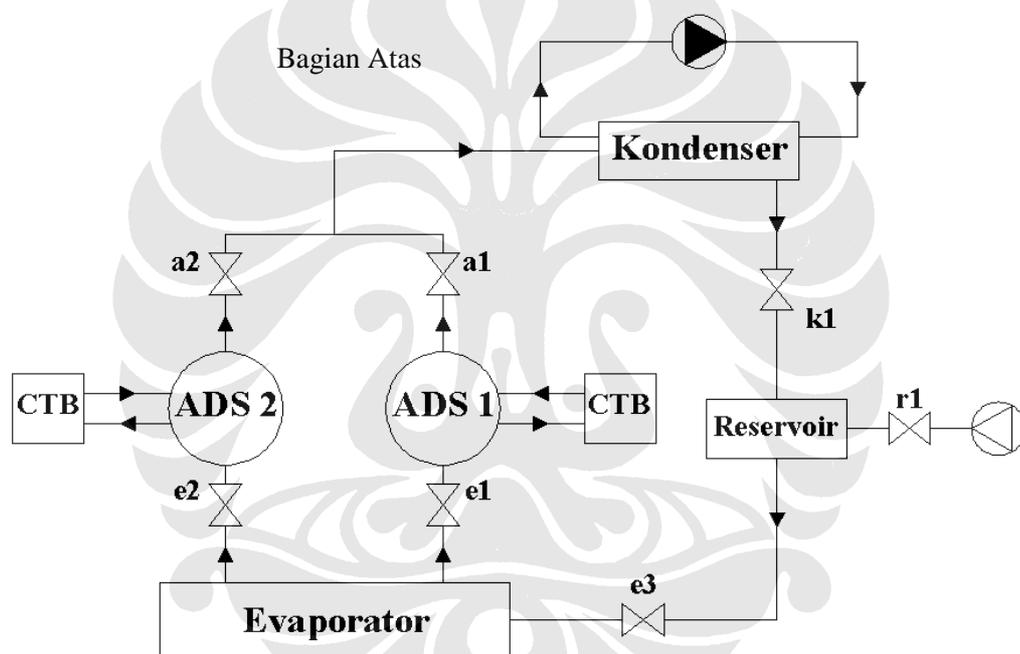


BAB 3

DESAIN SISTEM ADSORPSI DENGAN DUA ADSORBER

3.1. Desain Alat Adsorpsi

Alat adsorpsi yang didesain memiliki beberapa komponen utama, yaitu: adsorber, evaporator, kondenser, dan reservoir (gbr. 3.1). Diantara kondenser dan katup reservoir dipasang katup ekspansi untuk melakukan proses ekspansi agar terjadi penurunan tekanan dari kondenser menuju reservoir. Pada setiap komponen utama dipasangkan alat ukur untuk mendapatkan tekanan dan temperatur pada saat proses berlangsung.



Gambar 3.1. Skema alat pengujian

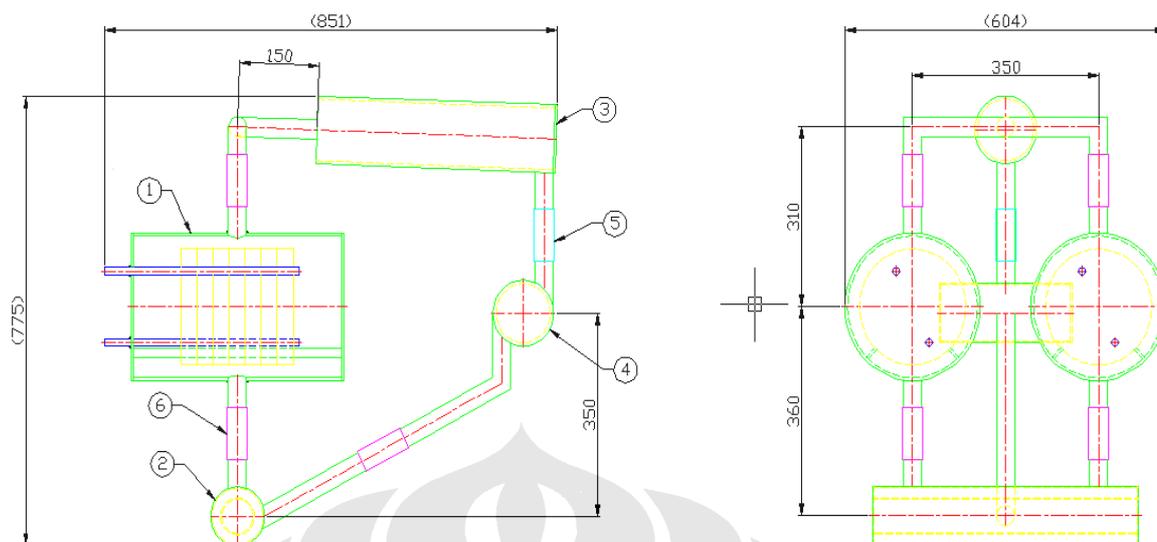
Untuk mendapatkan proses adsorpsi dan desorpsi secara bersamaan, maka digunakan dua buah adsorber. Setiap adsorber berisi tujuh buah adsorben yang dilalui pipa tembaga sebagai penghantar panas dari luar sistem yang dipompa oleh *Circulating Thermostatic Bath* (CTB). Diantara susunan adsorben dipasang plat tembaga (*fin*) untuk menghantarkan panas ke seluruh permukaan adsorben. Panas tersebut yang digunakan adsorben untuk melakukan penyerapan methanol dari evaporator pada proses adsorpsi dan pelepasan methanol menuju kondenser pada proses desorpsi.

Di dalam kondenser terdapat lilitan pipa tembaga yang akan dialiri air dari pompa sentrifugal dengan arah berlawanan (*counter flow*) untuk merubah fase methanol dari gas menjadi cair.

Reservoir digunakan untuk memastikan fase methanol dalam bentuk cair sebelum masuk ke evaporator. Pada komponen ini dipasang katup yang menghubungkan sistem dengan lingkungan.

Evaporator berbentuk *double tube* dimana pipa bagian dalam digunakan sebagai kabin sebagai tempat pendinginan air. Hubungan ke komponen lainnya dibatasi dengan menggunakan katup *ball valve*.





Gambar 3.2. Desain Sistem Adsorpsi dengan Dua Adsorber

Keterangan gambar :

(1) Adsorber

1.1 Shell:

- a. Pipa stainless steel ($\text{Ø}10''$ x 400 mm schedule 10)
- b. Plat stainless steel ($\text{Ø}10''$ x 3 mm)

1.2 Solidified Active Carbon ($\text{Ø} 200$ x 30)

1.3 Pipa Tembaga ($\text{Ø} \frac{1}{2}''$ tebal 1,2 mm)

1.4 Fin tembaga (standar Guntner tipe B)

(2) Evaporator

- a. Pipa stainless steel ($\text{Ø}4''$ x 500 mm schedule 5)
- b. Pipa stainless steel ($\text{Ø}2,5''$ x 500 mm schedule 5)

(3) Kondensor

- a. Pipa stainless steel ($\text{Ø}4,5''$ x 450 mm)
- b. Pipa tembaga ($\text{Ø}1/4''$)

(4) Reservoir

- a. Pipa stainless steel ($\text{Ø}4''$ x 250 mm schedule 5)

(5) Expansion valve

- a. Globe valve (stainless steel $\text{Ø}1\frac{1}{4}''$)

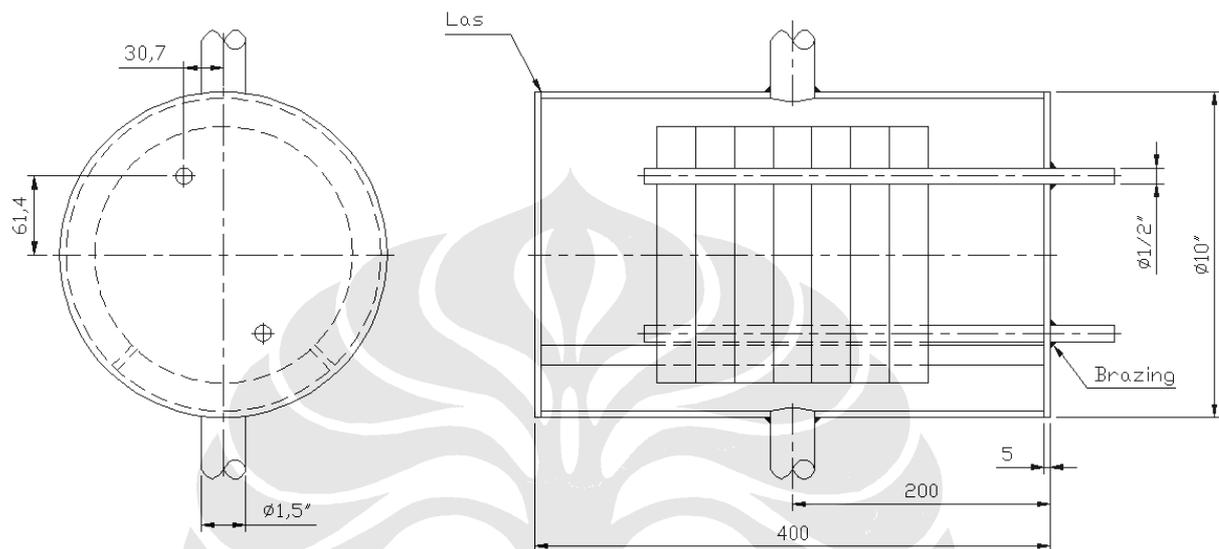
(6) Katup engkol

- a. Ball valve (stainless steel $\text{Ø}1\frac{1}{4}''$)

3.2. Komponen - Komponen Sistem Adsorpsi

3.2.1. Adsorber

Adsorber merupakan komponen dimana proses adsorpsi dan desorpsi terjadi. Adsorben yang digunakan pada setiap adsorber berjumlah setengah dari desain sebelumnya.



Gambar 3.3. Adsorber

3.2.1.1. Shell

Shell adsorber dibuat dengan menggunakan dua buah pipa stainless steel yang masing-masing berdiameter 10 inch, schedule 10 (4,2 mm) dengan panjang 400 mm. Setiap ujung pipa ditutup dengan menggunakan plat stainless steel SS 304 dengan ketebalan 3 mm. Proses penyambungan shell dari bahan stainless steel dilakukan dengan metode *arc welding*.



Gambar 3.4.shell adsorber

3.2.1.2 *Solidified Active Carbon*

Solidified Active Carbon yang digunakan memiliki spesifikasi yang sama dengan yang terdahulu. Dimana karbon aktif yang digunakan merupakan commercial active carbon yang dipadatkan dengan campuran tertentu. Karbon aktif tersebut berdiameter 200 mm dengan ketebalan 30 mm.



Gambar 3.5.*solidified active carbon*

Oleh karena *solidified active carbon* yang akan digunakan telah disimpan beberapa lama dan ada kemungkinan telah mengalami kontak langsung dengan udara lingkungan, maka terlebih dahulu dilakukan proses *degassing*. Proses tersebut dilakukan dengan suhu 180-200⁰C selama 3 jam untuk mengeluarkan kandungan air yang terdapat di dalamnya.

3.2.1.3. **Pipa Tembaga**

Setiap adsorber berisi tujuh buah karbon aktif sebagai adsorbent yang dilewati tube-tube tembaga yang berdiameter 0,5 inch dan dengan tebal 1,2 mm sebagai komponen penukar kalor. Ujung pipa tembaga dihubungkan dengan ujung yang lain dengan menggunakan sambungan U-Bent. Untuk mencegah hubungan antara sistem yang bertekanan vakum dengan tekanan lingkungan dan masuknya air/minyak, maka di setiap sambungan U-Bent dilakukan pengelasan setelah dilakukan *swedging*.

Terdapat dua ujung bebas pipa tembaga yang digunakan untuk keluar masuk aliran fluida dingin pada saat adsorpsi dan fluida panas pada saat desorpsi. Kedua ujung pipa tersebut keluar melewati plat stainless steel pada shell yang telah dilubangi sesuai dengan ukuran diameter pipa tembaga. Untuk mencegah terjadinya kebocoran pada lokasi plat yang ditembus pipa tembaga, maka dilakukan proses brazing.

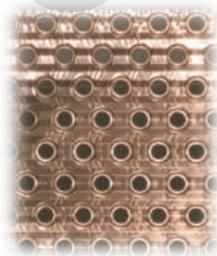


Gambar 3.6. tube tembaga dan u-bent tembaga pada adsorber

Brazing merupakan teknik penyambungan permanen antara logam atau keramik yang sama atau berbeda melalui penggunaan panas dan sebuah material penambah dengan titik leleh di atas 450°C tetapi di bawah titik leleh material yang akan disambungkan. Dalam hal ini penyambungan stainless steel dengan tembaga yang tidak dapat disambungkan dengan teknik pengelasan biasa.

3.2.1.4 fin

Untuk mengalirkan kalor secara konduksi dari pipa tembaga ke bidang adsorben digunakan *fin* tembaga standar Guntner dengan ketebalan 0,3 mm yang diletakkan di antara adsorben. Oleh karena konduktivitas termal yang baik (385 W/m.K) dan resistansi terhadap metanol, maka digunakan fin berbahan tembaga.



Gambar 3.7. fin tembaga

3.2.2. Evaporator

Evaporator merupakan salah satu komponen utama dari sistem refrigerasi, dimana refrigeran menguap karena menyerap panas dari udara sekitar, air pendingin (*chilled water*), atau substansi lain.

Desain evaporator sama dengan desain terdahulu akan tetapi setiap pipa keluaran evaporator dihubungkan langsung dengan salah satu adsorber. Evaporator dibuat dari 2 buah pipa stainless steel. Pipa terluar berdimensi $\text{Ø}4'' \times 500$ schedule 5 untuk menampung methanol cair. Pipa dalam sebagai kabin yang berdimensi $\text{Ø}2,5'' \times 500$ schedule 5 untuk mendinginkan produk. Evaporator ini memiliki kapasitas metanol sebesar 2 liter dan kapasitas kabin sebesar 1 liter.

Jarak antara adsorber dengan evaporator pada desain kali ini dibuat lebih dekat dibandingkan dengan desain terdahulu agar penyerapan methanol menjadi lebih optimal. Adsorber dengan evaporator dihubungkan dengan pipa lurus tanpa adanya belokan untuk menghindari kerugian minor yang terjadi pada desain sebelumnya.

Pada setiap pipa penghubung tersebut digunakan katup ball valve sebagai pengatur aliran methanol. Katup tersebut dibuka-tutup secara bergantian sesuai proses yang terjadi pada adsorben.



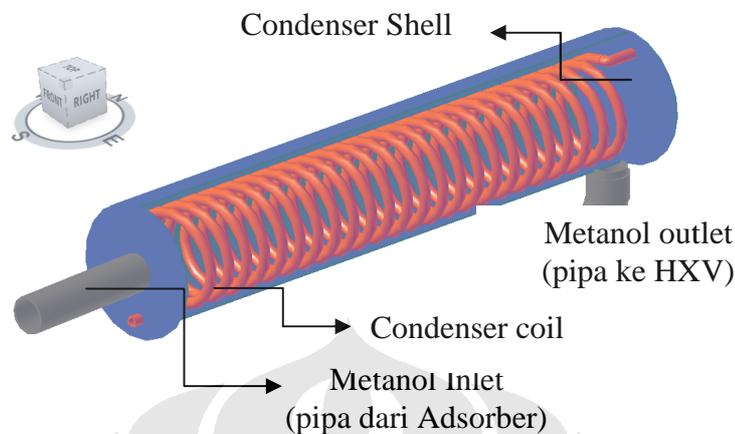
Gambar 3.8.evaporator

3.2.3. Kondensor

Kondensor adalah alat penukar panas dimana refrigeran panas dalam bentuk gas terkondensasi menjadi cair dan kalor laten kondensasi dilepaskan ke udara atau air.

Desain yang digunakan sama seperti sebelumnya, *water cooled condenser*, dengan metode *counter flow*. Kondensor tersebut memiliki kemiringan sebesar 2 derajat untuk memastikan methanol yang telah berubah fase (gas ke cair) mengalir menuju reservoir.

Pada rancangan tersebut, air dialirkan melalui koil kondensor (pipa tembaga Ø ¼”) yang terdapat didalam shell kondensor (pipa stainless steel Ø4,5” x 450 mm), dimana fungsi shell tersebut sebagai tempat mengalirnya methanol.



Gambar 3.9.kondensor

3.2.4. Reservoir

Reservoir berfungsi sebagai tempat untuk menampung methanol sebelum dialirkan menuju evaporator, selain itu digunakan untuk memastikan methanol yang akan dialirkan telah berfase cair. Reservoir yang digunakan sama dengan rancangan yang terdahulu dimana memiliki diameter Ø4”x 250 mm sehingga memiliki volume tampung sebesar 2 liter.



Gambar 3.10.evaporator

3.2.5. Expansion Valve

Katup ekspansi atau *metering device* merupakan salah satu komponen pada mesin pendingin adsorpsi yang berfungsi untuk menurunkan tekanan methanol cair dari tekanan kondensasi menjadi tekanan evaporasi.

Pada desain diinginkan katup ekspansi yang dapat dioperasikan secara manual, dimana *globe valve* dapat berfungsi sebagai *manual hand expansion valve*.



Gambar 3.11.expansion valve

3.2.6. Katup Engkol

Katup ini berfungsi sebagai pengatur arah aliran metanol pada sistem ketika mesin pendingin beroperasi. Pada desain kali ini, digunakan katup engkol sebanyak 5 buah. Antara evaporator dengan adsorber digunakan total 2 buah, antara adsorber dengan kondensor digunakan 2 buah, dan antara reservoir dengan evaporator digunakan 1 buah.



Gambar 3.12.katup engkol

3.2.7. Pipa penghubung

Pada desain ini, pipa-pipa penghubung antar komponen menggunakan bahan stainless steel yang berdiameter 1 inch dengan schedule 10 (2,8 mm) dengan panjang total keseluruhan 3 m.



Gambar 3.13.pipa stainless stell

3.2.8. Circulating Thermal Bath (CTB)

CTB pada alat uji adsorpsi dengan 2 adsorber 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
<i>Temperature range</i>	25-200 ^o C	-30 – 200 ^o C



Gambar 3.14. Circulating thermal bath CC1-E

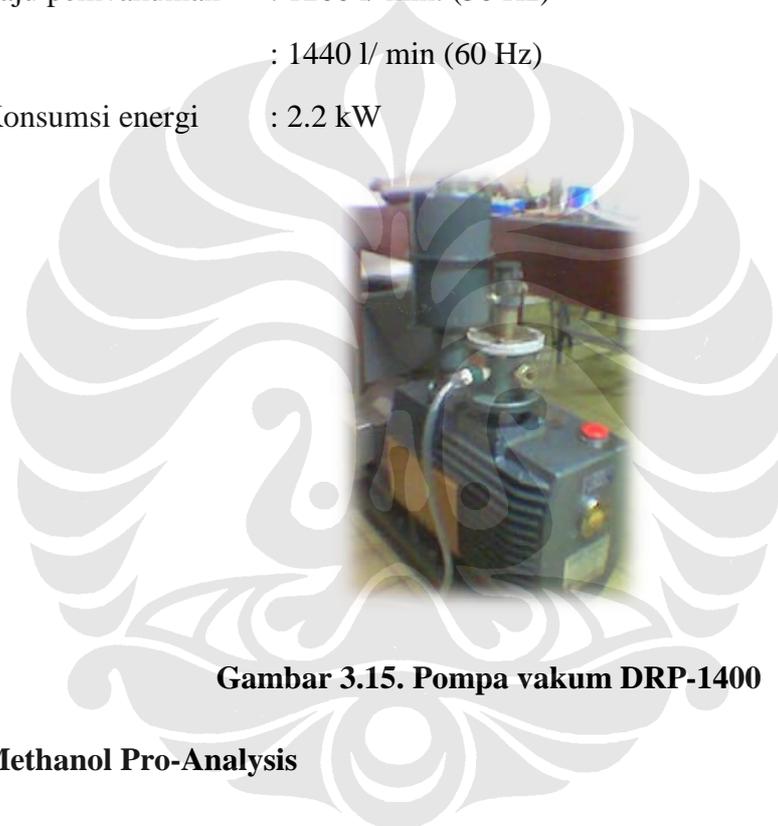
3.2.9. Pompa vakum

Pada pengujian alat uji adsorpsi dengan 2 adsorber perlu dievakuasi unsur-unsur selain adsorbat dan adsorben. Oleh karena itu pada alat uji adsorpsi dengan 2 adsorber 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, 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 3.15. Pompa vakum DRP-1400

3.2.10. Methanol Pro-Analysis

Methanol Pro-Analysis digunakan sebagai refrigerant pada system adsorpsi dengan 2 adsorber. Methanol Pro-Analysis memiliki kadar methanol 99,99%, hal tersebut yang menjadi dasar pemilihan Methanol Pro-Analysis sebagai refrigerant yang digunakan pada system saat ini.

3.3. Komponen Alat Ukur

3.3.1. Pressure Transmitter

Alat uji adsorpsi dengan 2 adsorber 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 dengan 2 adsorber digunakan dua buah *pressure transmitter* yang digunakan untuk mengukur tekanan di kedua adsorber pada system adsorpsi tersebut.

Pressure transmitter yang digunakan pada alat uji adsorpsi dengan 2 adsorber memiliki spesifikasi, sebagai berikut :

Pabrikan : Siemens
 Tipe : Sitrans P serie Z
 Pressure range : 0 – 16 bar absolute
 Analog Output : 4 – 20 mA



Gambar 3.16.pressure transmitter

3.3.2. DA&C (Data akuisisi)

Data akuisisi digunakan untuk menerima sinyal atau *analog output* dari alat ukur, yaitu *pressure transmitter* dan *termocouples*. Data *analog* yang diterima data akuisisi dari alat ukur diubah menjadi data digital, sehingga mampu dibaca dan disimpan komputer .

Data akuisisi 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 menerima, mengubah sinyal dan menguatkan keluaran *Analog input module* agar dapat diterima komputer melalui *communication port*. Pada alat uji adsorpsi dengan 2 adsorber terdapat satu data akusisi, yaitu data akusisi untuk menerima keluaran *thermocouples* berupa mV dan *pressure transmitter* berupa mA.

Data akusisi pada alat uji memiliki spesifikasi, sebagai berikut :

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



(a)



(b)

Gambar 3.17. (a) Converter, (b) Input Analog Module

3.3.3. Power supply

Power supply digunakan untuk memberikan *supply* tegangan pada instrumen dan alat ukur. Pada alat uji adsorpsi dengan 2 adsorber, *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 3.18. Power supply

3.3.4. Komputer

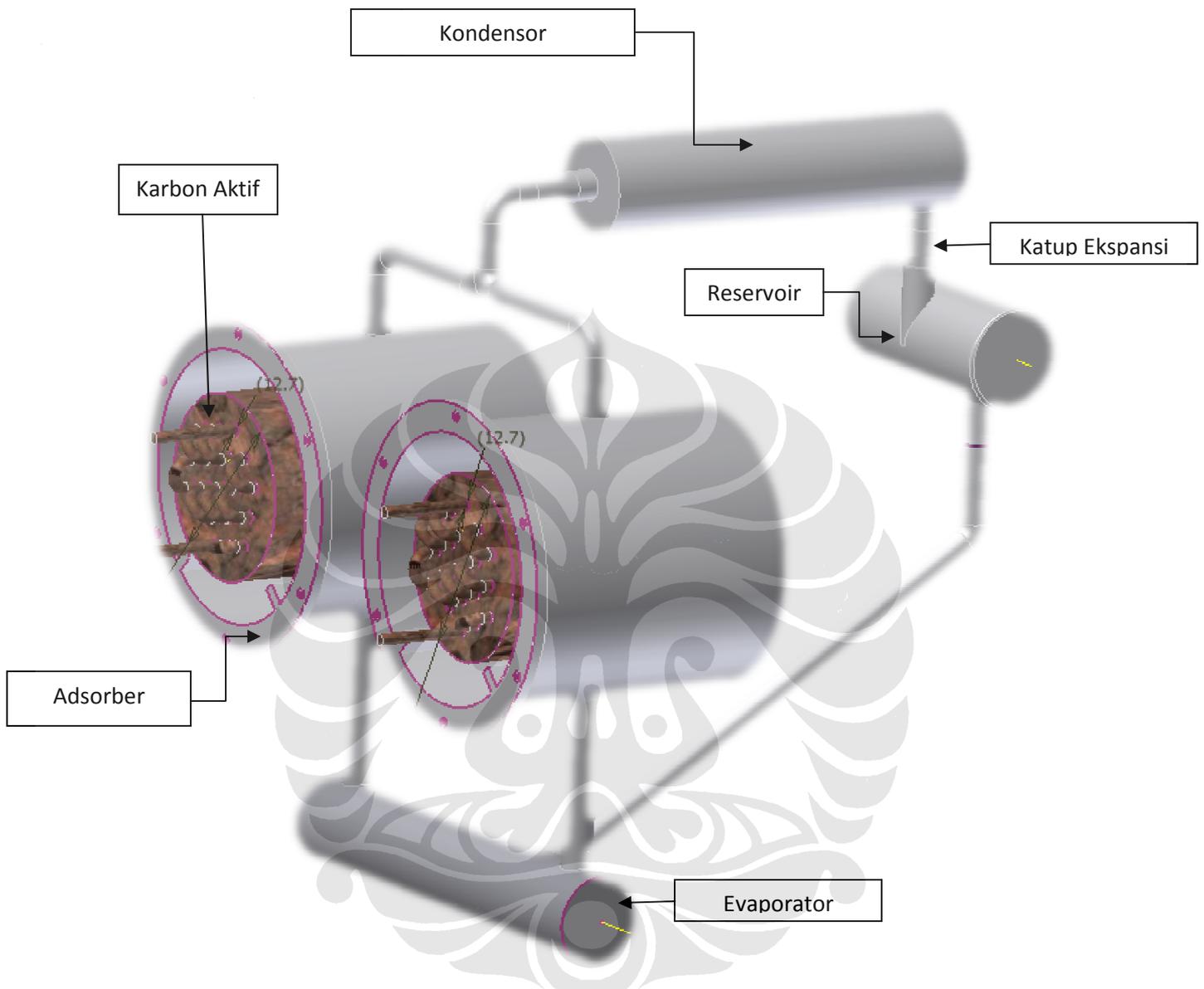
Komputer pada alat uji adsorpsi dengan 2 adsorber digunakan sebagai alat penerima sinyal dari data akusisi dan penyimpan data pengujian. Komputer yang digunakan memiliki port RS232 dan terinstal perangkat lunak ADAM.Net Utility. Secara umum komputer yang digunakan pada alat uji memiliki spesifikasi, 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	: Microsoft Office 2003, ADAM.Net Utility

3.3.5. Thermokopel

Thermokopel yang digunakan pada kedua adsorber, kondensor, reservoir, dan evaporator menggunakan thermokopel tipe k yang memiliki kisaran temperature -200°C - 1350°C .





Gambar 3.19.Desain 3 dimensi sistem adsorpsi dengan dua adsorber