

## PENGUJIAN KEMAMPUAN ADSORPSI DARI ADSORBEN ALUMINA AKTIF UNTUK MESIN PENDINGIN TENAGA SURYA

Abdi Z. A. M.<sup>1</sup>, Himsar Ambarita<sup>2</sup>, Tulus B. Sitorus<sup>3</sup>, Farel H. Napitupulu<sup>4</sup>, Andianto P.<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4,5</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara  
Email: e-mail : manikabdi@gmail.com

### ABSTRAK

Akhir-akhir ini mesin pendingin siklus adsorpsi semakin banyak diteliti oleh para ahli karena disamping ekonomis juga ramah lingkungan dan menggunakan energy terbarukan yaitu energi surya. Agar proses adsorpsi dan desorpsi mesin pendingin adsorpsi dapat berjalan dengan baik perlu diketahui jumlah perbandingan yang ideal antara adsorben dengan refrigeran yang digunakan. Disini untuk mencari perbandingan antara adsorben alumina aktif menggunakan baut maupun tidak menggunakan baut. Data tersebut dapat dicari menggunakan alat penguji kapasitas adsorpsi. Alat penguji kapasitas adsorpsi yang digunakan dilengkapi dengan lampu halogen 1000 W sebagai sumber panas. Adsorber pada alat penguji ini terbuat dari bahan stainless steel yang bertujuan agar tahan terhadap korosi akibat dari variasi refrigeran yang digunakan. Alumina aktif yang digunakan sebagai adsorben sebanyak 1 kg. Sedangkan variasi refrigeran yang digunakan yaitu amonia. Kapasitas amonia yang dapat diadsorpsi dan didesorpsi oleh adsorben alumina aktif menggunakan baut diisolasi adalah sebanyak 300 mL. Sedangkan kapasitas amonia yang dapat diadsorpsi dan didesorpsi oleh adsorben alumina aktif tidak menggunakan baut diisolasi adalah sebanyak 220 mL.

Kata kunci: Adsorpsi, Desorpsi, Adsorber, Alumina Aktif, Refrigeran

### 1. PENDAHULUAN

Perancangan sebuah alat pendingin dapat kita ketahui bahwa sistem pendingin adalah untuk mengembalikan gas menjadi cairan dan selanjutnya kembali menguap menjadi gas. Dalam bidang teknik, istilah pendinginan harus dibayangkan lebih dari sekedar pendingin atau menjaga sesuatu tetap dingin, melainkan suatu sistem yang menghasilkan perpindahan kalor dari sumber (*source*) yang lebih dingin ke penyerap (*sink*) yang lebih panas dimana hal tersebut membutuhkan masukan berupa kerja atau energi tambahan.

Proses pendinginan merupakan suatu usaha untuk menurunkan suhu pada ruangan ataupun pada suatu material, dengan kata lain mendapatkan kondisi yang diinginkan oleh produk atau material, dalam hal ini temperatur yang rendah agar produk atau material dapat disimpan dalam waktu yang relatif lama, baik untuk konsumsi, produksi, maupun perdagangan. Penyimpanan dan transportasi bahan pangan, proses pengolahan makanan dan minuman, pembuatan es (*ice making*) merupakan beberapa contoh kegiatan yang memerlukan proses pendinginan dan pembekuan. Proses pendinginan merupakan proses pengambilan kalor / panas suatu ruang atau benda untuk menurunkan suhunya dengan jalan memindahkan kalor yang terkandung dalam ruangan atau benda tersebut. Sehingga proses pendinginan merupakan rangkaian proses pindah panas. Proses pindah panas dapat terjadi secara konveksi, konduksi maupun radiasi.

Salah satu opsi yang cukup potensial memanfaatkan energi surya termal adalah untuk menggerakkan siklus adsorpsi untuk daerah-daerah yang tidak mempunyai aliran listrik. Sementara banyak desa-desa di Indonesia yang sangat membutuhkan mesin pendingin (refrigerasi) untuk membantu aktivitas ekonomi. Misalnya untuk pengawetan dan pembuatan

makanan, atau untuk penyimpanan vaksin dan lain-lain. Oleh karena itu mesin pendingin yang dapat digerakkan energi matahari dan tidak memerlukan listrik sangat dibutuhkan terutama untuk daerah-daerah pedesaan di Indonesia.

Skripsi ini berjudul Pengujian Kemampuan Adsorpsi dari Adsorben yang Digunakan untuk Mesin Pendingin Tenaga Surya. Skripsi ini merupakan tahap lanjutan dari skripsi sebelumnya. Pada penelitian ini digunakan adsorben dengan menggunakan fin (dalam hal ini fin menggunakan baut) dan tanpa fin. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan refrigerant (amonia) yang paling baik diserap oleh adsorben alumina aktif (menggunakan fin dan tanpa fin).

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### Siklus Adsorpsi

Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat pada suatu padatan (zat penyerap, adsorben) dan akhirnya membentuk suatu lapisan tipis atau film (zat terserap: adsorbat) pada permukaannya. Berbeda dengan absorpsi yang merupakan penyerapan fluida oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan.

Adsorpsi secara umum adalah proses penggumpalan substansi terlarut (*soluble*) yang ada dalam larutan oleh permukaan zat atau benda penyerap dimana terjadi suatu ikatan kimia fisika antara substansi dengan penyerapnya.

Adsorpsi adalah pengumpulan dari adsorbat di atas permukaan adsorben, sedang absorpsi adalah penyerapan dari adsorbat ke dalam adsorben dimana disebut dengan fenomena sorption. Materi atau partikel yang diadsorpsi disebut adsorbat, sedangkan bahan yang berfungsi sebagai pengadsorpsi disebut adsorben.

### Adsorben

Alumina aktif dibuat dari aluminium hidroksida dengan dehydroxylating dengan cara yang menghasilkan bahan yang sangat berpori, bahan ini dapat memiliki luas permukaan signifikan lebih dari 200 meter persegi / g. Senyawa ini digunakan sebagai pengering dan sebagai filter fluoride, arsenik dan selenium dalam air minum. Alumina aktif terbuat dari aluminium oksida (alumina,  $Al_2O_3$ ), substansi kimia yang sama seperti safir dan ruby. Ini memiliki luas permukaan yang sangat tinggi untuk rasio berat, karena banyak "terowongan seperti" pori-pori.

Adsorben berpori mikro seperti alumina aktif, salah satu teori yang paling sering digunakan untuk memberi gambaran adsorpsi fisik molekul gas adalah teori pengisian volume pori mikro (TVFM, *Theory Of Volume Filling of Micropores*) yang dikembangkan oleh M.M Dubinin. Berbeda dengan teori – teori sebelumnya yang memberikan gambaran fisik berupa pembentukan satu atau lebih lapisan (*film*) adsorpsi pada permukaan adsorben. Teori pengisian volume mikro menekankan bahwa adsorpsi tidak terjadi melalui pembentukan lapisan (*film*) adsorpsi tetapi berupa pengisian volume dalam ruang adsorpsi dan zat yang teradsorpsi berada dalam bentuk cair (cal, 1995).

Persamaan adsorpsi dapat dilihat dibawah ini :

$$W = W_0 \exp [ - (A/(E_0))^n ]$$

Dalam persamaan ini, parameter n pada persamaan Dubinin – Astakhov ditetapkan memiliki nilai 2 sehingga persamaan Dubinin – Astakhov dinyatakan dalam bentuk :

$$W = W_0 \exp [ - (A/(E_0))^2 ]$$

Persamaan selanjutnya dapat diubah ke dalam bentuk :

$$\ln W = \ln W_0 - (1/(E_0))^2 A^2$$

Dimana :

$$A = R.T \ln (P_0/P)$$

Sehingga bentuk persamaan linear model Isoterm adsorpsi DR adalah :

$$\ln W = \ln W_0 - (1/(E_0))^2 [R.T \ln (P_0/P)]^2$$

### Kegunaan Alumina Aktif

Alumina aktif digunakan untuk berbagai macam aplikasi adsorben dan katalis termasuk adsorpsi katalis dalam produksi polyethylene , dalam produksi hidrogen peroksida , sebagai adsorben selektif untuk bahan kimia, termasuk arsenik , fluoride , dalam penghapusan belerang dari aliran gas ( Claus proses Catalyst ) .

Alumina aktif juga banyak digunakan untuk menghilangkan fluoride dari air minum . Di AS , ada program luas untuk fluoridate air minum . Namun , di daerah tertentu , seperti daerah Jaipur India , ada cukup fluoride dalam air menyebabkan fluorosis . Filter alumina aktif dapat dengan mudah mengurangi kadar fluoride dari 0,5 ppm sampai kurang dari 0,1 ppm . Jumlah fluoride kehabisan dari air yang disaring tergantung pada berapa lama air benar-benar menyentuh media filter alumina . Pada dasarnya , semakin alumina di filter, semakin sedikit fluoride bias mencapai akhir , air disaring . Suhu air yang lebih rendah , dan air pH rendah ( air asam ) akan disaring lebih efektif juga. pH yang ideal untuk pengobatan adalah 5.5 yang memungkinkan sampai tingkat penghapusan 95 % .

### Refrigeran

Refrigeran adalah zat yang mengalir dalam mesin pendingin (refrigerasi) atau mesin pengkondisian udara. Zat ini berfungsi untuk menyerap panas dari benda atau udara yang didinginkan dan membawanya kemudian membuangnya ke udara sekeliling di luar benda.

Berdasarkan jenis senyawanya, refrigeran dapat dikelompokkan menjadi 7 kelompok yaitu sebagai berikut <sup>[19]</sup>:

### Amonia

Amonia adalah senyawa kimia dengan rumus NH<sub>3</sub>. Biasanya senyawa ini didapati berupa gas dengan bau tajam yang khas (disebut bau amonia). Sifat amonia dapat dilihat seperti tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Sifat Amonia<sup>[10,18]</sup>

Sifat Amonia	
Massa jenis	682 kg/m <sup>3</sup> , cair
Titik lebur	-77,7°C
Titik didih	-33,3 °C
Klasifikasi EU	Kautik, korosif
Panas Laten Penguapan ( <i>L<sub>e</sub></i> )	1357 kJ/kg

Walaupun amonia memiliki sumbangan penting bagi keberadaan nutrisi di bumi, amonia sendiri adalah senyawa kaustik dan dapat merusak kesehatan. Kontak dengan gas amonia berkonsentrasi tinggi dapat menyebabkan kerusakan paru-paru dan bahkan kematian. Sekalipun amonia diatur sebagai gas tak mudah terbakar, amonia masih digolongkan sebagai bahan beracun jika terhirup.

### Kalor (Q)

Kalor adalah salah satu bentuk energi yang dapat mengakibatkan perubahan temperatur.

### Kalor Laten

Suatu bahan biasanya mengalami perubahan temperatur bila terjadi perpindahan kalor antara bahan dengan lingkungannya. Pada suatu situasi tertentu, aliran kalor ini tidak merubah temperaturnya. Hal ini terjadi bila bahan mengalami perubahan fasa. Misalnya padat menjadi cair, cair menjadi uap dan perubahan struktur kristal (zat padat). Energi yang diperlukan disebut kalor transformasi. Kalor yang diperlukan untuk merubah fasa dari bahan bermassa  $m$  adalah

$$Q_L = L_e m$$

### Kalor Sensibel

Tingkat panas atau intensitas panas dapat diukur ketika panas tersebut merubah temperatur dari suatu substansi. Perubahan intensitas panas dapat diukur dengan termometer. Ketika perubahan temperatur didapatkan, maka dapat diketahui bahwa intensitas panas telah berubah dan disebut sebagai kalor sensibel. Dengan kata lain, kalor sensibel adalah kalor yang diberikan atau yang dilepaskan oleh suatu jenis fluida sehingga temperaturnya naik atau turun tanpa menyebabkan perubahan fasa fluida tersebut.

$$Q_s = m C_p \Delta T$$

### Perpindahan Kalor

Panas hanya akan berpindah jika ada perbedaan temperatur, yaitu dari sistem yang bertemperatur tinggi ke sistem bertemperatur rendah. Perbedaan temperatur ini mutlak diperlukan sebagai syarat terjadinya perpindahan panas. Selama ada perbedaan temperatur antara dua sistem maka akan terjadi perpindahan panas. Mekanisme perpindahan panas yang terjadi dapat dikategorikan atas 3 jenis yaitu: konduksi, konveksi dan radiasi

### Konduksi

Perpindahan panas dari partikel yang lebih panas ke partikel yang lebih dingin sebagai hasil dari interaksi antara partikel tersebut. Karena partikelnya tidak berpindah, umumnya konduksi terjadi pada medium padat, tetapi bisa juga cair dan gas. Perpindahan panas di sini terjadi akibat interaksi antara partikel tanpa diikuti perpindahan partikelnya.

$$Q_c = kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

### Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas antara permukaan padat yang berbatasan dengan fluida mengalir. Fluida di sini bisa dalam fasa cair atau fasa gas.

$$Q_h = hA(T_s - T_L)$$

### Radiasi

Perpindahan panas radiasi adalah panas yang dipindahkan dengan cara memancarkan gelombang elektromagnetik. Berbeda dengan mekanisme konduksi dan konveksi, radiasi tidak membutuhkan medium perpindahan panas. Sampainya sinar matahari ke permukaan bumi adalah contoh yang jelas dari perpindahan panas radiasi.

$$Q_r = e\sigma AT^4$$

### Konveksi Natural

Jika aliran fluida terjadi secara alami, sebagai akibat perpindahan panas yang terjadi. Konveksi ini disebut konveksi natural atau kadang disebut konveksi bebas dalam bahasa Inggris disebut *natural convection* atau *free convection*.

Pada kasus konveksi natural pada bidang horizontal panjang yang digunakan menghitung bilangan  $Ra_L$  adalah panjang karakteristik yang didefinisikan dengan persamaan:

$$L = \frac{A}{K}$$

Dimana  $A$  menyatakan luas bidang horizontal dan  $K$  adalah keliling. Dengan menggunakan panjang karakteristik ( $L$ ) ini bilangan  $Ra_L$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_s - T_L)L^3}{\nu^2} Pr$$

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### Bahan

Pada penelitian ini, bahan pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut.

#### 1. Adsorben alumina aktif

Adsorben yang digunakan pada penelitian ini adalah alumina aktif sebanyak 1 kg. Dimana pengujian ini membedakan isinya dalam adsorben menggunakan fin dan tidak menggunakan fin.

#### 2. Refrigeran

Untuk terjadinya suatu proses pendinginan diperlukan suatu bahan yang mudah dirubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya. Refrigeran yang digunakan pada pengujian ini adalah:

- Ammonia dengan kadar kemurnian 99% sebanyak 1 liter

#### Alat Ukur yang Digunakan pada Pengujian Kapasitas Adsorpsi

1. Pace XR5 Data Logger
2. Sensor Tekanan (*Pressure Sensors*)

#### Peralatan yang Digunakan

1. Pompa Vakum
2. Katup
3. Pipa Penghubung
4. Selang Karet
5. *Fin* (Baut)
6. Kotak Isolasi gelas ukur
7. Laptop

#### Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dapat diuraikan sebagai berikut ini.

1. Proses *assembling*/penyambungan alat penguji kapasitas adsorpsi. Komponen adsorber dengan gelas ukur dirangkai/dihubungkan dengan baik. Pada persambungan pipa dilem dengan baik dan kuat untuk menghindari kebocoran.
2. Kemudian dipasang termokopel agilent, pada adsorber (4 titik) dan pada gelas ukur (3 titik). Setelah terpasang dengan baik, termokopel dan sensor tekanan kemudian dihubungkan ke terminal (*port*) Pace XR5 data logger. Adsorber dipanaskan selama 7 jam (mulai pukul 9.30 WIB sampai dengan pukul 16.30 WIB).
3. Kemudian pada pukul 16.30 WIB dilakukan pemvakuman dengan menggunakan pompa vakum untuk mengeluarkan gas/udara dan air/uap air yang terdapat pada adsorben karbon aktif. Setelah kondisi vakum, kemudian semua katup ditutup.
4. Pada gelas ukur diisi refrigeran. Pengujian pertama menggunakan amonia dengan adsoeber menggunakan baut, pengujian kedua menggunakan adsorber

tanpa baut. Kemudian lampu alat penguji kapasitas adsorpsi dimatikan. Data tekanan, temperatur adsorber dan gelas ukur akan otomatis tersimpan pada Pace XR5 Data Logger dalam bentuk Notepad yang kemudian dapat di transfer dalam bentuk grafik dan dalam bentuk microspop xl.

5. Kemudian gelas ukur dimasukkan ke dalam kotak styrofoam dan pada styrofoam diisikan es sebanyak 5 kg. Hal ini bertujuan untuk melihat berapa refrigeran yang dapat diserap oleh karbon aktif dengan kondisi bagian luarnya sudah menjadi es. Karena gelas ukur nantinya akan digantikan fungsinya oleh evaporator pada mesin pendingin siklus adsorpsi tenaga surya.
6. Katup antara adsorber dan gelas ukur dibuka untuk memulai proses adsorpsi (pukul 16.30 WIB sampai keesokan harinya pukul 9.30 WIB). Temperatur adsorber akan turun seiring dengan turunnya temperatur lingkungan. Pada malam hari dengan turunnya temperatur adsorber, maka alumina aktif akan menyerap refrigeran sehingga refrigeran akan menguap dan naik ke adsorben alumina aktif. Tekanan adsorpsi dicatat setiap jamnya.
7. Proses desorpsi mulai pukul 9.30 WIB sampai dengan pukul 16.30 WIB dengan menyalakan lampu pemanas alat penguji kapasitas adsorpsi (1000 W). Seiring dengan naiknya temperatur adsorber maka refrigeran akan menguap dari adsorben alumina aktif dan masuk ke gelas ukur dalam fasa cair.

#### 4. Analisa Data Hasil Pengujian

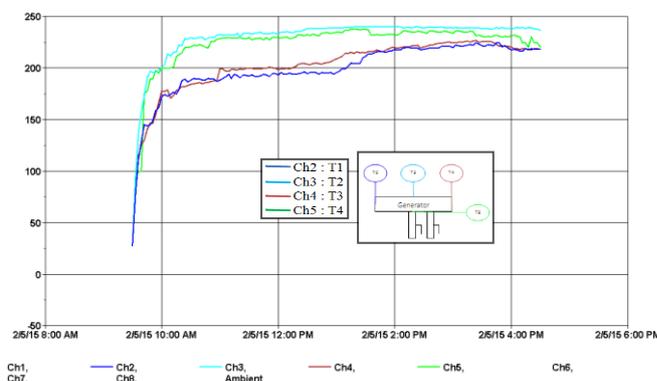
Data yang diambil dari pengujian adalah data temperatur adsorber, data temperatur gelas ukur, kapasitas adsorpsi dari adsorben alumina aktif terhadap refrigerant dan juga tekanan dalam alat uji kapasitas adsorpsi.

#### Data Pemakuman Alat Penguji Kapasitas Adsorpsi

Pengujian kapasitas refrigeran amonia yang teradsorpsi. Pada pengujian ini adsorber di kenakan fin dan tanpa dikenakan fin dengan gelas ukur diisolasi. Adsorber mulai dipanaskan mulai pukul 09.30 WIB sampai dengan pukul 16.30 WIB dengan menggunakan lampu pemanas alat uji kapasitas adsorpsi. Kemudian pada pukul 16.30 WIB dilakukan pemvakuman alat pengujian kapasitas adsorpsi dengan menggunakan pompa vakum. Pemvakuman dilakukan untuk mengeluarkan partikel-partikel pengotor dan uap air. Perhatikan gambar grafik berikut.

#### Adsorber Menggunakan Fin

- Grafik Temperatur Adsorber vs Waktu



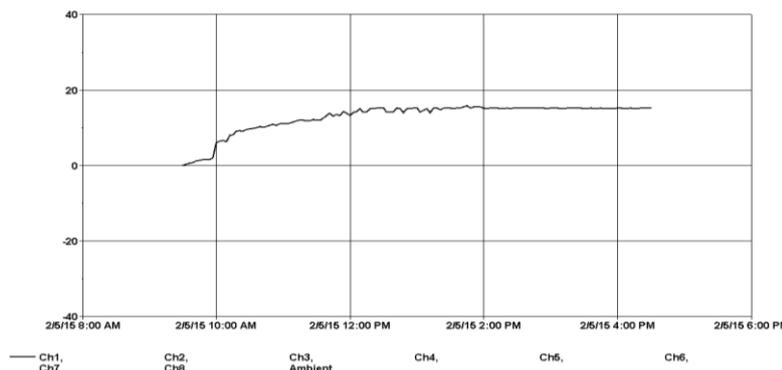
Gambar 4.2 Grafik Temperatur vs Waktu Pemvakuman Alat Penguji Adsorpsi (amonia) menggunakan Fin

Data-data temperatur pada adsorber dan gelas ukur saat pemvakuman adalah seperti berikut ini.

Temperatur awal percobaan pada adsorber adalah 27.7°C. Temperatur maksimum adsorber yang dapat dicapai ketika pemanasan adalah 240.05°C yaitu berada titik 3 *thermocouple*.

Temperatur rata-rata adsorber bagian atas pada proses pemvakuman adalah 210.11°C. Temperatur pada titik channel 5 (adsorber bawah), temperature maksimum adsorber bagian bawah ( $T_b$ ) adalah adalah 239.70 °C.

- Grafik Tekanan Vs Waktu

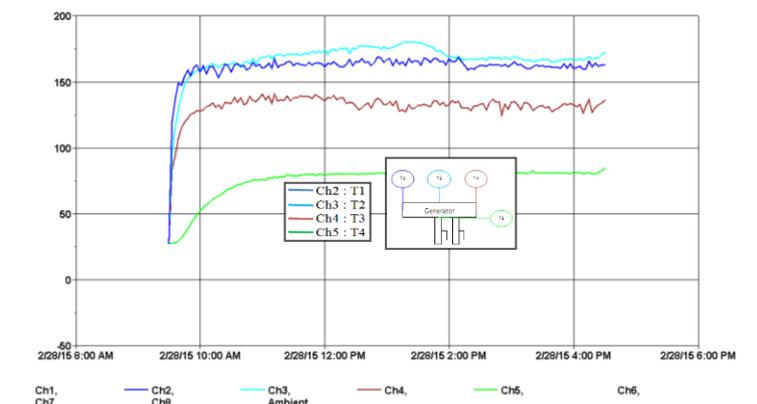


Gambar 4.4 Grafik Tekana vs Waktu

Tekanan maximum yang dapat dicapai pada porses pemanasan awal yaitu 15.79 Psi. Tekanan rata-rata pada proses pemanasan awal adalah 12.76 Psi.

**Adsorber tidak menggunakan fin**

- Grafik Temperatur Adsorsi vs Waktu

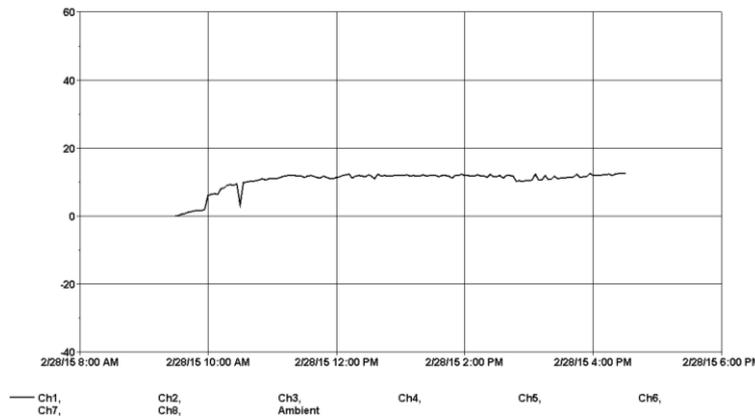


Gambar 4.5 Grafik Temperatur vs Waktu Pemvakuman Alat Penguji Adsorpsi (Amonia) tanpa fin

Data-data temperatur pada adsorber saat pemvakuman adalah seperti berikut ini. Temperatur awal percobaan pada adsorber adalah 27.7°C. Temperatur maksimum adsorber yang dapat dicapai ketika pemanasan adalah 180.02°C yaitu berada titik 3 *thermocouple*.

Temperatur rata-rata adsorber bagian atas pada proses pemvakuman adalah 153.18°C. Temperatur pada titik channel 5 (adsorber bawah), temperature maksimum adsorber bagian bawah ( $T_b$ ) adalah adalah 84.4°C.

- Grafik Tekanan vs Waktu



Gambar 4.7 Grafik Tekana vs Waktu

Tekanan maximum yang dapat dicapai pada porses pemanasan awal yaitu 12.48 Psi. Tekanan rata-rata pada proses pemanasan awal adalah 10.46 Psi.

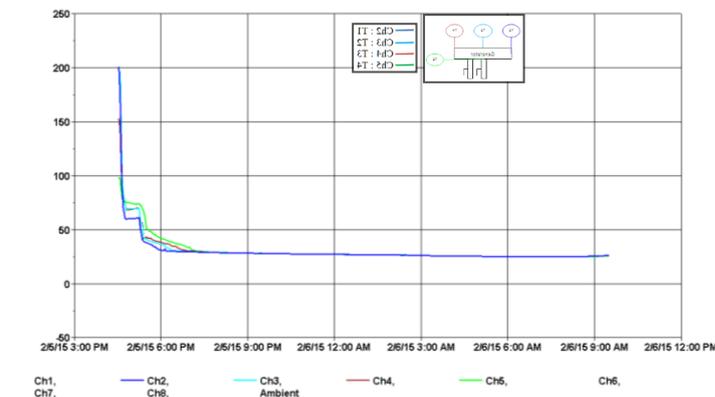
**Data Pengujian Adsrobsi Amonia**

Adsorpsi dimulai pada pukul 16.30 WIB setelah selesai proses pemanasan dan pemvakuman dan selasai pada pukul 09.30 WIB. Pada pengujian ini gelas ukur diisolasi, sehingga temperatur lingkungan tidak berpengaruh terhadap gelas ukur.

Adapun data-data pada adsorber dan gelas ukur seperti temperatur, tekanan, volume refrigeran yang terserap (adsorpsi) oleh 1 kg adsorben alumina aktif adalah sebagai berikut ini.

**Adsorber Menggunakan Fin**

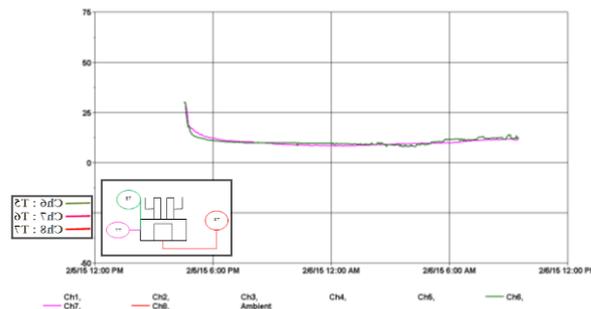
- Grafik temperature Adsorber vs waktu



Gambar 4.8 Grafik Temperatur vs Waktu Adsorpsi Alat Penguji Adsorpsi (amonia) menggunakan fin

Temperatur terendah yang dapat dicapai pada adsorber yaitu 24.7 °C.

- Grafik Tem Gelas Ukur vs Waktu



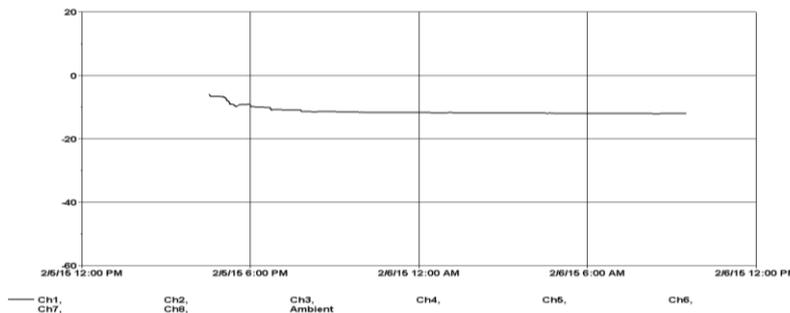
Gambar 4.9 Grafik Temperatur vs Waktu Adsorpsi Gelas Ukur Refrigerant (amonia)

Temperatur terendah yang dapat dicapai pada gelas ukur yaitu 8°C.

Temperatur rata-rata pada gelas diisolasi menggunakan baut pada proses adsorpsi  $T_G$  adalah 11.09°C

Pada proses adsorpsi ini, volume refrigeran amonia yang mampu diserap oleh alumina aktif 1 kg beserta baut adalah sebanyak 300 mL.

- Grafik Tekanan Vs Waktu

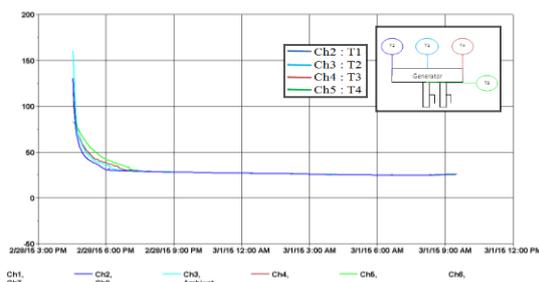


Gambar 4.10 Grafik Tekana vs Waktu

Tekanan minimum yang dapat dicapai pada porses adsorpsi yaitu -12.10 Psi. Tekanan rata-rata pada proses pemanasan awal adalah -11.36 Psi.

**Adsorber Tanpa Menggunakan Fin**

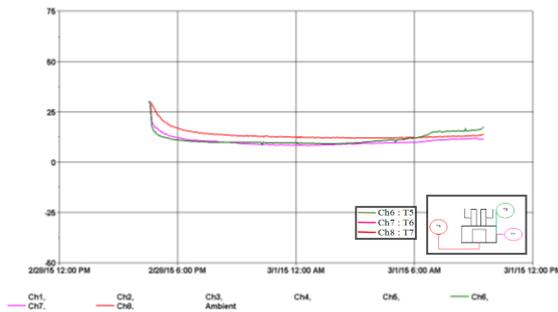
- Grafik Temperatur Adsorber vs Waktu



Gambar 4.11 Grafik Temperatur vs Waktu Adsorpsi Alat Penguji Adsorpsi (amonia) tanpa fin

Temperatur terendah yang dapat dicapai pada adsorber terjadi yaitu 25°C. Temperature rata – rata pada pengujian adsorber tanpa menggunakan fin adalah 29.13 °C.

- Grafik Temperatur Gelas Ukur vs Waktu



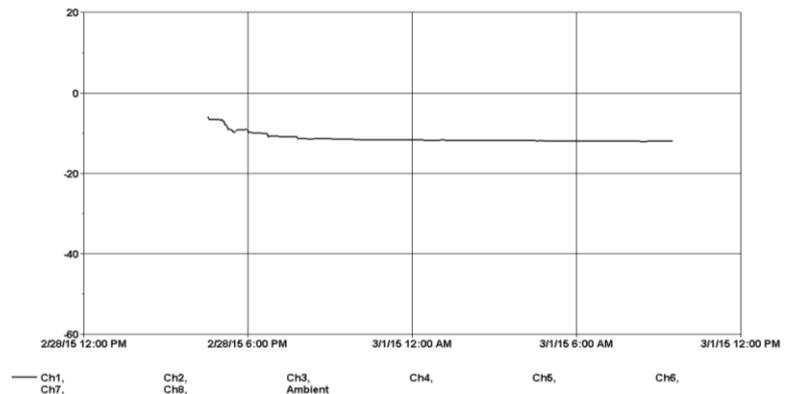
Gambar 4.12 Grafik Temperatur vs Waktu Adsorpsi Gelas Ukur Refrigerant (amonia)

Temperatur terendah yang dapat dicapai pada gelas ukur yaitu 8.29°C.

Temperatur rata-rata pada gelas diisolasi menggunakan fin pada proses adsorpsi  $T_G$  adalah 11.79°C

Pada proses adsorpsi ini, volume refrigeran amonia yang mampu diserap oleh alumina aktif 1 kg adalah sebanyak 220 mL.

- Grafik Tekanan Vs Waktu



Gambar 4.13 Grafik Tekana vs Waktu

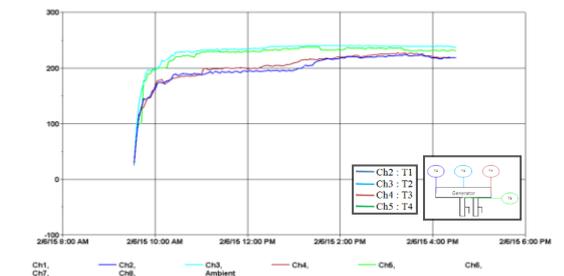
Tekanan minimum yang dapat dicapai pada porses adsorpsi yaitu -12.10 Psi. Tekanan rata-rata pada proses pemanasan awal adalah -11.36 Psi.

**Data Pengujian Desropsi Amonia**

Setelah proses adsorpsi maka selanjutnya adsorben alumina aktif yang mengandung refrigeran (adsorbat) dipanaskan menggunakan lampu halogen 1000 W pada alat penguji kapasitas adsorpsi. Refrigeran yang terserap adsorben alumina aktif akan keluar dan masuk ke dalam gelas ukur. Volume refrigeran yang masuk ke dalam gelas ukur akan dicatat sebagai kapasitas desorpsi. Berikut ditampilkan grafik dan data-data desorpsi pada masing-masing refrigeran.

**Adsorber Menggunakan Fin**

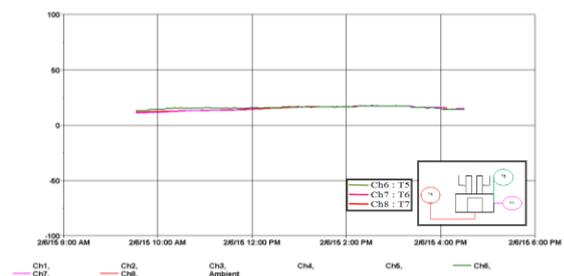
- Grafik Temperatur Adsorber vs Waktu



Gambar 4.14 Grafik Temperatur vs Waktu Desorpsi Alat Penguji Adsorpsi (amonia) menggunakan fin

Temperatur maksimum yang dapat dicapai pada adsorber ketika dilakukan pemanasan adalah 239.99 °C. Temperatur rata-rata yang diperoleh pada adsorber pada proses desorpsi adalah 225.61°C. Temperature maximum adsorber bagian bawah adalah 239.70 °C.

- Grafik Temperatur Gelas Ukur vs Waktu



Gambar 4.15 Grafik Temperatur vs Waktu Desorpsi Gelas Ukur Refrigerant (amonia)

Temperatur pada gelas ukur berangsur-angsur meningkat seperti terlihat pada gambar di atas. Temperatur maksimum yang dicapai oleh gelas ukur adalah 17.9°C, dan temperature rata-rata gelas ukur adalah 15.35 °C.

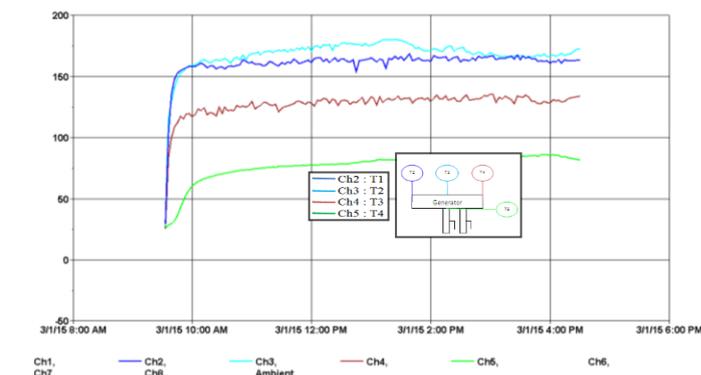
Pada gelas ukur dapat dilihat jumlah volume amonia yang kembali pada proses desorpsi. Volume amonia yang kembali setelah dilakukan pemanas dari pukul 09.30 WIB sampai dengan jam 16.30 WIB ke gelas ukur adalah sebanyak 300 mL.

Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa 1 kg alumina aktif menggunakan fin mampu menyerap/mengadsorpsi amonia sebanyak 300 mL dengan gelas ukur diisolasi. Semua amonia kembali ke gelas ukur pada proses desorpsi yaitu 300 mL.

Jadi massa alumina aktif 1 kg dengan menggunakan baut dapat menyerap (adsorpsi) dan melepaskan (desorpsi) adalah **1 kg alumina aktif banding 300 mL amonia**.

**Adsorber Tidak menggunakan Fin**

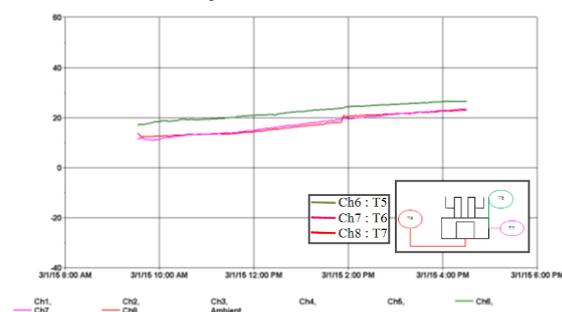
- Grafik Temperatur Adsorber vs Waktu



Gambar 4.17 Grafik Temperatur vs Waktu Desorpsi Alat Penguji Adsorpsi (amonia) tanpa menggunakan fin

Temperatur maksimum yang dapat dicapai pada adsorber ketika dilakukan pemanasan adalah 180.15°C. Temperatur rata-rata yang diperoleh pada adsorber pada proses desorpsi adalah 151.96°C. Temperature maximum adsorber bagian bawah adalah 86.14°C.

- Grafik Temperatur Gelas Ukur vs Waktu



Gambar 4.18 Grafik Temperatur vs Waktu Desorpsi Gelas Ukur Refrigerant (amonia)

Temperatur pada gelas ukur berangsur-angsur meningkat seperti terlihat pada gambar di atas. Temperatur maksimum yang dicapai oleh gelas ukur adalah 26.42 °C, dan temperature rata-rata gelas ukur adalah 18.89 °C.

Pada gelas ukur dapat dilihat jumlah volume amonia yang kembali pada proses desorpsi. Volume amonia yang kembali setelah dilakukan pemanas dari pukul 09.30 WIB sampai dengan jam 16.30 WIB ke gelas ukur adalah sebanyak 220 mL.

Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa 1 kg alumina aktif tanpa fin mampu menyerap/mengadsorpsi amonia sebanyak 220 mL dengan gelas ukur diisolasi. Semua amonia kembali ke gelas ukur pada proses desorpsi yaitu 220 mL.

Jadi massa alumina aktif 1 kg dengan tanpa fin dapat menyerap (adsorpsi) dan melepaskan (desorpsi) adalah **1 kg alumina aktif banding 220 mL amonia**.

**Kesimpulan**

Dari hasil penelitian dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Energi adsorpsi dari alumina aktif selama proses adsorpsi pada pengujian masing-masing refrigeran berlangsung selama 17 jam (mulai jam 16.30 WIB sampai dengan pukul 09.30 WIB pada keesokan harinya).
  - Alumina Aktif dengan adsorber menggunakan fin energy adsorpsinya adalah 471,07 J/mol

- Alumina Aktif dengan adsorber tidak menggunakan fin energy adsorpsinya adalah 378,17 J/mol
2. Adsorpsi pada pengujian masing-masing refrigeran berlangsung selama 17 jam (mulai jam 16.30 WIB sampai dengan pukul 09.30 WIB pada keesokan harinya).  
Desorpsi pada pengujian masing-masing refrigeran berlangsung selama 7 jam (mulai pukul 09.30 WIB sampai dengan pukul 16.30 WIB). hasil/data dari proses adsorpsi:
    - Gelas ukur diisolasi dengan styrofoam (dengan menggunakan fin)
      - a. Volume refrigeran amonia yang dapat diserap (adsorpsi) sama dengan volume refrigeran amonia yang keluar dari alumina aktif dengan menggunakan baut (proses desorpsi) yaitu sebesar 300 mL.
    - Gelas ukur diisolasi dengan styrofoam (tidak menggunakan fin)
      - b. Volume refrigeran amonia yang dapat diserap (adsorpsi) sama dengan volume refrigeran amonial yang keluar dari alumina aktif tidak menggunakan fin (proses desorpsi) yaitu sebesar 220 mL.
  3. Efisiensi kolektor
    - a. Efisiensi kolektor dengan menggunakan baut **37,13 %**
    - b. Efisiensi kolektor tidak menggunakan baut **21,21 %**
  4. Efisiensi Gelas Ukur
    - a. Efisiensi gelas ukur pada pengujian dengan kondisi diisolasi Styrofoam dengan menggunakan fin adalah **20,94 %**
    - b. Efisiensi gelas ukur pada pengujian dengan kondisi diisolasi styrofoam tidak menggunakan fin adalah **27,11 %**
  5. Dalam percobaan ini jumlah refrigeran yang diserap lebih maksimal dari percobaan sebelumnya, hal ini dikarenakan penyerapan panas di dalam adsorber lebih maksimal karena adanya penggunaan fin (baut).

### Saran

Saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Pengelasan pada alat pengujian harus bagus tujuannya supaya tidak ada kobocoran pada pengujian.
2. Pengikat kawat kasa harus kuat tujuannya supaya alumina aktif tidak keluar dari katup.
3. Untuk proses adsorpsi yang lebih efektif, sebaiknya ditambahkan katup ekspansi untuk menurunkan tekanan.
4. Pada gelas ukur dipilih bahan yang memiliki konduktivitas tinggi dan diusakan permukaannya luas sehingga baik pertukaran panasnya.
5. Menggunakan selang antara adsorben dengan gelas ukur jangan terlalu panjang agar mempermudah proses adsorpsi dan desorpsi dengan baik.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASHARAE.1997. *ASHRAE HANDBOOK 1997, Fundamentals*, Atlanta,GA
- [2] Ambarita, Himsar. 2012. *Buku Kuliah Teknik Pendingin & Pengkondisian Udara*. Medan
- [3] Sitorus T.B., Napitupulu F.H. & Ambarita H. 2016. *International Journal of Technology, IJTech Journal*, Vol. 7 Issue 5, pp. 910-920.
- [4] Ambarita, Himsar. 2011. *Buku Kuliah Perpindahan Panas Konveksi dan Pengantar Alat Penukar Kalor*. Medan
- [5] Tulus B. Sitorus, Farel H. Napitupulu, Himsar Ambarita. 2017. *J. Eng. Technol. Sci.*, Vol. 49, No. 5, 657-670.

- [6] Critoph, Bop. Introduction to heat driven (adsorption) cycles. The University of Warwick
- [7] Cengel, Yunus. 2006. *Heat and Mass Transfer: A Practical Approach*, 2<sup>nd</sup>., McGraw-Hill
- [8] Damanik, Masrin. 2011. *Kajian Ekperimental Untuk Mesin Pendingin Siklus Adsorpsi yang Digerakkan Energi Surya*. USU
- [9] Holman, J. P. 1986. *Heat Transfer*. Sixth Edition. McGraw-Hill Book. USA
- [10] Incropera, F.P., DeWit, Bergan, Lavine. 2006. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 6<sup>th</sup> edition.
- [11] Jhon H. Lienhard. 2006. *A Heat Transfer Textbook*. Phlogiston Press : Cambridge, Massachusetts, USA
- [12] T. B. Sitorus, F. H. Napitupulu, H. Ambarita, T. G. Manik. TAE 2016 - Proceedings of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2016.
- [13] L.W. Wang, dkk. 2003. Study of the Performance of actived carbon-Methanol adsorption system concerning heat and mass transfer. *Journal of Applied Thermal Engineering*. China
- [14] L. W Wang, dkk. The Performance of Two Adsorption Ice Making Test Units Using Actived Carbon and a Carbon Composite as Adsorbents. *Journal of Applied Thermal Engineering*. China.
- [15] Purba, Jhon. 2012. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CYLINDER*. Volume 1. Unika Atma Jaya: Jakarta