

# Analisis Pengaruh Temperatur Udara Luar dan Efisiensi Isentropik terhadap Kinerja Air Conditioning dengan R410A

Joshua Putra Nahim<sup>1</sup>, Andriyanto Setyawan<sup>2</sup>, Sumeru<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : joshua.putra.tptu416@polban.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : andriyanto@polban.ac.id

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012  
E-mail : sumeru@polban.ac.id

## ABSTRAK

Penelitian ini menyajikan simulasi analisis pengaruh temperatur udara luar terhadap kinerja sistem *air conditioning* menggunakan aplikasi *coolpack*. Perubahan temperatur udara luar menyebabkan kinerja air conditioning berubah. Dengan perubahan temperatur udara luar maka bisa meningkatkan kerja kompresi yang semakin besar, kemudian diikuti oleh penurunan nilai beda entalpi kondenser sehingga mempengaruhi nilai COP (*Coefficient Of Performance*). Variasi yang dilakukan pada simulasi ini adalah nilai temperatur udara luar 25-45°C dengan range 2°C, efisiensi isentropik 0.5-0.9, temperatur evaporasi konstan 6°C, dan menggunakan refrigeran R410A. Hasil penelitian menunjukkan persentase kenaikan kerja kompresi dengan efisiensi isentropik 0,5 memiliki rentang dari 46,016 kJ/kg hingga 71,968 kJ/kg, lalu pada nilai efisiensi isentropik 0,6 memiliki rentang dari 38,347 kJ/kg hingga 59,974 kJ/kg. kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,7 memiliki rentang 32,939 kJ/kg hingga 51,406 kJ/kg, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,8 memiliki rentang nilai 28,76 kJ/kg hingga 44,98 kJ/kg, dan pada nilai efisiensi isentropik 0,9 memiliki rentang nilai 25,565 kJ/kg hingga 39,982 kJ/kg. Nilai beda entalpi kondenser dengan efisiensi isentropik 0.5 memiliki rentang dari 209,113 kJ/kg hingga 188,934 kJ/kg, lalu pada nilai efisiensi isentropik 0,6 memiliki rentang dari 201,444 kJ/kg hingga 176,939 kJ/kg, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,7 memiliki rentang 195,966 kJ/kg hingga 168,371 kJ/kg

## Kata Kunci

*Efisiensi Isentropik, kerja kompresor, beda entalpi kondenser, efek refrigerasi, COP, efisiensi refrigerasi*

## 1. PENDAHULUAN

Perubahan temperatur udara luar pada umumnya terjadi karena beberapa faktor salah satunya adalah lamanya penyinaran matahari di suatu daerah yang cenderung lebih lama [1]. Hal ini dapat menyebabkan kinerja AC Split meningkat, seperti kerja kompresor yang lebih berat saat melakukan kompresi pada refrigeran, selain itu berpengaruh juga pada nilai beda entalpi kondenser dan nilai efek refrigerasi semakin kecil.

Pada sistem pendingin ataupun tata udara umumnya menggunakan refrigeran R22 yang mempunyai nilai ODP (*ozone depletion potential*) sehingga beresiko merusak lapisan ozon. Karena itu menurut yang diamandemen versi protokol Montreal, CFC dihapus pada Januari 1996, kecuali untuk pengguna esensial, dan HCFC harus dihapus pada tahun 2020. Oleh karena itu pendingin atau campuran pendingin dengan sifat yang mirip dengan CFC dan HCFC dan tanpa potensi penipisan ozon (ODP) harus ditemukan untuk digunakan sebagai pengganti sistem yang ada. Yang

pertama adalah mengembangkan produk pengganti dengan karakteristik yang mirip dengan R22. Refrigeran R407C telah diterima di seluruh dunia sebagai pengganti dengan atribut keseluruhan paling menyerupai R22. Pendekatan kedua adalah mengembangkan pengganti refrigeran, yang akan memberikan kinerja terbaik ketika diterapkan pada peralatan yang didesain ulang, yang secara tradisional menggunakan R22 [2]. Dua pendekatan digunakan untuk meninjau alternatif untuk R22. Maka dari itu pemerintah mengupayakan R22 dilarang penggunaannya sejak 2020. Dari masalah tersebut diperlukan adanya pengganti refrigeran yang memiliki nilai ODP 0. Salah satunya adalah R410A. R410A merupakan senyawa dari campuran 50/50% berat refrigeran HFC-32 dan HFC-134 pun dalam industri refrigerasi dan tata udara refrigeran ini adalah sebagai pengganti R22. Kebutuhan refrigeran ini sudah menjadi kebutuhan pokok dalam tatanan baru bidang refrigerasi dan tata udara di seluruh dunia. R410A adalah refrigeran yang ramah lingkungan karena memiliki nilai ODP (*ozone depletion potential*) 0, namun nilai GWP (*global warming potential*) pada refrigeran ini masih cukup

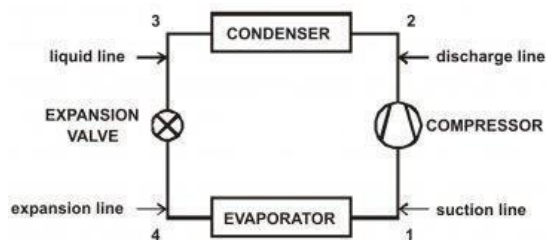
tinggi mencapai 2090. *Cooling index* sebesar 92 serta tingkat *flammability* yang rendah membuat refrigeran ini cocok digunakan pada industri refrigerasi maupun tata udara.

Pada penelitian kali ini menggunakan perangkat lunak *coolpack* yang berfungsi sebagai program simulasi yang dapat digunakan untuk mendesain, melakukan pengukuran, menganalisa, dan mengoptimalkan sistem pendinginan. Refrigeran yang digunakan adalah R410A dengan variasi temperatur udara luar 25-45°C selang 2°C dan variasi nilai efisiensi isentropik 0,5-0,9

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

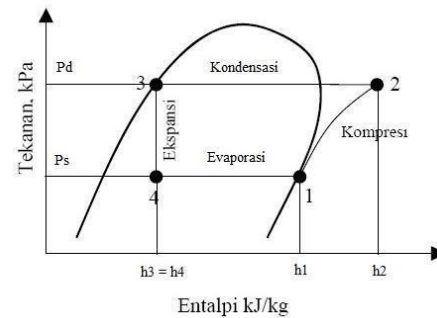
*AC split* terdiri dari dua bagian yaitu *indoor unit* dan *outdoor unit* [3]. *Indoor unit* diletakan pada bagian dalam ruangan yang berfungsi untuk menyerap kalor dari ruangan, sedangkan *outdoor unit* diletakan diluar ruangan yang dikondisikan, berfungsi untuk melepas kalor keluar ruangan. Sistem refrigerasi yang biasa digunakan pada *AC split* di Indonesia saat ini adalah sistem refrigerasi kompresi uap. Pada bagian *outdoor unit*, sistem refrigerasi kompresi uap memiliki saluran discharge yaitu saluran keluaran kompresor yang menuju ke kondenser. Pipa discharge merupakan pipa bertemperatur paling tinggi dari sistem refrigerasi. Pada bagian *indoor unit*, sistem refrigerasi kompresi uap biasanya memiliki *drainase* atau saluran pembuangan air hasil kondensasi uap air di evaporator.

AC Split ini menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap [4] dengan empat komponen utama yaitu kompresor, kondenser, alat ekspansi dan evaporator. Diagram pemipaan sistem refrigerasi kompresi uap sederhana ditunjukkan seperti pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1 Diagram pemipaan kompresi uap sederhana

Pada sistem refrigerasi kompresi uap terdapat empat proses ditunjukkan pada siklus Gambar 2, proses tersebut yaitu:



Gambar 2. Siklus refrigerasi kompresi uap

### Proses Kompresi (1-2)

Pada proses kompresi refrigeran akan ditekan oleh piston kompresor, selain menekan refrigeran piston juga berfungsi menarik uap refrigeran dari evaporator dan juga mengalirkan refrigeran ke semua sistem. Saat ditekan oleh piston, uap refrigeran mengalami kenaikan tekanan diikuti oleh kenaikan temperatur. Uap refrigeran kemudian dialirkan ke kondenser.

### Proses Kondensasi (2-3)

Pada proses kondensasi uap refrigeran dari kompresor akan menuju kondenser. Pada kondenser uap yang tekanan dan temperaturnya tinggi akan dilepas kalornya ke lingkungan sehingga temperaturnya turun dan fasanya berubah dari uap menjadi cair. Setelah melewati kondenser cairan refrigeran akan menuju alat ekspansi.

### Proses Ekspansi (3-4)

Pada alat ekspansi cairan refrigeran diturunkan tekanannya sehingga temperaturnya juga mengalami penurunan. Pada proses ini fasa refrigeran berubah menjadi campuran dengan mayoritas fasa cair. Setelah melewati alat ekspansi refrigeran menuju evaporator.

### Proses Evaporasi

Pada proses ini saat refrigeran melewati evaporator, refrigeran akan menyerap kalor dari ruangan atau benda yang akan dikondisikan sehingga ruangan mengalami penurunan temperatur dan dapat memenuhi kenyamanan konsumen sesuai fungsi dari *AC Split*. Karena refrigeran menyerap kalor maka refrigeran mengalami kenaikan temperatur dan fasanya berubah menjadi uap seluruhnya. Ketika hendak menuju kompresor fasa refrigeran harus berupa uap untuk mencegah *liquid suction* oleh karena itu biasanya ditambahkan

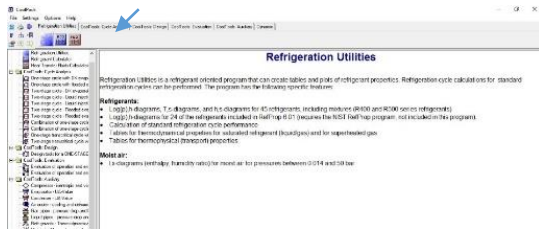
komponen *accumulator* agar fasa refrigeran yang akan masuk ke kompresor dipastikan berupa uap.

### 3. METODOLOGI

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh kinerja AC Split terhadap temperatur udara luar yang divariasikan mulai dari 25-45°C dengan R410A sebagai refrigeran, kemudian data yang akan diolah di aplikasi *coolpack* adalah temperatur kondensasi yang di asumsikan 12°C lebih tinggi dari temperatur lingkungan, temperatur evaporasi di asumsikan sebesar 6°C dan efisiensi isentropik mulai dari 0,5-0,9. Data yang tersebut kemudian diolah dalam aplikasi *coolpack*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kenaikan temperatur udara luar dan perubahan efisiensi isentropik terhadap kinerja sistem. Kinerja sistem yang dimaksud adalah kerja kompresi, efek refrigerasi, beda entalpi kondenser, COP dan efisiensi.

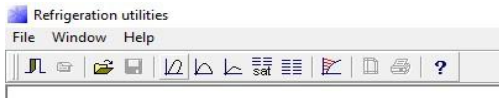
Cara kerja aplikasi *Coolpack* adalah sebagai berikut:

Saat membuka *Coolpack* pilih menu “*Refrigeration Utilities*” dan klik bunga es yang berwarna biru



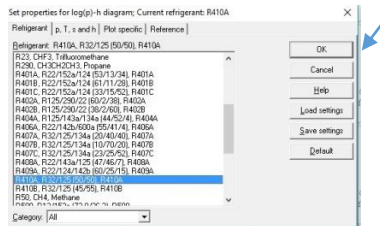
Gambar 3. Gambar Halaman awal *coolpack*

Setelah itu pilih bagian gambar diagram p-h.



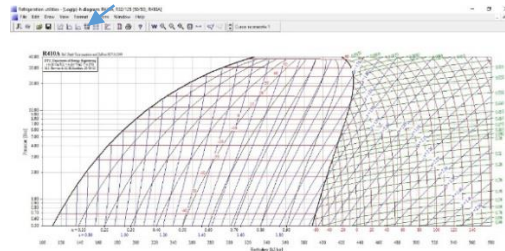
Gambar 4. Gambar log diagram p-h

Setelah itu pilih jenis refrigeran R-410a dan klik “OK”.



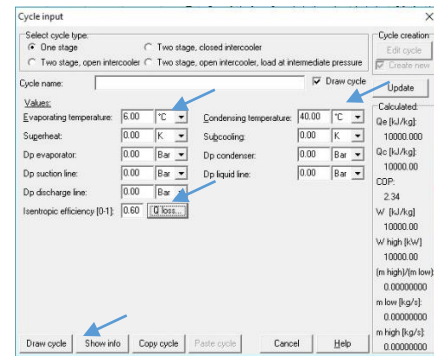
Gambar 5. Gambar jenis jenis refrigerant

Setelah itu akan muncul gambar diagram p-h dari R410A dan klik gambar “cycle”.



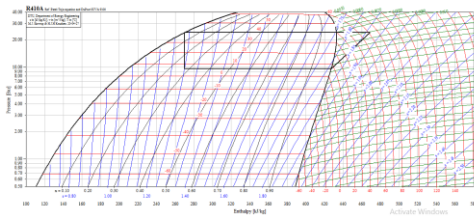
Gambar 6. Gambar Diagram p-h R410A

Setelah di klik “cycle” lalu input data temperatur kondensasi, temperatur evaporasi dan efisiensi isentropik dan klik “draw cycle”



Gambar 7. Gambar Halaman cycle input

Kemudian aplikasi *coolpack* akan menampilkan hasil diagram p-h yang telah di input sebelumnya



Gambar 8. Hasil gambar diagram p-h

Untuk mendapatkan kerja kompresi, efek refrigerasi, beda entalpi kondenser, COP dan efisiensi refrigerasi dapat menggunakan persamaan berikut :

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

$$q_c = h_2 - h_4 \quad (2)$$

$$q_e = h_1 - h_4 \quad (3)$$

$$COP_{aktual} = \frac{q_e}{q_w} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (4)$$

$$COP_{carnot} = \frac{T_e}{T_c - T_e} \quad (5)$$

$$\eta = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana,

$q_w$  = Kerja kompresi (kJ/kg)

$q_c$  = Panas yang dilepas oleh kondenser (kJ/kg)

$q_e$  = Efek refrigerasi (kJ/kg)

$COP$  = Coefficient of performance

$\eta$  = Efisiensi mesin refrigerasi (%)

$h_1$  = Entalpi saat refrigeran masuk kompresor (kJ/kg)

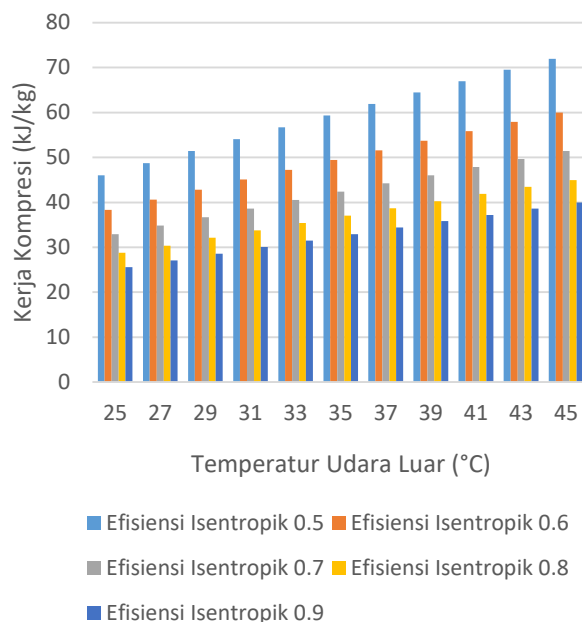
$h_2$  = Entalpi saat refrigeran masuk kondenser (kJ/kg)

$h_3 = h_4$  = Entalpi saat masuk evaporator (kJ/kg)

$T_e$  = Temperatur evaporasi °C

$T_c$  = Temperatur kondensasi °C

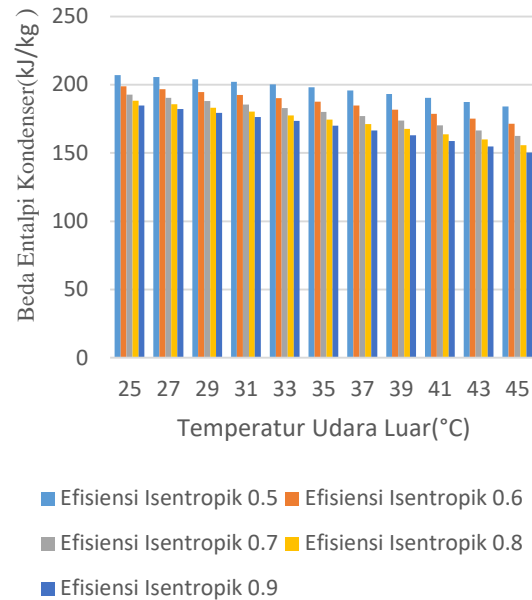
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.



Gambar 9. Hasil Pengamatan Temperatur Luar dan Efisiensi Isentropik terhadap Kerja Kompresi

Berdasarkan Gambar 9 diperoleh bahwa nilai kerja kompresi juga memiliki kaitan dengan temperatur udara luar dan efisiensi isentropik. Semakin besar nilai efisiensi isentropik dan temperatur udara luar maka kerja kompresi yang dihasilkan lebih besar, hal itu sebabkan kompresor harus bekerja lebih berat agar bisa mengkompresi lebih baik. Nilai kerja kompresi dengan efisiensi isentropik 0,5 memiliki rentang dari 46,016 kJ/kg hingga 71,968 kJ/kg, lalu pada nilai efisiensi isentropik 0,6 memiliki rentang dari 38,347

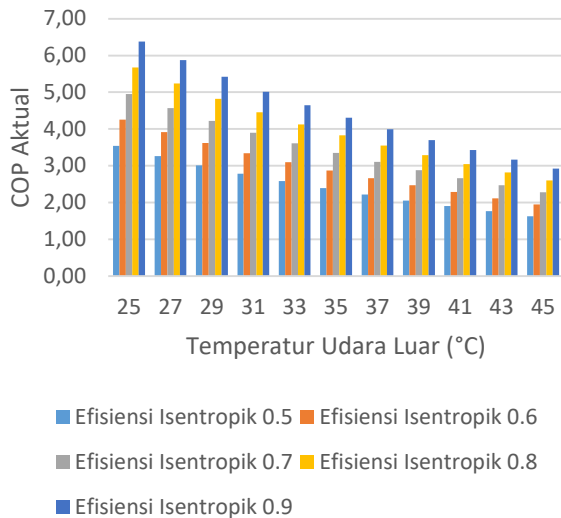
kJ/kg hingga 59,974 kJ/kg. kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,7 memiliki rentang 32,939 kJ/kg hingga 51,406 kJ/kg, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,8 memiliki rentang nilai 28,76 kJ/kg hingga 44,98 kJ/kg, dan pada nilai efisiensi isentropik 0,9 memiliki rentang nilai 25,565 kJ/kg hingga 39,982 kJ/kg. Sedangkan persentase kenaikan kerja kompresi mulai dari efisiensi isentropik 0,5-0,9 memiliki persentase kenaikan rata-rata yang sama yaitu 4,04% tiap 2°C.



Gambar 10. Hasil Pengamatan Temperatur Luar dan Efisiensi Isentropik terhadap Beda Entalpi Kondenser

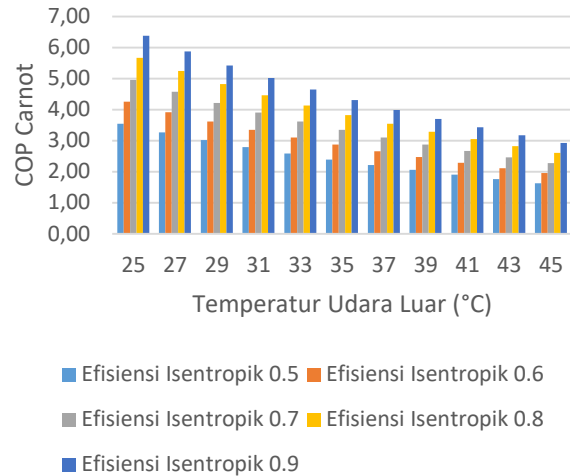
Berdasarkan Gambar 10 diperoleh bahwa nilai beda entalpi kondenser juga memiliki kaitan dengan temperatur udara luar dan efisiensi isentropik. Semakin besar nilai efisiensi isentropik dan temperatur udara luar maka beda entalpi kondenser yang dihasilkan lebih kecil. Nilai beda entalpi kondenser dengan efisiensi isentropik 0,5 memiliki rentang dari 209,113 kJ/kg hingga 188,934 kJ/kg, lalu pada nilai efisiensi isentropik 0,6 memiliki rentang dari 201,444 kJ/kg hingga 176,939 kJ/kg, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,7 memiliki rentang 195,966 kJ/kg hingga 168,371 kJ/kg, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,8 memiliki rentang nilai 191,857 kJ/kg hingga 161,946 kJ/kg, dan pada nilai efisiensi isentropik 0,9 memiliki rentang nilai 188,662 kJ/kg hingga 156,948 kJ/kg. Kemudian perubahan persentase nilai beda entalpi kondenser pada efisiensi isentropik 0,5 rata-rata memiliki persentase penurunan sebesar 1,19% tiap 2°C sedangkan pada nilai efisiensi isentropik 0,6 memiliki persentase penurunan sebesar 1,49% tiap 2°C, lalu pada nilai efisiensi isentropik 0,7 memiliki persentase penurunan sebesar 1,73% tiap 2°C, lalu

pada nilai efisiensi isentropik 0,8 memiliki persentase penurunan 1,92% tiap 2°C dan pada efisiensi isentropik 0,9 memiliki persentase penurunan sebesar 2,09% tiap 2°C



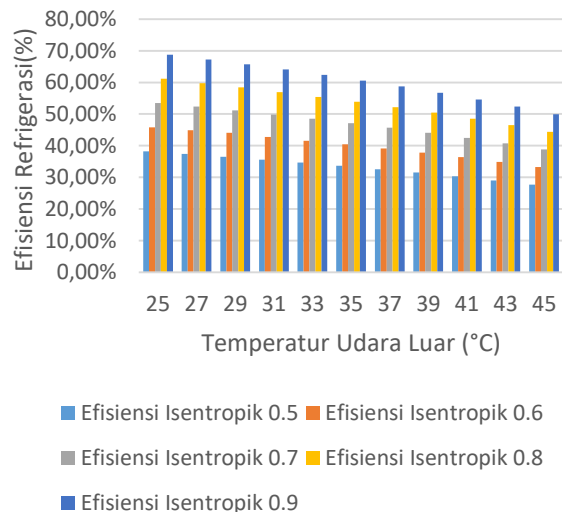
Gambar 11 Hasil Pengamatan Temperatur Luar dan Efisiensi Isentropik terhadap COP Aktual

Berdasarkan Gambar 11 diperoleh bahwa nilai COP aktual juga memiliki kaitan dengan temperatur udara luar dan efisiensi isentropik. Semakin besar nilai efisiensi isentropik dan temperatur udara luar maka COP aktual yang dihasilkan lebih kecil. Hal ini disebabkan karena nilai kerja kompresi semakin besar dan efek refrigerasi yang dihasilkan semakin kecil. Nilai COP aktual dengan efisiensi isentropik 0,5 memiliki rentang dari 3,54 hingga 1,63, lalu pada nilai efisiensi isentropik 0,6 memiliki rentang dari 4,25 hingga 1,95, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,7 memiliki rentang 4,95 hingga 2,28, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,8 memiliki rentang nilai 5,67 hingga 2,60, dan pada nilai efisiensi isentropik 0,9 memiliki rentang nilai 6,38 hingga 2,93. Sedangkan pada persentase penurunan COP aktual mulai dari efisiensi isentropik 0,5-0,9 memiliki persentase rata-rata penurunan yang sama yaitu 8,11% tiap 2°C.



Gambar 12 Hasil Pengamatan Temperatur Luar dan Efisiensi Isentropik terhadap COP Carnot

Berdasarkan Gambar 12 diperoleh bahwa nilai COP Carnot memiliki kaitan dengan temperatur udara luar dan efisiensi isentropik. Semakin besar nilai efisiensi isentropik dan temperatur udara luar maka COP Carnot yang dihasilkan lebih kecil. Nilai COP Carnot dengan efisiensi isentropik 0,5 hingga 0,9 memiliki rentan penurunan dari 9 hingga 5,47. Sedangkan persentase penurunan COP Carnot mulai dari efisiensi isentropik 0,5 hingga 0,9 memiliki persentase penurunan rata-rata yang sama yaitu 4,74% tiap 2°C.



Gambar 13 Hasil Pengamatan Temperatur Luar dan Efisiensi Isentropik terhadap Efisiensi Mesin Refrigerasi



Berdasarkan Gambar 13 diperoleh bahwa nilai efisiensi refrigerasi juga memiliki kaitan dengan temperatur udara luar dan efisiensi isentropik. Semakin besar nilai Efisiensi isentropik dan temperatur udara luar maka efisiensi refrigerasi yang dihasilkan lebih kecil. Nilai efisiensi refrigerasi dengan efisiensi isentropik 0.5 memiliki rentang dari 39,38% hingga 29,71%, lalu pada nilai efisiensi isentropik 0,6 memiliki rentang dari 47,26% hingga 35,65%, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,7 memiliki rentang 55,02% hingga 41,59%, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,8 memiliki rentang nilai 63,01% hingga 47,53%, dan pada nilai efisiensi isentropik 0,9 memiliki rentang nilai 70,89% hingga 53,48%. Sedangkan persentase penurunan efisiensi refrigerasi mulai dari efisiensi isentropik 0,5 hingga 0,9 memiliki persentase penurunan rata-rata yang sama yaitu 5,11% tiap 2 °C

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Dengan menggunakan R410A peningkatan kerja kompresi pada efisiensi isentropik mulai dari 0,5 hingga 0,9 rata-rata setiap 2°C meningkat sebesar 4,04% atau sekitar 2 kJ/kg.
2. Nilai beda entalpi kondenser pada nilai efisiensi isentropik 0,5 hingga 0,9 mengalami penurunan sebesar 1,68% atau sekitar 2,9kJ/kg.
3. Nilai COP aktual dengan efisiensi isentropik 0.5 memiliki rentang dari 3,54 hingga 1,63, lalu pada nilai efisiensi isentropik 0,6 memiliki rentang dari 4,25 hingga 1,95, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,7 memiliki rentang 4,95 hingga 2,28, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,8 memiliki rentang nilai 5,67 hingga 2,60, dan pada nilai efisiensi isentropik 0,9 memiliki rentang nilai 6,38 hingga 2,93. Sedangkan persentase penurunan COP aktual mulai dari efisiensi isentropik 0,5-0,9 memiliki persentase rata-rata yang sama yaitu 8,11% tiap 2 °C.
4. Nilai COP Carnot dengan efisiensi isentropik 0.5 hingga 0,9 memiliki rentang penurunan dari 9 hingga 5,47. Sedangkan persentase penurunan COP Carnot mulai dari efisiensi isentropik 0,5 hingga 0,9 memiliki persentase penurunan rata-rata yang sama yaitu 4,74% tiap 2 °C.
5. Nilai efisiensi mesin refrigerasi dengan efisiensi isentropik 0.5 memiliki rentang dari 39,38% hingga 29,71%, lalu pada nilai efisiensi isentropik 0,6 memiliki rentang dari 47,26% hingga 35,65%, kemudian pada nilai efisiensi

isentropik 0,7 memiliki rentang 55,02% hingga 41,59%, kemudian pada nilai efisiensi isentropik 0,8 memiliki rentang nilai 63,01% hingga 47,53%, dan pada nilai efisiensi isentropik 0,9 memiliki rentang nilai 70,89% hingga 53,48%. Sedangkan pada persentase penurunan efisiensi refrigerasi mulai dari efisiensi isentropik 0,5 hingga 0,9 memiliki persentase penurunan rata-rata yang sama yaitu 5,11% tiap 2 °C.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu menggunakan variasi temperatur evaporasi agar diketahui nilai pada kinerja sistem lebih bervariasi.
2. Perlu menggunakan aplikasi selain *coolpack* agar bisa dibandingkan hasilnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahim, R., Asniawaty, M. T., Amin, S., & Hiromi, R. (2016). Karakteristik Data Temperatur Udara dan Kenyamanan Termal di Makassar. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI. Universitas Hasanuddin. Makassar.*
- [2] Jadhav, S. S., & 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.
- [3] Rustandi, R. (2010, October). Pemanfaatan Air Kondensat Untuk Meningkatkan Unjuk Kerja Dan Efisiensi AC Split. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 1, pp. 14-1).
- [4] Hidayati, P. (2011). Pengaruh setting temperatur terhadap kinerja ac Split. *Jurnal Teknik Konversi Energi.*
- [5] Fajar, T. B., Bagas, P. R., Ukhi, S., Alhamid, M. I., & Lubis, A. (2020). Energy and exergy analysis of an R410A small vapor compression system retrofitted with R290. *Case Studies in Thermal Engineering*, 100671.
- [6] Setyawan, A., Sutandi, T., Faldian, & Margana, A. S. (2018, August). Simulation of the effect of the condensing temperature on the performance of a split AC with R-410a under constant cooling capacity. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2001, No. 1, p. 020005). AIP Publishing LLC.