

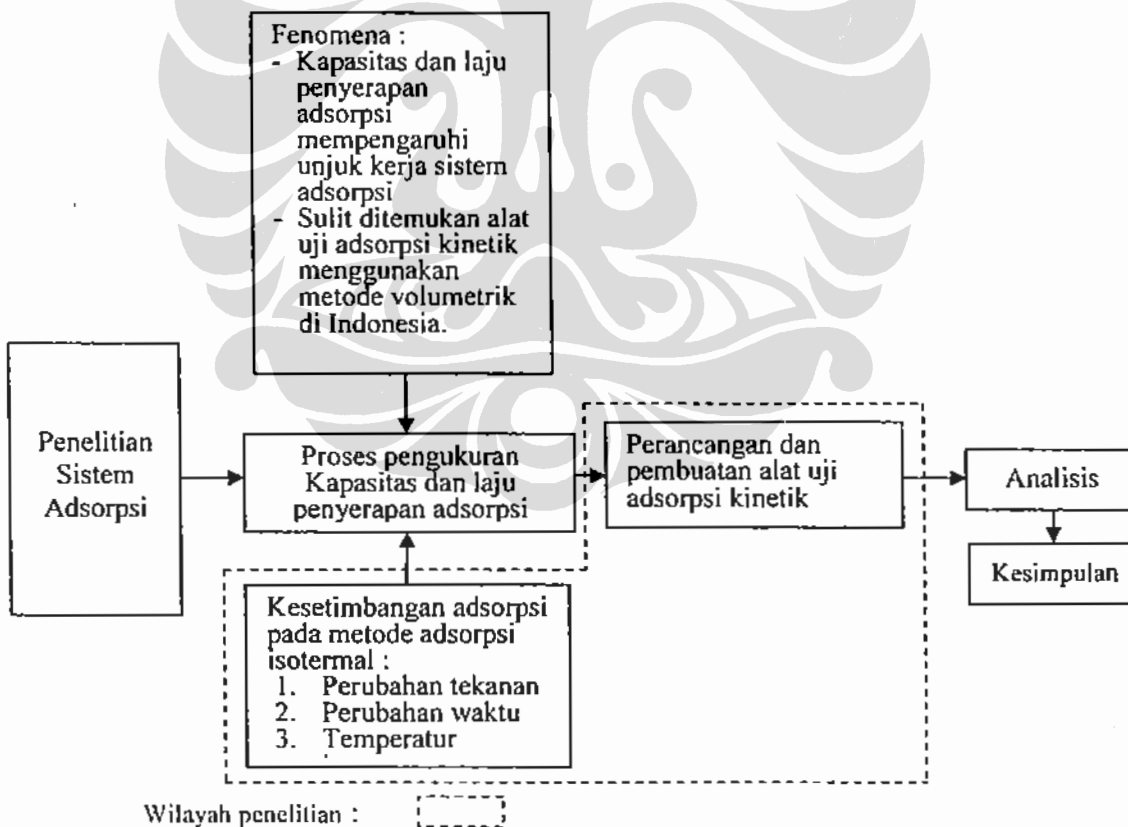
BAB III

PERANCANGAN ALAT UJI ADSORPSI KINETIK

Pada bab ini dibahas alur perancangan, rancangan alat uji adsorpsi kinetik, instrumentasi automasi dan kalibrasi alat ukur, serta prosedur pengujian.

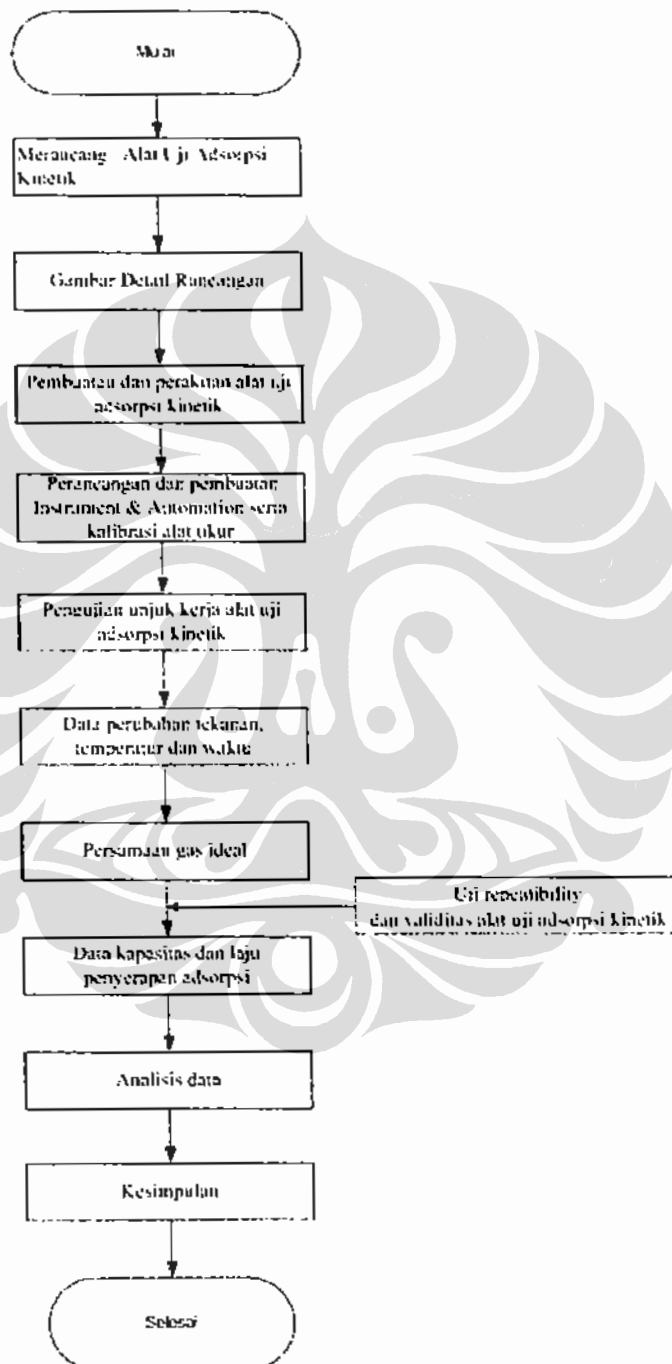
3.1 ALUR PERANCANGAN

Alur perancangan merupakan pola yang dikembangkan antara variabel yang satu dengan variabel yang lain yang digambarkan dalam bentuk model. Adapun diagram alur perancangan dibuat berdasarkan alur penulisan tesis. Berikut ini adalah alur penulisan tesis, sebagai berikut :



Gambar 3.1 : Alur penulisan tesis

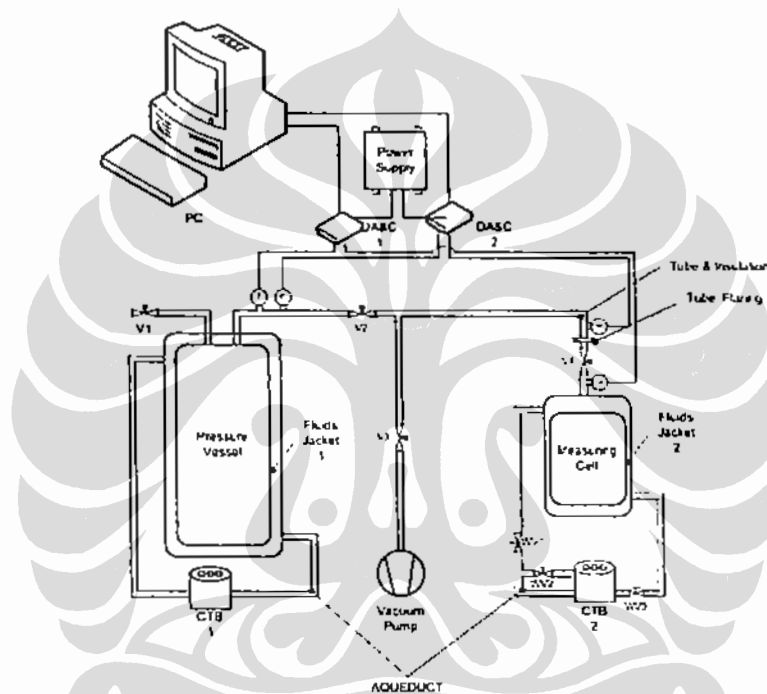
Implementasi alur penulisan tesis maka dapat dibuat alur perancangan dan pembuatan alat uji adsorpsi kinetik, sebagai berikut :



Gambar 3.2 : Alur perancangan dan pembuatan alat uji adsorpsi kinetik

3.2 RANCANGAN ALAT UJI ADSORPSI KINETIK

Pada penelitian ini penulis merancang alat uji adsorpsi kinetik, yang digunakan sebagai alat uji kapasitas dan laju penyerapan adsorpsi. Alat uji adsorpsi kinetik ini dirancang menggunakan metode volumetrik dimana kondisi adsorbat yang terserap diasumsikan pada kondisi ideal. Skematik rancangan alat uji kinetik adsorpsi, sebagai berikut :



Gambar 3.3 : Skematik rancangan alat uji adsorpsi kinetik

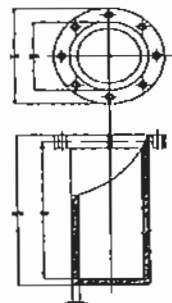
Pada rancangan alat uji adsorpsi kinetik terdapat dua komponen utama yaitu *pressure vessel* dan *measuring cell*. *Pressure vessel* berfungsi sebagai pengubah fasa adsorbat dengan cara menaikkan temperatur. Sumber panas pada *pressure vessel* didapatkan dari *circulating thermal bath 1* (CTB), dimana temperatur penguapan disesuaikan dengan temperatur pengukuran. *Measuring cell* berfungsi sebagai tempat menempatkan adsorben dan tempat dimana adsorben menyerap adsorbat pasangannya. Temperatur *measuring cell* dijaga agar konstan, oleh karena itu diletakkan CTB 2 untuk menjaga temperatur konstan.

Pada alat uji adsorpsi kinetik dipasang alat ukur untuk mendapatkan data penelitian. Alat ukur yang digunakan adalah tekanan dan temperatur. *Pressure transmitter* adalah alat ukur tekanan pada alat uji adsorpsi kinetik jangkauan pengukuran tekanan 0 bar sampai 2.5 bar. Alat ukur suhu pada alat uji adsorpsi kinetik digunakan *thermocouples* tipe K dengan jangkauan pengukuran suhu – 200 to 1250°C. *Pressure transmitter* dipasang pada dua tempat, yaitu pada *pressure vessel* untuk mengetahui tekanan saat adsorpsi dan pada *measuring cell* untuk mengetahui tekanan pada saat pengukuran berlangsung, sedangkan *termocouples* digunakan untuk mengetahui temperatur adsorpsi.

Data *analog* hasil pengukuran tekanan dan temperatur diubah DA&C 1 dan DA&C 2 menjadi data *digital*. Data *digital* hasil pengukuran tekanan dan temperatur keluaran DA&C disimpan pada *storage* komputer.

3.2.1 Pressure Vessel

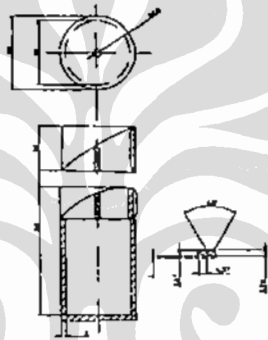
Pressure vessel dirancang sebagai alat tempat untuk merubah fasa adsorbat menjadi *vapour*. Pada perancangan *pressure vessel* parameternya adalah tekanan maksimum adsorbat, karena akan berpengaruh pada ketebalan *vessel*. *Pressure vessel* dibuat dari bahan *stainless steel 304*, *pressure vessel* dirancang dapat digunakan sampai dengan tekanan maksimum 10 Mpa. Ukuran diameter dalam (\varnothing_d) 100 mm dan diameter luar (\varnothing_l) 140 mm. Ketebalan *pressure vessel* 6 mm dan panjang 220 mm. Volume dari *pressure vessel* dirancang dapat memuat 1000 cm³ adsorbat. Gambar sketsa *pressure vessel*, sebagai berikut:



Gambar 3.4 : Sketsa *pressure vessel*

3.2.2 Measuring cell

Measuring cell dirancang sebagai tempat pengukuran dan tempat meletakkan adsorben. Pada perancangan *measuring cell* parameternya adalah tekanan maksimum dan volume *measuring cell*. *Measuring cell* dibuat dari bahan *stainless steel 304*, *measuring cell* dirancang dapat digunakan sampai tekanan maksimum 10 Mpa. Ukuran diameter dalam (\varnothing_d) 40 mm dan diameter luar (\varnothing_l) 46 mm. Ketebalan *measuring cell* 3 mm, panjang 80 mm dan volume *measuring cell* 100 cm³ adsorbat. Gambar sketsa dari *measuring cell*, sebagai berikut:

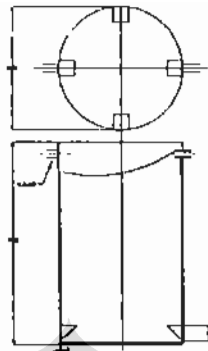


Gambar 3.5 : Sketsa *measuring cell*

3.2.3 Fluids jacket

3.2.3.1 Fluids jacket 1

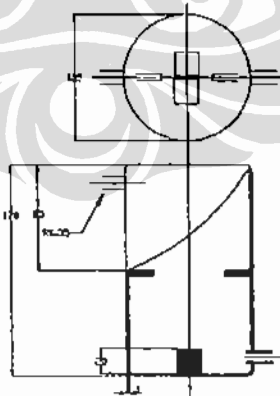
Pada penelitian ini diperlukan menjaga temperatur agar tetap konstan. Oleh karena itu perlu dirancang *Fluids jacket 1* untuk membungkus *pressure vessel*. *Fluids jacket* dirancang dari bahan besi karbon (AISI 1010) ukuran diameter (\varnothing) 160 mm tebal plat *fluids jacket 1* 1 mm dan panjang 260 mm, dimana terdapat saluran masuk dan keluar. *Fluids jacket 1* diinsulasi agar dapat menjaga temperatur fluida yang mengalir di dalamnya. Insulasi menggunakan superlon terbuat dari Asbestos, Chlorine dan Fiber dengan tebal insulasi 9 mm, *thermal Conductivity* adalah 0.04 W/m^oC. Selain menggunakan insulasi superlon *Fluids jacket 1*, juga diinsulasi plat alumunium dengan tebal 1 mm dan *thermal Conductivity* adalah 177 W/m.^oC. Gambar sketsa *Fluids jacket 1* pada *pressure vessel*, sebagai berikut :



Gambar 3.6 : Sketsa *Fluids jacket 1*

3.2.3.2 Fluids jacket 2

Seperti layaknya *Fluids jacket* pada *pressure vessel*, *Fluids jacket 2* digunakan juga sebagai pembungkus *measuring cell*. *Fluids jacket di measuring cell* dirancang dari bahan besi karbon (AISI 1010) ukuran diameter (\varnothing) 102 mm, tebal plat *fluids jacket 2* 1 mm dan panjang 170 mm. *Fluids jacket 2* diinsulasi agar dapat menjaga temperatur fluida yang mengalir di dalamnya. Insulasi menggunakan superlon terbuat dari Asbestos, Chlorine dan Fiber dengan tebal insulasi 9 mm, *thermal Conductivity* adalah $0.04 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Selain menggunakan insulasi superlon *Fluids jacket 2*, juga diinsulasi plat aluminium dengan tebal 1 mm dan *thermal Conductivity* adalah $177 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Gambar sketsa *Fluids jacket 2* pada *pressure vessel*, sebagai berikut :



Gambar 3.7 : Sketsa *Fluids jacket 2*

3.2.4 Pipa dan insulasi

Pada alat uji adsorpsi kinetik, *pressure vessel* dan *measuring cell* dihubungkan dengan pipa stainless steel dengan ukuran 1/8 inci. Pipa ini memiliki diameter luar (\varnothing_1) 3.175 mm dan diameter dalam (\varnothing_d) 2.275 mm. Panjang keseluruhan pipa yang digunakan pada alat uji adsorpsi kinetik 1550 mm. Distribusi ukuran pipa terpasang, sebagai berikut :

Tabel 3.1 : Distribusi pemasangan pipa

Pipa terpasang	Panjang total (mm)	Volume (m^3)
Pressure Vessel	850	6.91×10^{-6}
Measuring cell	700	5.69×10^{-6}

Insulasi pipa pada alat uji adsorpsi kinetik digunakan terbuat dari Asbestos, Chlorine dan Fiber. Diameter (\varnothing) 6 mm dan tebal insulasi 9 mm. *Thermal Conductivity* adalah $0.04 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ atau $0.0346 \text{ Kcal/mh}^\circ\text{C}$.

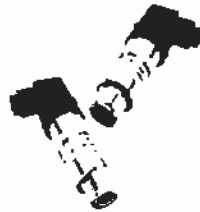
3.2.5 Pressure transmitter

Alat uji adsorpsi kinetik menggunakan metode volumetrik membutuhkan alat ukur tekanan. Data perubahan tekanan per satuan waktu dibutuhkan untuk mendapatkan nilai kapasitas dan laju penyerapan adsorpsi (Dawoud dan Aristov, 2003)

Pada alat uji adsorpsi kinetik digunakan dua buah *pressure transmitter* yang digunakan untuk mengukur tekanan di *pressure vessel* dan *measuring cell*. *Pressure transmitter* yang digunakan pada alat uji adsorpsi kinetik memiliki spesifikasi, sebagai berikut :

Pabrikan : General electric
Tipe : Druck PTK 1400
Pressure range : 0 – 2.5 bar absolute
Analog Output : 4 – 20 mA
Accuracy : 0.15 %

Gambar *pressure transmitter* pada alat uji adsorpsi kinetik, sebagai berikut :



Gambar 3.8 : *Pressure transmitter* PTK 1400

3.2.6 Thermocouples

Pengukuran nilai kapasitas dan laju penyerapan adsorpsi dengan metode volumetrik dilakukan pada temperatur konstan (isotermal) (Dawoud dan Aristov, 2003). Oleh karena itu pada Alat uji adsorpsi kinetik membutuhkan alat ukur temperatur yang mengukur temperatur per satuan waktu.

Pada alat uji adsorpsi kinetik digunakan dua buah *thermocouples* yang digunakan untuk mengukur temperatur di *pressure vessel* dan *measuring cell*. *Thermocouples* yang digunakan pada alat uji adsorpsi kinetik memiliki spesifikasi, sebagai berikut :

Pabrikasi : Chog
Jenis : Screw
Tipe *thermocouples* : K
Temperature range : - 200 -1250°C
Accuracy : Class II → 0.75 %

Gambar *thermocouples* pada alat uji adsorpsi kinetik, sebagai berikut :



Gambar 3.9 : *Thermocouples* jenis screw

3.2.7 Circulating Thermal Bath (CTB)

CTB pada alat uji adsorpsi kinetik berfungsi sebagai alat penjaga temperatur pengukuran agar tetap konstan. Pada alat uji terdapat dua buah yaitu CTB 1 untuk menjaga temperatur di *pressure vessel* dan CTB 2 untuk menjaga temperatur di *measuring cell*.

CTB yang digunakan pada alat uji, memiliki spesifikasi sebagai berikut :

	CTB 1	CTB 2
Pabrikan	Huber	Huber
Jenis	CC1-E	CC1-E
Mesin Pendingin	Tidak ada	Refrigeration chiller
Temperature range	25-200 ^o C	-30 – 200 ^o C
Accuracy pada 70 ^o C pada 15 l (bath)	± 0.02 K	± 0.02 K



Gambar 3.10 : *Circulating thermal bath CC1-E*

3.2.8 Pompa vakum

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

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

Pabrikan : Ogawa seiki co, ltd

Tipe : DRP-1400

Jenis : Rotary vacuum pump

Vakum maksimal : 6.7×10^{-2} pa

Laju pemvakuman : 1200 l/ min. (50 Hz)

: 1440 l/ min (60 Hz)

Konsumsi energi : 2.2 kW

Gambar pompa vakum yang digunakan dalam pengujian alat uji adsorpsi kinetik, sebagai berikut :



Gambar 3.11 : Pompa vakum DRP-1400

3.2.9 Needle valve

Aliran keluar dan masuk adsorbat di alat uji adsorpsi kinetik diatur menggunakan katup jenis needle. Pada alat uji terdapat empat buah katup yang memiliki fungsi antara lain : *needle valve* 1 (V1) digunakan untuk mengatur aliran masuk adsorbat dari tempat penyimpanan (adsorbate storage) ke dalam sistem, V2 digunakan untuk pengatur aliran adsorbat dari *pressure vessel* ke *measuring cell*, V3 digunakan sebagai pengatur aliran adsorbat pada proses pemvakuman dan V4 digunakan sebagai pengatur aliran adsorbat pada proses *degassing*.

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

Pabrikan : Swagelok (Whitey)

Tipe : SS-ORS2

Jenis : Integral –Bonnet needle valve

Diameter dalam / luar : 1/8 inci

Diameter orifice : 0.080 inci / 2 mm

Temperatur operasi maksimal : 450°F atau 232°C

Tekanan operasi maksimal : 4295 psig atau 281 bar gauge

Pada (-20 – 200°C)

Gambar needle valve yang digunakan dalam pengujian alat uji adsorpsi kinetik, sebagai berikut :



Gambar 3.11 : Needle valve SS-ORS2

3.2.10 Tube flaring

Tube flaring atau sambungan pipa pada alat uji adsorpsi kinetik digunakan untuk memisahkan *measuring cell* dari sistem. *Measuring cell* dipisahkan atau dilepaskan dari sistem dimaksudkan untuk memudahkan proses *degassing* dan verifikasi perubahan berat adsorben sebelum dan sesudah proses *degassing*.

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

Pabrikan : Swagelok

Diameter luar (\varnothing) : 1/8 inci

Gambar *tube flaring* yang digunakan dalam pengujian alat uji adsorpsi kinetik, sebagai berikut :



Gambar 3.12 : Tube flaring

3.2.11 DA&C (Data akusisi)

Data akusisi digunakan untuk menerima sinyal atau *analog output* dari alat ukur, yaitu *pressure transmitter* dan *termocouples*. 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 kinetik terdapat dua data akusisi, yaitu data akusisi untuk menerima keluaran *thermocouples* berupa mV dan *pressure transmitter* berupa mA. Perbedaan keluaran sinyal alat ukur tersebut mengakibatkan harus digunakan dua data akusisi.

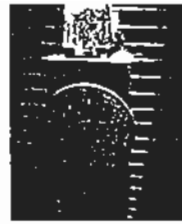
Data akusisi yang digunakan pada alat uji memiliki spesifikasi, sebagai berikut :

	DA&C 1	DA&C 2
Pabrikan	Advantech	Advantech
Tipe <i>analog input module</i>	4018 ⁺	4018
Tipe <i>converter</i>	4520	4520
<i>Converter connection</i>	RS232	RS232
<i>Input accepted :</i> Thermocouples : Milivolt : Volt : Current input :	J, K, T, E, R, S and B - - ±20 mA, 4~20 mA	J, K, T, E, R, S and B ±15 mV, ±50 mV, ±100mV and ±500 mV ±1 V and ±2.5 V -
Rata-rata sampel	10 sampel/ detik	10 sampel/ detik
Jumlah channel	8	8
<i>Accuracy</i>	± 0.1%	± 0.1%
<i>Power supply</i>	10-30 Vdc	10-30Vdc

Gambar data akusisi yang digunakan dalam pengujian alat uji adsorpsi kinetik, sebagai berikut :



(a)



(b)

Gambar 3.13 : (a) Input analog module, (b) Converter

3.2.12 Power supply

Power supply digunakan untuk memberikan *supply* tegangan pada instrumen dan alat ukur. Pada alat uji adsorpsi kinetik *supply* tegangan diperlukan untuk memberikan tegangan untuk data akusisi 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 : Digital dual output power supply
Output : arus (A) dan tegangan (V)

Gambar *Power supply* yang digunakan dalam pengujian alat uji adsorpsi kinetik, sebagai berikut :



Gambar 3.14 : Power supply

3.2.13 Komputer

Komputer pada alat uji adsorpsi kinetik digunakan sebagai alat penerima sinyal dari data akusisi dan penyimpanan data pengujian. Komputer yang digunakan memiliki port RS232 dan terinstal perangkat lunak konversi tegangan (*visidaq*).

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

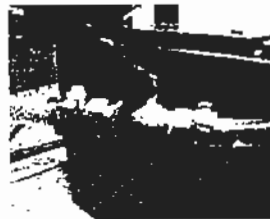
Processor	: Intel Pentium III 498 MHz
Memory	: 384 MB of RAM
OS	: Microsoft XP service pack 2
Port	: 2 x RS232
Perangkat lunak	: Notepad, ADAM device manager dan Visidaq versi 3.11

3.2.14 Aqueduct

Aqueduct atau selang air digunakan sebagai tempat untuk mengalirkan fluida kerja pada CTB1 dan CTB2 menuju *pressure vessel* dan *measuring cell*. Selang air yang digunakan selang karet 3/8 “.

3.2.15 Water valve (Keran)

Aliran keluar dan masuk fluida kerja di CTB2 diatur menggunakan katup atau keran. Di saluran CTB 2 terdapat tiga buah keran yang memiliki fungsi antara lain : *water valve* 1 (WV1) digunakan untuk membuka aliran masuk fluida kerja dari bak CTB2 menuju *fluids jacket* 2 atau sebaliknya, WV2 digunakan untuk mengalirkan aliran fluida kerja dari bak CTB 2 kembali ke bak CTB 2 . WV3 digunakan untuk membuka aliran masuk fluida kerja ke bak CTB2 dari *fluids jacket* 2 atau sebaliknya. Pada saluran CTB 1 terdapat satu buah keran yaitu WV4, berfungsi untuk mengatur debit aliran fluida kerja yang keluar dari *pressure vessel*. Keran ini menjaga agar tidak terjadi *overload* fluida kerja pada *pressure vessel*. Gambar *water valve* yang digunakan dalam pengujian alat uji adsorpsi :



Gambar 3.15 : Water valve