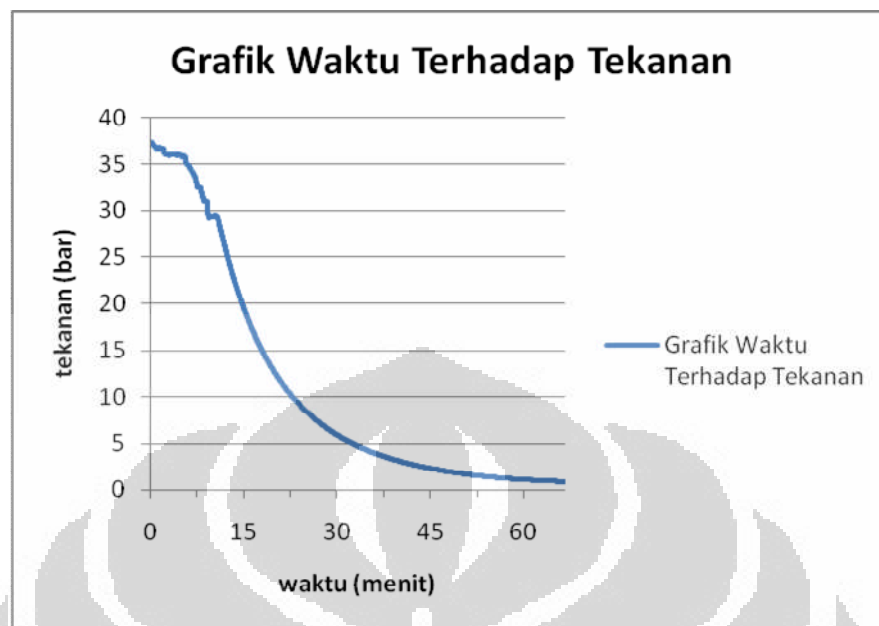


Gambar 4.6 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Adsorben

Dari grafik waktu terhadap temperatur mean adsorben terlihat perubahan temperatur yang terjadi setelah metana mulai dimasukkan ke dalam vessel. Saat gas metana mulai dimasukkan ke dalam vessel, temperatur yang ditunjukkan oleh termokopel menurun hingga 49°C, sebelum akhirnya naik kembali hingga proses adsorpsi berakhir dan temperatur pada keadaan isothermal.

4.2.3 Hubungan Tekanan Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi

Grafik hubungan tekanan terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut :



Gambar 4.7 Grafik Waktu Terhadap Tekanan

Tekanan sebesar 35 bar yang berada di dalam vessel dikeluarkan (discharge), maka terjadilah proses desorpsi. Dari grafik waktu terhadap tekanan, dapat kita ketahui lamanya proses desorpsi atau dengan kata lain tekanan di dalam vessel stabil di 0-1 bar.

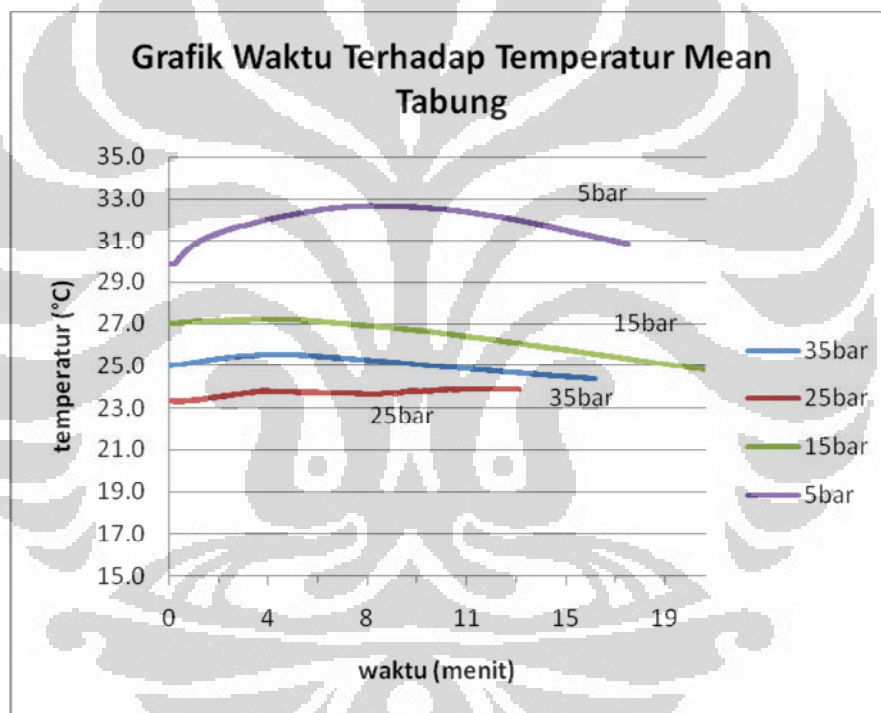
Pada grafik proses desorpsi ini, tekanan mengalami penurunan secara drastis dari tekanan konstan 35 bar, dikarenakan tekanan yang berada dalam tabung dikeluarkan hingga tekanan didalam tabung sama dengan tekanan lingkungannya sehingga hal itu menandakan proses desorpsi berakhir.

Proses desorpsi hanya melakukan pembuangan gas metana, sehingga laju aliran massa yang dibuang, cukup sekali hingga tekanan mencapai tekanan minimum atau sama seperti tekanan lingkungan.

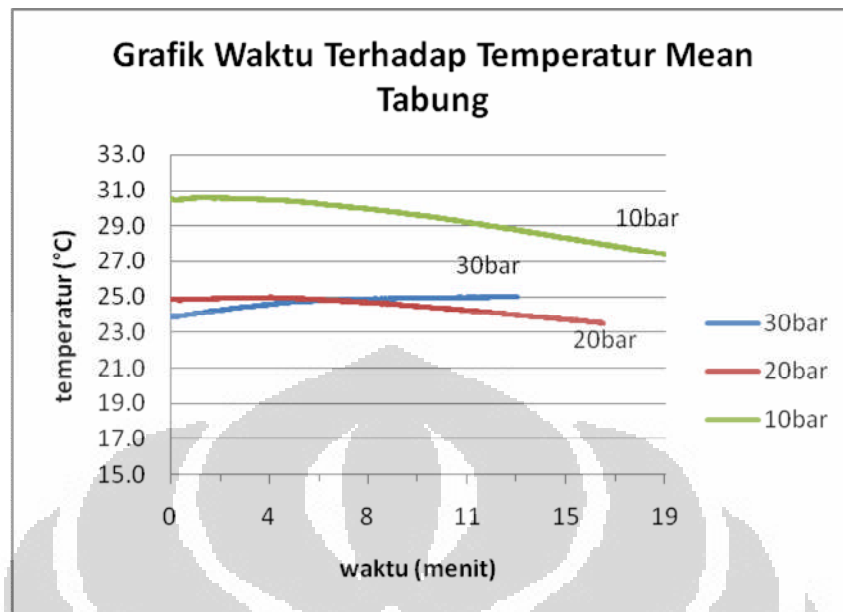
4.3 Adsorpsi Pada Vessel Tanpa Tabung Dengan Temperatur Isothermal 25°C

Karakteristik yang terjadi saat proses adsorpsi pada vessel tanpa tabung dengan temperatur isothermal 25°C adalah sebagai berikut :

4.3.1 Hubungan Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi

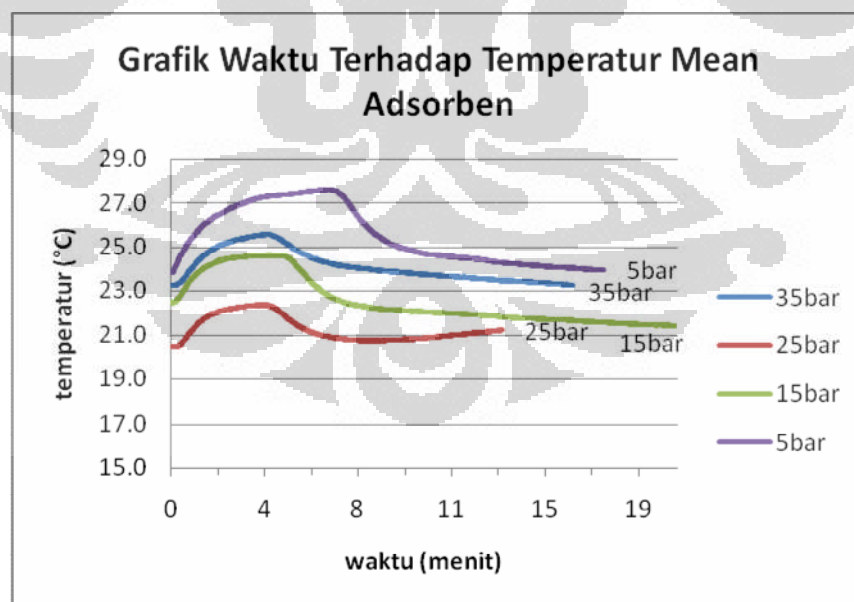


Gambar 4.8 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Tabung (35 bar,25 bar,15 bar,5 bar)

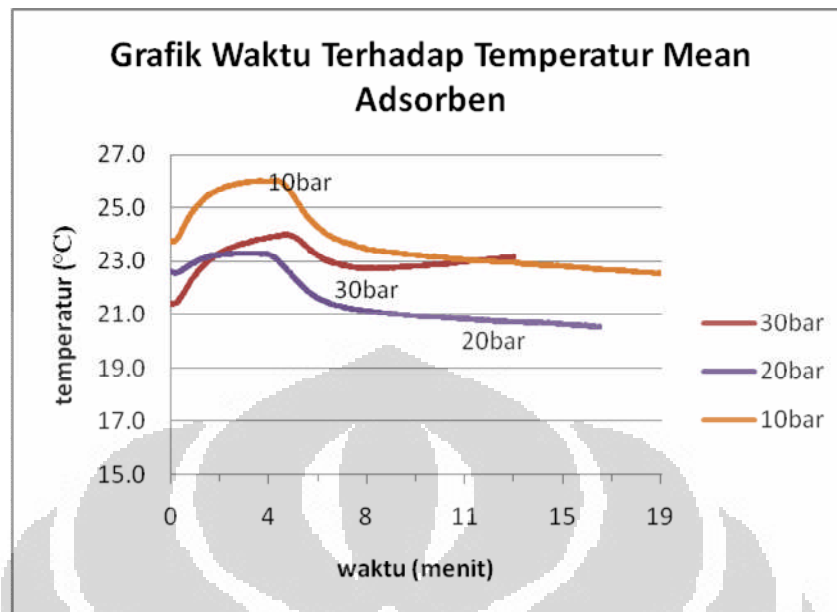


Gambar 4.9 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Tabung (10bar, 20bar, 30bar)

4.3.2 Hubungan Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi



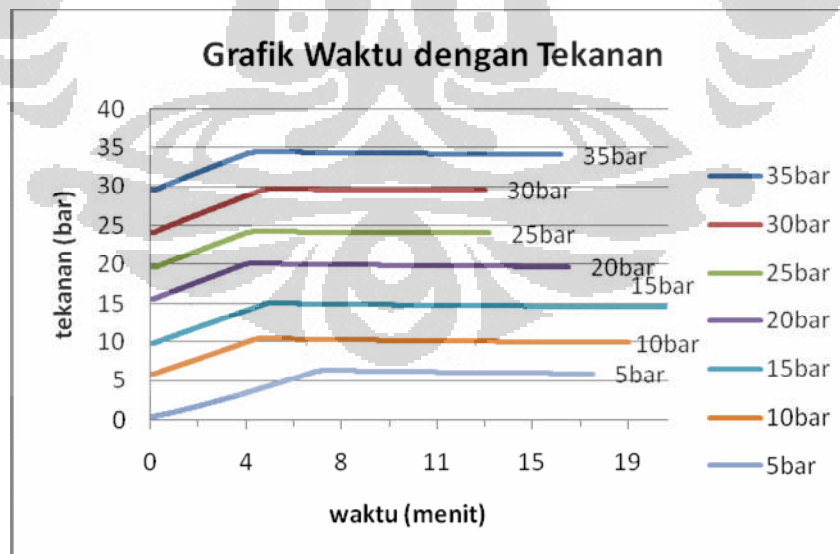
Gambar 4.10 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Adsorben (5bar, 15bar, 25bar, 35bar)



Gambar 4.11 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Adsorben (10bar, 20bar, 30bar)

4.3.3 Hubungan Tekanan Terhadap Waktu Pada Proses Adsorpsi

Grafik hubungan tekanan terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Grafik Waktu Terhadap Tekanan

Dari grafik di atas, terlihat bahwa proses masuknya metana sebelum tekanan di dalam vessel menjadi stabil, lebih lama dibandingkan dengan percobaan vessel yang memiliki tabung.

4.3.4 Penyerapan (vessel tanpa tabung)

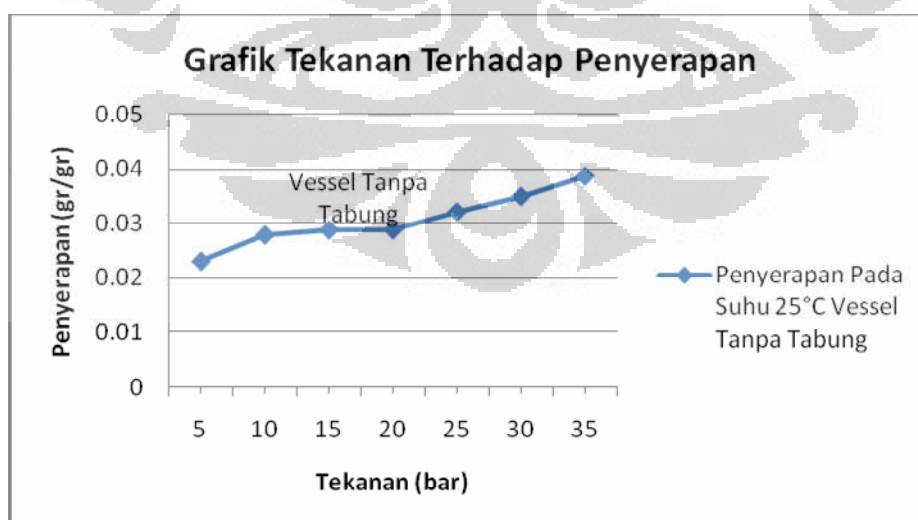
Kapasitas tersimpan atau kapasitas penyerapan gas metana oleh adsorben (dalam penelitian ini adalah karbon aktif).

$$V_{\text{void}} = 2190,924241 \text{ cm}^3$$

Massa adsorben (karbon aktif) = 421,6 gr

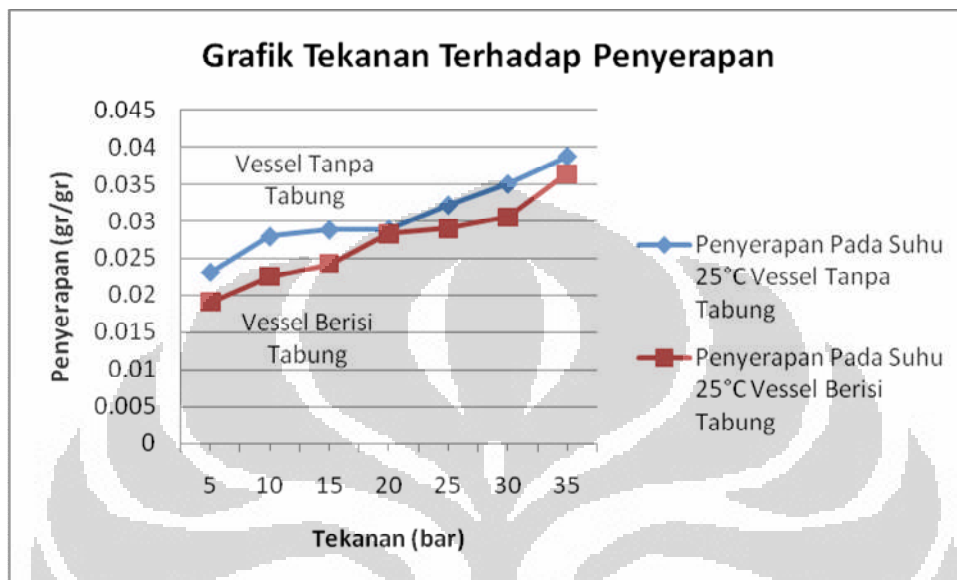
Tabel 4.3 Adsorpsi pada Temperatur air 25 °C (pada Vessel tanpa tabung)

No	P (Mbar)	mads(gr)	Penyerapan (gr/gr)
1	0,585	9,751788227	0,023130427
2	0,984	11,7572143	0,027887131
3	1,458	12,13742303	0,028788954
4	1,97	12,15451953	0,028829506
5	2,407	13,5454389	0,03212865
6	2,952	14,7535917	0,034994288
7	3,402	16,31365907	0,038694637



Gambar 4.15 Grafik Tekanan terhadap Temperatur

Perbandingan grafik Penyerapan pada vessel berisi 8 tabung dengan grafik Penyerapan pada vessel tanpa tabung



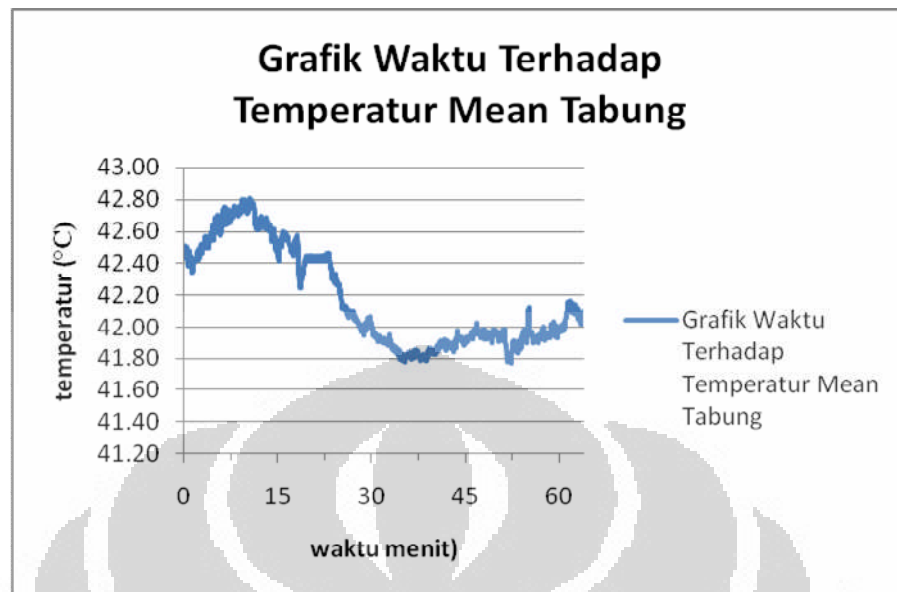
Gambar 4.16 Perbandingan Grafik Tekanan terhadap Penyerapan

4.4 Desorpsi Pada Vessel Tanpa Tabung Dengan Temperatur Isothermal 50°C

Karakteristik yang terjadi saat proses desorpsi pada vessel tanpa tabung dengan temperatur isothermal 50°C adalah sebagai berikut :

4.4.1 Hubungan Temperatur Mean Tabung Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi

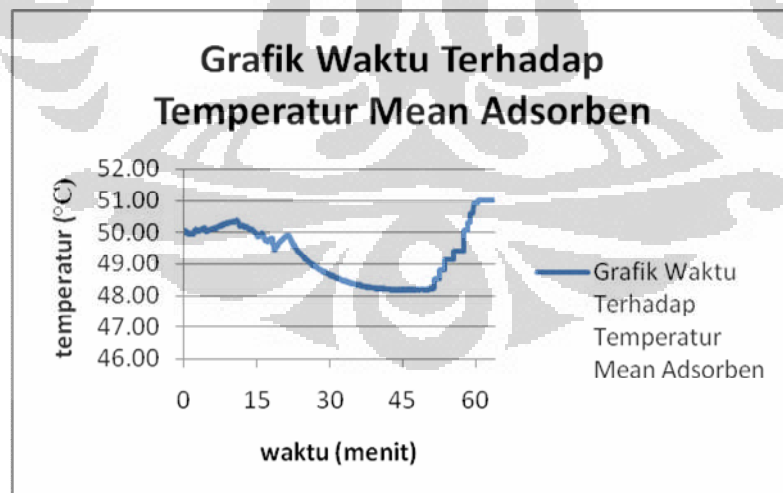
Grafik hubungan temperatur mean tabung terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.13 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Tabung

4.4.2 Hubungan Temperatur Mean Adsorben Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi

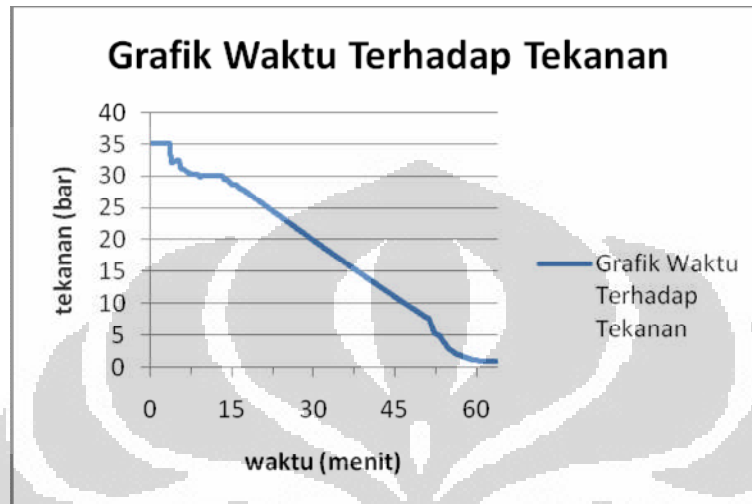
Grafik hubungan temperatur mean adsorben terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 4. berikut.



Gambar 4.18 Grafik Waktu Terhadap Temperatur Mean Adsorben

4.4.3 Hubungan Tekanan Terhadap Waktu Pada Proses Desorpsi

Grafik hubungan tekanan terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 4. berikut.



Gambar 4.19 Grafik Waktu Terhadap Tekanan

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dengan menggunakan system ANG (Adsorbed Natural Gas) dapat menurunkan tekanan gas CNG (Compressed Natural Gas) pada vessel dari 200 bar menjadi 35 – 40 bar.
2. Kenaikan suhu mean tabung dan mean adsorben dalam vessel pada awal proses adsorpsi dengan tekanan 5 bar lebih tinggi dari pada tekanan 10bar, 15 bar, 20 bar, 25 bar, 30 bar, 35 bar.
3. Volume kosong untuk vessel berisi tabung : 2,273296149 L dan volume kosong vessel tanpa tabung : 2,190924241 L.
4. Kapasitas penyerapan untuk vessel berisi tabung dan tanpa tabung meningkat jika tekanan meningkat.
5. Kapasitas penyerapan untuk vessel berisi tabung pada tekanan 35 bar : 0,036375712 gr/gr, kapasitas penyerapan untuk vessel tanpa tabung : 0,038694637 gr/gr.
6. Kapasitas penyerapan untuk vessel tanpa tabung lebih besar dari vessel berisi tabung.
7. Unjuk kerja dari sistem dapat membuktikan teori dasar dari adsorpsi dan desorpsi bahwa dengan adanya adsorpsi terjadi peristiwa eksoterm dengan naiknya temperatur karbon aktif dan peristiwa endoterm dengan menurunnya temperatur karbon aktif saat desorpsi.

5.2 Saran

1. Instrumentasi pada alat ukur yaitu termokopel harus selalu diperhatikan kabel yang disambungkan dengan DAQ karena biasanya terjadi error yang disebabkan tidak tersambung pada DAQ dengan benar dan terlepas kabel termokopel dari DAQ akibat ketidaksengajaan.
2. Pada saat pengujian dengan metana selalu menggunakan alat pendetektor metana agar dapat mengetahui komponen-komponen yang mengalami kebocoran terutama pada *tubing* dan *tube flaring*.



DAFTAR PUSTAKA

- Bahl, B.S, G.D Tuli, and A. Bahl, 1997, *Essential of Physical Chemistry*, S. Chand and Company, Ltd, New Delhi
- Belmabkhout, Y, G. D Weireld, and M. Frere, 2004, *High Pressure Adsorption Isotherms Of N₂, CH₄, O₂, and Ar On Different Carbonaceous Adsorbent*, Journal of Chemical and Engineering Data, Vol. 49, No. 5, 2004
- Dawoud, Belal, Yuri Aristov, 2008, *A new methodology of studying the dynamics of water sorption/desorption under real operating conditions of adsorption heat pumps: Experiment*, International Journal of Heat and Mass Transfer 51 (2008) 4966-4972
- Hamamoto, Y., K.C.A. Alam, B.B. Saha, S. Koyama, A. Akisawa, T. Kashiwagi, 2006, *Study on Adsorption Refrigeration Cycle Utilizing Activated Carbon Fiber. Part 1., Adsorption Characteristics*, International Journal of Refrigeration, 29(2006)305-314
- Hines, A. L and R. Madrox, 1985, *Mass Transfer Fundamental and Applications*, Prentice-Hall, New Jersey
- Keller, Jürgen U, Erich Robens, Cedric du Fresne von Hohenesche, 2002 *Thermo gravimetric and Sorption Measurement Techniques/Instruments*, Journal of Universität Siegen GH, D - 57068 Siegen, Germany
- Nasruddin, 2005, *Dynamic Modeling and Simulation of a two Bed Silica gel-Water Adsorption Chille*, Disertasi, Rheinisch - Westfälische Technische Hochschule, Aachen
- Rouquerol, Jean, François Rouquerol and Kenneth Sing, 1998, *Adsorption By Powders And Porous Solids*, Academic Press, UK
- Saha, Bidyut Baran, Ibrahim I. El-Sharkawy, Anutosh Chakraborty, Shigeru Koyama, Seong-Ho Yoon, and Kim Choon Ng, *Adsorption Rate of Ethanol on Activated Carbon Fiber J. Chem. Eng. Data* 2006, 51, 1587-1592

Suryawan, B. (2004). Disertasi. *Karakteristik Zeolit Indonesia sebagai Adsorben Uap Air*. Depok: FT UI.

Suzuki, M. (1990). *Adsorption Engineering*. Tokyo: Kodansha Ltd.

