

PENGGUNAAN HIDROKARBON SEBAGAI REFRIGERAN PADA MESIN REFRIGERASI SIKLUS KOMPRESI UAP HIBRIDA DENGAN MEMANFAATKAN PANAS BUANG PERANGKAT PENGKONDISIAN UDARA

Azridjal Aziz ⁽¹⁾ Hanif⁽²⁾

⁽¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Universitas Riau

⁽²⁾ Staf Pengajar Jurusan Mesin Politeknik Negeri Padang

ABSTRAK

Refrigeran sebagai bahan pendingin pada mesin refrigerasi berfungsi menyerap kalor dari lingkungan, biasanya menggunakan refrigeran halokarbon. Refrigeran jenis ini belakangan diketahui merusak ozon dan mengakibatkan pemanasan global, sehingga penggunaannya mulai dibatasi dan dilarang. Refrigeran hidrokarbon sebagai refrigeran pengganti dapat digunakan secara langsung tanpa penggantian komponen (drop in substitute) Mesin refrigerasi yang efek pendinginan dan efek pemanasannya dilakukan sekaligus dinamakan mesin refrigerasi hibrida. Pemanfaatan secara bersamaan ini tentu akan mempengaruhi kinerja mesin. Penelitian yang dilakukan menunjukkan terjadi peningkatan COP, TP dan peningkatan efek pendinginan pada peningkatan laju massa air di evaporator dan tidak mempengaruhi temperatur air di evaporator dan kondensor (cenderung konstan). PF dan laju pemanasan cenderung konstan karena laju massa air di kondensor dijaga tetap.

ABSTRACT

Refrigerant as a cooler material at refrigeration machine can absorb the heat from the room, usually using the halocarbon refrigerant. This refrigerant type could damage the ozone layer and result the global warming, so using this refrigerant must be limited and prohibited. The hydrocarbon refrigerant as refrigerant substitution can be used directly without component replacement (drop in substitute). Refrigeration machine which effect of cooling and its warming effect is done together named [as machine of hybrid refrigeration. Exploiting concurrently this of course will influence the machine performance. This research show the improvement COP, TP and increase of cooling effect water flow mass in evaporator and not influence the water temperature in evaporator and condenser (tend to constant). PF and warming flow tend to constant because water flow mass in condenser keep in constant.

Keywords : *performance, optimum, refrigerant, hydrocarbon*

1. PENDAHULUAN

Mesin refrigerasi adalah salah satu jenis mesin konversi energi, dimana sejumlah energi dibutuhkan untuk menghasilkan efek pendinginan. Di sisi lain, panas dibuang oleh sistem ke lingkungan untuk memenuhi prinsip-prinsip termodinamika agar mesin dapat berfungsi. Panas yang terlepas ke lingkungan biasanya terbuang begitu saja tanpa dimanfaatkan. Demikian juga pada mesin pompa panas, sejumlah energi dibutuhkan untuk menghasilkan efek pemanasan dengan cara menyerap panas dari lingkungan. Panas yang diserap dari lingkungan

sebetulnya dapat dimanfaatkan untuk mendinginkan sesuatu, tapi biasanya cenderung dibiarkan terbuang.

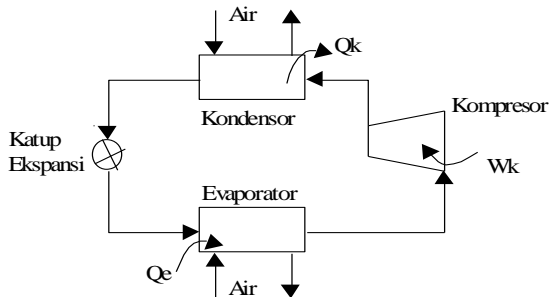
Bertolak dari kasus mesin refrigerasi dan mesin pompa panas di atas, maka berbagai usaha telah dilakukan untuk mengembangkan suatu sistem yang menggunakan prinsip refrigerasi dan pompa panas dalam satu mesin. Pada mesin terpadu ini efek pendinginan dan efek pemanasan dapat dihasilkan dan dimanfaatkan secara bersamaan, sehingga daya guna mesin menjadi lebih tinggi. Mesin terpadu dengan fungsi ganda ini dikenal dengan mesin refrigerasi hibrid, karena

mesin refrigerasi paling banyak beroperasi dengan siklus kompresi uap, maka mesin ini disebut mesin refrigerasi siklus kompresi uap hibrida. (Aziz, Azridjal, 2001)

Untuk mengoperasikan mesin refrigerasi siklus kompresi uap hibrida dibutuhkan refrigeran sebagai fluida kerja. Refrigeran yang paling banyak digunakan adalah refrigeran halokarbon yaitu CFC (*chlorofluorocarbon*). (Agarwal, Radhey S, 1997) Namun dari hasil penelitian, refrigeran CFC menunjukkan sifat yang dapat merusak lapisan ozon dan berpotensi besar terhadap peningkatan efek pemanasan global, sehingga penggunaan refrigerant CFC tersebut dicanangkan untuk dihapuskan pembuatan dan pemakaiannya. (Pasek, A.D.,Tandian, N.P., Adriansyah W., 2004). Untuk itu para ahli teknik telah mengembangkan berbagai refrigeran alternatif yang ramah lingkungan, sekaligus menghasilkan performansi yang sama atau lebih baik daripada CFC.

Salah satu refrigeran alternatif pengganti refrigeran halokarbon (CFC) adalah refrigeran hidrokarbon. Beberapa kelebihan yang dimiliki refrigeran hidrokarbon yaitu dapat digunakan sebagai pengganti langsung (*drop in substitute*) tanpa penggantian komponen, ramah lingkungan (tidak merusak lapisan ozon), pemakaian refrigeran lebih sedikit, hemat energi 5 - 25 %, dan memenuhi standar internasional (Pasek, A.D.,Tandian, N.P., 2000).

Alasan paling umum digunakan dalam usaha memodifikasi siklus kompresi uap standar adalah efisiensi penggunaan energi. Berbagai pengembangan telah dilakukan pada mesin refrigerasi kompresi uap untuk mendapatkan efisiensi dan prestasi yang lebih baik. Salah satu pengembangan tersebut adalah dengan membuat sistem refrigerasi hibrid. Pada sistem refrigerasi hibrid ini, mesin dapat berfungsi sebagai mesin pendingin dan pompa panas. Efek refrigerasi dilayani oleh evaporator dan efek pemanasan dilayani oleh kondensor. (Amrul, 2001)

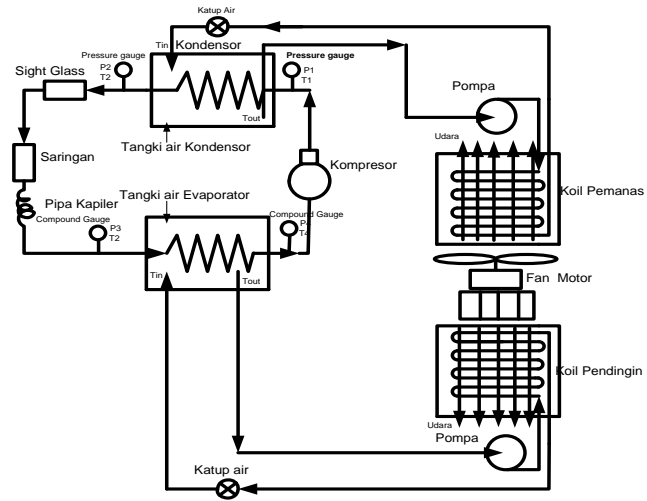


Gambar 1. Skema Alat Uji Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Hibrida

Refrigeran hidrokarbon merupakan salah satu refrigeran alternatif pengganti refrigeran halokarbon (CFC). Refrigeran hidrokarbon tidak berpotensi merusak ozon karena ODP = 0 dan GWP yang kecil. Refrigeran hidrokarbon juga tidak mengalami reaksi kimia dengan oli pelumas yang digunakan untuk refrigeran halokarbon. (Pasek, A.D.,Tandian, N.P., 2000). Refrigeran hidrokarbon adalah refrigeran yang ramah lingkungan, hal ini diperlukan agar kelestarian lingkungan terjaga, karena lapisan ozon di stratosfir berfungsi melindungi bumi dari radiasi sinar ultra violet intensitas tinggi yang berbahaya (antara lain dapat menimbulkan kanker kulit, katarak mata, menurunkan immunitas tubuh, dapat membunuh phytoplankton yang merupakan bagian dari rantai kehidupan laut). (Pasek, A.D.,Tandian, N.P., Adriansyah W., 2004)

2. METODOLOGI

Penelitian dilakukan di Laboratorium Perawatan dan Perbaikan, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau. Di Laboratorium Perawatan dan Perbaikan ini dilakukan pembuatan alat uji mesin refrigerasi kompresi uap hibrida yang menggunakan refrigeran hidrokarbon pengganti R-22 (HCR-22). Fasilitas yang terdapat di laboratorium ini cukup memadai untuk terlaksananya penelitian ini, sehingga penelitian dapat berlangsung dengan baik.



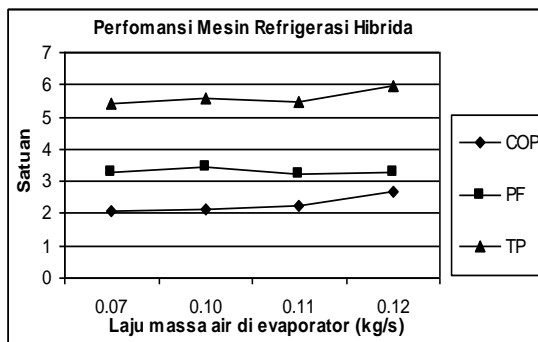
Gambar 2. Realisasi Hasil Perancangan Mesin Refrigerasi Hibrida

Fasilitas Pengujian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kinerja/Performansi Mesin Efrigerasi Hibrida (COP, PF Dan TP)

Kinerja/performansi mesin refrigerasi hibrida yaitu COP, PF dan TP akibat perubahan laju massa air di evaporator dapat dilihat pada gambar 5. Dari gambar di atas dapat kita analisis bahwa terjadi kenaikan koefisien performansi (COP) terhadap penambahan laju massa air yang memasuki tangki evaporator. Kenaikan koefisien performansi ini disebabkan makin banyak kalor yang bisa diserap evaporator seiring makin bertambahnya laju massa air memasuki evaporator. Hal ini terjadi karena makin banyak panas yang bisa diserap oleh air untuk dibuang di koil pendingin.



Gambar 5 Perubahan laju massa air di evaporator terhadap kinerja/performansi mesin refrigerasi hibrida (COP, PF dan TP).

Faktor performansi (PF) terhadap kenaikan laju massa air di evaporator cenderung konstan. PF merupakan perbandingan antara dampak pemanasan terhadap kerja kompresor, karena laju massa air yang mengalir memasuki kondensator tetap sehingga jumlah kalor yang dapat dibuang di koil pemanas cenderung konstan pula.

Performansi total (TP) mengalami kenaikan seiring penambahan laju massa air yang memasuki tangki evaporator. Performansi total merupakan jumlah dampak pemanasan dan pendinginan terhadap kerja kompresor. Kenaikan TP terjadi karena jumlah kalor yang dibuang di koil pendingin meningkat dengan meningkatnya laju massa air di evaporator, walaupun kalor yang dibuang di koil pemanas cenderung konstan. Dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan COP dan TP dengan PF yang cenderung konstan terhadap kenaikan laju massa air di evaporator, karena jumlah kalor yang diserap di evaporator juga ikut naik.

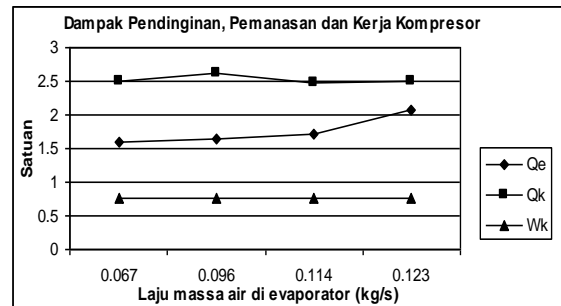
Dampak Pendinginan, Dampak Pemanasan dan Kerja Kompresor

Pengaruh penambahan laju massa air di evaporator terhadap dampak pendinginan, dampak pemanasan dan kerja kompresor dapat dilihat pada gambar 6.

Dampak pendinginan mengalami kenaikan seiring penambahan laju massa air di evaporator, hal ini terjadi karena untuk perubahan temperatur keluar

dan masuk evaporator yang cenderung konstan (gambar 6) maka akan terjadi kenaikan kalor yang dibuang di koil pendingin, hal ini sesuai dengan persamaan :

$$Q_e = m_{ae} \times C_{P,ae} \times \Delta T_{ae}$$



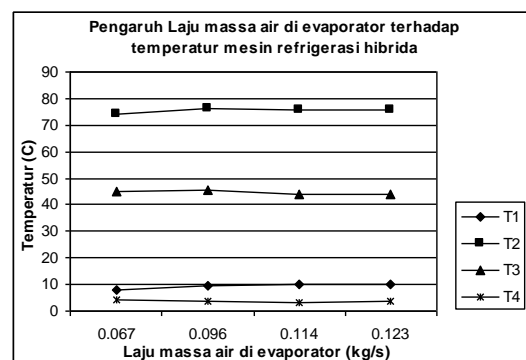
Gambar 6. Perubahan laju massa air di evaporator terhadap dampak pendinginan, dampak pemanasan dan kerja kompresor.

Dampak pemanasan cenderung konstan karena tidak terjadi perubahan laju massa air di kondensator, sehingga kalor yang dibuang di koil pemanas cenderung konstan pula karena tidak terjadi perubahan temperatur yang keluar atau masuk kondensator, hal ini sesuai juga dengan persamaan :

$$Q_k = m_{ak} \times C_{P,ak} \times \Delta T_{ak}$$

Kerja kompresor cenderung konstan, berarti perubahan laju massa air di evaporator cenderung tidak mempengaruhi daya kompresor. Hal ini terjadi karena tidak ada penambahan arus listrik pada kompresor. Jadi dapat disimpulkan bahwa kenaikan laju massa air di evaporator mengakibatkan naiknya dampak pendinginan, dan tidak mempengaruhi dampak pemanasan di kondensator dan daya yang dibutuhkan oleh kompresor.

Temperatur Mesin Refrigerasi Hibrida

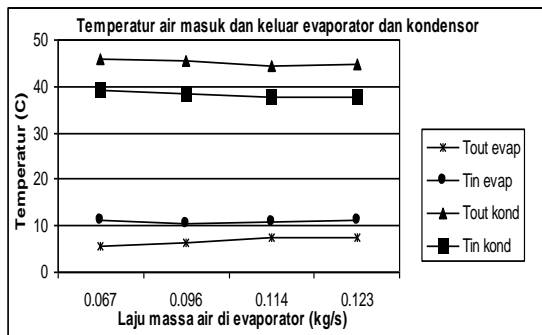


Gambar 7. Perubahan laju massa air di evaporator terhadap temperatur mesin refrigerasi hibrida.

Pengaruh laju massa air di evaporator terhadap temperatur mesin refrigerasi hibrida (temperatur refrigeran masuk dan keluar dari sistem pipa evaporator dan kondensor) dapat dilihat pada gambar 7. Dari gambar tersebut dapat dianalisis bahwa temperatur refrigeran memasuki evaporator (T4), temperatur refrigeran keluar evaporator (T1), serta temperatur refrigeran memasuki kondensor (T2) dan temperatur refrigeran keluar kondensor (T3) cenderung konstan. Jadi dapat disimpulkan bahwa kenaikan laju massa air di evaporator cenderung tidak mempengaruhi temperatur mesin refrigerasi hibrida.

Temperatur Air Masuk dan Keluar Evaporator dan Kondensor

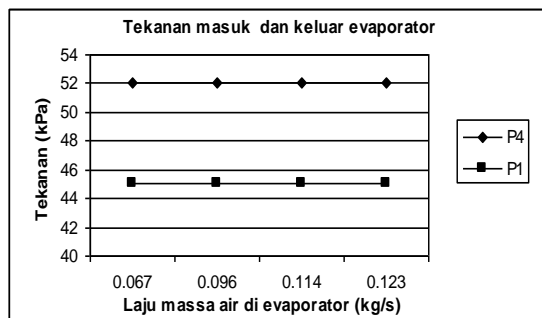
Pengaruh laju massa air di evaporator terhadap temperatur air keluar dan masuk evaporator dan kondensor dapat dilihat pada gambar 8.



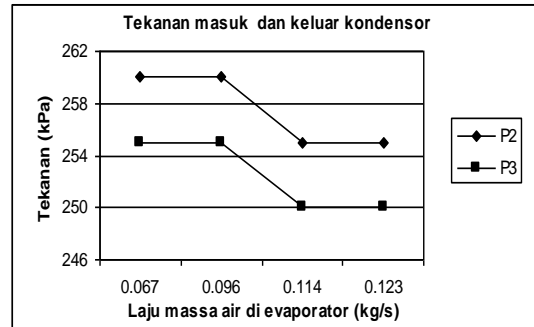
Gambar 8. Perubahan laju massa air di evaporator terhadap temperatur air masuk dan keluar evaporator dan kondensor

Gambar 8. menunjukkan bahwa temperatur air keluar evaporator (Tout evap) dan temperatur air masuk evaporator (Tin evap) serta temperatur air keluar kondensor (Tout kond) dan temperatur air masuk kondensor (Tin kond) cenderung konstan. Berarti pada kenaikan laju massa air di evaporator temperatur air tangki cenderung tetap.

Tekanan Mesin Refrigerasi Hibrida



Gambar 9. Perubahan laju massa air di evaporator terhadap tekanan masuk dan keluar evaporator



Gambar 10. Perubahan laju massa air di evaporator terhadap tekanan masuk dan keluar kondensor

Pengaruh laju massa air di evaporator terhadap tekanan mesin refrigerasi hibrida (tekanan keluar evaporator (P1) dan tekanan masuk evaporator (P4) serta tekanan masuk kondensor (P2) dan tekanan keluar kondensor (P3)) dapat dilihat pada gambar 9 dan gambar 10.

Gambar 10 menunjukkan bahwa terjadi penurunan tekanan yang cukup berarti di kondensor pada kenaikan laju massa air di evaporator. Penurunan tekanan terjadi akibat rugi-rugi gesekan, dan belokan dari refrigeran yang mengalir di pipa kondensor, karena tekanan kondensor cukup tinggi, maka penurunan tekanan tersebut terlihat dengan jelas.

Kenaikan laju massa air di evaporator tidak mengakibatkan terjadinya perubahan tekanan masuk dan keluar evaporator. Sebenarnya masih terjadi penurunan tekanan refrigeran yang masuk dan keluar evaporator akibat rugi-rugi gesekan, dan belokan dari refrigeran yang mengalir di pipa evaporator, tetapi karena tekanan evaporator rendah dan keterbatasan alat ukur tekanan, maka penurunan tekanan tersebut tidak terukur.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, dari hasil rancangan dan pembahasan yang dilakukan terhadap data pengujian dapat disimpulkan hasil sebagai berikut :

1. Terjadi kenaikan COP dan TP pada kenaikan laju massa air di evaporator. Sedangkan kenaikan laju massa air di evaporator tidak mempengaruhi harga PF (cenderung konstan), karena jumlah kalor yang diserap di evaporator juga ikut naik sedangkan jumlah kalor yang dibuang di kondensor cenderung konstan.
2. Kenaikan laju massa air di evaporator tidak begitu mempengaruhi temperatur air di tangki evaporator dan kondensor (cenderung konstan). Kenaikan COP dan

- TP terjadi karena laju massa air yang meningkat di evaporator.
3. Kenaikan laju massa air di evaporator mengakibatkan naiknya dampak pendinginan, dan tidak mempengaruhi dampak pemanasan di kondensor dan daya yang dibutuhkan oleh kompresor, karena perubahan kalor yang diserap atau dibuang hanya terjadi di evaporator.
 4. Kenaikan laju massa air di evaporator cenderung tidak mempengaruhi temperatur mesin refrigerasi hibrida (cenderung konstan).
 5. Terjadi penurunan tekanan yang cukup berarti di saluran pipa refrigeran kondensor, karena tekanan kondensor tinggi maka rugi-rugi gesekan dan belokan yang terjadi cukup besar, sedangkan tekanan di evaporator cenderung konstan karena tekanan di evaporator tidak terlalu tinggi

PUSTAKA

1. Arora, C. P, *Refrigeration and Air Conditioning*, Mc. Graw-Hill International Edition, 2001.
2. Aziz, Azridjal, *Kaji Eksperimental Pengaruh Perubahan Suhu pada Siklus Sekunder dan Siklus Primer terhadap Performansi Mesin Refrigerasi Hibrid dengan Refrigeran Hidrokarbon HCR12*, Padang, Jurnal Saintek UNP, 2004.
3. Aziz, Azridjal, *Pembuatan dan Pengujian Mesin Refrigerasi Kompresi Uap Hibrida dengan Refrigeran HCR-12 yang Sekaligus Bertindak Sebagai Mesin Refrigerasi pada Lemari Pendingin (Cold Storage) dan Pompa Kalor pada Lemari Pengereng (Drying Room)*, Tesis, Jurusan Teknik Mesin, ITB, Bandung, 2001.
4. Moran, M.J., Saphiro, H.N., *Fundamental of Engineering Thermodynamycs*, 3rd ed, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1995.
5. Pasek, A.D.,Tandian, N.P., 2000, *Short Course on the Applications of Hydrocarbon Refrigerants*, International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion 2000, Bandung.
6. Pasek, A.D.,Tandian, N.P., Adriansyah W., 2004 Training of Trainer Refrigeration Servicing Sector, Training Manual, ITB, Bandung.
7. Reynolds, William., Perkins, Henry., *Engineering Thermodynamics*, 2nd ed., Singapore, McGraw-Hill Co, 1977.

