

Performansi Sistem AC Split Inverter Menggunakan Alat Ekspansi Pipa Kapiler dan *Electronic Expansion Valve* (EEV)

Ferdy Fauzan¹, Apip Badarudin²

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : ferdy.fauzan.tptu418@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail : apipbdr@polban.ac.id

ABSTRAK

Pada sebuah bangunan yang mengaplikasikan sistem pengondisi udara, konsumsi energi listrik yang dihasilkan sistem tersebut umumnya sebesar 50% sampai 60% dari total penggunaan listrik pada bangunan. Untuk mengupayakan penghematan penggunaan energi dari sistem pengondisi udara, dilakukan beberapa pengembangan teknologi. Beberapa diantaranya yaitu dengan menggunakan kompresor inverter dan *electronic expansion valve* (EEV). Penelitian ini dilakukan untuk mengamati kinerja dari sistem AC split inverter ketika menggunakan alat ekspansi elektronik pada persentase bukaan katup 50%, 75%, dan 100%. Selain itu penelitian juga dilakukan untuk membandingkan kinerja sistem ketika menggunakan alat ekspansi jenis pipa kapiler dan EEV. Didapatkan hasil penelitian ketika sistem menggunakan EEV lebih cepat untuk mencapai temperatur evaporator terendah yaitu 15 sampai 16 menit dibanding pipa kapiler yang membutuhkan waktu 18 menit. Capaian temperatur masuk evaporator ketika menggunakan pipa kapiler dan EEV berturut-turut ialah -2.78 °C dan -0.47 °C. COP_{Aktual} yang tercapai ketika sistem menggunakan pipa kapiler yaitu 5.23 dan 5.22 ketika menggunakan EEV. Untuk nilai COP_{Carnot} yang tercapai ketika menggunakan pipa kapiler dan EEV secara berurutan yaitu sebesar 6.56 dan 6.57.

Kata Kunci

AC split inverter, Bukaan katup EEV, Pipa kapiler, Kinerja sistem

1. PENDAHULUAN

Dalam upaya untuk menciptakan kondisi yang nyaman bagi aktivitas manusia di dalam ruangan, penggunaan sistem pengondisi udara menjadi salah satu cara yang dilakukan. Pada satu sisi penggunaan sistem pengondisi udara dapat menciptakan kondisi ruangan yang nyaman bagi manusia, namun pada sisi lainnya penggunaan sistem pengondisi udara cukup banyak mengonsumsi energi listrik pada bangunan. Umumnya sistem ini mengonsumsi energi listrik sebesar 50% sampai 60% dari total konsumsi listrik bangunan [1]. Dilakukan pengembangan teknologi pada sistem pengondisi udara, diantaranya ialah penggunaan kompresor inverter dan alat ekspansi jenis *electronic expansion valve* (EEV). Kompresor inverter merupakan sebuah kompresor yang telah dilengkapi dengan teknologi inverter, yaitu alat yang bekerja dengan merubah frekuensi listrik sebelum masuk kompresor sehingga putaran motor kompresor berubah [2]. Dengan hal tersebut, variasi putaran kompresor dapat

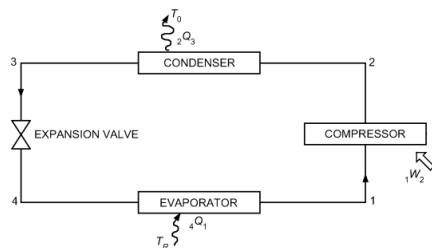
dipengaruhi oleh variasi beban pendinginan yang ditanggung sistem [3]. Penggunaan EEV juga dapat menjadi sebuah usaha yang dilakukan untuk menghemat energi listrik yang dikonsumsi sistem pengondisi udara. EEV merupakan alat ekspansi yang memiliki prinsip kerja persentase bukaan katupnya dikendalikan oleh sinyal generator yang bergantung pada tekanan dan temperatur keluar evaporator yang dideteksi oleh sensor [4]. Karena prinsip kerja tersebut, dapat dikatakan bahwa EEV bekerja secara fleksibel terhadap berbagai kondisi operasi. Pada penelitian ini akan dilakukan variasi penggunaan alat ekspansi pada sistem AC inverter. Alat ekspansi yang divariasikan pada sistem adalah pipa kapiler dan EEV. Kemudian akan diamati kinerja sistem ketika menggunakan EEV dan juga akan dilakukan perbandingan performansi sistem ketika menggunakan alat ekspansi berupa pipa kapiler dan EEV. Tujuan dilakukannya penelitian ini ialah untuk mengetahui

karakteristik kinerja sistem AC split inverter ketika menggunakan alat ekspansi EEV dan juga untuk membandingkan performansi sistem ketika menggunakan alat ekspansi pipa kapiler dan EEV.

2. KAJIAN PUSTAKA (DASAR TEORI)

2.2 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

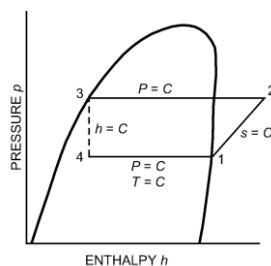
Muliawan dkk. [1] menyatakan bahwa refrigerasi adalah sebuah proses pengambilan kalor pada sebuah ruangan atau kabin sehingga terjadi penurunan temperatur pada ruangan atau kabin tersebut sampai temperatur yang ditargetkan untuk dicapai. Untuk melakukan sebuah siklus refrigerasi, diperlukan sistem refrigerasi kompresi uap. Sebuah sistem refrigerasi kompresi uap umumnya terdiri atas empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi, dan evaporator. Gambar 1 menunjukkan ilustrasi sebuah sistem refrigerasi kompresi uap.



Gambar 21. Ilustrasi sistem refrigerasi kompresi uap

2.3 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Ideal

Sebuah siklus refrigerasi kompresi uap ideal yang digambarkan dalam diagram P-h ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 22. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Ideal pada Diagram P-h

Terdapat empat proses dari siklus refrigerasi kompresi uap yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Proses tersebut antara lain sebagai berikut.

a. Proses Kompresi (proses 1-2)

Pada proses kompresi, uap refrigeran bertekanan rendah dari evaporator dihisap oleh kompresor untuk kemudian dikompresi

yang menyebabkan temperatur dan tekanan refrigeran meningkat. Sehingga ketika keluar dari kompresor refrigeran berfasa uap dan bertekanan tinggi. Entropi dari uap refrigeran konstan ketika proses kompresi ini terjadi, sehingga dapat dikatakan proses kompresi terjadi secara isentropi. Besarnya kerja kompresi yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan 1 berikut.

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (1)$$

Keterangan:

q_w = kerja kompresi, [kJ/kg]

h_1 = entalpi refrigeran masuk kompresor, [kJ/kg]

h_2 = entalpi refrigeran keluar kompresor, [kJ/kg]

b. Proses Kondensasi (proses 2-3)

Setelah refrigeran dikompresi oleh kompresor, refrigeran uap bertekanan tinggi akan mengalir ke kondensor. Ketika di kondensor, refrigeran melepas sebagian kalornya ke lingkungan sehingga terjadi penurunan temperatur dan perubahan fasa refrigeran dari uap menjadi cair. Proses inilah yang disebut dengan proses kondensasi. Proses kondensasi terjadi secara isobarik, yaitu tekanan refrigeran yang masuk dan keluar kondensor memiliki besaran yang konstan. Besarnya kalor yang dilepas ke lingkungan pada proses ini dapat dihitung dengan persamaan 2.

$$q_c = h_2 - h_3 \quad (2)$$

Keterangan:

q_c = kalor yang dilepas kondensor, [kJ/kg]

h_2 = entalpi refrigeran masuk kondensor, [kJ/kg]

h_3 = entalpi refrigeran keluar kondensor, [kJ/kg]

c. Proses Ekspansi (proses 3-4)

Proses ekspansi adalah proses ketika refrigeran cair bertemperatur tinggi dari kondensor mengalir ke alat ekspansi sehingga temperatur dan tekanan dari refrigeran diturunkan kembali di alat ekspansi. Ketika proses ekspansi terjadi, fasa dari refrigeran yang mulanya cair jenuh menjadi fasa campuran. Proses ini terjadi secara isentalpi yang berarti entalpi dari refrigeran konstan. Proses yang terjadi ketika proses ekspansi dapat dirumuskan dengan persamaan 3.

$$h_3 = h_4 \quad (3)$$

Keterangan:

h_3 = entalpi refrigeran masuk alat ekspansi, [kJ/kg]

h_4 = entalpi refrigeran keluar alat ekspansi, [kJ/kg]

d. Proses Evaporasi (proses 4-1)

Proses evaporasi merupakan proses yang terjadi di evaporator sistem refrigerasi kompresi uap. Pada proses ini terjadi penyerapan kalor dari ruangan atau kabin, akibatnya temperatur refrigeran meningkat dan fasanya berubah menjadi uap. Proses evaporasi terjadi secara isobarik, yaitu tekanan refrigeran konstan selama proses evaporasi terjadi. Besarnya kalor yang diserap ketika proses evaporasi dapat diketahui melalui persamaan 4.

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (4)$$

Keterangan:

q_e = kalor yang diserap evaporator, [kJ/kg]

h_1 = entalpi refrigeran keluar evaporator, [kJ/kg]

h_4 = entalpi refrigeran masuk evaporator, [kJ/kg]

2.4 Coefficient of Performance (COP)

Terdapat dua besaran COP dari sistem refrigerasi yang dapat dihitung, yaitu COP aktual dan COP carnot. COP aktual merupakan perbandingan antara efek refrigerasi yang dihasilkan dengan kerja kompresi yang dilakukan sistem. Nilai COP aktual dapat dihitung dengan persamaan 5.

$$COP_{aktual} = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresi}} = \frac{q_e}{q_w} \quad (5)$$

Sedangkan untuk COP carnot merupakan nilai yang dihasilkan dari perbandingan antara temperatur evaporasi dengan selisih temperatur kondensasi dan temperatur evaporasi sistem. Nilai dari COP carnot dapat dihitung dengan persamaan 6 berikut.

$$COP_{carnot} = \frac{T_e}{T_k - T_e} \quad (6)$$

Kemudian dapat dihitung besarnya efisiensi sistem setelah didapatkan nilai dari COP aktual dan COP carnot. Nilai dari efisiensi sistem dapat dihitung melalui persamaan 7.

$$\eta = \frac{COP_{Aktual}}{COP_{Carnot}} \times 100\% \quad (7)$$

2.5 AC Split Inverter

Sistem AC split inverter merupakan sistem AC split yang telah dilengkapi dengan teknologi inverter pada kompresornya. Teknologi inverter bekerja dengan prinsip merubah tegangan listrik searah (DC) menjadi tegangan listrik bolak-balik (AC) dengan cara mengatur frekuensinya [1]. Dengan penggunaan teknologi inverter, konsumsi energi listrik dapat dikurangi dan dapat disesuaikan dengan beban pendinginan untuk menjaga kenyamanan di dalam ruangan [5].

2.6 Electronic Expansion Valve (EEV)

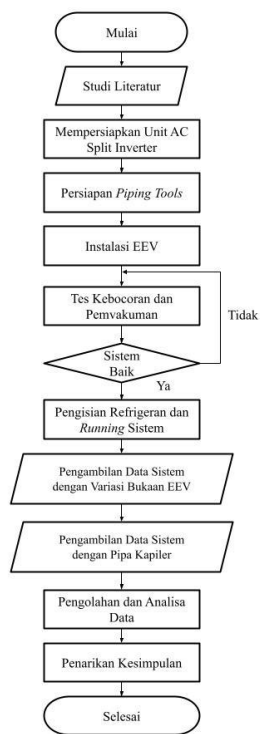
Electronic expansion valve (EEV) merupakan alat ekspansi yang dikontrol dengan tegangan listrik. Katup EEV memiliki prinsip kerja dengan digerakkan oleh *motor stepper* yang diatur oleh generator sinyal pulsa yang mendapat input sinyal dari pantauan temperatur dan tekanan di *outlet* evaporator [4]. Sinyal yang didapatkan dari tekanan dan temperatur *outlet* evaporator kemudian diuraikan oleh regulator untuk mengontrol bukaan katup [6]. Dengan hal tersebut, bukaan katup dapat bervariasi berdasarkan beban pendinginan pada ruangan atau kabin.

2.7 Pipa Kapiler

Pipa kapiler adalah salah satu alat ekspansi berupa pipa yang panjang dan berdiameter dalam sangat kecil. Penentuan ukuran pipa kapiler didasarkan pada tekanan kerja dan beban pendinginan tertentu yang ingin dicapai sistem. Dengan hal tersebut, ketika menggunakan pipa kapiler sistem tidak dapat beradaptasi dengan kondisi lain yang tidak sesuai dengan kondisi perancangan [7]. Ketika melalui pipa refrigeran, kecepatan aliran refrigeran meningkat karena laju aliran massa refrigeran dan diameter pipa yang konstan, akibatnya tekanan refrigeran dapat menurun [8].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam melakukan penelitian ini, dibuat sebuah diagram alur agar proses pengerjaan penelitian ini dapat berjalan dengan baik. Gambar 3 menunjukkan diagram alur dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 23. Diagram alur penelitian

3.1. Sistem yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan sistem AC split inverter yang telah diinstalasikan pada ruang kelas di Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung. Gambar 4 dan 5 menunjukkan *indoor unit* dan *outdoor unit* sistem AC split inverter yang digunakan. Sistem tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut.

- Merk (model) : Sharp (AU-X9LEY)
- Cooling capacity : 2.64 kW
- Tekanan kerja maks. : 4.15 MPa (HP) dan 2.5 MPa (LP)
- Jenis refrigeran : R410A
- Jumlah refrigeran : 490 gram



Gambar 24. Indoor unit AC split inverter



Gambar 25. Outdoor unit AC split inverter
Sistem AC split inverter ini telah menggunakan alat ekspansi pipa kapiler sehingga untuk melakukan penelitian ini perlu dilakukan instalasi tambahan untuk memasang EEV pada sistem. Untuk EEV yang diinstalasikan pada sistem memiliki spesifikasi berikut.

- Merk (model) : Fujikoki (CAM Valve)
- Diameter orifice : 2.4 mm
- Tekanan kerja : 0-4.48 MPa
- Drive voltage : 12 VDC atau 24 VDC
- Flow direction : Bi-directional
- Jumlah step : 60 step

3.2. Langkah-Langkah Penelitian

Untuk melakukan penelitian ini, terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan. Langkah-langkah tersebut ialah sebagai berikut:

- Menyiapkan sistem AC split inverter yang digunakan
- Melakukan instalasi EEV pada sistem AC split inverter
- Melakukan pengecekan kebocoran pada sistem dan dilanjutkan dengan proses *vacuum* sistem jika tidak terdapat kebocoran
- Mengisi refrigeran R410A ke dalam sistem sesuai *nameplate*
- Memilih jenis alat ekspansi
- Menyalakan sistem dan melakukan pengamatan sampai kondisi sistem *steady*
- Melakukan pengambilan data yang diperlukan
- Mengolah data dan melakukan analisis data

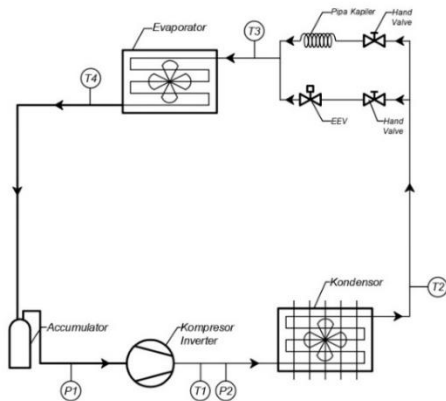
Selain melakukan langkah-langkah di atas, terdapat kondisi lain yang harus diperhatikan dalam penelitian ini. Kondisi tersebut diantaranya adalah pengambilan data dilakukan pada temperatur *setting indoor unit* sebesar 24 °C. Kondisi lainnya yaitu bukaan EEV pada 50% (30 step), 75% (45 step), dan 100% (60 step).

3.3. Parameter yang Diamati

Terdapat beberapa parameter yang diamati dan diperhatikan pada penelitian ini. Beberapa parameter tersebut dan simbol yang ditunjukkannya pada Gambar 6 diantaranya adalah sebagai berikut.

- Temperatur lingkungan
- Temperatur *discharge* (T1)
- Temperatur keluar kondensor (T2)
- Temperatur masuk evaporator (T3)
- Temperatur keluar evaporator (T4)
- Tekanan *suction* (P1)
- Tekanan *discharge* (P2)
- Arus listrik

Parameter-parameter tersebut diukur pada beberapa titik pada sistem. Gambar 6 di bawah ini menunjukkan diagram pemipaan sistem dan juga peletakkan sensor yang digunakan untuk mengamati sistem.



Gambar 26. Titik pengukuran sistem

Dalam pengambilan data pada penelitian ini, sensor yang digunakan untuk mengukur temperatur yaitu sensor DS18B20, untuk mengukur tekanan digunakan *pressure gauge*, dan untuk mengukur arus sistem digunakan sensor ACS712.

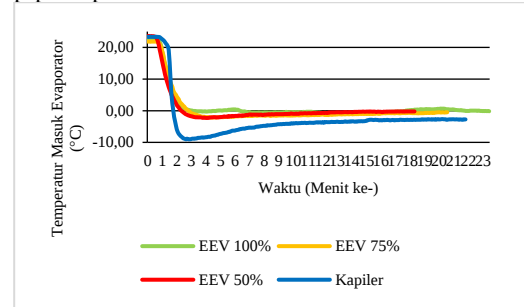
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data pada sistem dilakukan mulai dari sistem dinyalakan sampai kondisi temperatur masuk evaporator konstan. Variasi yang dilakukan pada sistem ialah dengan melakukan pengambilan data pada kondisi bukaan EEV 50% (30 step), 75% (45 step), dan 100% (60 step) serta ketika kondisi sistem menggunakan pipa kapiler. Setelah didapatkan data-data hasil pengamatan, dihasilkan beberapa grafik yang dapat dianalisis seperti sebagai berikut.

4.1. Analisis Temperatur Masuk Evaporator

Gambar 7 menunjukkan perbandingan temperatur masuk evaporator pada setiap

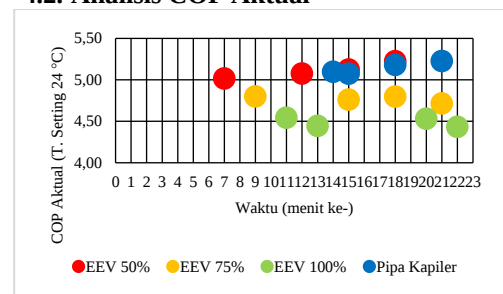
bukaan EEV dan ketika sistem menggunakan pipa kapiler.



Gambar 27. Grafik temperatur masuk evaporator terhadap waktu

Dari grafik temperatur masuk evaporator pada gambar 7 di atas dapat dilihat bahwa temperatur masuk evaporator yang tercapai berbeda-beda berdasarkan diameter pipa kapiler dan persentase bukaan EEV. Ketika sistem menggunakan pipa kapiler, temperatur masuk evaporator yang tercapai yaitu sebesar -2.78°C . Sedangkan ketika menggunakan EEV, temperatur masuk evaporator untuk bukaan 50%, 75%, dan 100% secara berurutan yaitu sebesar -0.23°C , -0.47°C , dan -0.17°C . Berdasarkan grafik juga terlihat bahwa waktu sistem untuk mencapai temperatur masuk evaporator terendah pada tiap-tiap kondisi memiliki perbedaan. Ketika sistem menggunakan pipa kapiler membutuhkan waktu selama 18 menit. Sedangkan ketika menggunakan EEV waktu yang dibutuhkan sistem untuk mencapai temperatur terendah ketika masuk evaporator lebih cepat, yaitu 15 sampai 16 menit.

4.2. Analisis COP Aktual



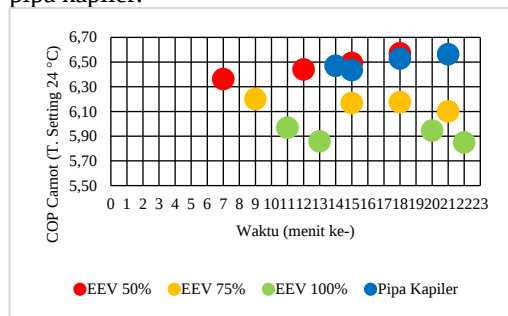
Gambar 28. Grafik COP aktual terhadap waktu

Gambar 8 menunjukkan grafik COP aktual terhadap waktu pada setiap kondisi bukaan EEV dan ketika sistem menggunakan pipa kapiler sebagai alat ekspansi. Terlihat berdasarkan grafik tersebut bahwa nilai COP aktual sistem ketika sistem menggunakan pipa kapiler memiliki nilai COP aktual tertinggi

dibandingkan kondisi lain, yaitu sebesar 5.23. Sedangkan COP aktual tertinggi yang mampu dicapai ketika sistem dengan bukaan EEV 50%, 75%, dan 100% yaitu 5.23, 4.72, dan 4.43. Perbedaan COP aktual yang tercapai diakibatkan karena adanya perubahan efek refrigerasi (q_e) dan kerja kompresi (q_w) sistem di setiap kondisi variasi yang dilakukan pada sistem.

4.3. Analisis COP Carnot

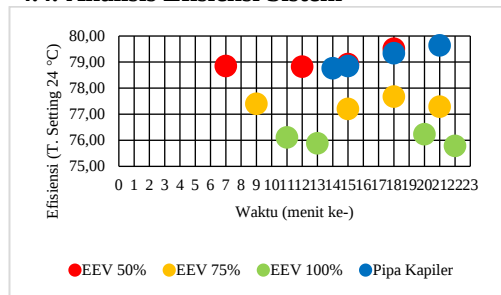
Gambar 9 menunjukkan perbandingan COP carnot terhadap waktu pada setiap kondisi bukaan EEV dan ketika sistem menggunakan pipa kapiler.



Gambar 29. Grafik COP carnot terhadap waktu

Untuk COP carnot yang mampu dicapai sistem pada setiap kondisi juga memiliki nilai yang berbeda-beda. Dari nilai-nilai yang ditunjukkan pada grafik, ketika sistem menggunakan EEV dengan bukaan 50% memiliki nilai COP carnot tertinggi dibandingkan kondisi lain, yaitu sebesar 6.57. Sedangkan untuk nilai COP carnot ketika sistem menggunakan pipa kapiler yaitu 6.56. Untuk nilai COP carnot pada kondisi bukaan EEV 75% dan 100% secara berurutan yaitu sebesar 6.10 dan 5.85. Perbedaan nilai COP carnot yang tercapai tersebut dapat disebabkan karena terdapat kenaikan temperatur kondensasi dan penurunan temperatur evaporasi sistem di setiap kondisi variasi.

4.4. Analisis Efisiensi Sistem



Gambar 30. Grafik efisiensi terhadap waktu

Gambar 10 menunjukkan grafik perbandingan antara efisiensi terhadap waktu pada setiap kondisi variasi bukaan EEV dan ketika sistem menggunakan pipa kapiler. Berdasarkan grafik tersebut kondisi efisiensi sistem terbesar yaitu pada kondisi sistem menggunakan pipa kapiler, yaitu dengan nilai efisiensi rata-rata mencapai 79.15%. Sedangkan untuk kondisi sistem ketika menggunakan EEV mencapai nilai efisiensi rata-rata sebesar 79.03% ketika bukaan EEV 50%. Perbedaan nilai efisiensi sistem ini dapat dipengaruhi oleh kenaikan dan penurunan nilai COP aktual maupun COP carnot. Karena nilai efisiensi berbanding lurus dengan nilai COP aktual dan berbanding terbalik dengan nilai COP carnot.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Telah dilakukan penelitian untuk berbagai variasi bukaan EEV dan juga penggunaan pipa kapiler pada sistem AC split inverter. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa ketika sistem menggunakan EEV, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai temperatur masuk evaporator terendah lebih cepat dibandingkan ketika sistem menggunakan pipa kapiler, yaitu 15 sampai 16 menit berbanding dengan 18 menit. Dari aspek besaran temperatur masuk evaporator, ketika sistem menggunakan pipa kapiler mampu mencapai temperatur lebih rendah yaitu -2.78 °C. Dari aspek COP aktual, ketika sistem menggunakan pipa kapiler memiliki nilai COP aktual yang lebih tinggi dibanding ketika sistem menggunakan EEV, yaitu 5.23 berbanding 5.22 ketika EEV membuka 50%. Ketika sistem menggunakan EEV dengan bukaan 75% dan 100% juga memiliki COP aktual yang lebih rendah dibandingkan dengan ketika sistem menggunakan pipa kapiler, yaitu sebesar 4.72 dan 4.43. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa sistem dengan pipa kapiler dikatakan memiliki performansi lebih baik meskipun ketika menggunakan EEV waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai temperatur masuk evaporator terendah lebih cepat. Disarankan pada penelitian selanjutnya dilakukan beberapa variasi bukaan EEV dengan persentase bukaan yang lebih rendah lagi dari bukaan EEV 50% untuk mengetahui kondisi bukaan EEV lain yang menghasilkan kinerja sistem yang mendekati atau lebih baik dari kondisi sistem ketika menggunakan pipa kapiler.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Muliawan, M. Ghanim, and T. Sutandi, "Komparasi Penerapan Kinerja Inverter pada Sistem Refrigerasi dengan Alat Ekspansi Jenis TXV dan Pipa Kapiler," *Jurnal Energi*, vol. 10, no. 1, pp. 7–13, 2020.
- [2] I. Wellid, Y. P. Hikmat, and K. Sumeru, "KAJI EXPERIMENTAL PERBANDINGAN KINERJA PENGKONDISI UDARA ANTARA MENGGUNAKAN INVERTER DAN NON-INVERTER," *Seminar Nasional Edusaintek FMIPA UNIMUS*, pp. 148–154, 2019.
- [3] J. K. Lee and S. Lee, "Selection of inverter frequency for commercial refrigerators without indoor information," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, vol. 18, no. 8, pp. 1189–1194, Aug. 2017.
- [4] C. Chinnaraj and P. Govindarajan, "Performance Analysis of Electronic Expansion Valve in 1 TR Window Air Conditioner using Various Refrigerants," *International Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 2, no. 9, pp. 4020–4025, 2010.
- [5] A. Almogbel, F. Alkasmoul, Z. Aldawsari, J. Alsulami, and A. Alsuwailam, "Comparison of energy consumption between non-inverter and inverter-type air conditioner in Saudi Arabia," *Energy Transitions*, vol. 4, no. 2, pp. 191–197, Dec. 2020.
- [6] H. Nasution, S. Widodo, and Mulyanef, "Performansi Mesin Pendingin Kompresi Uap Menggunakan Electronic Expansion Valve (EEV) dan Thermostatic Expansion Valve (TEV) Sebagai Kendali Laju Aliran Refrigeran," *Industrial Research Workshop and National Seminar*, pp. 57–61, 2012.
- [7] F. T. Knabben, A. F. Ronzoni, and C. J. L. Hermes, "Application of electronic expansion valves in domestic refrigerators," *International Journal of Refrigeration*, vol. 119, pp. 227–237, Nov. 2020.
- [8] A. A. Gawali, M. S. Joshi, R. L. Raut, and R. A. Bhogare, "EXPERIMENT ANALYSIS AND PERFORMANCE TESTING OF CAPILLARY TUBE AND THERMOSTATIC EXPANSION VALVE," *International Journal of Science, Engineering and Technology*, vol. 02, no. 05, pp. 327–336, 2014.