

# Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kinerja AC *Split* dengan Variasi Massa Refrigeran *Dimethyl Ether* (DME)

Bunga Putri Shaumi<sup>1</sup>, Windy Hermawan Mitrakusuma<sup>2</sup>, Andriyanto Setyawan<sup>3</sup>,  
Annisa Syafitri Kurniasetiawati<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : bunga.putri.tptu21@polban.ac.id

E-mail : windyhm@polban.ac.id

E-mail : andriyanto@polban.ac.id

E-mail : annisa.syafitrik@polban.ac.id

## ABSTRAK

Pemanasan global merupakan ancaman yang mendesak saat ini dan memerlukan inovasi dan teknologi pendinginan seperti penggunaan refrigeran ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh panjang pipa kapiler terhadap kinerja AC *split* dengan menggunakan refrigeran *dimethyl ether* (DME). Eksperimen dilakukan pada AC *split* Daikin 1 PK dengan variasi panjang pipa kapiler 1 m; 1,1 m dan massa refrigeran 30% (132 gram); 50% (220 gram). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan 50% DME terdapat peningkatan nilai COP dengan penggunaan panjang pipa kapiler 1,1 m dibandingkan dengan penggunaan panjang pipa kapiler 1 m. Konsumsi energi listrik pada pengisian 30% DME dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m mendapatkan 0,064 kWh dan pada 50% DME dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m mendapatkan 0,080 kWh. Kontribusi penelitian ini terletak pada pengurangan konsumsi energi listrik dan dampak terhadap lingkungan untuk mendukung upaya mengurangi pemanasan global dalam menghadapi perubahan iklim.

### Kata Kunci

*AC split, pipa kapiler, dimethyl ether, COP, konsumsi energi listrik*

## ABSTRACT

*Global warming is an urgent threat today and requires innovation and cooling technologies such as using environmentally friendly refrigerants. This study aims to evaluate the effect of capillary pipe length on the performance of a split air conditioner using dimethyl ether (DME) refrigerant. Experiments were conducted on a 1 PK Daikin split air conditioner with variations in capillary pipe length of 1 m; 1.1 m and refrigerant mass of 30% (132 grams); 50% (220 grams). The results showed that using 50% DME increased the COP value by using a 1.1 m capillary pipe length compared to using a 1 m capillary pipe length. Electrical energy consumption at 30% DME filling with capillary pipe lengths of 1 m and 1.1 m was 0.064 kWh and at 50% DME with capillary pipe lengths of 1 m and 1.1 m was 0.080 kWh. The contribution of this research lies in reducing electrical energy consumption and its impact on the environment to support efforts to reduce global warming in the face of climate change.*

### Keywords

*Split air conditioner, capillary pipe, dimethyl ether, COP, electrical energy consumption*

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan alat pengkondisian udara, terutama AC *split*, merupakan solusi yang populer dalam menciptakan kenyamanan termal di lingkungan tropis seperti Indonesia. Namun, penggunaan AC

*split* berkontribusi terhadap emisi gas rumah kaca [1], yang menjadi perhatian serius mengingat dampak pemanasan global yang sedang terjadi. Hal ini mendorong perlunya pengembangan alternatif refrigeran ramah lingkungan, seperti *dimethyl ether* (DME), yang memiliki nilai *Global Warming Potential* (GWP) = 1 [2]. Untuk menghadapi

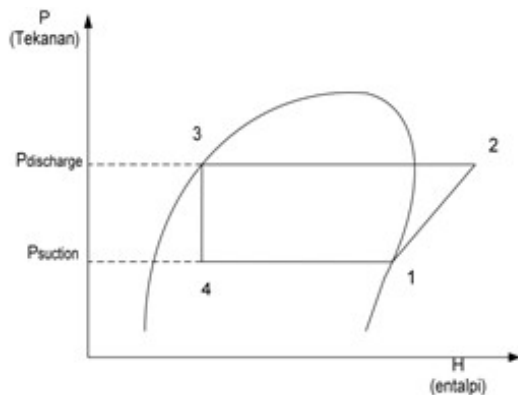
tantangan ini, penelitian ini berfokus pada pengembangan refrigeran ramah lingkungan dengan mencoba menggunakan *dimethyl ether* (DME) sebagai alternatif refrigeran. Refrigeran *dimethyl ether* (DME) sendiri perlu penyesuaian panjang pipa kapiler dikarenakan pipa kapiler sendiri memiliki dampak yang cukup besar terhadap temperatur yang dihasilkan di dalam evaporator [3]. Selain memperhatikan refrigeran yang digunakan pipa kapiler juga menjadi fokus utama dalam penelitian ini. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengeksplorasi pengaruh variasi massa refrigeran DME dan panjang pipa kapiler terhadap kinerja AC *split*, terutama dalam parameter *Coefficient of Performance* (COP) dan konsumsi energi listrik.

## 2. DASAR TEORI

Dasar teori berisi pembahasan mengenai sistem refrigerasi kompresi uap, *dimethyl ether* (DME), dan Reference Thermodynamic and Transport Properties (REFPROP).

### 2.1 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Gambar 1 menggambarkan proses-proses dalam sistem refrigerasi kompresi uap. Sistem ini menggunakan sirkulasi cairan pendingin yang menyerap kalor dan melepaskan kalor sehingga terjadi perubahan fasa [4]. Proses-proses ini tidak hanya mencakup perubahan fasa dari uap ke cair atau sebaliknya tetapi dapat memperhitungkan pula perubahan tekanan, temperatur, entropi, dan entalpi dari refrigeran.



Gambar 1. Siklus pada diagram p-h [5]

#### 2.1.1 Proses Kompresi (1-2)

Refrigeran berfasa uap jenuh bertekanan rendah dan bertemperatur rendah dikompresi sehingga tekanan dan temperaturnya tinggi melebihi kondisi lingkungan. Proses ini berlangsung dengan entropi

konstan (*isentropic*) [6]. Besarnya kerja yang dilakukan kompresor dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

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

#### 2.1.2 Proses Kondensasi (2-3)

Refrigeran yang berfasa uap bertekanan dan bertemperatur tinggi dari kompresor selanjutnya masuk ke kondensor untuk melepaskan kalor ke lingkungan sehingga menyebabkan perubahan fasa dari uap menjadi cair. Proses ini berlangsung dengan tekanan yang konstan (*isobar*) [7]. Besarnya kalor yang dilepaskan kondensor dapat dihitung menggunakan Persamaan (2)

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

#### 2.1.3 Proses Ekspansi (3-4)

Refrigeran berfasa cair jenuh masuk ke alat ekspansi untuk diturunkan tekanan dan temperaturnya sehingga fasa refrigeran yang keluar dari alat ekspansi adalah gabungan cair dan uap. Proses ini berlangsung dengan entalpi yang konstan (*iso-entalpi*) dikarenakan tidak ada kalor yang dibuang atau diserap, maka dapat dihitung menggunakan Persamaan (3).

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

#### 2.1.4 Proses Evaporasi (4-1)

Refrigeran dalam fasa mayoritas cair menyerap panas dari ruangan lalu mengubahnya menjadi uap jenuh. Proses ini terjadi pada tekanan yang konstan (*isobar*) dan temperatur konstan (*isothermal*) [8]. Besarnya kalor yang diserap evaporator dapat dihitung menggunakan Persamaan (4)

$$h_3 = h_4 \quad (4)$$

## 2.2 Dimethyl Ether

Refrigeran *dimethyl ether* (DME) adalah senyawa organik yang berasal dari pengolahan gas alam dan hidrokarbon lainnya. Refrigeran ini dikenal sebagai refrigeran ramah lingkungan karena tidak beracun dan tidak menyebabkan penipisan lapisan ozon karena memiliki nilai ODP = 0, dan memiliki pengaruh yang sangat kecil terhadap pemanasan global karena memiliki nilai GWP = 1. Karakteristik refrigeran *dimethyl ether* (DME) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik *dimethyl ether* [9]

Rumus kimia	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O
Molecular Mass, g/mol	46.07
Normal Boiling Point, °C	-24.84
Atmospheric lifetime, days	6
ODP	0
GWP	1
Critical Pressure, bar	53,37

### 2.3 Reference Thermodynamic and Transport Properties

Reference Thermodynamic and Transport Properties (REFPROP) merupakan sebuah program komputer yang disediakan oleh NIST untuk memberikan data sifat termofisika bagi berbagai cairan penting dalam industri dan campurannya [10]. Program komputer ini dapat mengetahui data sifat fluida dengan formula pada Persamaan (5)

= REFPROP("Parameter yang akan dicari", "Fluida kerja yang diketahui", "Parameter yang diketahui", "Satuan yang digunakan", "Nilai parameter yang diketahui") (1)

### 2.4 Penentuan Panjang Pipa Kapiler

Penentuan panjang pipa kapiler mengacu pada temperatur evaporasi yang akan dicapai dan menggunakan rumus perhitungan panjang pipa kapiler yang terdapat pada buku "*Refrigeration and Air Conditioning*" oleh J.W. Jones dan W.F. Stoecker dengan bantuan Microsoft Excel add-ins REFPROP untuk mendapatkan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk perhitungan panjang pipa kapiler. Berdasarkan temperatur evaporasi yang akan dicapai, nilai panjang pipa kapiler dapat dilihat pada Tabel 2.

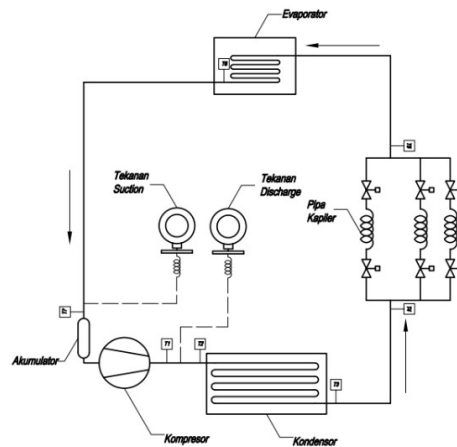
Tabel 2. Variasi panjang pipa kapiler

Temperatur Evaporasi (°C)	Diameter Dalam (in)	Panjang (m)
15	0,064	1
10	0,064	1,1

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan menggunakan AC *split* Daikin 1 PK dengan menggunakan pipa kapiler dengan panjang 1 m dan 1,1 m dan pengisian massa refrigeran *dimethyl ether* (DME) 30% (123 gram) dan 50% (220 gram) dari massa refrigeran bawaan yang sudah ada, yaitu R32. Pengambilan data dilakukan pada ruangan yang tidak terkondisikan dengan setting thermostat 18 °C dan kecepatan udara tertinggi. Data tekanan dan

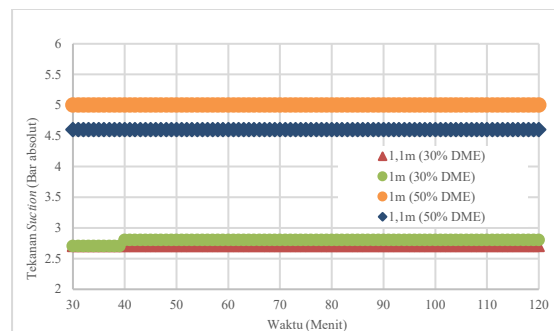
temperatur yang sudah didapat selanjutnya diolah dengan bantuan Microsoft Excel add-ins REFPROP. Diagram pemipaan dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. Diagram Pemipaan

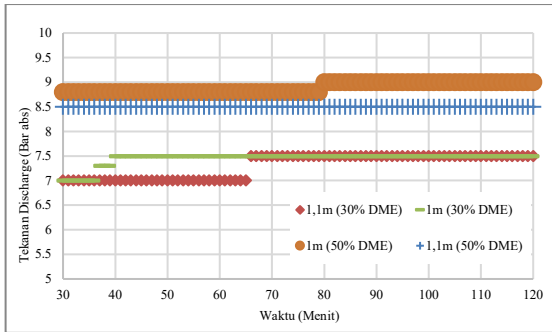
## 4. Hasil dan Pembahasan

Grafik tekanan *suction* variasi massa 30% dan 50% DME dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 3. Hasil eksperimen menunjukkan variasi massa DME 30% dan 50% tersebut, tekanan *suction* yang diamati pada panjang pipa kapiler 1 m lebih tinggi dibandingkan panjang pipa kapiler 1,1 m. Penurunan tekanan *suction* pada pipa kapiler yang lebih panjang disebabkan karena peningkatan rugi gesekan pada pipa kapiler yang lebih panjang.



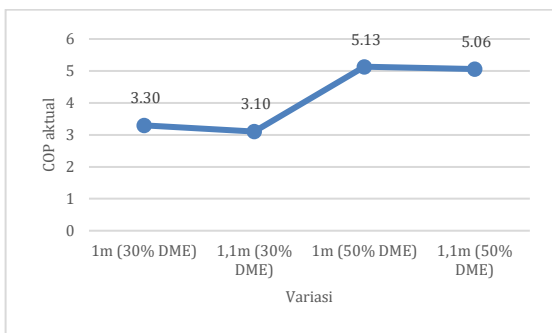
Gambar 3. Tekanan *suction* terhadap waktu

Grafik tekanan *discharge* variasi massa 30% dan 50% DME dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 4. Seperti pada tekanan *suction*, hasil eksperimen menunjukkan tekanan *discharge* pada panjang pipa kapiler 1 m lebih tinggi dibandingkan panjang pipa kapiler 1,1 m. Kenaikan tekanan *discharge* pada pipa kapiler yang lebih pendek disebabkan karena rugi gesekan yang lebih rendah pada pipa kapiler yang lebih pendek.



Gambar 4. Tekanan discharge terhadap waktu

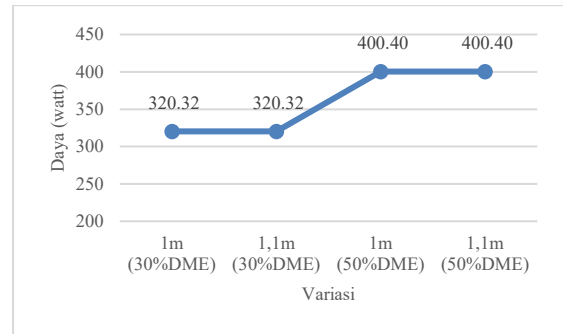
Grafik rata-rata nilai COP aktual terhadap variasi massa 30% dan 50% dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m ditunjukkan pada Gambar 5. Pada kondisi steady-state nilai rata-rata COP aktual untuk variasi massa 30% DME dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m adalah 3,30 dan 3,10, sedangkan untuk variasi massa 50% DME adalah 5,13 dan 5,06. Hasil dari analisis menunjukkan nilai COP aktual lebih tinggi pada setiap panjang pipa kapiler 1 m dibandingkan panjang pipa kapiler 1,1 m. Hal ini disebabkan laju aliran massa refrigeran yang lebih besar menghasilkan keseimbangan yang lebih baik antara efek refrigerasi dan kerja kompresi. Variasi massa 50% DME dengan panjang pipa kapiler 1 m mendapatkan COP aktual tertinggi dikarenakan kerja kompresi yang rendah. Sebaliknya, nilai COP terendah didapat pada variasi massa 30% DME dengan panjang pipa kapiler 1,1 m disebabkan karena kerja kompresi yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa panjang pipa kapiler dan banyaknya massa refrigeran mempengaruhi temperatur keluar evaporator dan kinerja sistem refrigerasi.



Gambar 5. COP aktual terhadap variasi

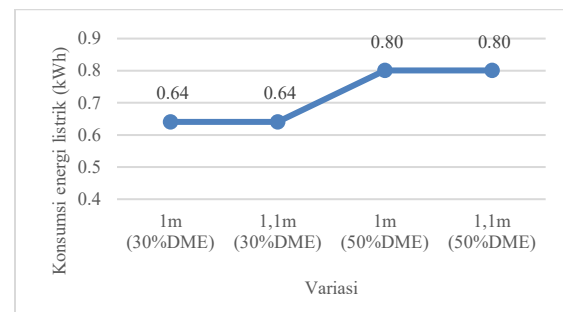
Grafik rata-rata daya input terhadap variasi massa 30% dan 50% dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m ditunjukkan pada Gambar 6. Grafik dibawah menunjukkan peningkatan linear seiring dengan penambahan massa refrigeran. Variasi massa 30% dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m masing-masing memiliki nilai daya input 320,3 watt

sedangkan variasi massa 50% DME masing-masing memiliki nilai daya input 400,4 watt. Peningkatan ini disebabkan karena kebutuhan kompresor untuk memompa refrigeran yang lebih banyak di dalam sistem. Semakin banyak refrigeran yang ada di dalam sistem arus listrik yang dibutuhkan meningkat. Namun, pengaruh panjang pipa kapiler terhadap konsumsi daya listrik relatif konstan.



Gambar 6. Daya terhadap variasi

Grafik rata-rata konsumsi energi terhadap variasi massa 30% dan 50% dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m ditunjukkan pada Gambar 7. Variasi massa 30% DME baik panjang pipa kapiler 1 m maupun 1,1 m masing-masing memiliki nilai konsumsi energi 0,064 kWh. Sedangkan variasi massa 50% dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m masing-masing memiliki nilai konsumsi energi 0,80 kWh. Seperti yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini semakin banyak massa refrigeran di dalam sistem maka nilai konsumsi energi listrik meningkat. Hal ini disebabkan karena peningkatan daya input yang diperlukan untuk mengoperasikan kompresor dalam mensirkulasikan refrigeran yang lebih banyak. Daya input sendiri dipengaruhi oleh arus listrik. Dengan demikian, konsumsi energi sangat terkait erat dengan daya input. Dibuktikan dengan variasi massa 50% DME dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m mendapatkan nilai konsumsi energi listrik tertinggi sesuai dengan nilai daya input yang tinggi pula pada variasi tersebut.



Gambar 7. Konsumsi energi listrik terhadap variasi

## 5. KESIMPULAN

Hasil eksperimen menunjukkan bahwa penggunaan panjang pipa kapiler 1,1 m menghasilkan tekanan *suction* yang lebih rendah pada 30% DME dan 50% DME dibandingkan pipa kapiler 1 m, yaitu pada 30% DME dengan panjang pipa kapiler 1m mendapatkan 2,7 bar absolut dan pada 50% DME mendapatkan 4,6 bar absolut. Sama seperti tekanan *suction*, tekanan *discharge* terendah dimiliki oleh panjang pipa kapiler 1,1 m pada setiap variasi massa refrigeran berturut-turut, yaitu 7,3 bar absolut dan 8,6 bar absolut.

COP aktual tertinggi didapatkan pada 50% DME dengan panjang pipa kapiler 1 m, yaitu 5,13. Konsumsi energi meningkat seiring dengan peningkatan massa refrigeran, yaitu 0,064 kWh untuk 30% massa DME dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m dan 0,080 kWh untuk 50% massa DME dengan panjang pipa kapiler 1 m dan 1,1 m.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung atas dukungan dana dan fasilitas yang telah diberikan. Kontribusi ini sangat berarti dalam mendukung kelancaran dan keberhasilan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Febrina, D. Wahyudi dan R. D. Harki, "Kajian Emisi CO<sub>2</sub> Berdasarkan Jejak Karbon Sekunder di Lingkungan Universitas Sahid Jakarta," *SEOI*, vol. 3, pp. 40-49, 2021.
- [2] H. Fajriyah, W. H. Mitrakusuma, T. P. Pramudantoro dan M. Akmal, "Perbandingan Uji Kinerja AC Mobil Menggunakan R134a dan RE170 (Dimethyl Ether) terhadap Variasi Putaran Kompresor," *IRWNS*, pp. 349-355, 2023.
- [3] W. F. Stoecker, *Refrigeration and Air Conditioning*, McGraw-Hill, 1982.
- [4] S. J. Santoso, "Analisa Perbandingan Konsumsi Listrik pada AC Split Berbahan Pendingin R-22 Dengan AC Split Berbahan Pendingin MC-22," *E-Journal Undip*, pp. 1-8, 2011.
- [5] W. H. Mitrakusuma, *Materi Kuliah Refrigerasi Dasar*, Bandung: Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung, 2018.
- [6] W. P. N. Padilla, W. H. Mitrakusuma, B. Y. Prasetyo dan S. Murniati, "Perbandingan Kinerja Sistem Refrigerasi Kompresi Uap menggunakan Refrigeran Dimethyl Ether (DME) dan R134a," *IRWNS*, pp. 344-348, 2023.
- [7] M. S. Utami, W. H. Mitrakusuma, L. M. Simbolon dan P. P. Rosulindo, "Uji Kinerja Freezer Menggunakan Dimethyl Ether Sebagai Refrigeran Pengganti R134a," *Jurnal Pendidikan Teknik dan Vokasional*, vol. 6, pp. 19-27, 2023.
- [8] M. L. S. Alfa, T. P. Pramudantoro dan A. R. Lukitobudi, "Kaji Eksperimental Pengaruh Variasi Dimeter Pipa Kapiler Terhadap Performansi Coolbox Menggunakan R-134a," *IRWNS*, pp. 96-102, 2023.
- [9] B. O. Bolaji, "Performance Study Of The Eco-Friendly Hydrofluoroolefins and Dimethyl Ether Refrigerants In Refrigeration Systems," *SIGURNOST*, pp. 113-121, 2014.
- [10] M. L. Huber, E. W. Lemmon, I. H. Bell dan a. M. O. McLinden, "The NIST REFPROP Database for Highly Accurate Properties of Industrially Important Fluids," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, pp. 15449-15472, 2022.