

Published September 2018

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>**Karakteristik Laju Pendinginan Dan *Coefficient Of Performance*  
KTE-2000EV Menggunakan Katup Ekspansi Otomatis  
Dan Katup Ekspansi Thermostatik****Budi Dharma**Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara Politeknik Tanjungbalai  
Jl. Sei Raja Kel. Sei Raja Kec. Sei Tualang raso Kota Tanjungbalai, Indonesia  
e-mail: [budi\\_dharma@ymail.com](mailto:budi_dharma@ymail.com)**ABSTRAK**

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik laju pendinginan dan *Coefficient Of Performance* (COP) ideal mesin refrigerasi KTE-2000 EV menggunakan katup ekspansi otomatis dan katup ekspansi thermostatik. Analisa laju pendinginan dan COP ideal dilakukan dengan mengukur perubahan temperatur ruangan serta *plotting* data temperatur dan tekanan kompresor pada sisi hisap dan sisi tekan (*suction line and discharge line*) pada diagram P-h untuk jenis refrigeran R-404a. Hasil pengujian menunjukkan karakteristik laju pendinginan rata-rata KTE-2000 EV menggunakan katup ekspansi otomatis adalah 0,035 °C/s dengan nilai COP ideal antara 1,91 hingga 2,02, sedangkan untuk katup ekspansi thermostatik diperoleh karakteristik laju pendinginan rata-rata 0,024 °C/s dan nilai COP ideal antara 2,58 hingga 3,13 .

**Kata Kunci** : katup ekspansi otomatis, katup ekspansi thermostatik, COP.***Characteristics Of Cooling Rate And Coefficient Of Performance  
KTE-2000EV Uses Automatic Expansion Valve And Thermostatic  
Expansion Valves*****ABSTRACT**

The purpose of the study was to determine the characteristics of the cooling rate and The ideal coefficient of performance (COP) is the KTE-2000 EV refrigeration machine using an automatic expansion valve and thermostatic expansion valves. Analysis of the cooling and COP rates is ideally done by measuring changes in room temperature and plotting data on temperature and compressor pressure on the suction side and press side (*suction line and discharge line*) in the P-h diagram for the type of refrigerant R-404a. The test results show the characteristics of the average KTE-2000 EV cooling rate using an automatic expansion valve is 0.035 oC / s with an ideal COP value between 1.91 to 2.02, while for the thermostatic expansion valve the cooling rate characteristics obtained are an average of 0.024 oC / s and the ideal COP value between 2.58 and 3.13.

**Keywords**: Automatic expansion valve, thermostatic expansion valve, COP.

Published September 2018

## Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

### PENDAHULUAN

Aplikasi terbesar dari termodinamika adalah refrigerasi, yaitu suatu proses pemindahan panas dari medium bertemperatur rendah ke medium bertemperatur lebih tinggi. Peralatan-peralatan yang menghasilkan efek pendinginan disebut sebagai refrigerator, dan siklus dari operasionalnya disebut sebagai siklus refrigerasi [1].

Mesin refrigerasi merupakan gabungan atau perpaduan antara komponen atau peralatan yang dirangkai menjadi suatu kesatuan untuk menghasilkan efek refrigerasi (pendinginan). Dalam aplikasinya, mesin-mesin refrigerasi umumnya menggunakan siklus kompresi uap. Mesin refrigerasi yang menggunakan siklus kompresi uap memiliki komponen atau peralatan yang terdiri dari kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator serta refrigeran atau zat yang digunakan sebagai fluida kerja [2].

Dari serangkaian komponen atau peralatan mesin refrigerasi yang bekerja secara siklik, laju pendinginan atau besarnya nilai penurunan temperatur persatuan waktu serta *Coefficient Of Performance (COP)* atau perbandingan antara jumlah energi panas yang diserap refrigeran di evaporator dengan energi yang dibutuhkan oleh kompresor merupakan dua parameter yang menjadi perhatian para ahli refrigerasi untuk terus diperbaiki.

Pada dasarnya masing-masing komponen atau peralatan mesin refrigerasi memiliki potensi untuk meningkatkan nilai *COP*, baik pada kompresor dengan perbandingan kompresinya, kondensor dengan kemampuan melepas panasnya, alat ekspansi dengan proses penurunan tekanannya maupun pada evaporator dengan efektifitas penyerapan panas yang dimiliki serta refrigeran dengan karakteristik nilai-nilai propertinya [3].

Pada penelitian ini yang menjadi objek adalah pada peralatan ekspansi, khususnya katup ekspansi otomatis dan katup ekspansi thermostatik. Katup ekspansi otomatis dikenal sebagai sebuah alat ekspansi dan kontrol aliran refrigeran sesuai dengan beban pendinginan mesin refrigerasi. Katup ekspansi jenis ini bekerja dengan menjaga agar tekanan evaporator tetap seimbang pada diafragma katup dari dua arah tekanan yang berlawanan yaitu apabila tekanan refrigeran di evaporator lebih besar dari tekanan refrigeran di saluran keluar katup ekspansi, maka lubang saluran refrigeran pada katup ekspansi akan terbuka dan demikian pula sebaliknya [4].

Sedangkan katup ekspansi thermostatik merupakan alat pengatur laju aliran refrigeran ke dalam evaporator sesuai dengan beban maksimum evaporator pada setiap keadaan beban yang berubah-ubah melalui mekanisme *sensing bulb* (Stoecker, 1992). Katup ekspansi thermostatik adalah jenis katup yang paling banyak digunakan, karena efisiensinya tinggi dan mudah diadaptasikan dengan berbagai aplikasi refrigerasi [5].

Dalam penggunaannya pada sistem refrigerasi kompresi uap, kedua jenis alat ekspansi ini termasuk yang paling banyak digunakan di samping alat ekspansi jenis pipa kapiler. Diameter pipa kapiler antara 0,25 inci sampai 0,375 inci. Pipa kapiler biasanya digunakan untuk sistem yang berkapasitas kecil hingga 10 kW [5]. 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-mesin refrigerasi [6].

Alat ekspansi yang dipasang setelah kondensor berfungsi mengekspansikan secara adiabatik cairan refrigeran bertekanan dan bertemperatur tinggi dari kondensor hingga mencapai tekanan dan temperatur evaporator serta mengatur pemasukan refrigeran sesuai dengan beban pendinginan yang dapat dilayani oleh evaporator. Pada kondisi ini, biasanya temperatur refrigeran akan jauh lebih rendah dari temperatur medium atau lingkungan yang didinginkan sehingga panas medium atau lingkungan tersebut akan berpindah ke refrigeran di evaporator (panas diserap).

Published September 2018

## Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Suryono dkk, 2009 telah membandingkan penggunaan pipa kapiler dan katup ekspansi otomatis pada sebuah mesin refrigerasi, dan menyatakan bahwa kinerja mesin refrigerasi dengan katup ekspansi lebih baik dibanding pipa kapiler. Senada dengan pernyataan di atas, Dharma, B. 2018, telah melakukan penelitian untuk membandingkan performa sebuah mesin refrigerasi KTE 2000-EV yang menggunakan pipa kapiler dan katup ekspansi otomatis menyatakan bahwa penggunaan katup ekspansi otomatis memberikan nilai *COP* ideal yang lebih tinggi (baik) dibandingkan dengan penggunaan pipa kapiler, namun tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Fazri, A dan Maryanti, B., 2015, terhadap sebuah mesin refrigerasi *water chiller*, dinyatakan bahwa penggunaan katup ekspansi thermostatis menghasilkan performa mesin refrigerasi yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan alat ekspansi jenis pipa kapiler. Demikian pula Saputra, E., dkk., 2015, menyatakan bahwa tekanan kerja kompresor pada kondisi standar menggunakan katup ekspansi thermostatik lebih rendah dibandingkan tekanan kompresor yang menggunakan pipa kapiler.

Merujuk pada latar belakang dan objek dari penelitian, tujuan penelitian ini adalah ingin mengetahui karakteristik laju pendinginan dan nilai *COP* mesin refrigerasi (KTE – 2000 EV) yang menggunakan katup ekspansi otomatis dan katup ekspansi thermostatis.

### METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan metode eksperimental yang menguji performansi mesin refrigerasi KTE 2000-EV berupa karakteristik laju pendinginan dan *Coefficient Of Performance (COP) ideal* menggunakan alat ekspansi berupa katup ekspansi otomatis dan katup ekspansi thermostatik.

Peralatan pengujian terdiri dari satu unit mesin refrigerasi (KTE – 2000 EV), seperangkat alat ukur (tekanan, temperatur, arus dan tegangan listrik) dan peralatan pendukung. Mesin refrigerasi beroperasi pada siklus kompresi uap menggunakan kompresor tipe hermetic berdaya 1 HP serta menggunakan katup ekspansi otomatis AS - HRS - B2022209 dan katup ekspansi thermostatik 068Z32060 – 81110.

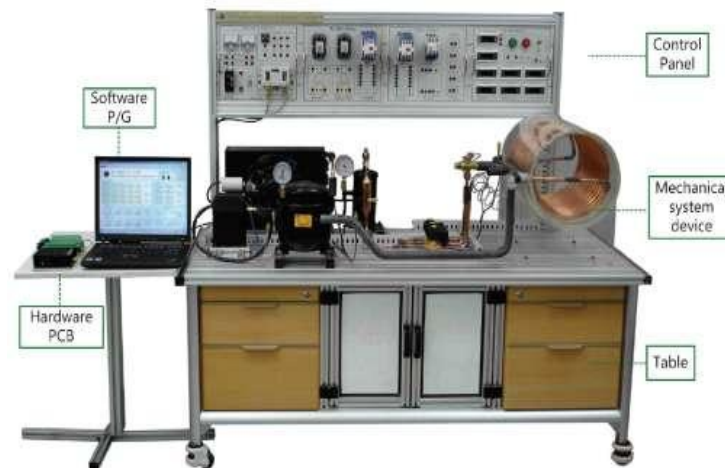
Pengujian dilakukan untuk masing-masing alat ekspansi dengan kondisi ruang kabin evaporator (*chilled box*) tertutup. Pengambilan data berupa perubahan temperatur dan tekanan dilakukan setiap 10 detik pada saluran hisap kompresor, saluran keluar kompresor, saluran keluar kondensor, saluran keluar evaporator serta temperatur *chilled box*. Operational *On* dan *off* mesin refrigerasi dilakukan secara otomatis pada 25 °C dan 5 °C melalui sebuah thermokontrol. Fasilitas dan diagram skematik pengujian yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 1 dan gambar 2.

Analisa karakteristik laju pendinginan dilakukan melalui analisa matematis terhadap perubahan temperatur rata-rata per satuan waktu dan ditampilkan dalam grafik penurunan temperatur. Sedangkan karakteristik *COP* dilakukan dengan *plotting* data tekanan dan temperatur hasil pengukuran pada diagram P – h untuk R - 404a. Pendekatan penyelesaian masalah dilakukan merujuk pada kondisi tekanan dan temperatur yang stabil serta dianggap pada keadaan steady.

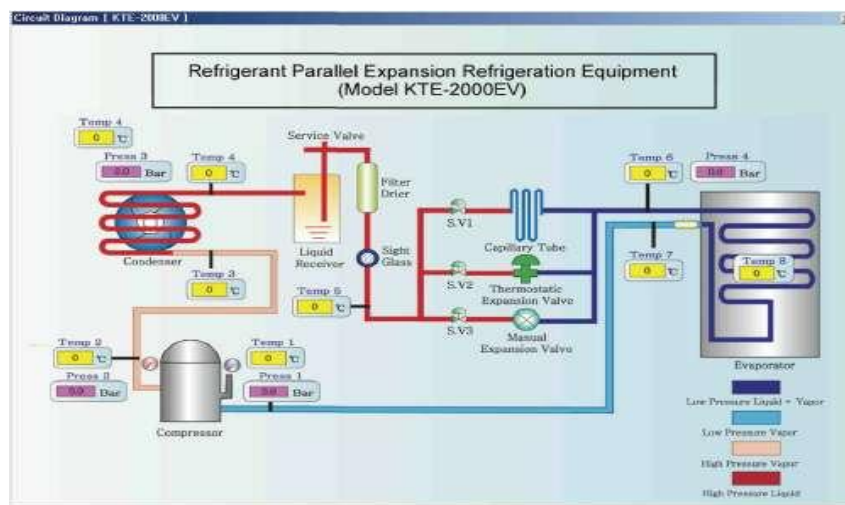
Published September 2018

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>



Gambar 1. Fasilitas Pengujian KTE – 2000 EV



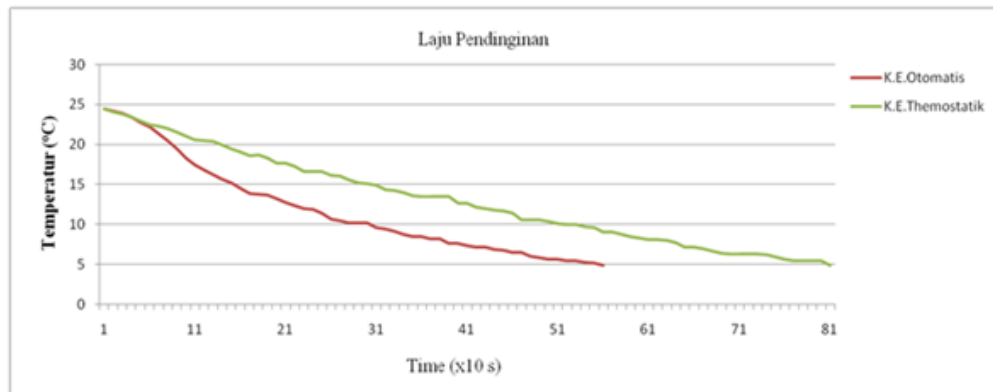
Gambar 2. Diagram skematik Pengujian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Laju Pendinginan**

Karakteristik laju pendinginan mesin refrigerasi KTE – 2000 EV untuk masing-masing jenis katup ekspansi yang digunakan ditunjukkan pada gambar 3.

Published September 2018

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Gambar 3. Laju Pendinginan Mesin Refrigerasi KTE – 2000 EV

Hasil pengujian yang telah dilakukan seperti yang ditunjukkan pada gambar 3 terlihat waktu pendinginan yang dibutuhkan oleh mesin refrigerasi KTE – 2000 EV menggunakan katup ekspansi otomatis relatif lebih singkat dibandingkan dengan menggunakan katup ekspansi thermostatis. Hal ini menunjukkan laju pendinginan yang dihasilkan oleh mesin refrigerasi KTE – 2000 EV yang menggunakan katup ekspansi otomatis lebih baik, yaitu  $0,035 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ , sedangkan dengan menggunakan katup ekspansi thermostatis diperoleh nilai laju pendinginan  $0,024 \text{ } ^\circ\text{C/s}$ .

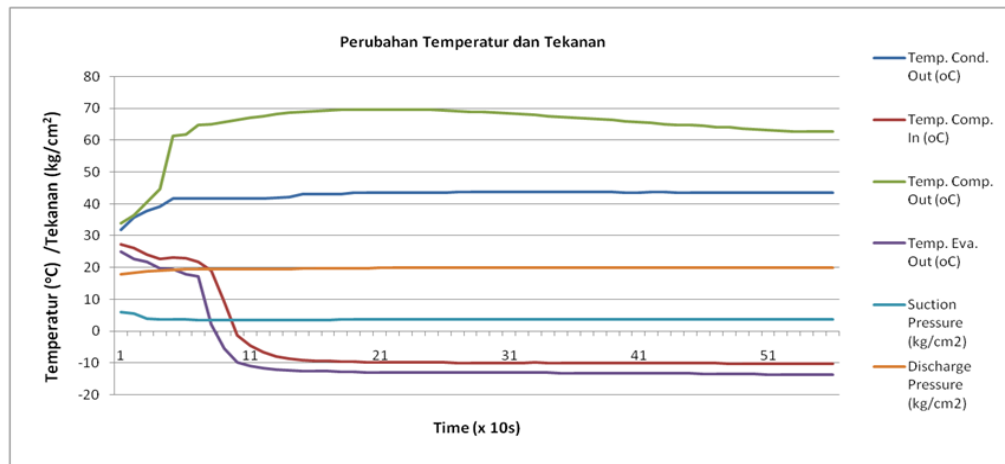
Karakteristik laju pendinginan mesin KTE – 2000 EV yang lebih baik dengan menggunakan katup ekspansi otomatis dibandingkan dengan karakteristik laju pendinginan menggunakan katup thermostatis diprediksi karena prinsip kerja katup ekspansi otomatis berdasarkan pada keseimbangan tekanan refrigeran pada evaporator dan tekanan refrigeran keluar katup ekspansi. Sehingga ketika beban pendinginan yang dialami oleh evaporator masih besar maka tekanan refrigeran di evaporator juga akan relatif besar. Dengan demikian diafragma katup ekspansi akan tertekan keatas atau pada kondisi terbuka yang menyebabkan laju aliran refrigeran yang masuk ke evaporator juga semakin besar.

Sedangkan pada penggunaan katup ekspansi thermostatis, laju pendinginan terlihat lebih stabil tetapi cenderung lambat, hal ini karena prinsip kerja katup ekspansi thermostatis dalam mengatur laju aliran refrigeran berdasarkan temperatur refrigeran meninggalkan evaporator melalui mekanisme *sensing bulb* yang secara perlahan menyesuaikan tekanan dan laju aliran refrigeran sesuai dengan kondisi beban pendinginan.

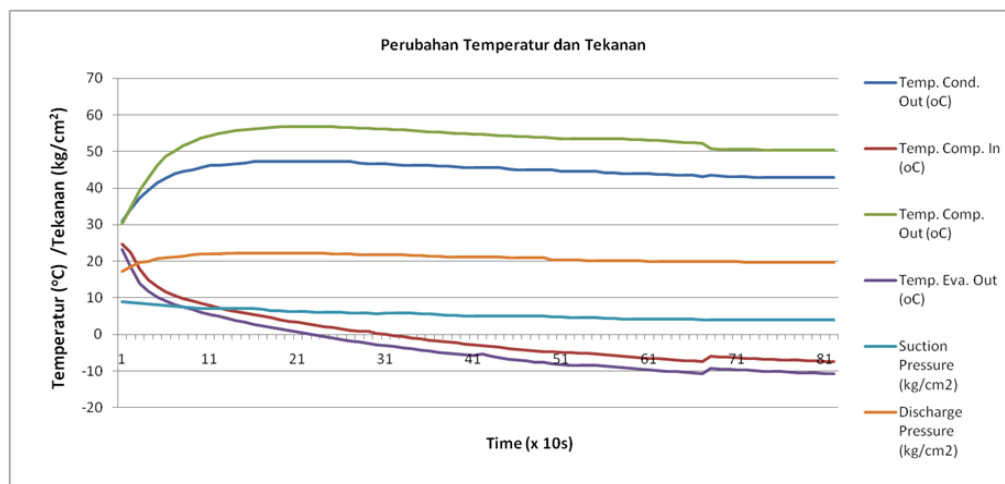
**B. Coefficient Of Performance (COP) Ideal.**

Dari pengujian yang dilakukan pada mesin refrigerasi KTE – 2000 EV untuk masing-masing katup ekspansi yang digunakan diperoleh data perubahan temperatur dan tekanan sebagaimana ditunjukkan pada gambar 4 dan 5 berikut.

Published September 2018

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Gambar.4. Data perubahan temperatur dan tekanan menggunakan katup ekspansi otomatis



Gambar.5. Data perubahan temperatur dan tekanan menggunakan katup ekspansi thermostatik

Melalui *plotting* data pengujian pada diagram P – h unruk R404a, akan diperoleh nilai enthalpi refrigeran pada masing-masing titik pengukuran selanjutnya dianalisa nilai *COP*-nya sebagai berikut.

**A.  $COP_{ideal}$  menggunakan katup ekspansi otomatis.**

$$COP_{id,min} = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresi}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{362 - 272}{409 - 362} = \frac{90}{47} = 1,91$$

Published September 2018

**Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi**<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

$$\text{COP}_{\text{id,max}} = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresi}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{361 - 270}{406 - 361} = \frac{91}{45} = 2,02$$

**B.  $\text{COP}_{\text{ideal}}$  menggunakan katup ekspansi thermostatik.**

$$\text{COP}_{\text{id,min}} = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresi}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{362 - 269}{398 - 362} = \frac{93}{36} = 2,58$$

$$\text{COP}_{\text{id,max}} = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresi}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{370 - 276}{400 - 370} = \frac{94}{30} = 3,13$$

Berdasarkan data hasil penelitian dan analisa plotting data didapat bahwa katup ekspansi thermostatik memiliki performa (karakteristik  $\text{COP}$ ) yang lebih baik dibandingkan katup ekspansi otomatis. Hal ini disebabkan karena katup ekspansi thermostatik bekerja dengan cepat terhadap perubahan temperatur evaporator berkat *sensing bulb* yang dimiliki. Perubahan tersebut akan mengontrol bukaan katup sehingga laju aliran massa refrigeran cenderung disesuaikan dengan perubahan temperatur refrigeran meninggalkan evaporator. Dengan kondisi ini serapan panas oleh evaporator (efek refrigerasi) dapat menjadi maksimal serta beban kerja kompresor cenderung lebih kecil dan stabil sehingga asupan energi (kerja kompresi) yang relatif lebih kecil.

Sedikit berbeda dengan hasil yang diberikan oleh katup ekspansi otomatis, dimana beban pendinginan evaporator yang bervariasi direspon dengan meningkatnya tekanan evaporator dan kompresor. Hal ini menyebabkan aliran refrigeran dari katup ekspansi otomatis cenderung tidak stabil dan menyebabkan konsumsi energi (kerja kompresor) menjadi relatif lebih tinggi dan pada akhirnya menghasilkan analisa  $\text{COP}$  yang relatif lebih kecil.

**KESIMPULAN**

Dari analisa karakteristik laju pendinginan mesin refrigerasi KTE – 2000 EV menggunakan katup ekspansi otomatis dan katup ekspansi thermostatik dapat disimpulkan bahwa laju pendinginan rata-rata menggunakan katup ekspansi otomatis menunjukkan nilai yang lebih baik yaitu 0,035 °C/s, sedangkan laju pendinginan rata-rata menggunakan katup ekspansi thermostatik diperoleh sebesar 0,024 °C/s. Hal ini diprediksi berkaitan dengan prinsip kerja katup ekspansi otomatis yang berdasarkan pada kondisi tekanan seimbang pada diafragma katup ekspansi otomatis. Sedangkan karakteristik  $\text{COP}$  ideal KTE – 2000 EV menggunakan katup ekspansi thermostatik memiliki performansi yang lebih baik dengan nilai  $\text{COP}$  ideal antara 2,58 – 3,13 dibandingkan dengan performansi katup ekspansi otomatis dengan nilai  $\text{COP}$  ideal berkisar antara 1,91 – 2,02. Hal ini menunjukkan bahwa prinsip kerja katup ekspansi thermostatik yang berdasarkan pada kondisi kesetimbangan thermal mampu mengoptimalkan serapan panas refrigeran (efek refrigerasi) di evaporator serta mampu meminimalisir lonjakan tekanan kompresor yang dapat menyebabkan asupan energi pada proses kompresi relatif tinggi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Cengels, Y.A., And Boles, M.A., 2006, THERMODYNAMICS: An Engineer Approach,

Published September 2018

## Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>

Fifth Edition, McGraw-Hill.

- [2] Dossat, Roy. J., 1984, *Principles of Refrigeration*, John Wiley & Sons Inc, New York.
- [3] Dharma, B., 2018, Analisa Komparasi *Coefficient Of Performance (COP)* KTE-2000EV Menggunakan Pipa Kapiler Dan Katup Ekspansi Otomatis, *Ready Star, Regional Development Industry & Health Science, Technology And Art of Life*, Vol. 1, No.1, ISSN 2620-6048, Medan.
- [4] Refrigeration And Air Conditioning, 2008, Electrical Engineering Indian Institute of Technology Kharagpur, India.
- [5] Fazri, A. dan Maryati, B., Analisa Karakteristik Katup Ekspansi Termostatik Dan Pipa Kapiler Pada Sistem Pendingin *Water Chiller*, 2015, Jurnal Teknologi Terpadu No. 1 Vol. 4, ISSN : 2338 – 6649, Balikpapan.
- [6] Aziz, A., 2013, Komparasi Katup Ekspansi Termostatik dan Pipa Kapiler terhadap Temperatur dan Tekanan Mesin Pendingin, Prosiding SNTK TOPI, ISSN : 1907-0500, Pekanbaru.
- [7] Suryono., Fauzan. A., 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.