

ANALISIS PENGARUH TIPE KONDENSOR TERHADAP UNJUK KERJA MESIN PENDINGIN MENGGUNAKAN *DOUBLE EVAPORATOR*

Ardila Dwi Tresna¹, Boy Arief Fachri² Aris Zainul Muttaqin³, M Nurkoyim Kustanto³, Digdo Listyadi Setyawan³, M Edoward Ramadhan³

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

² Dosen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember

³ Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Jl. Kalimantan No. 37, Kampus Tegalboto, Sumbersari, Jember, Jawa Timur 68121

E-mail : fachri.teknik@unej.ac.id

ABSTARCT

Separation condenser is one of the types of condenser equipped with gas and liquid separator. The previous research using separation condenser showed low output temperature of 1.3 K than baseline condenser. This study is to observe the effect of separation and baseline condenser to the performance of the refrigerator with a double evaporator and using LPG and R134A as a refrigerant. This research using a parallel circuit for separation condenser and baseline. The result showed that using R134A gives 0.16% higher value of COP. Meanwhile, using double evaporator with R134A as a refrigerant gives 69.5 % higher value of COP than single evaporator.

1. PENDAHULUAN

Refrigerasi merupakan suatu kebutuhan bagi masyarakat desa maupun kota pada saat ini. Refrigerasi adalah proses penurunan suhu dari suhu tinggi ke suhu rendah sebuah zat. Refrigerasi saling berhubungan erat dengan mesin pendingin. Mesin pendingin terdiri dari *refrigerator*, *chiller* dan *freezer*. Mesin pendingin memiliki beberapa komponen utama yaitu kondensor, evaporator, kapiler dan kompresor[1].

Separation condenser merupakan sebuah kondensor modifikasi yang didalamnya terdapat pemisah fasa antara cair dan gas. Dua kriteria perbandingan yang digunakan untuk membuktikan kinerja yang lebih baik dari *separation condenser* daripada *baseline condenser* yaitu laju aliran kondensat yang lebih tinggi dan suhu outlet lebih rendah[2].

Separation condenser menurunkan suhu keluaran dari *refrigerant* dibandingkan dengan *baseline condenser* yang memiliki laju aliran massa sama, kemudian efek dari *separation condenser* dieksplorasi dalam sistem *Mobile Air Conditioning* (MAC) yang mengukur *Coefficient of Performance* (COP) pada kapasitas pendinginan yang sesuai. COP meningkat dari 1,3% menjadi 6,6% dibandingkan dengan *baseline condenser*[3]. Penelitian lain tentang siklus pendinginan menggunakan evaporator ganda CO₂ dengan dua *ejector* menunjukkan adanya peningkatan kinerja sistem yang lebih efektif daripada *ejector* tunggal dalam siklus kompresi uap CO₂ menggunakan *ejector* sebagai *expander* berkisar hingga 46%[4].

Efek pendinginan dalam sebuah sistem diperoleh dengan cara menyerap panas *refrigerant* yang menguap dengan cepat. Penelitian mesin pendingin yang

menggunakan dua evaporator dilakukan dengan dua kompresor dan sirkulasi sistem terpisah tiap ruangan, didapatkan hasil peningkatan efisiensi sebanyak 3,5%. Sistem dua evaporator mengurangi energi listrik yang digunakan setiap ruangan [5].

Penelitian lain menunjukkan sebuah mesin pendingin yang menggunakan multi evaporator, kedua evaporator dipasang katup ekspansi serta menggunakan satu kompresor, kondensor dan *heat exchanger*. Sebuah katup *solenoid* dihubungkan dengan aliran *refrigerant* menuju *freezer* dan evaporator *freshfood*. Hasilnya pada siklus kerja secara seri didapatkan peningkatan efisiensi sebesar 8,5% [6].

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan penggunaan *separation condenser* dan *baseline condenser* dengan *double evaporator* serta LPG dan R134A sebagai *refrigerant*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Perhitungan unjuk kerja mesin pendingin adalah sebagai berikut [1]:

a.) Efek Refrigerasi

Efek refrigerasi adalah jumlah kalor yang mampu diserap *refrigerant* di dalam evaporator untuk setiap massa dari *refrigerant*.

$$q_r = h_1 - h_4 \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

h_1 : entalpi *refrigerant* pada titik 1

h_4 : entalpi *refrigerant* pada titik 4

b.) Kerja Kompresi

Kerja kompresi merupakan perubahan entalpi saat *refrigerant* meninggalkan evaporator dan melewati kompresor sehingga temperatur dan tekanannya meningkat.

$$W_c = h_2 - h_1 \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

h_2 : entalpi *refrigerant* pada titik 2

h_1 : entalpi *refrigerant* pada titik 1

c.) Pelepasan Kalor

Pelepasan kalor merupakan selisih entalpi masukan dan keluaran kondensor.

$$Q = h_2 - h_3 \dots\dots\dots (3)$$

dengan :

h_2 : entalpi *refrigerant* pada titik 2

h_3 : entalpi *refrigerant* pada titik 3

d.) COP (*Coefficient of Performance*)

COP merupakan efisiensi yang dimiliki oleh sebuah mesin pendingin.

$$COP = \frac{\text{Efek refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresi}} \dots\dots\dots (4)$$

3. METODE PENELITIAN

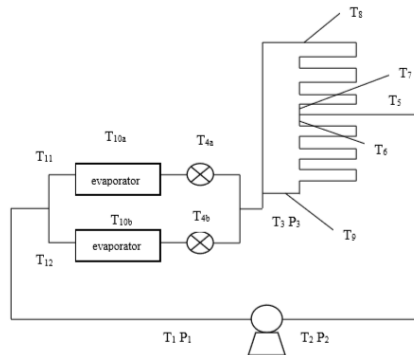
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan variasi jenis kondensor dan *refrigerant*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi II Universitas Jember. Alat dan bahan yang digunakan adalah :

- a. Dua buah mesin pendingin
- b. *Separation Condenser*
- c. *Baseline Condenser*
- d. *Pressure Gauge*
- e. *Clamp Meter*
- f. *Manifold*
- g. *Vacuum Pump*
- h. *Stopwatch*
- i. Mesin Las
- j. *Filler*
- k. Pemotong Pipa
- l. *Flow Meter*
- m. R134A
- n. LPG

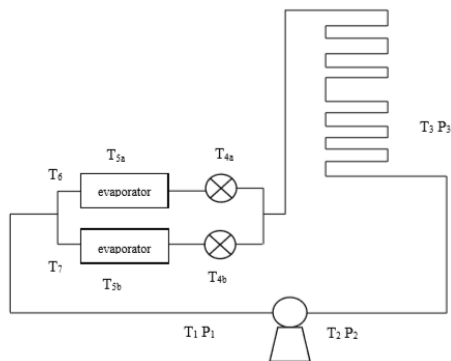
Prosedur penelitian :

- a. Perangkaian alat uji termasuk pemasangan *baseline condenser* dan *separation condenser* secara paralel.

- b. Pemasangan alat ukur *pressure gauge* dan termokopel pada titik yang telah ditentukan serta *clampmeter*.
- c. Pengisian *refrigerant* baik R134A ataupun LPG.
- d. Mesin pendingin dihidupkan sampai pada *steady state*.
- e. Hasil perubahan temperatur dan tekanan dicatat pada setiap titik yang telah ditentukan.
- f. Pengolahan data dengan menggunakan *software coolpack*.
- g. Analisis data.



Gambar 1. Skema alat uji *separation condenser*

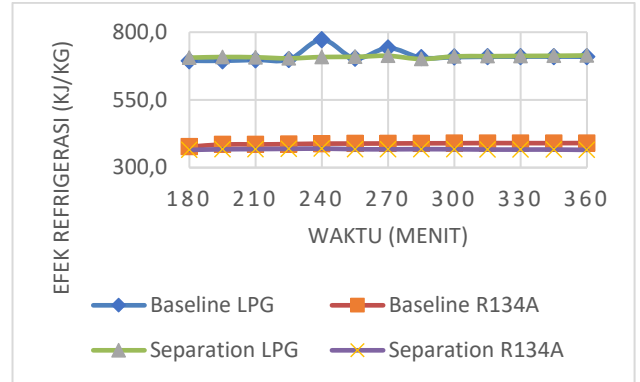


Gambar 2. Skema alat uji *baseline condenser*

4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Data temperatur yang diperoleh diolah untuk mencari nilai entalpi untuk mendapatkan nilai unjuk kerja dari mesin pendingin.

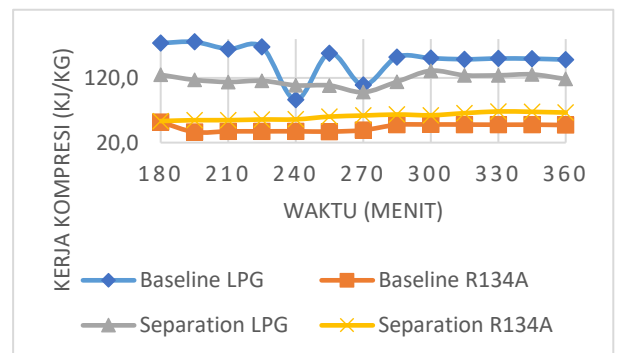
a. Efek Refrigerasi



Gambar 3. Hubungan efek refrigerasi dengan waktu

Efek refrigerasi cenderung stabil dari menit ke 180 hingga 360. Nilai rata-rata efek refrigerasi tertinggi pada *baseline condenser* terdapat pada *refrigerant* LPG dengan nilai 711,9 kJ/kg sedangkan nilai terendah terdapat pada *refrigerant* R134A dengan nilai 378,9 kJ/kg atau 46,7% lebih rendah dibandingkan *baseline condenser* menggunakan *refrigerant* LPG. Nilai rata-rata efek refrigerasi tertinggi pada *separation condenser* terdapat pada *refrigerant* LPG dengan nilai sebesar 708,99 kJ/kg sedangkan nilai terendah terdapat pada *refrigerant* R134A dengan nilai 367,5 kJ/kg atau 48,2% lebih rendah dibandingkan dengan *separation condenser* yang menggunakan *refrigerant* LPG. Hal ini diakibatkan oleh perbedaan nilai entalpi yang besar pada butana dan propana jika dibandingkan dengan R134A.

b. Kerja Kompresi



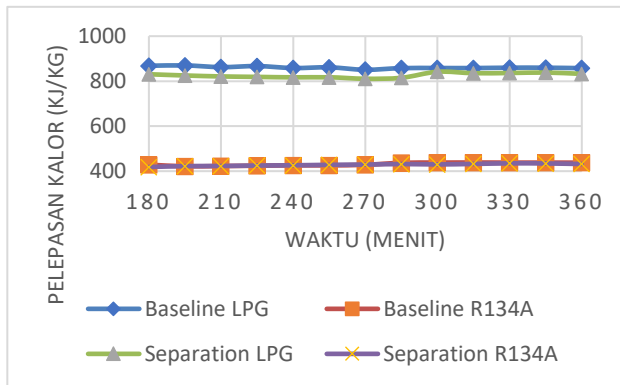
Gambar 4. Hubungan kerja kompresi terhadap waktu

Nilai rata-rata kerja kompresi tertinggi pada *baseline condenser* terjadi pada *refrigerant* LPG dengan nilai 146,7 kJ/ sedangkan nilai terendah terdapat pada *refrigerant* R134A dengan nilai 42,6 kJ/kg atau 70,9% lebih rendah dibandingkan dengan *baseline condenser* menggunakan LPG sebagai *refrigerant*. Nilai rata-rata kerja kompresi tertinggi pada *separation condenser* terjadi pada *refrigerant* LPG dengan nilai 117,1 kJ/kg sedangkan kerja kompresi terendah terdapat pada *refrigerant* R134A dengan nilai 60,8 atau 48,1% lebih rendah dari *refrigerant* LPG. Hal ini diakibatkan oleh nilai entalpi pada titik 1 dan 2 memiliki selisih yang sangat kecil sehingga proses kompresi pada sistem pendingin baik *baseline condenser* ataupun *separation condenser* yang menggunakan *refrigerant* R134A hanya membutuhkan energi yang kecil untuk kompresor bekerja.

terdapat pada *refrigerant* R134A dengan nilai 431,161 kJ/kg atau dapat disebut dengan pelepasan kalor pada *baseline condenser* menggunakan R134A sebagai *refrigerant* memiliki nilai 49,9% lebih rendah dibandingkan dengan *refrigerant* LPG. Nilai rata-rata tertinggi dari *separation condenser* terdapat pada *refrigerant* LPG yaitu sebesar 826,113 kJ/kg dan nilai terendah terdapat pada *refrigerant* R134A dengan nilai sebesar 428,231 kJ/kg atau dapat disebut bahwa pelepasan kalor pada *separation condenser* dengan *refrigerant* R134A lebih rendah 48,1% dari *refrigerant* LPG.

Dapat disimpulkan bahwa nilai pelepasan kalor *separation condenser* lebih rendah daripada *baseline condenser*. Semakin tinggi nilai pelepasan kalor sebuah siklus pendingin maka akan semakin baik pula nilai untuk unjuk kerja mesin tersebut. Hal ini diakibatkan oleh ringannya kinerja kondensor dalam melepaskan kalor ke lingkungan[7].

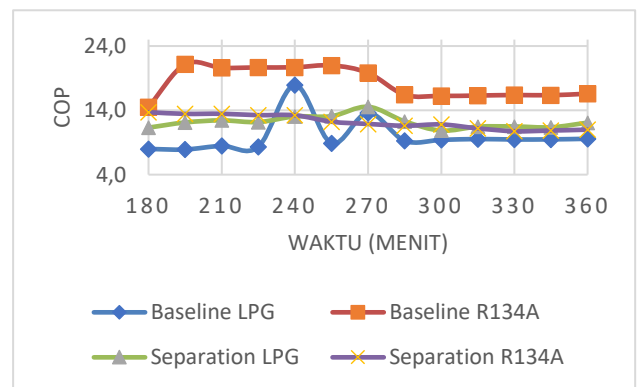
c. Pelepasan Kalor



Gambar 5. Hubungan pelepasan kalor terhadap waktu

Nilai pelepasan kalor cenderung stabil pada setiap variasi. Nilai rata-rata tertinggi dari *baseline condenser* terdapat pada *refrigerant* LPG yaitu sebesar 860,753 kJ/kg sedangkan nilai terendah

d. COP



Gambar 6. Hubungan COP terhadap waktu

Nilai rata-rata COP tertinggi pada *baseline condenser* terdapat pada *refrigerant* R134A yaitu sebesar 18,22 sedangkan nilai terendah terdapat pada *refrigerant* LPG dengan nilai 9,98 atau

45,2% lebih rendah dibandingkan dengan *baseline condenser* yang menggunakan *refrigerant* R134A. Nilai rata-rata tertinggi pada *separation condenser* terdapat pada *refrigerant* R134A yaitu 12,2 sedangkan nilai terendah terdapat pada *refrigerant* LPG dengan nilai 12,18 atau 0,16% lebih rendah dari *separation condenser* dengan *refrigerant* R134A. Nilai COP yang naik turun ini kemungkinan diakibatkan oleh perbedaan massa saat pengisian *refrigerant* serta perbedaan suhu pada evaporator 1 dan 2.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- a. Penggunaan *separation condenser* dapat menaikkan kerja kompresi pada *refrigerant* R134A sebesar 29,9%
- b. Penggunaan *refrigerant* R134A dapat menaikkan nilai COP dibandingkan LPG dalam *separation condenser* maupun *baseline condenser*
- c. Penggunaan *double evaporator* membuktikan bahwa unjuk kerja mesin pendingin lebih baik daripada menggunakan *single evaporator*. Hal ini diakibatkan oleh sirkulasi pada *double evaporator* akan lebih cepat jika dibandingkan dengan *single evaporator* karena kompresi akan dibagi menjadi dua.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan *refrigerant* R134A agar COP yang dihasilkan baik.
2. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji variasi evaporator lebih dari dua.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stoecker, W.F. dan J. W. Jones. 1982. *Refrigeration and Air Conditioning*. 2nd ed. New York: McGraw-Hil Inc. Terjemahan oleh S. Hara. 1989. Refrigerasi dan Pengkondisian Udara. Edisi Kedua. Jakarta: Erlangga.
- [2] Li, Jun dan P. Hrnjak. 2017. Separation in condenser as a way to improve efficiency. *International Journal of Refrigeration*. 79: 1-16.
- [3] Li, Jun dan P. Hrnjak. 2017. Improvement of condenser performance by phase separation confirmed experimentally and by modelling. *International Journal of Refrigeration*. 78: 1-18.
- [4] Abdellaoui, E. Y., dan L. K. Kairouan. 2017. Thermodynamic analysis of a new dual evaporator CO₂ transcritical refrigeration cycle. *Polska Akademia Nauk Journal*. 38(1) : 39-62.
- [5] Yoon, W. J., H. W. Jung., H. J. Chung, dan Y. Kim. 2010. An Experimental Study on the Performance of a Two-Circuit Cycle with Parallel Evaporators for a Domestic Refrigerator-Freezer. *International Refrigeration and Air Conditioning Conference*. 34 (1) : 216-224.
- [6] Lavanis, M., Haider, I., dan Radermacher, R. 1998. Experimental investigation of an alternating evaporator duty refrigerator/freezer. *ASHRAE Transactions*. 104 (2): 1103-1111.
- [7] Nurcahyo, H. E. 2018. Analisis Perbandingan Unjuk Kerja Domestic Refrigerator Dengan Separation Condenser Menggunakan Refrigerant LPG dan Refrigerant R134a. *Skripsi*. Jember : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.