

PENGARUH JENIS *REFRIGERANT* DAN DIAMETER PIPA KAPILER TERHADAP KINERJA AC *SPLIT*

Tabah Priangkoso*, Nur Edy Santoso, Teguh Apriyanto dan Muhammad Dzulfikar

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim

Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

*Email: tabah@unwahas.ac.id

Abstrak

Refrigerant R-22 yang dipakai untuk AC sangat berperan besar dalam proses penipisan lapisan ozon dan pemanasan global, sehingga mulai dilarang pemakaiannya. R-32 dan R-410A merupakan Refrigerant yang ramah lingkungan untuk pengganti Refrigerant R-22. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan COP pada AC split menggunakan Refrigerant R-22, R-32 dan R-410A, karena COP merupakan ukuran untuk menilai kinerja suatu AC. Adapun tujuan lain yaitu membandingkan pemakaian daya listrik kompresor ketika menggunakan ketiga jenis Refrigerant tersebut. Penelitian yang dilakukan adalah melakukan variasi pemakaian bahan pendingin pada AC split ½ PK. Bahan pendingin Refrigerant yang digunakan adalah R-22, kemudian R-32, dan yang terakhir adalah R-410A. Dari hasil penelitian didapatkan pada penggunaan R-22 rata-rata nilai COP adalah 7,11. Pada penggunaan R-32 rata-rata nilai COP adalah 5,23. Sedangkan pada penggunaan R-410A rata-rata nilai COP adalah 4,68. Dari hasil tersebut dilihat bahwa COP R-22 paling besar, sedangkan pemakaian daya listrik kompresor yang menggunakan R-22 paling rendah dibandingkan menggunakan R-32 dan R-410A.

Kata kunci: AC, COP, refrigerant

PENDAHULUAN

Kinerja AC *split* dipengaruhi banyak tiga faktor utama, yaitu faktor lingkungan, faktor *Refrigerant* (fluida pendingin), dan faktor komponen AC *split* sebagai sistem mesin pendingin. Temperatur dan kelembaban udara lingkungan mempengaruhi beban pendinginan yang harus ditanggung oleh AC, sehingga mempengaruhi kinerja AC. Jenis *Refrigerant* dan komponen AC seperti evaporator, kondensor, kompresor, dan pipa kapiler; sangat mempengaruhi kinerja AC *split*.

Halokarbon R22 merupakan *refrigerant* yang paling umum digunakan di dunia, namun karena sifatnya yang merusak ozon, maka diupayakan menggantinya dengan *Refrigerant* yang lebih ramah lingkungan.

Sesuai dengan Protokol Montreal, R22 akan dilarang secara total penggunaannya mulai 1 Januari 2030, sehingga diperlukan *Refrigerant* pengganti yang memungkinkan AC memiliki kinerja lebih baik. Dua jenis *Refrigerant* yang disarankan sebagai pengganti R22 untuk AC adalah R32 dan R410A yang lebih ramah lingkungan dibanding R22. Sebagai penggantinya, digunakan R410A untuk semua jenis AC dan *refrigerator*. Sesuai dengan tuntutan penggunaan *Refrigerant* yang makin ramah lingkungan, saat ini mulai digunakan R32 yang memiliki indeks pendinginan paling tinggi dibanding kedua jenis *Refrigerant*

lainnya. Perusahaan-perusahaan kompresor juga mulai mengalihkan penggunaan R22 ke R410A atau R32 untuk mendinginkan ruangan (Hadya, Prasad, & Akella, 2015).

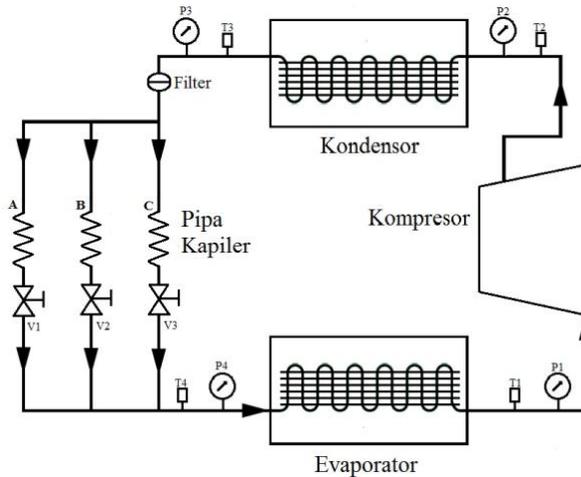
Di sisi lain, kemungkinan untuk meningkatkan kinerja AC *split* dapat dilakukan melalui modifikasi pipa kapiler, mengingat komponen ini yang paling mudah dimodifikasi dibanding komponen lain seperti evaporator, kondensor, atau kompresor. Selain itu, modifikasi pipa kapiler juga paling murah untuk dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis *Refrigerant* terhadap kinerja AC *split* menggunakan *Refrigerant* R22 untuk dibandingkan dengan penggantinya R410A dan R32. Selain itu, akan diuji juga pengaruh diameter pipa kapiler sebagai tindakan modifikasi terhadap kinerja AC *split*. AC *split* yang digunakan sebagai alat eksperimen adalah AC *split* merek Changhong CSC-05T1/A01174, ½ PK.

METODE

Set up alat eksperimen dilakukan sesuai skema pada Gambar 1. P1, P2, P3, dan P4 adalah pengukur tekanan *Refrigerant*, sedangkan T1, T2, T3, dan T4 adalah termometer untuk mengukur temperatur *Refrigerant*. V1, V2, dan V3 adalah katup

untuk mengalirkan *Refrigerant* melalui pipa kapiler yang dikehendaki.



Gambar 1. Skema rangkaian alat eksperimen

Skema pada Gambar 1 kemudian diterapkan pada Gambar 2 sebagai susunan alat eksperimen berupa AC *split* lengkap dengan evaporator, kompresor, kondensor, pipa kapiler; dilengkapi dengan pengukur tekanan, termometer, dan katup untuk mengatur pipa kapiler mana yang akan digunakan.

Pengujian pengaruh jenis *Refrigerant* kinerja AC *split* dilakukan menggunakan tiga jenis *Refrigerant* yaitu R22, R410A, dan R32. R22 digunakan sebagai *Refrigerant* kontrol karena akan digantikan R410A dan R32.



Gambar 2. Susunan alat eksperimen

Kinerja AC *split* diukur menggunakan *coefficient of performance* (COP) yang dihitung berdasarkan persamaan (Stoecker, 1986)

$$COP = \frac{q_e}{W} \tag{1}$$

dimana:

q_e = kalor diserap oleh evaporator utk setiap kg *Refrigerant* (kJ/kg);
 W = kerja kompresi oleh kompresor untuk setiap kg *Refrigerant* (kJ/kg)

Kalor yang diserap oleh evaporator atau efek pendinginan q_e dihitung sebagai selisih entalpi *Refrigerant* keluar dan masuk evaporator menggunakan persamaan (Stoecker, 1986)

$$q_e = h_1 - h_4 \tag{2}$$

dimana:

h_1 = entalpi *Refrigerant* keluar dari evaporator (kJ/kg)
 h_4 = entalpi *Refrigerant* masuk ke evaporator (kJ/kg)

Kerja kompresor W dihitung berdasarkan kenaikan entalpi *Refrigerant* akibat masukan daya dari kompresor. W dihitung menggunakan persamaan (Stoecker, 1986)

$$W = h_2 - h_1 \tag{2}$$

dimana:

h_1 = entalpi *Refrigerant* masuk ke kompresor (kJ/kg)
 h_2 = entalpi *Refrigerant* keluar dari kompresor (kJ/kg)

Besarnya entalpi diperoleh dari kurva *Refrigerant* yang diberikan oleh Moran (2006) dan ASHRAE (2001) dengan melihat kondisi tekanan dan temperatur pengukuran *Refrigerant* pada P1 dan T1, P2 dan T2, serta P4 dan T4. Hasil pengukuran tekanan dan temperatur diplot pada kurva untuk mendapatkan harga entalpi.

Langkah pertama untuk melakukan eksperimen adalah mengukur *Refrigerant* yang berada di dalam AC *split*, kemudian diisi dengan R22 yang masih segar sampai pada tekanan antara 60-70 Psig, sesuai dengan spesifikasi kompresor AC *split*. Pengujian kinerja dilakukan selama 90 menit pada kondisi lingkungan 30,1°C dan RH 76% dengan

pengaturan termostat 16°C , sehingga kompresor tidak berhenti bekerja karena evaporator selalu berhubungan dengan udara lingkungan. Pencatatan kondisi *Refrigerant* di tiap titik dilakukan setiap 15 menit. Sebelum dilakukan pencatatan, AC dinyalakan selama 30 menit terlebih dahulu agar *Refrigerant* mengalir dengan sempurna.

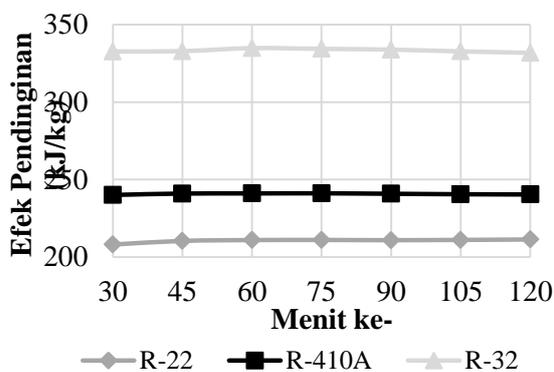
Tahap berikutnya mengganti R22 dengan R410A dengan cara menguras R22 dan memasukkan R410A ke sistem AC *split*. Pengujian dilakukan dengan cara yang sama, yaitu mencatat kondisi *Refrigerant* di tiap titik setiap 15 menit selama 90 menit. Prosedur yang sama juga dilakukan untuk R32.

Pengujian pengaruh diameter pipa kapiler terhadap kinerja AC *split* dilakukan menggunakan *Refrigerant* R22 dengan panjang pipa kapiler 78 cm, sesuai dengan spesifikasi AC *split*. Pengujian dilakukan dengan menutup dua katup sehingga *Refrigerant* hanya mengalir di satu pipa kapiler. Diameter pipa kapiler yang dipilih 0,042, 0,054, dan 0,064 in karena mudah didapat di pasar. Pencatatan dilakukan setiap 15 menit selama 90 menit setelah AC *split* bekerja 30 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian *Refrigerant*

Hasil pengukuran tekanan dan temperatur *Refrigerant* pada P1 dan T1 serta P4 dan T4, dengan mengkonfirmasi pada kurva *Refrigerant* dan menggunakan persamaan (2) menunjukkan bahwa R32 memiliki efek pendinginan tertinggi dibanding R410A dan R22 yang paling rendah efek pendinginannya. Hal dapat dilihat pada Gambar 3. Hal ini sesuai dengan sifat dari R32 yang memiliki *cooling capacity* lebih tinggi dibanding R22 dan R410A, serta R410A yang memiliki *cooling capacity* lebih tinggi dari R22 (Anonymous, 2015).



Gambar 3. Efek pendinginan pada evaporator

Tabel 1 menunjukkan bahwa pengukuran dari waktu ke waktu setelah 30 menit AC *split* hidup menunjukkan efek pendinginan yang merupakan serapan kalor oleh evaporator dari udara lingkungan tidak menunjukkan perubahan yang berarti. Rata-rata efek pendinginan R22 sebesar 210,5 kJ/kg, R410A sebesar 240,1 kJ/kg, dan R32 sebesar 333,3 kJ/kg.

Tabel 1. Hubungan jenis *Refrigerant* terhadap efek pendinginan pada evaporator (kJ/kg)

Menit ke	R22	R410A	R32
30	208,0	240,0	332,7
45	210,4	240,9	332,9
60	210,9	241,0	334,9
75	211,0	241,1	334,4
90	210,8	240,8	333,9
105	211,0	240,5	332,7
120	211,3	240,4	331,8
Rerata	210,5	240,7	333,3

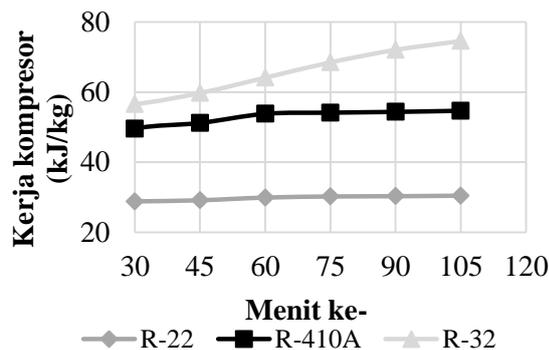
Efek pendinginan dihasilkan dari kerja masuk yang diberikan oleh kompresor. Kerja kompresor perlu dihitung menggunakan persamaan (2) untuk menetapkan COP dari masing-masing *Refrigerant* menggunakan persamaan (1).

Berpedoman pada hasil pengukuran P1, T1, P2, dan T2, dengan mengkonfirmasi pada kurva *Refrigerant* diperoleh kerja kompresor yang diberikan ke *Refrigerant*.

Tabel 2. Hubungan jenis *Refrigerant* dengan kerja kompresor (kJ/kg)

Menit ke	R22	R410A	R32
30	28,5	44,0	55,8
45	28,8	49,6	56,6
60	29,1	51,2	59,7
75	29,9	53,8	64,1
90	30,2	54,1	68,5
105	30,3	54,4	72,1
120	30,4	54,7	74,6
Rerata	29,6	51,7	64,5

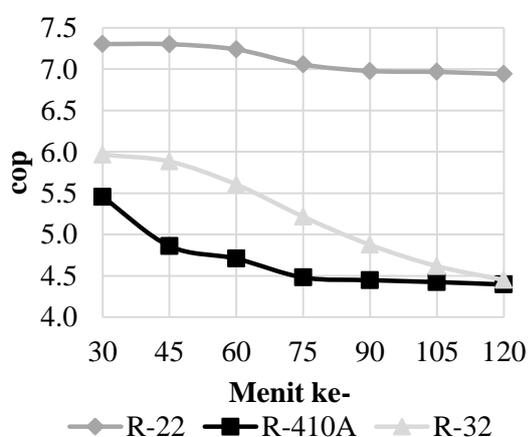
Pada Tabel 2 terlihat bahwa kerja kompresor tertinggi terjadi pada R32 sebesar 64,5 kJ/kg, disusul R410A sebesar 51,7 kJ/kg dan R22 sebesar 29,6 kJ/kg. Data ini menunjukkan bahwa penggunaan R32 sebagai *Refrigerant* membutuhkan daya lebih besar dari pada R410A maupun R22. R22 sendiri memerlukan daya yang lebih rendah dibanding R32 maupun R410A.



Gambar 4. Kerja kompresor diberikan kepada Refrigerant

Kerja kompresor untuk refrigerant R32 memang paling tinggi dibanding penggunaan R22 atau R410A, tetapi R32 memiliki *cooling capacity* yang lebih besar sehingga COPnya lebih tinggi dibanding R410A. Sebaliknya, R410A memiliki COP lebih rendah karena kerja kompresor yang tinggi dibanding *cooling capacity*nya, R32 memiliki perbandingan yang baik antara *cooling capacity* dan kerja kompresor.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa kerja kompresor meningkat seiring berjalannya waktu. Kenaikan kerja kompresor menunjukkan jika kompresor harus menggunakan daya yang lebih besar untuk mempertahankan *cooling capacity* tetap maksimum. Kenaikan terbesar pada R32 yang memiliki *cooling capacity* tertinggi dibanding yang lainnya. Peningkatan kerja kompresor dengan efek pendinginan yang relatif tetap seiring waktu menyebabkan menurunnya COP sebagaimana terlihat pada Gambar 5 dan Tabel 3.



Gambar 5. COP AC split

Tabel 3. Hubungan jenis Refrigerant dengan COP AC split

Menit ke	R22	R410A	R32
30	7,3	5,5	6,0
45	7,3	4,9	5,9
60	7,2	4,7	5,6
75	7,1	4,5	5,2
90	7,0	4,4	4,9
105	7,0	4,4	4,6
120	6,9	4,4	4,4
Rerata	7,1	4,7	5,2

Rata-rata COP tertinggi sebesar 7,1 terdapat pada R22 dan terendah sebesar 5,2 terdapat pada R32. R32 memiliki *cooling capacity* terbesar, juga memerlukan daya lebih besar. Namun demikian, meskipun R32 memiliki COP paling rendah, Refrigerant ini mempunyai kemampuan pendinginan paling besar. R22 memiliki COP yang lebih baik dibanding R410A dikonfirmasi oleh Jadhav dan Mali (2017). Bolaji (2012) juga menyatakan hal yang sama dari hasil pengujian R410A sebagai pengganti R22. Sementara itu, (Hadya, Prasad, & Akella (2015) mengkonfirmasi bahwa COP R32 adalah yang terbaik di antara ketiganya, disusul R22.

Antunes dkk (2014) yang melakukan eksperimen menggunakan R410A dan R32 untuk AC yang dispesifikasi menggunakan R22. Kesimpulannya, R32 dan R410A dapat digunakan sebagai pengganti R22 pada mesin AC yang dispesifikasi menggunakan R22. Selain itu, COP R32 lebih tinggi dibanding R22 dan R410A, sedangkan COP R22 lebih tinggi dari R410A.

Dengan mengingat bahwa R22 sangat merusak ozon, maka R410A dan R32 dapat digunakan sebagai pengganti R22. Untuk memperoleh COP terbaik disarankan untuk menggunakan R410A, sedangkan untuk mendapatkan efek pendinginan yang besar disarankan menggunakan R32.

Pengujian diameter pipa kapiler

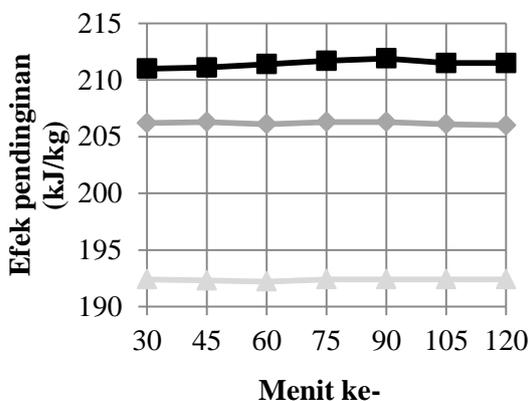
Pada pengujian pengaruh diameter pipa kapiler terhadap kinerja AC split, kapasitas pendinginan pada evaporator terbesar diperoleh pada penggunaan diameter pipa kapiler 0,054 in sebesar rata-rata 209,9 kJ/kg sebagaimana terlihat pada Gambar 6 dan Tabel 4.

Kapasitas pendinginan cenderung stabil untuk penggunaan ketiga diameter pipa kapiler seiring berjalannya waktu. Kenaikan terjadi pada dia 0,054 in di 30 menit pertama, namun kemudian stabil. Secara keseluruhan, efek

pendinginan terbaik didapatkan pada penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,054 in.

Tabel 4. Hubungan diameter pipa kapiler dengan kapasitas pendinginan evaporator (kJ/kg)

Menit ke-	Diameter pipa kapiler (in)		
	0,042	0,054	0,064
30	204,5	205,5	192,4
45	205,1	208,0	192,3
60	205,4	210,7	192,2
75	205,8	211,0	192,4
90	206,2	211,1	192,4
105	206,3	211,4	192,4
120	206,1	211,7	192,4
Rerata	205,6	209,9	192,4



Gambar 6. Efek pendinginan pada evaporator pada penggunaan pipa kapiler diameter 0,042, 0,054, dan 0,064 in

Tabel 5 memperlihatkan bahwa kerja kompresor tertinggi terdapat pada penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,064 in sebesar rata-rata 35,0 kJ/kg, sementara penggunaan pipa kapiler yang lain lebih kecil. Penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,054 in mengharuskan kompresor memberikan kerja rata-rata 29,3 kJ/kg dan 26,5 kJ/kg untuk penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,042 in.

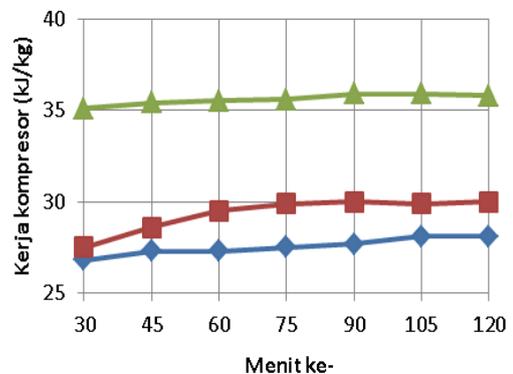
Pada Tabel 7 terlihat bahwa COP tertinggi terjadi pada penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,042 in dengan rata-rata COP sebesar 7,8. COP terendah terjadi pada penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,064 in sebesar 5,5. Angka COP yang rendah ini merupakan konsekuensi dari tingginya kerja kompresor dibanding efek pendinginan evaporator. Begitu juga sebaliknya pada penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,042. Efek pendinginan yang rendah juga dibarengi

dengan rendahnya kerja kompresor sehingga menyebabkan COP yang tinggi dibanding lainnya.

Tabel 5. Hubungan diameter pipa kapiler dengan kerja kompresor (kJ/kg)

Menit ke-	Diameter pipa kapiler (in)		
	0,042	0,054	0,064
30	24,7	27,5	33,7
45	26,2	28,6	34,8
60	26,5	29,5	35,0
75	26,5	29,9	35,2
90	26,8	30,0	35,1
105	27,3	29,9	35,4
120	27,3	30,0	35,5
Rerata	26,5	29,3	35,0

Kerja kompresor cenderung meningkat seiring berjalannya waktu sebagaimana terlihat pada Gambar 7. Hal ini menunjukkan kompresor semakin lama harus memberikan daya semakin besar untuk mempertahankan efek pendinginan. Daya kompresor yang tinggi akan berpengaruh pada COP dimana COP akan menurun sesuai dengan peningkatan kerja kompresor sementara tidak ada peningkatan efek pendinginan pada evaporator.



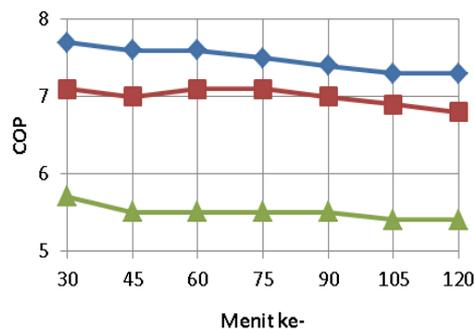
Gambar 7. Kerja kompresor pada penggunaan pipa kapiler diameter 0,042, 0,054, dan 0,064 in

Pada Tabel 6 diperlihatkan bahwa rata-rata COP tertinggi diperoleh dari penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,042 in sebesar rata-rata 7,8, disusul penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,054 in sebesar rata-rata 7,2 dan penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,064 in memberikan COP sebesar rata-rata 5,5. COP yang lebih tinggi menunjukkan bahwa AC split memiliki kinerja lebih baik karena memerlukan energi lebih kecil untuk menghasilkan efek pendinginan yang sama.

Tabel 6. Hubungan diameter pipa kapiler dengan COP

Menit ke-	Diameter pipa kapiler (in)		
	0,042	0,054	0,064
30	8,3	7,5	5,7
45	7,8	7,3	5,5
60	7,7	7,1	5,5
75	7,8	7,1	5,5
90	7,7	7,0	5,5
105	7,6	7,1	5,4
120	7,6	7,1	5,4
Rerata	7,8	7,2	5,5

Penggunaan pipa kapiler dengan 3 diameter yang berbeda menunjukkan penurunan COP seiring berjalannya waktu. Hal sesuai dengan meningkatnya kerja kompresor untuk memperoleh efek pendinginan. Penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,042 in memberikan COP tertinggi di sepanjang waktu, sedangkan penggunaan pipa kapiler berdiameter 0,064 in memberikan COP terendah di sepanjang waktu sebagaimana diperlihatkan Gambar 8.



Gambar 8. COP pada penggunaan pipa kapiler diameter 0,042, 0,054, dan 0,064 in

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa penggunaan pipa kapiler dengan diameter terkecil 0,042 in menghasilkan kinerja yang lebih baik, digambarkan dengan COP tinggi, dibanding diameter lainnya. Hal ini disebabkan diameter yang lebih kecil memberikan hambatan lebih besar, sehingga efek penurunan tekanan *Refrigerant* menjadi lebih efektif.

Efek diameter pipa kapiler dalam meningkatkan COP dapat dilihat jika pipa kapiler yang berbeda diameternya mempunyai panjang yang sama. Pipa kapiler berdiameter yang lebih besar tapi lebih panjang dapat mempunyai efek yang sama dengan pipa kapiler berdiameter kecil tetapi pendek (Akella, 2017). Dengan demikian, jika digunakan pipa kapiler berdiameter besar, maka diperpanjang

untuk memberikan efek penurunan tekanan yang sama dengan pipa kapiler berdiameter kecil, mengingat semakin panjang pipa kapiler akan meningkatkan efek pendinginan yang meningkatkan COP (Reddy, D., Bhramara, P., & Govindarajulu, K., 2012).

KESIMPULAN

1. *Refrigerant* R32 memiliki COP paling rendah, tetapi mempunyai *cooling capacity* paling besar dibanding R22 dan R410A. Sebaliknya, R410A memiliki COP lebih tinggi dari R32, namun memiliki *cooling capacity* lebih rendah dari R32. COP terbaik didapatkan dari penggunaan R22, namun mengingat R22 tidak ramah lingkungan, sebagai penggantinya dapat digunakan R32 atau R410A. Kedua *Refrigerant* ini dapat digunakan pada mesin AC *split* yang biasanya menggunakan R22 sebagai *Refrigerant*.
2. Pengecilan diameter pipa kapiler meningkatkan COP karena meningkatnya efek pendinginan pada evaporator. Peningkatan COP karena penggunaan pipa kapiler berdiameter kecil dapat diperoleh jika pipa kapiler mempunyai panjang yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Akella, S., (2017), Capillary Design for Fractional Tonnage Portable Air Conditioner, *Journal of Advances in Mechanical Engineering and Science*, Vol 3 (5).
- Anonimous, (2015), *Refrigerant R32*, Diakses: 1 April 2018, www.daikin.co.th:https://www.daikin.co.th/en/service-knowledge/r32-Refrigerant/
- Antunes, A., Filho, E., Mendonza, O., Souza, L., & Bertoni, M., (2014), Experimental Evaluation Of *Refrigerants* R290, R32 and R410a In A Refrigeration System Originally Designed For R22, *10th International Conference on Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics* (pp. 564-570). Orlando USA: HEFAT2014.
- ASHRAE, (2001), *Handbook Fundamental*. ASHRAE, Inc.
- Bolaji, B.O., (2012), Performance of A R22 *Split-Air-Conditioner* When Retrofitted With Ozone Friendly *Refrigerants* (R410A and R417A). *Journal of Energy in Southern Africa*, 16-22.

- Hadya, B., Prasad, A. M., & Akella, S., (2015), Performance Assessment of HFC Group Refrigerants in Window Air Conditioning System. *International Journal of Mechanical Engineering and Applications* , 81-85.
- Moran, M.J., and Shapiro, H.N., (2006), *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*. Chichester, Inggris: John Wiley & Sons, Inc.
- Jadhav, S.S., and Mali, K.V., (2017), Evaluation of a Refrigerant R410A as Substitute for R22 in Window Air-conditioner, *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)* , 23-32.
- Reddy, D., Bhramara, P., & Govindarajulu, K., (2012), Performance and Optimization of Capillary Tube Length In a Split Type Air Conditioning System, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 1 (7), 1-11.