

Komparasi Katup Ekspansi Termostatik dan Pipa Kapiler terhadap Temperatur dan Tekanan Mesin Pendingin

Azridjal Aziz

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293
azridjal@yahoo.com

Abstrak

Salah satu komponen dasar mesin pendingin yang beroperasi dengan siklus kompresi uap (SKU) adalah alat ekspansi. Kegunaan alat ekspansi adalah untuk menurunkan tekanan refrigeran cair yang keluar dari kondensator dan mengatur aliran refrigeran tersebut masuk ke evaporator. Alat ekspansi jenis pipa kapiler adalah sebuah pipa panjang dengan diameter yang kecil dan bervariasi antara 1 m hingga 6 m dengan diameter dalam antara 0,5mm sampai 3 mm. Pemilihan panjang dan diameter pipa kapiler tergantung pada daya kompresor yang dipakai, kapasitas pendinginan di evaporator dan jenis refrigeran yang digunakan. sehingga setelah dipilih tidak dapat disetel lagi untuk mengatasi perubahan-perubahan yang mungkin terjadi pada mesin pendingin. Berbeda dengan pipa kapiler, katup ekspansi termostatik (KET) merupakan alat ekspansi berkendali panas lanjut (*superheat*), yang digerakkan oleh besarnya gas panas lanjut hisap yang meninggalkan evaporator. Keseimbangan laju aliran pada katup ekspansi termostatik dan kompresor secara praktis dapat disamakan dengan katup apung. Penggunaan KET akan memberikan tekanan dan temperatur kerja yang lebih rendah dibanding pipa kapiler. Artinya penggunaan KET akan memberikan pendinginan yang lebih baik dibanding penggunaan pipa kapiler.

Kata kunci: pipa kapiler, alat ekspansi, katup ekspansi termostatik, refrigeran

1 Pendahuluan

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, kondensator, alat ekspansi dan evaporator. Pendinginan/refrigerasi merupakan suatu proses penyerapan kalor (panas) dari suatu benda atau ruangan sehingga temperatur benda atau ruangan tersebut turun lebih rendah dari temperatur sekeliling atau lingkungannya.

Proses penyerapan kalor terjadi di evaporator, cairan refrigeran (zat/fluida pendingin) di dalam evaporator yang berada pada temperatur dan tekanan rendah akan mengambil/menyerap panas 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. Panas dari uap refrigeran yang tekanan temperaturnya 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 pengambilan panas 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. Alat ekspansi berfungsi mengekspansikan secara adiabatik cairan refrigeran bertekanan dan bertemperatur tinggi dari kondensor sampai tekanan dan temperaturnya rendah serta mengatur pemasukan refrigeran sesuai dengan beban pendinginan yang dapat dilayani oleh evaporator. Alat ekspansi akan mengatur aliran refrigeran baik secara manual maupun otomatis. Alat ekspansi yang banyak digunakan adalah jenis pipa kapiler dan jenis katup ekspansi termostatik (*Thermostatic Expansion Valve/TEV*).

Alat ekspansi jenis pipa kapiler adalah berupa sebuah pipa panjang yang berdiameter sangat kecil. Kata kapiler adalah kurang tepat digunakan karena tegangan permukaan tidak penting dalam pada penerapan pipa kapiler. Penurunan tekanan dalam pipa kapiler terjadi karena 2 faktor. Pertama, refrigeran harus mampu mengatasi tahanan gesek yang disebabkan oleh dinding tabung, sehingga hal ini menyebabkan beberapa penurunan tekanan. Refrigeran cair yang mengalami evaporasi ke dalam campuran cairan dan uap akan mengurangi tekanannya. Masa jenis uap lebih ringan dari cairan, sehingga masa jenis rata-rata refrigeran akan turun saat mengalir di dalam pipa. Kedua, laju aliran massa dan diameter tabung (termasuk luas) adalah konstan, sehingga kecepatan refrigeran meningkat. Peningkatan kecepatan atau percepatan refrigeran akan mengakibatkan penurunan tekanan. Namun, setelah pipa kapiler dengan diameter dan panjang tertentu dipasang dalam sistem pendingin, laju aliran massa yang melaluinya akan berbeda-beda sedemikian rupa sehingga total penurunan tekanan yang melaluinya cocok dengan perbedaan tekanan antara kondensor dan evaporator. Laju alir massanya benar-benar tergantung pada perbedaan tekanan yang melewatinya, pipa kapiler tidak dapat menyesuaikan dirinya dengan adanya variasi beban efektif (*Refrigeration and Air Conditioning*, 2008).

Katup ekspansi termostatik (KET) adalah katup ekspansi serbaguna dan paling banyak digunakan dalam sistem pendingin. Sebuah KET akan mempertahankan tingkat *superheat* konstan di ujung keluar evaporator, karena itu TEV adalah yang paling efektif untuk evaporator kering dalam mencegah kerusakan kompresor karena refrigeran cair tidak boleh masuk ke kompresor. Pada saat beban pendingin bertambah, cairan refrigeran di evaporator akan menguap lebih banyak, sehingga temperatur *superheat* akan naik. Kenaikan temperatur dari evaporator akan menyebabkan cairan refrigeran yang sama yang terdapat dalam *sensing bulb* akan menguap yang menyebabkan naiknya tekanan. Tekanan ini akan menekan diafragma ke bawah sehingga katup terbuka lebih besar, selanjutnya cairan refrigeran

dari kondensor akan mengalir lebih banyak ke dalam evaporator. Temperatur *superheat* di evaporator akan kembali berubah dan menyesuaikan dengan beban pendinginan (*Refrigeration and Air Conditioning*, 2008).

Suryono, Ahmad Fauzan dan Hoten, Hendri Van, 2009 telah membandingkan penggunaan pipa kapiler dan katup ekspansi pada mesin pendingin, dan menyatakan bahwa kinerja mesin dengan katup ekspansi lebih baik dibanding pipa kapiler. Iskandar, 2010 meneliti karakteristik pipa kapiler dan KET untuk pendingin sistem *water-chiller*, dan menyimpulkan bahwa kinerja pendinginan KET lebih baik dibanding pipa kapiler. Marcinichen, Jackson B. and Melo, Cláudio, 2006, menyatakan bahwa penggunaan katup ekspansi elektronik akan memberikan performansi yang lebih baik dibanding pipa kapiler.

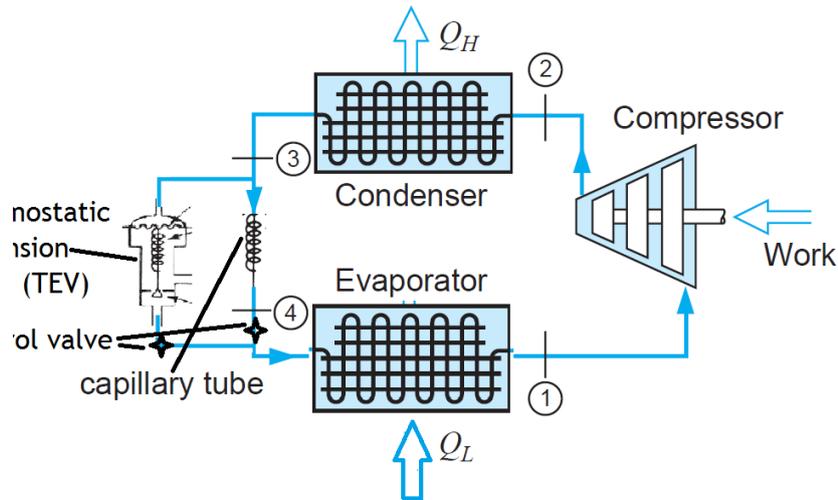
Chennuchetty Chinnaraj, Palanisamy Govindarajan, 2010, telah meneliti kinerja *Window Air Conditioner* dengan berbagai refrigeran menggunakan katup ekspansi elektronik yang lebih ramah lingkungan dan memberikan hasil yang positif, memungkinkan untuk mengganti katup ekspansinya dengan katup ekspansi elektronik. Pengaruh penggunaan refrigeran untuk masa refrigeran yang tidak tepat terhadap kinerja pompa kalor menggunakan katup ekspansi elektronik dan pipa kapiler telah diteliti oleh J.M. Choi, and Y.C. Kim, 2002. Kinerja dari katup ekspansi elektronik dapat ditingkatkan dengan menyetel bukaan katup untuk menjaga *superheat* konstan pada berbagai kondisi pengujian.

Pada penelitian ini dilakukan analisis penggunaan alat ekspansi. Komparasi penggunaan katup ekspansi dengan pipa kapiler dilakukan pada sebuah mesin pendingin untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perubahan temperatur dan tekanan yang mungkin terjadi pada sistem pendingin. Komparasi dilakukan untuk mengetahui alat ekspansi jenis mana yang akan memberikan kinerja yang lebih baik.

2 Metodologi

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan metode eksperimental untuk menguji sebuah mesin pendingin yang menggunakan alat ekspansi KET dan pipa kapiler. Peralatan pengujian terdiri dari satu unit mesin refrigerasi, seperangkat alat ukur (tekanan, temperatur, arus dan tegangan listrik) dan peralatan pendukung. Mesin refrigerasi beroperasi pada siklus kompresi uap dengan daya kompresor 126 W, menggunakan alat ekspansi pipa kapiler panjang 1,22 m dan sebuah KET.

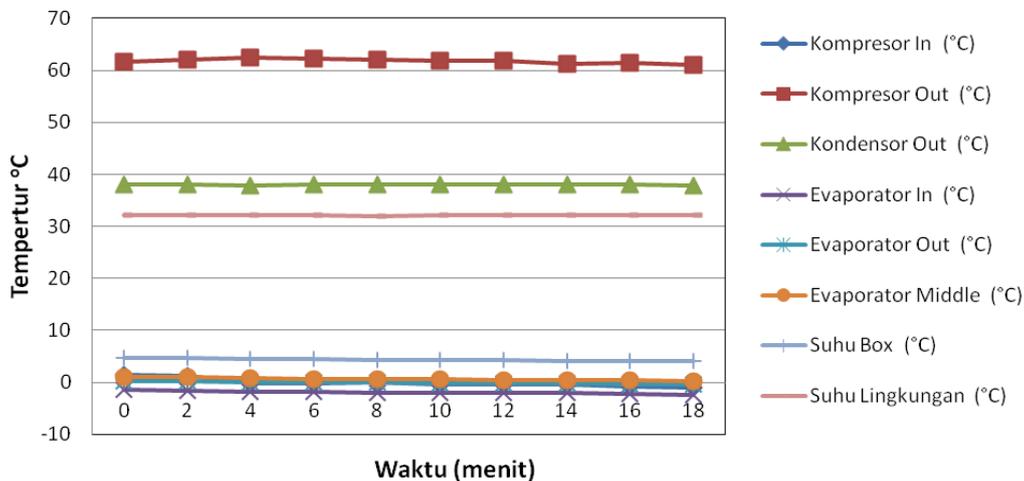
Pengujian dilakukan untuk masing-masing katup ekspansi dengan kondisi *box* pendingin dalam keadaan tertutup. Diagram skematik fasilitas pengujian mesin pendingin yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1. Pada pengujian pipa kapiler maka katup aliran refrigeran ke KET ditutup, sebaliknya jika pengujian menggunakan KET maka katup aliran refrigeran ke pipa kapiler ditutup. Pengambilan data dilakukan pada keadaan stedi.



Gambar 1. Diagram skematik fasilitas pengujian mesin pendingin (diadaptasi dari Sonntag, Richard E. Borgnakke, Claus., 2009)

3 Hasil dan Pembahasan

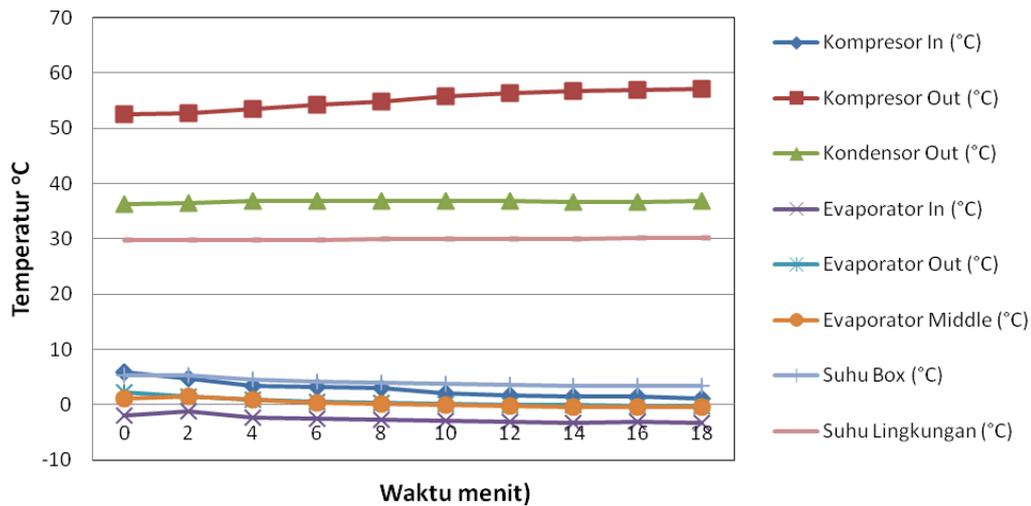
Pengujian dilakukan dengan memvariasikan penggunaan alat ekspansi, yaitu pengujian menggunakan pipa kapiler dan pengujian menggunakan KET. Pada masing-masing variasi pengujian juga dilakukan pengujian dengan atau tanpa penggunaan fan pada evaporator dan fan pada kondensor. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tekanan dan temperatur mesin pendingin.



Gambar 2. Temperatur hasil pengujian pipa kapiler dengan mengaktifkan fan evaporator dan fan kondensor

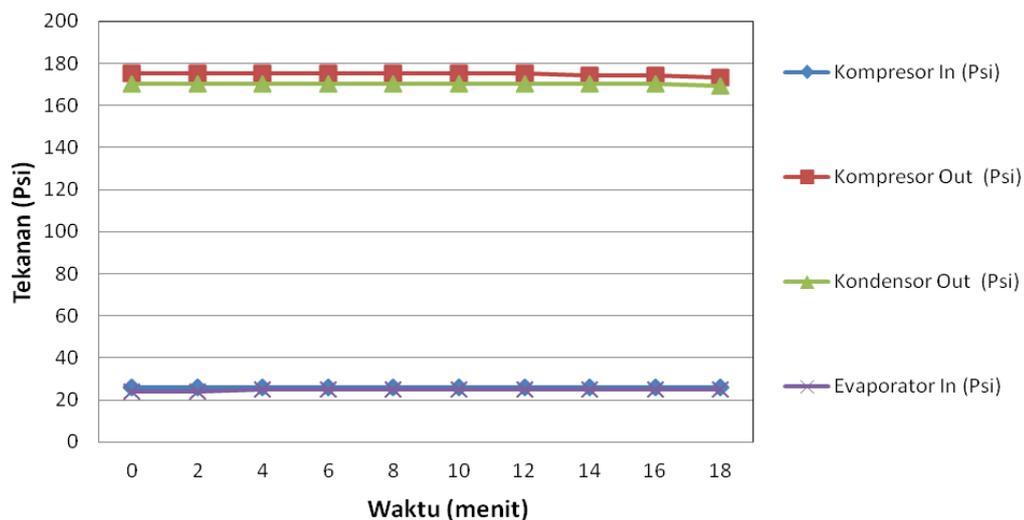
Hasil pengujian temperatur menggunakan pipa kapiler dengan mengaktifkan fan kondensor dan fan evaporator dapat dilihat pada Gambar 2. Sedangkan hasil pengujian temperatur menggunakan KET dengan mengaktifkan fan kondensor dan fan evaporator dapat dilihat pada Gambar 3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa temperatur kompresor *out* dan temperatur kondensor *out* hasil pengujian pada pipa kapiler (Gambar 2) lebih tinggi dibanding temperatur kompresor *out* dan kondensor

out hasil pengujian pada KET (Gambar 3). Sebaliknya hasil pengujian temperatur kompresor *in*, evaporator *in*, evaporator *out*, evaporator *middle* dan temperatur *box* pada pipa kapiler (Gambar 2) hanya sedikit lebih tinggi dibanding dengan hasil pengujian temperatur KET (Gambar 3). Hal ini terjadi karena KET dapat menyesuaikan aliran refrigeran dengan beban pendinginan sehingga tekanan yang dihasilkan tidak terlalu tinggi dibanding pipa kapiler.



Gambar 3. Temperatur hasil pengujian KET dengan mengaktifkan fan evaporator dan fan kondensor

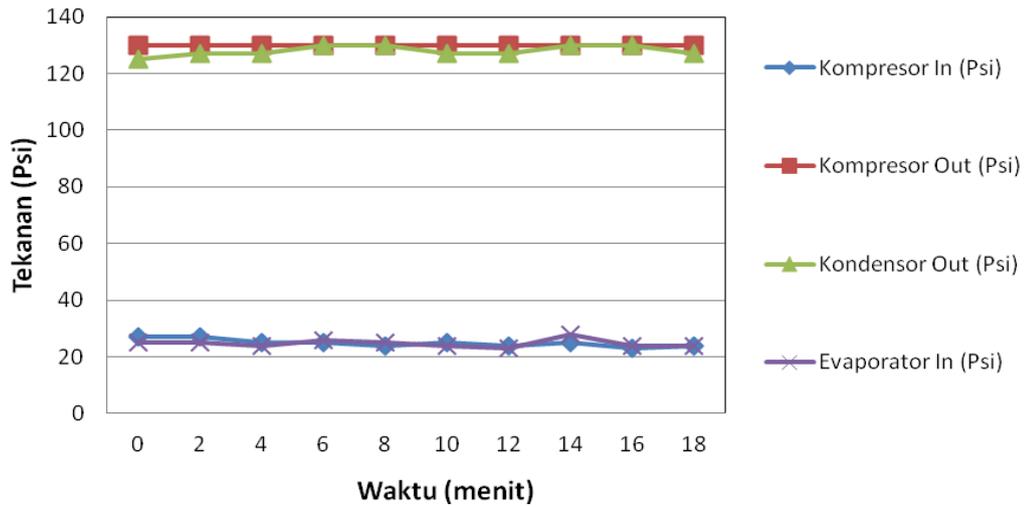
Hasil pengujian tekanan menggunakan pipa kapiler dengan mengaktifkan fan kondensor dan fan evaporator dapat dilihat pada Gambar 4.



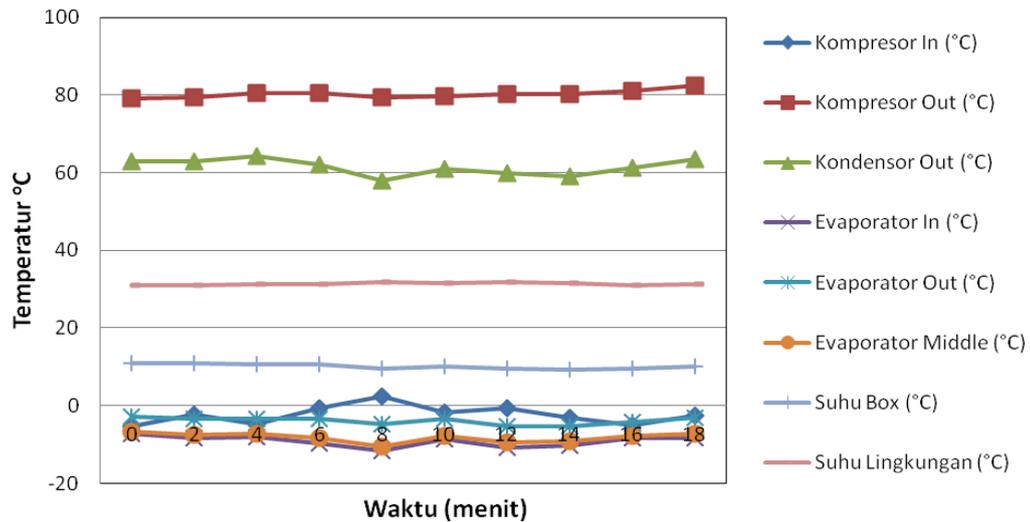
Gambar 4. Tekanan hasil pengujian pipa kapiler dengan mengaktifkan fan evaporator dan fan kondensor

Sedangkan hasil pengujian tekanan menggunakan KET dengan mengaktifkan fan kondensor dan fan evaporator dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil pengujian tekanan

ini identik dengan hasil pengujian temperatur, karena nilai tekanan sebanding dengan nilai temperatur. Pada pengujian pipa kapiler, tekanan sisi tinggi pada kondensor (Gambar 4) lebih tinggi dibanding tekanan sisi tinggi pada KET (Gambar 5), hal ini karena tekanan yang dihasilkan pipa kapiler dibatasi oleh panjang kapiler, sedangkan pada KET, tekanan yang dihasilkan disesuaikan dengan kondisi uap superpanas di ujung evaporator.



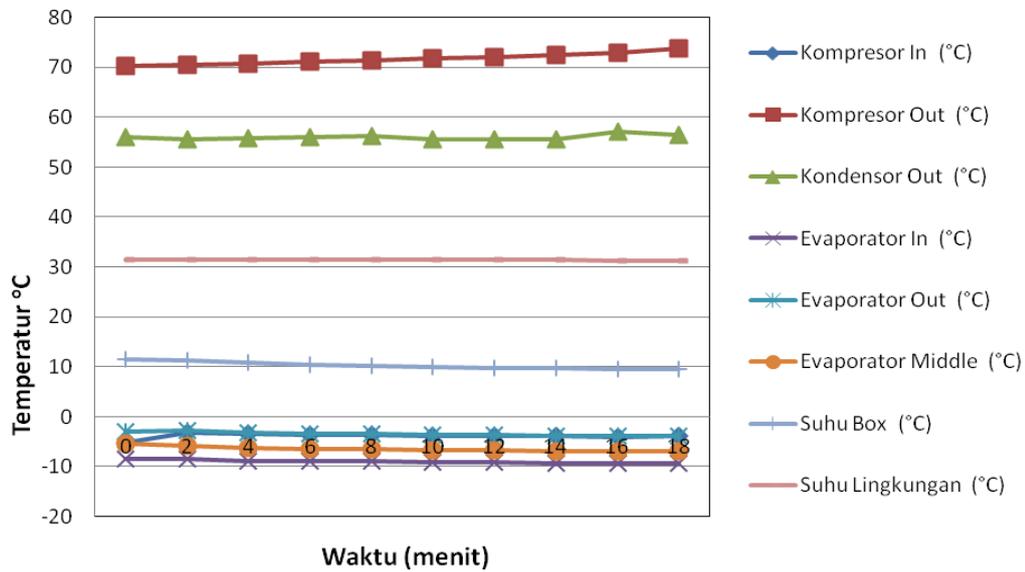
Gambar 5. Tekanan hasil pengujian KET dengan mengaktifkan fan evaporator dan fan kondensor



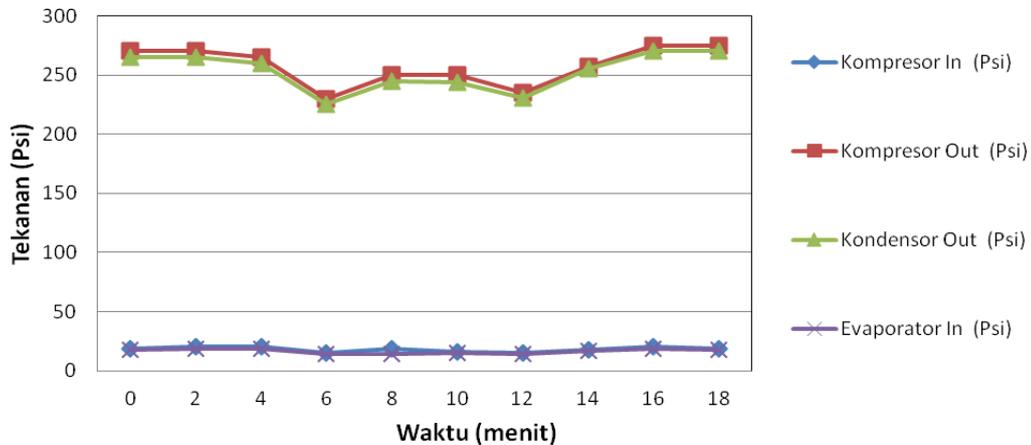
Gambar 6. Temperatur hasil pengujian pipa kapiler dengan menon-aktifkan fan evaporator dan fan kondensor

Hasil pengujian temperatur dengan menon-aktifkan fan kondensor dan fan evaporator menggunakan pipa kapiler dapat dilihat pada Gambar 6. Sedangkan hasil

pengujian temperatur menggunakan KET dengan menon-aktifkan fan kondensor dan fan evaporator dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Temperatur hasil pengujian KET dengan menon-aktifkan fan evaporator dan fan kondensor

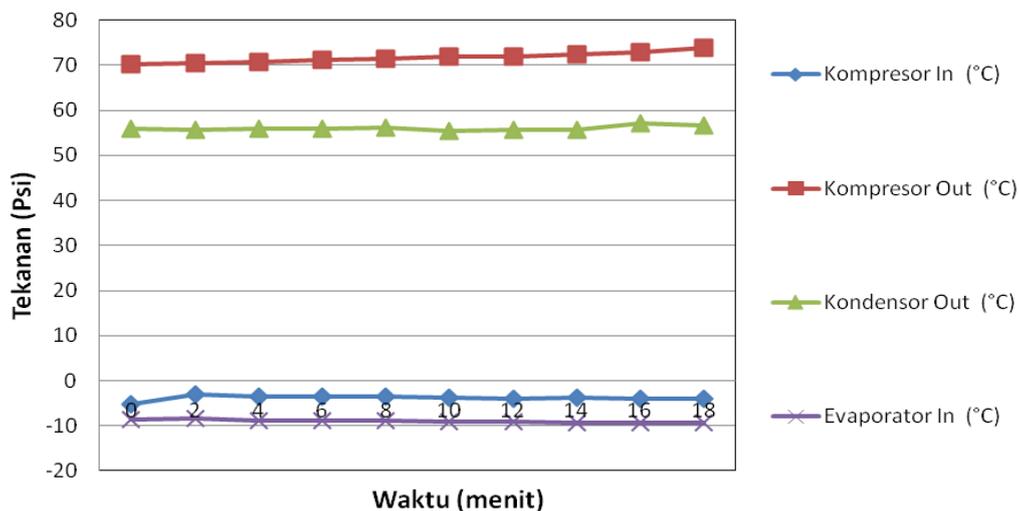


Gambar 8. Tekanan hasil pengujian pipa kapiler dengan menon-aktifkan fan evaporator dan fan kondensor

Gambar 6 menunjukkan bahwa hasil pengujian temperatur kompresor *out* dan temperatur kondensor *out* pada pipa kapiler lebih tinggi dibanding temperatur kompresor *out* dan kondensor *out* hasil pengujian pada KET seperti tampak pada Gambar 7. Sebaliknya hasil pengujian temperatur kompresor *in*, evaporator *in*, evaporator *out*, evaporator *middle* dan temperatur *box* pada pipa kapiler (Gambar 6) hanya sedikit lebih tinggi dibanding dengan hasil pengujian temperatur KET

(Gambar 7). Hal ini terjadi karena KET dapat menyesuaikan aliran refrigeran dengan beban pendinginan sehingga tekanan yang dihasilkan tidak terlalu tinggi dibanding tekanan yang dihasilkan pipa kapiler.

Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian tekanan menggunakan pipa kapiler dengan menon-aktifkan fan kondensor dan fan evaporator. Sedangkan hasil pengujian tekanan menggunakan KET dengan menon-aktifkan fan kondensor dan fan evaporator dapat dilihat pada Gambar 9. Hasil pengujian tekanan ini juga identik dengan hasil pengujian temperatur, karena nilai tekanan yang sebanding dengan nilai temperatur, Pada pengujian pipa kapiler tekanan sisi tinggi pada kondensor (Gambar 8) lebih tinggi dibanding tekanan sisi tinggi pada KET (Gambar 9), hal ini karena tekanan yang dihasilkan pipa kapiler dibatasi oleh panjang kapiler, sedangkan pada KET, tekanan yang dihasilkan akan disesuaikan dengan kondisi uap superpanas di ujung evaporator.



Gambar 9. Tekanan hasil pengujian KET dengan menon-aktifkan fan evaporator dan fan kondensor

4 Kesimpulan

Dari analisis penggunaan alat ekspansi jenis pipa kapiler dan jenis KET pada mesin pendingin, dapat disimpulkan bahwa, kenaikan tekanan pada sisi tekanan tinggi akan menyebabkan kerja kompresor menjadi meningkat, sehingga akan mengkonsumsi energi listrik lebih banyak. Kenaikan tekanan menggunakan pipa kapiler selalu lebih tinggi dibanding menggunakan KET, hal ini sebanding dengan hasil pengujian temperatur, sehingga dapat dinyatakan bahwa penggunaan KET akan mengurangi konsumsi listrik atau lebih hemat listrik dibanding jenis pipa kapiler. Penggunaan KET lebih disarankan dibanding penggunaan pipa kapiler untuk hasil yang lebih baik. Penggunaan KET akan memberikan tekanan dan temperatur kerja yang lebih rendah dibanding pipa kapiler. Artinya penggunaan

KET akan memberikan pendinginan yang lebih baik dibanding penggunaan pipa kapiler.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ade dan Juni Purba yang telah meluangkan waktu dan tenaganya dalam pembuatan alat uji, pengujian dan pengambilan data pada penelitian ini.

5 Daftar Pustaka

- Chinnaraj, Chennuchetty. and Govindarajan, Palanisamy. 2010 "Performance Analysis of Electronic Expansion Valve in 1 TR Window Air Conditioner using Various Refrigerants" *International Journal of Engineering Science and Technology*. 2(9): 4020-4025.
- J.M. Choi, Y.C., Kim. 2002. "The effects of improper refrigerant charge on the performance of a heat pump with an electronic expansion valve and capillary tube", *Energy*. 27: 391- 404.
- Marcinichen, Jackson B. and Melo, Cláudio. 2006. "Comparative Analysis Between A Capillary Tube And An Electronic Expansion Valve In A Household Refrigerator". *International Refrigeration and Air Conditioning Conference at Purdue, R804*: 1-8.
- R, Iskandar. 2010. "Kaji Eksperimental Karakteristik Pipa Kapiler dan Katup Ekspansi Termostatik pada Sistem Pendingin *Water-Chiller*". *Jurnal Teknika*, 33(1): 55-60.
- Refrigeration and Air Conditioning. 2008. *Electrical Engineering Indian Institute of Technology Kharagpur. India*.
- Suryono, Ahmad Fauzan. dan Hoten, Hendri Van. 2009. "Kaji Eksperimental Perbandingan Performansi Mesin Pendingin Kompresi Uap dengan Menggunakan Pipa Kapiler dan Katup Ekspansi". *Jurnal Teknosia*. 11(6): 34-39.