

PENGARUH ALAT EKSPANSI TERHADAP TEMPERATUR DAN TEKANAN PADA MESIN PENDINGIN SIKLUS KOMPRESI UAP

Boby Hary Hartanto¹, Azridjal Aziz²

Laboratorium Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpangbaru, Pekanbaru 28293

¹boby_haryhartanto@yahoo.com, ²azridjal.aziz@gmail.com

Abstract

At this time the more widespread use of engine cooling of homes, offices, hotels, cars, hospitals, and industries. The use of engine cooling capacity varies from small to large. Engine cooling is the most widely used today is the engine cooling operating with vapor compression cycle. One of the basic components that operate the engine cooling vapor compression cycle is the expansion tools. The usefulness of the expansion tools is to reduce the pressure expansion of liquid refrigerant from the condenser exit and regulating the flow of refrigerant into the evaporator entrance. Expansion tools will regulate the flow of refrigerant can be manual or automatic. For optimal cooling requirements, it is important to determine the effect of expansion tools with temperature and pressure of the vapor compression engine cooling cycle is. The test using a thermostatic valve is more efficient compared with the capillary tube, this is due to the use of the thermostatic valve will provide temperature and working pressure lower than the capillary tube, so that the process will lead to greater heat absorption and compressor work will be lighter so the power consumption will be becomes smaller.

Keywords :expansion tools, capillary tube, thermostatic expansion valve, refrigerant

1. Pendahuluan

Teknologi mesin pendingin saat ini sangat mempengaruhi kehidupan dunia modern, tidak hanya terbatas untuk peningkatan kualitas dan kenyamanan hidup, namun juga sudah menyentuh hal-hal esensial penunjang kehidupan manusia [1].

Mesin pendingin adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari dalam ruangan ke luar ruangan. Mesin pendingin yang paling banyak digunakan saat ini adalah mesin pendingin yang beroperasi dengan siklus kompresi uap (SKU). Mesin pendingin siklus kompresi uap memiliki empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, evaporator dan alat ekspansi.

Proses penyerapan kalor terjadi di evaporator, cairan refrigeran (zat/fluida pendingin) di dalam evaporator yang berada pada temperatur dan tekanan

rendah akan mengambil atau menyerap kalor dari ruangan, sehingga refrigeran yang berubah fasa menjadi uap menurunkan temperatur ruangan. Uap refrigeran pada temperatur dan tekanan rendah kemudian dihisap oleh kompresor sehingga temperatur dan tekanannya naik. Kalor dari uap refrigeran yang tekanan dan temperturnya naik, kemudian dibuang ke luar ruangan/lingkungan di kondensor, sehingga uap refrigeran akan mengembun (kondensasi) menjadi cairan. Agar proses pendinginan dapat berlangsung, maka cairan refrigeran yang bertemperatur dan tekanan tinggi di kondensor perlu diturunkan temperatur dan tekanannya agar penyerapan kalor dapat berlangsung kembali. Sebuah alat ekspansi yang dipasang setelah kondensor akan menyebabkan temperatur dan tekanan cairan refrigeran turun sehingga panas ruangan akan diserap atau diambil kembali oleh cairan refrigeran di evaporator.

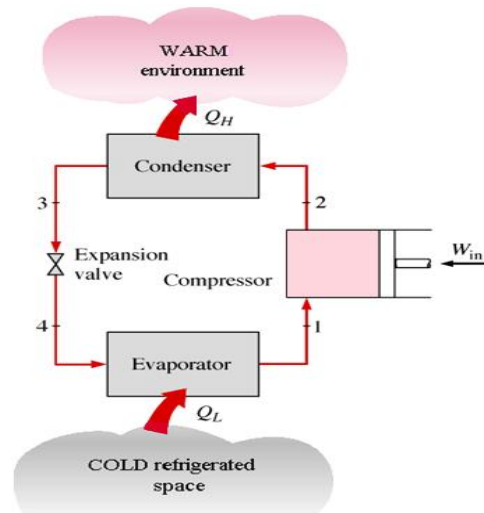
Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui pengaruh alat ekspansi, yaitu jenis pipa kapiler dan jenis katup ekspansi termostatik (KET) pada mesin pendingin siklus kompresi uap terhadap perubahan temperatur dan tekanan yang mungkin terjadi pada sistem pendingin sehingga juga ikut mempengaruhi peformansi dari mesin pendingin siklus kompresi uap tersebut.

Azridjal aziz (2013) telah melakukan kajian terhadap komparasi katup ekspansi termostatik dan pipa kapiler terhadap temperatur dan tekanan mesin pendingin [2].

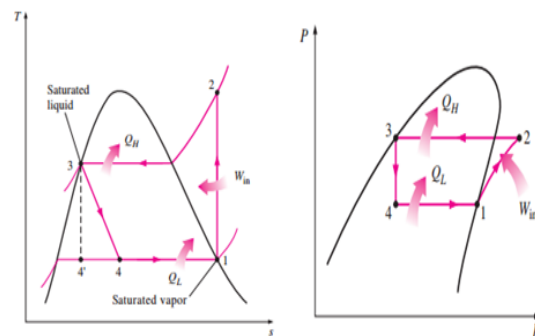
2. Tinjauan Pustaka

2.1 Siklus Kompresi Uap

Pada siklus kompresi uap standar, di evaporator refrigeran akan menyerap panas dari dalam ruangan sehingga panas tersebut akan menguapkan refrigeran. Skema system refrigerasi uap dapat dilihat pada gambar 1 Kemudian uap refrigeran akan dikompres oleh kompresor hingga temperatur dan tekanannya naik, kemudian uap refrigeran didorong masuk ke kondensor, di dalam kondensor uap refrigeran dikondensasikan dengan cara membuang panas dari uap refrigeran ke lingkungannya. Di dalam kondensor, energi kalor yang dibawa oleh uap refrigeran dilepaskan dan diterima oleh medium pendinginnya (*udara*). Refrigeran cair dari kondensor selanjutnya akan diterima oleh katup ekspansi dan dialirkan lagi masuk ke evaporator. Pada katup ekspansi ini tekanan refrigeran yang masuk ke evaporator diturunkan. Penurunan tekanan ini disesuaikan dengan kondisi yang diinginkan, sehingga refrigeran tersebut dapat menyerap cukup banyak kalor dari evaporator. Dalam diagram T-s dan P-h siklus kompresi uap ideal dapat dilihat dalam gambar 2 berikut ini.



Gambar 1 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap [3]



Gambar 2 Diagram T-s dan P – h Siklus Kompresi Uap[3]

Proses-proses yang terjadi pada siklus kompresi uap seperti pada gambar 2 diatas adalah sebagai berikut:

a. Proses kompresi (1-2)

Proses ini dilakukan oleh kompresor dan berlangsung secara isentropik. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk ke dalam kompresor adalah uap jenuh bertekanan rendah, setelah mengalami kompresi refrigeran akan menjadi uap bertekanan tinggi. Karena proses ini berlangsung secara isentropik, maka temperatur ke luar kompresor pun meningkat.

b. Proses kondensasi (2-3)

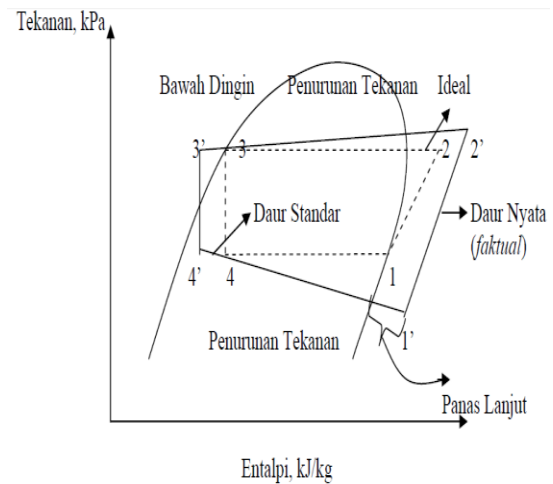
Proses ini berlangsung didalam kondensor. Refrigeran yang bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi yang berasal dari kompresor akan membuang kalor sehingga fasanya berubah menjadi cair. Hal ini berarti bahwa di dalam kondensor terjadi pertukaran kalor antara refrigeran dengan lingkungannya (udara), sehingga panas berpindah dari refrigeran ke udara pendingin yang menyebabkan uap refrigeran mengembun menjadi cair.

c. Proses ekspansi (3-4)

Proses ekspansi ini berlangsung secara isoentalpi. Hal ini berarti tidak terjadi perubahan entalpi tetapi terjadi drop tekanan dan penurunan temperatur

d. Proses evaporasi (4-1)

Proses ini berlangsung secara *isobar isothermal* (tekanan konstan, temperatur konstan) di dalam evaporator. Panas dari dalam ruangan akan diserap oleh cairan refrigeran yang bertekanan rendah sehingga refrigeran berubah fasa menjadi uap bertekanan rendah. Perbedaan yang penting antara daur nyata (aktual) dan standar terletak pada penurunan tekanan di dalam kondenser dan evaporator. Daur standar dianggap tidak mengalami penurunan tekanan pada kondensor dan evaporator, tetapi pada daur nyata terjadi penurunan tekanan karena adanya gesekan antara refrigeran dengan dinding pipa (friksi). Akibat dari penurunan tekanan ini, kompresi pada titik 1 dan titik 2 memerlukan kerja lebih banyak dibandingkan dengan daur standar. Prosesnya dapat dilihat seperti gambar 3.



Gambar 3 Daur Kompresi Uap Nyata Dibanding Daur Standar.[6]

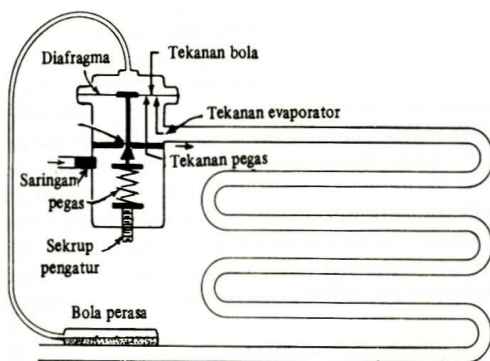
Salah satu elemen dasar dalam siklus refrigerasi uap adalah alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua fungsi yaitu menurunkan tekanan refrigeran dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Secara umum ada dua jenis alat ekspansi yang biasa digunakan yaitu pipa kapiler dan katup ekspansi (*expansion valve*).

Pipa Katup ekspansi yang umum digunakan untuk sistem refrigerasi rumah tangga adalah pipa kapiler. Pipa kapiler adalah pipa tembaga dengan diameter lubang kecil dan panjang tertentu. Besarnya tekanan pipa kapiler bergantung pada ukuran diameter lubang dan panjang pipa kapiler. Pipa kapiler diantara kondensor dan evaporator Refrigeran yang melalui pipa kapiler akan mulai menguap. Selanjutnya berlangsung proses penguapan yang sesungguhnya di evaporator. Jika refrigeran mengandung uap air, maka uap air akan membeku dan menyumbat pipa kapiler. Agar kotoran tidak menyumbat pipa kapiler, maka pada saluran masuk pipa kapiler dipasang saringan yang disebut strainer.

Ukuran diameter dan panjang pipa kapiler dibuat sedemikian rupa, sehingga refrigeran cair harus menguap pada akhir evaporator. Jumlah refrigeran yang berada dalam sistem juga menentukan sejauh mana refrigeran di dalam evaporator

berhenti menguap, sehingga pengisian refrigeran harus cukup agar dapat menguap sampai ujung evaporator.

Katup Ekspansi Termostatik (*Thermostatic Expansion Valve*) merupakan alat pengatur refrigeran yang paling banyak dipakai untuk sistem pendinginan. Katup ekspansi tersebut dapat mengatur jumlah refrigeran yang mengalir dalam evaporator sesuai dengan beban evaporator yang maksimum pada setiap keadaan beban evaporator yang berubah-ubah. Katup ekspansi termostatik dapat mempertahankan uap panas lanjut yang konstan. Katup ekspansi tersebut tidak mengatur tekanan dan temperatur dalam evaporator, tetapi mengontrol jumlah refrigeran yang mengalir masuk dalam evaporator. Refrigeran yang mengalir melalui katup ekspansi termostatik lalu pada evaporator, selain dikontrol oleh tekanan rendah dalam evaporator, juga oleh temperatur dan tekanan pada akhir evaporator. Seperti terlihat di gambar 4,

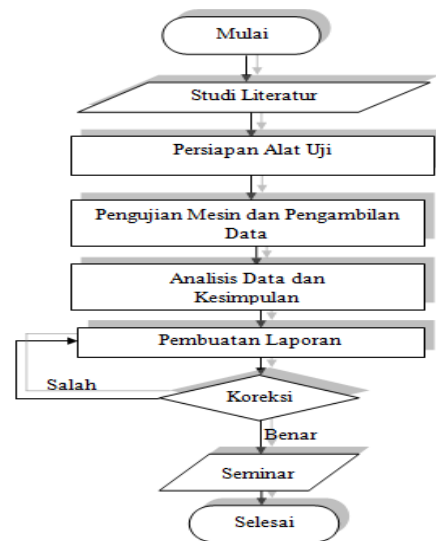


Gambar 4 Bagian-Bagian Katup Ekspansi Termostatik. [6]

Untuk menyatakan uniuik kerja dari suatu siklus kompresi uap yang diperhatikan adalah [4] dampak refrigerasi, laju pelepasan kalor, kerja kompresi, *Coefficient Of Peformance* (COP).

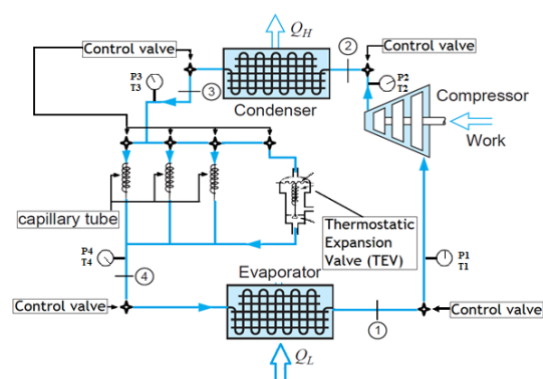
3. Metode

Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap yang dapat dilihat pada gambar diagram alir penelitian



Gambar 5 Diagram Alir Penelitian

Pengujian dilakukan untuk masing-masing katup ekspansi dengan kondisi *cold box* evaporator dalam keadaan tertutup. Diagram skematik fasilitas pengujian mesin pendingin yang digunakan dapat dilihat pada gambar 7



Gambar 6 Diagram Skematik Fasilitas Pengujian Mesin Pendingin [5]

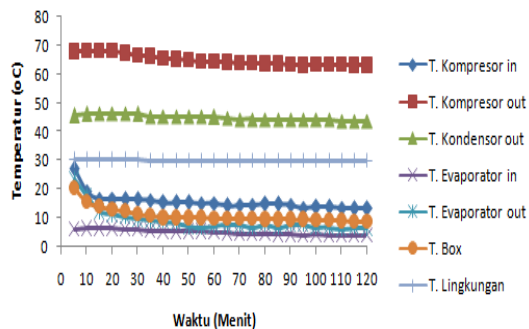
Metode yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan metode eksperimental untuk menguji sebuah mesin pendingin yang menggunakan alat ekspansi termostatik dan pipa kapiler.

Untuk pengujian pipa kapiler (*Capillary valve*) maka katup aliran refrigeran ke katup ekspansi termostatik (*Thermostatic Expansion Valve*) ditutup, sebaliknya jika pengujian menggunakan katup ekspansi termostatik (*Thermostatic Expansion Valve*) maka katup aliran

refrigeran ke pipa kapiler (*Capillary valve*) ditutup. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit sekali selama 120 menit.

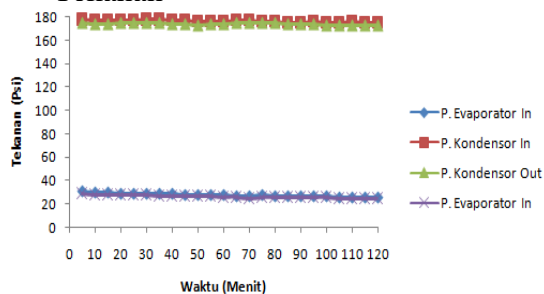
4. Hasil Dan Pembahasan

- a. Pipa kapiler 1,25 m
- Temperatur



Gambar 7 Grafik temperatur hasil pengujian

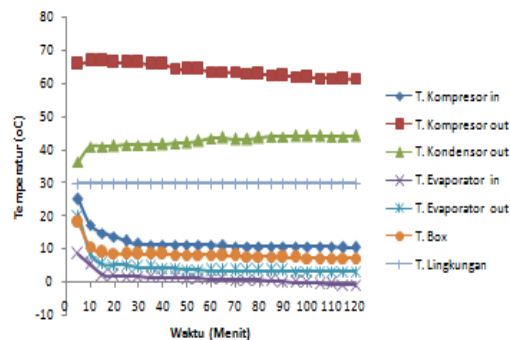
- Tekanan



Gambar 8 Grafik tekanan hasil pengujian

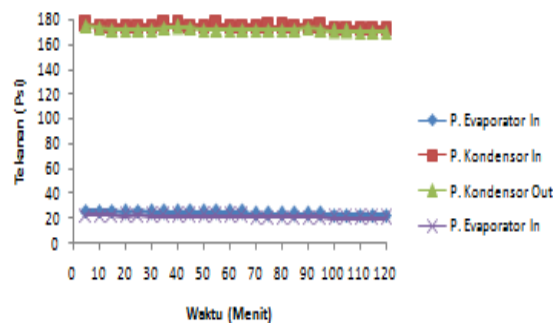
Dari gambar grafik temperatur hasil pengujian didapatkan temperatur rata-rata pada kompresor *in* dan *out* yaitu 15,63 °C dan 64,92 °C, pada kondensor *out* 44,7 °C, pada evaporator *in* dan *out* yaitu 5,08 °C dan 8,98 °C, dan temperatur rata-rata pada *box* hasil pengujian yaitu 10,93 °C. Sedangkan dari gambar grafik tekanan hasil pengujian didapatkan bahwa tekanan rata-rata evaporator yaitu 27,21 Psi dan tekanan pada kondensor yaitu 175,23 Psi.

- b. Pipa Kapiler 1,5 m
- Temperatur



Gambar 9 Grafik temperatur hasil pengujian

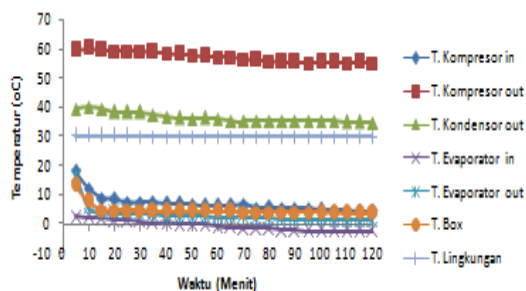
- Tekanan



Gambar 10 Grafik tekanan hasil pengujian

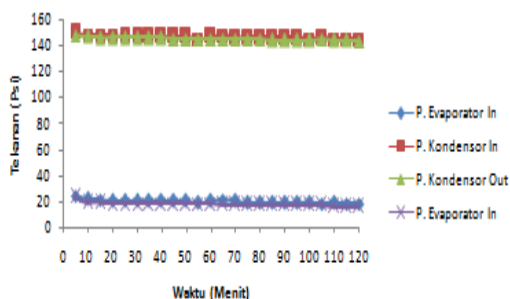
Dari gambar grafik temperatur hasil pengujian didapatkan temperatur rata-rata pada kompresor *in* dan *out* yaitu 12,11 °C dan 63,83 °C, pada kondensor *out* 42,49 °C, pada evaporator *in* dan *out* yaitu 1,19 °C dan 4,69 °C, dan temperatur rata-rata pada *box* hasil pengujian yaitu 8,46 °C. Sedangkan dari gambar grafik tekanan hasil pengujian didapatkan bahwa tekanan rata-rata evaporator yaitu 23 Psi dan tekanan pada kondensor yaitu 173,33 Psi.

c. Pipa Kapiler 2,7 m
- Temperatur



Gambar 11 Grafik temperatur hasil pengujian

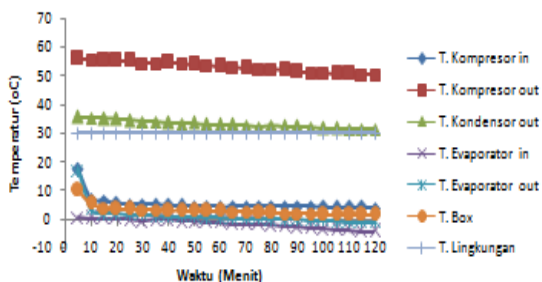
- Tekanan



Gambar 12 Grafik tekanan hasil pengujian

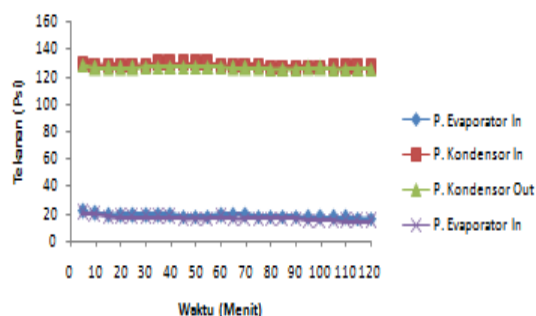
Dari gambar grafik temperatur hasil pengujian didapatkan temperatur rata-rata pada kompresor *in* dan *out* yaitu 7,0 °C dan 57,17 °C, pada kondensor *out* 36,56 °C, pada evaporator *in* dan *out* yaitu -0,5 °C dan 3,11 °C, dan temperatur rata-rata pada *box* hasil pengujian yaitu 4,76 °C. Sedangkan dari gambar grafik tekanan hasil pengujian didapatkan bahwa tekanan rata-rata evaporator yaitu 18,71Psi dan tekanan pada kondensor yaitu 145,85 Psi.

d. Katup Ekspansi Termostatik
- Temperatur



Gambar 13 Grafik temperatur hasil pengujian

- Tekanan



Gambar 14 Grafik tekanan hasil pengujian

Dari gambar grafik temperatur hasil pengujian didapatkan temperatur rata-rata pada kompresor *in* dan *out* yaitu 5,37 °C dan 53,16 °C, pada kondensor *out* 33,19 °C, pada evaporator *in* dan *out* yaitu -1,46 °C dan 1,24 °C, dan temperatur rata-rata pada *box* hasil pengujian yaitu 3,03 °C. Sedangkan dari gambar grafik tekanan hasil pengujian didapatkan bahwa tekanan rata-rata evaporator yaitu 17,27Psi dan tekanan pada kondensor yaitu 126,92 Psi.

5. Simpulan

Temperatur dan tekanan yang dihasilkan pada saat menggunakan KET selalu lebih rendah dibandingkan dengan kenaikan tekanan dan temperatur menggunakan pipa kapiler, sehingga akan menyebabkan kerja kompresor menjadi lebih kecil dan pemakaian arus listrik menjadi lebih kecil. Hasil temperatur dan tekanan menggunakan pipa kapiler 2,7 m selalu lebih rendah dibandingkan dengan pipa kapiler 1,25 m dan 1,5 m. Hal ini terjadi karena semakin panjang pipa kapiler maka akan sering terjadi rugi-rugi aliran refrigeran akibat gesekan dengan dinding-dinding pipa kapiler sehingga temperatur dan tekanannya menurun.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Herdiyanto dan Dede Nasrun yang telah meluangkan waktu dan tenaganya

dalam memodifikasi alat uji dan membantu dalam pengambilan data pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Arora, C. P, *Refrigeration and Air Conditioning*, Mc. Graw-Hill International Edition, 2001.
- [2] Aziz, Azridjal, 2013. *Komparasi Katup Ekspansi Termostatik dan Pipa Kapiler terhadap Temperatur dan Tekanan Mesin Pendingin*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia. Teknologi Oleo Dan Petrokimia Indonesia (SNTK)
- [3] Cengel, A. Yunus & Boles, A. Michael, 2002. *Thermodynamics An Engineering Approach, Fourth Edition*, McGraw-Hill, New York.
- [4] Moran, M.J. & Saphiro, H.N. 1995. *Fundamental of Engineering Thermodynamics*. New york: John Wiley & Sons.
- [5] Sonntag, Richard E, Borgnakke, Claus. 2009. *Fundamentals of Thermodynamics*. John Wiley & Sonse, Inc.
- [6] Stocker, Wilbert F. dan Jerold W., Jones. 1987. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Edisi Kedua, Erlangga.