

STUDI EKSPERIMENTAL EVAPORATOR DUA TINGKAT AC SPLIT SISTEM EJECTOR MENGGUNAKAN REFRIGERAN HYDROKARBON

Made Ery Arsana*, Sudirman, I.B Widiantra

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Bali
email: erylbb@yahoo.com⁽¹⁾

Abstrak: Penelitian ini merupakan hasil pengujian dari refrigeran *hydrocarbon* pada AC split 1 Pk dengan sistem ejector yang diperbaiki dengan metode dua temperatur evaporator. Pengembangan ini dilakukan untuk menghilangkan penggunaan accumulator dan untuk tujuan memperbaiki kinerja rancangan AC split dengan ejector yang menggunakan refrigeran hidrokarbon. Metode eksperimen kemudian diterapkan pada penelitian lanjutan ini dimana penggunaan alat ukur data akuisisi dan power meter yang digunakan untuk mendapatkan data yang lebih teliti dan akurat. Pengujian dilakukan terhadap AC split 1 Pk non inverter yang dikondisikan pada ruang pengujian. Hasil pengujian awal menunjukkan pemakaian daya rerata sebesar 0,458 kw dengan COP 3,91 hal ini menunjukkan rancangan sistem sudah sesuai dan menghasilkan kinerja yang cukup baik.

Kata kunci: *refrigeran, CO₂, hydrocarbon, LPG*

Experimental Study of Two Stages Evaporator for AC Split Ejector System Using Hydrokarbon Refrigerant

Abstract: *The research projected test results of hydrocarbon refrigerant of splits type AC of 1 Pk with ejector system. The development was done to accumulator elimination by two temperatur evaporator system and to examine design of split AC with ejector using non inflammable refrigerant wich can replace R-22 refrigerant on splits AC. Experimental method was applied on the continuing research to examine the sistem. Data-logger gauge and power meter was used to obtain data more precise and accurate data. The system was done toward non inverter split AC 1 Pk conditioned in the test room. The existing result of power was 0,458 kW, and COP was 3,91 indicated that the research shall certainly be continued with running test.*

Keywords: *refrigerant, CO₂, hydrocarbons, LPG*

I. PENDAHULUAN

Mesin pendingin AC (*air conditioning*) sudah menjadi bagian dari kehidupan kita saat ini. Sebagai alat kebutuhan rumah tangga, AC memanfaatkan sistem refrigerasi yang menerapkan prinsip siklus kompresi uap. Mekanisme teknologi berupa siklus yang mengambil energi (termal) dari ruangan dan dibuang ke luar ruangan. Siklus ini berlawanan dengan proses spontan yang terjadi sehari-hari, sehingga diperlukan masukan *energy* untuk menjalankan siklus refrigerasi tersebut.

Fluida kerjanya menurut ASHRAE (2005) disebut *refrigerant*. Refrigeran akan menyerap kalor dari satu lokasi dan membuangnya ke lokasi yang lain. Tipe refrigeran yang digunakan saat ini populer dengan refrigeran sintetik seperti: R-11, R-12, R-22, R-134a, R-502, dll. Refrigeran sintetik mempunyai keunggulan secara teknik seperti kestabilan yang sangat tinggi, tidak mudah terbakar, tidak beracun, dan relatif mudah diperoleh. Efek negatif dari refrigeran sintetik muncul setelah penggunaan yang lama, terutama yang mengandung senyawa CFC: R-12 dan R-22 terhadap lingkungan adalah menjadi penyebab rusaknya lapisan ozon (Ozone Depleting Potential/ ODP) serta memiliki potensi pemanasan

global (Global Warming Potential/ GWP). Protokol Montreal, mengisyaratkan bahwa refrigeran CFC dan HCFC merupakan dua refrigeran utama yang dijadwalkan untuk dihapuskan masing-masing pada tahun 1996 dan 2003 untuk negara-negara maju. Untuk negara berkembang tersebut masing-masing dijadwalkan untuk dihapus (*phased-out*) pada tahun 2010 (CFC) dan 2040 (HCFC). Protokol Montreal menyebabkan perubahan besar pada industri di bidang refrigeran dan membuka ruang penelitian untuk mengembangkan refrigeran sintesis baru.

Di Indonesia, pemerintah sudah menghentikan import CFC (freon; R-12 untuk dan R-22 untuk *air conditioning*) pada akhir 2007 serta menunjuk Pertamina untuk memproduksi refrigeran alternatif pengganti R-22 yaitu refrigeran hidrokarbon di Indonesia (MussiCool-22) MC-22. Secara teori, hidrokarbon sangat potensial sebagai refrigeran namun memiliki sifat sangat mudah terbakar. Refrigeran hidrokarbon dalam sistem refrigerasi telah dikenal sejak tahun 1920-an. Ilmuwan yang tercatat sebagai promotor refrigeran hidrokarbon LPG antara lain Linde (1916) dan Albert Einstein (1920). Pengembangan refrigeran hidrokarbon memerlukan

penelitian-penelitian lanjutan agar dapat digunakan lebih aman.

Dalam makalah ini upaya pengembangan teknologi yang dilakukan tidak hanya mendukung penghapusan penggunaan refrigeran penyebab rusaknya lapisan ozon dengan menggunakan refrigeran hidrokarbon tetapi juga dengan mengurangi pemakaian listrik dengan menggunakan sistem ejektor dengan mengeliminir penggunaan liquid *reciver* yang dicoba penerapannya pada AC split dengan dua temperatur evaporator.

Beberapa peneliti yang telah mencoba sistem ejektor yang sesuai pada sistem refrigerasi dengan tujuan untuk mengurangi *thermodynamic loss* (kerugian termodinamika) dalam proses ekspansinya. Yaitu: (Kornhauser, A.A. (1990)) dalam penelitiannya menyatakan siklus refrigerasi yang menggunakan ekspansi ejektor dengan R-12 memperoleh hasil peningkatan COP sebesar 21% dibanding siklus standarnya.

Harrell, G.S. et al. (1995) menguji sistem refrigerasi yang menggunakan R-134a pada sebuah *test rig* (anjungan uji) melaporkan hasil pengujiannya bahwa terjadi peningkatan COP sebesar 3,9 % hingga 7,6 % untuk yang menggunakan sistem ejektor dibanding siklus refrigerasi kompresi uap konvensional.

Praitoon Chaiwongsa, et al, (2007), yang melakukan pengujian lanjutan sistem ejektor yang difungsikan sebagai sebuah piranti ekspansi. Mereka mempublikasikan parameter-parameter geometri ejektor untuk menghasilkan performa sistem refrigerasi yang lebih baik, Kusni S, et al (2016)

AC system ejektor yang didesign pada gambar 1 berdasarkan parameter geometri tersebut, telah penulis uji cobakan pada AC split dan mampu meningkatkan nilai COP sekaligus menurunkan penggunaan energi dari AC tersebut lebih hemat 20 % lebih. Penggunaan sistem ejektor pada AC split tersebut masih menggunakan refrigeran R-22 dan penggunaan *liquid separator* yang cukup besar sehingga tidak praktis dalam penggunaannya.

Tujuan penelitian iniyaitu mengeliminir penggunaan liquid separator, serta pengaruhnya kinerja ejektor yang berhubungan dengan kinerja sistem AC dan penggunaan energinya.

II. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian riset eksperimen (*true experimental research*), yaitu melakukan pengamatan langsung untuk mengetahui hubungan sebab akibat, setelah dilakukan suatu perubahan (ada perlakuan khusus) terhadap variabel yang diteliti. Penelitian ini menguji refrigeran hidrokarbon pada perangkat AC split 1 Pk dengan sistem ejektor yang dilakukan di Laboratorium Refrigerasi dan Tata Udara Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali. Penelitian ini dirancang dengan langkah awal mencakup; persiapan (studi

literatur, observasi lapangan), perancangan alat, modifikasi sistem, pengosongan, pemvakuman dan tes kebocoran (tes kebocoran dilakukan dengan nitrogen untuk memastikan sistem tidak bocor sebelum di isi refrigeran), pelumasan dan pengisian refrigeran dengan massa optimum. Pengujian tahap lanjutan difokuskan pengujian terhadap AC split 1 Pk system dengan dua temperatur evaporator yang berbeda.

Pelaksanaan uji coba di alat uji AC split di lakukan di Lab dan dirancang sesuai dengan langkah-langkah dan prosedur penelitian yang sama pada setiap pengujian dilakukan. Semua dilakukan untuk menghindari kesalahan di dalam menganalisis hasil pengujian terhadap beberapa aspek yang berkaitan dengan COP dan konsumsi energi.

• *Prosedur Pengujian*

Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah data primer. Semua instrumen, termasuk alat ukur dalam pengukuran dan termometer harus dikalibrasi selama rentang uji pengukuran dilakukan untuk parameter berikut:

- Pada evaporator lihat Gambar 2
- Temperatur evaporator
- Temperatur kondenser
- Laju aliran udara dan temperatur ruangan uji
- Pressure refrigeran pada system

- Pada kompresor
- Daya listrik pada kompresor (kW).

Data-data diambil pada titik pengukuran (Gambar 1) dilakukan setiap 10 menit, selama 2 jam dalam satu kali pengujian (dicatat pada tabel pengujian/percobaan). Data-data yang diperoleh selama pengujian dengan pengulangan sebanyak 3 kali tersebut dicatat dengan instrumen data aquisisi dan power meter digunakan untuk mencatat penggunaan energi listrik untuk dilakukan analisis.

• *Instrumen Penelitian*

Adapun alat pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah:



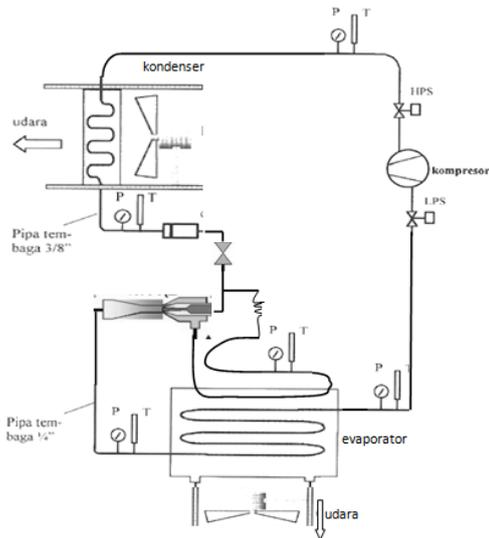
Gambar 1. Instalasi alat uji AC split 1 Pk dan ruang terkondisikan.

AC split adalah sebuah sistem yang dirancang dengan *indoor* dan *out door* terpisah dan dirancang dengan menggunakan refrigeran R-22 untuk menghasilkan udara dingin. *AC split* yang digunakan

tersebut *indoor* unitnya di-*install* di ruang terkondisi (*cold storage*) Teknik Pendingin dan Tata Udara Jurusan Teknik Mesin.(Gambar 1).

Peralatan 2 R (*recharging* dan *retrofit*) difungsikan untuk meretrofit dan memasukkan refrigeran kedalam sistem.

Alat ukur yaitu: Thermometer, Stop Watch, Manifold Gauge, Tang Ampere, Thermokopel type K. Pemasangan alat ukur dan instrumen pada sistem:



Gambar 2. Skema alat uji AC split 1 Pk dengan sistem efektor dua temperatur evaporator

• **Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian;

1. Langkah Pengambilan Data

Pertama adalah perakitan AC split pada ruangan pengujian.

Kedua, pengujian AC split dengan menggunakan pembebanan lampu 500 Watt.

Ketiga data hasil pengujian dikumpulkan dengan menggunakan data logger.

Keempat data penggunaan energi listrik diukur dan dicatat dengan menggunakan powermeter.

Tujuannya adalah untuk mendapatkan data yang akurat tentang pemakaian energi dan nilai COP.

2. Teknik Analisis Data

Data tekanan (P, psig), temperatur (T, °C), tegangan (V, volt), Arus (I, Ampere), *relatif humidity* (RH, %) dan kecepatan udara masuk dan keluar *indor* unit (*coil evaporator*), didapat dengan jalan pengukuran langsung pada setiap kali jenis pengujian dengan bantuan alat ukur dan data aquisition yaitu pengujian pada massa optimum dan data sekunder didapat dengan bantuan tabel properti dari refrigerant R-290. Data diolah dengan statistik untuk mendapatkan nilai rata-rata dan dengan bantuan program EES untuk mendapatkan performansinya (COP). Hasil dari perhitungan persamaan-persamaan diatas di plot pada grafik berupa ; (a) Grafik

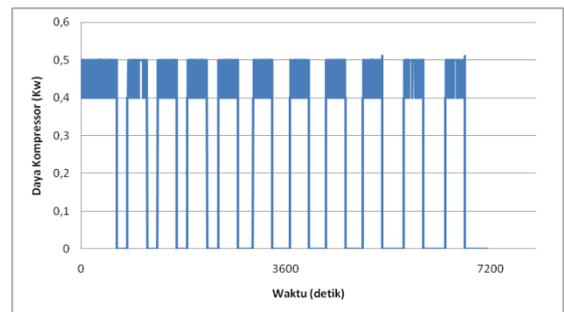
perbandingan COP dari AC dengan refrigeran hidrokarbon MC-22, R-22 dan Grafik COP dari LPG dengan inhibitor CO₂ (b) Grafik efisiensi energi (*saving energy*)% untuk masing-masing pengujian.



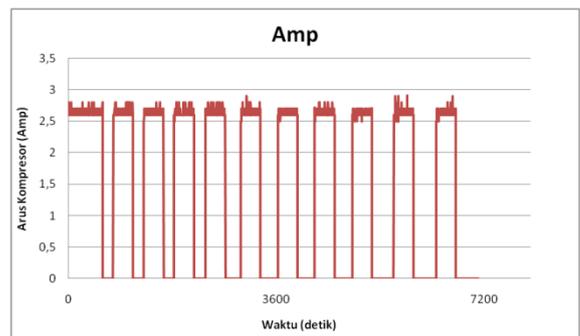
Gambar 3. Instalasi alat uji AC split 1 Pk dengan sistem efektor dua temperatur evaporator

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan daya listriknya



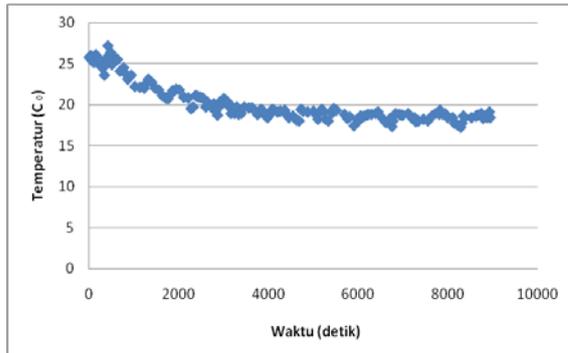
Gambar 4. Grafik siklus on-off penggunaan daya kompressor



Gambar 5. Grafik siklus on-off Arus di kompressor

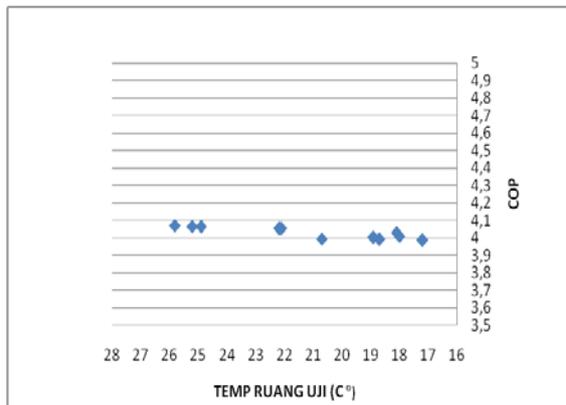
Daya listrik terukur sebesar 503 W dan Jika dibandingkan dengan *name plate* AC 1 Pk penggunaan daya listriknya adalah sebesar 660 W sehingga terjadi penghematan penggunaan daya 157 W atau 23,7 %. Dari grafik siklus *on-off* tersebut

diketahui bahwa semakin panjang waktu offnya mengidentifikasi bahwa kapasitas pendinginannya lebih besar dari beban lampu 500 watt yang digunakan. Besarnya laju pendinginan dapat dilihat pada grafik laju pendinginan yang pencapaian temperatur *setting* 18 C0 hanya membutuhkan tidak lebih dari 200 detik atau 3,5 menit saja.



Gambar 6. Grafik laju pendinginan

Besarnya laju pendinginan dapat dilihat pada grafik laju pendinginan yang pencapaian temperatur *setting* 18 °C hanya membutuhkan tidak lebih dari 200 detik atau 3,5 menit saja.



Gambar 7. Grafik COP sistem pada berbagai temperatur pada ruang uji

Besaran nilai COP sistemnya berkisar antara 3,9 dan 4,1 menunjukkan sistem bekerja dengan sangat baik. Pada temperatur 25 sampai 26° C menghasilkan nilai COP yang tertinggi.

IV. SIMPULAN DAN SARAN

• *Kimpulan*

Dari hasil pengujian diketahui bahwa dengan menggunakan sistem ejektor pada AC split 1 Pk dan menggunakan dua temperatur evaporator terjadi penghematan penggunaan daya 157 W atau 23,7 %. Besaran nilai COP sistemnya berkisar antara 3,9 dan 4,1 Pada temperatur 25 sampai 26 °C menghasilkan

nilai COP yang tertinggi hal ini menunjukkan sistem bekerja dengan sangat baik.

• *Saran*

Sistem bekerja dengan sangat baik dan cukup menjanjikan namun untuk penggunaan jangka panjang perlu dilakukan running test untuk jangka waktu tertentu.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Candra, I. "Refrigeration, Heating, Ventilating and Air Conditioning (RHVAC), Chiller", Makalah disajikan dalam Bali Energy Saving Seminar, 23-24 Februari 2007, di Kampus Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran-Bali.
- [2] Chakraborty, S.K., Mukhopadhyay, Bholanath, N & Canda, B.C. "Effect of Inhibitors on Flammability Range of Flames Produced From Lpg/Air Mixture Fuel", Vol 54, Issue 1, Pages 10-16. 1975.
- [3] Crosser, M.A., Wise H & Miller J. "7th Symposium (international) on Combustion". William & Willis, Baltimore, 1959, 175.
- [4] Midiani, L. P. I., "Pengaruh Konsentrasi Inhibitor CO₂ Terhadap Kecepatan api Pada pembakaran LPG", Tesis, Magister Teknik Mesin, Pascasarjana Universitas Brawijaya. 2009.
- [5] Baliarta, I. N. "Kecepatan pola rambat api Pada pembakaran MC-22 dengan penambahan konsentrasi CO₂", Tesis, Magister Teknik Mesin, Pascasarjana Universitas Udayana. 2011.
- [6] Maclaine-Cross, I. L. "Performance and Safety of LPG Refrigerants", School of Mechanical and Manufacturing Engineering, The University of New South Wales, Sydney, 8. 1994.
- [7] Bureau of Energy Efficiency, "HVAC and Refrigeration System", In: Energy Efficiency in Electrical Utilities, Chapter 4. 2004.
- [8] ASHRAE HANDBOOK, "Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers", SI Edition. 2005.
- [9] Norman, C.H., "Modern Air Conditioning Practice" McGraw-Hill International".
- [10] Richard, C.J.& Gayle, B.P., "Refrigeration and Air Conditioning", PrenticeHall of India pvt.ltd.
- [11] Pertamina, Musicoolrefrigerant, (musicool@up-3.com, jokopranoto@up-3.com).