

KINERJA AC TIPE SPLIT DENGAN SISTEM EJECTOR MENGGUNAKAN REFRIGERAN HYDROKARBON

Made Ery Arsana¹⁾, Sudirman²⁾, I.B Sukadana³⁾

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Bali^{1,2,3)}
email: erypnbb@yahoo.com¹⁾

Abstrak: Penelitian ini akan berbentuk hasil pengujian dari refrigeran *hydrocarbon* pada AC split 1 Pk dengan sistem ejektor. Pengembangan ini dilakukan untuk menguji rancangan AC split dengan ejektor menggunakan refrigeran hidrokarbon yang tidak mudah terbakar serta dapat menggantikan refrigeran R-22 pada AC split. Metode eksperimen kemudian diterapkan pada penelitian lanjutan ini untuk mengujikan produk refrigeran tersebut pada AC *split* yang dirakit dengan penambahan sistem ejektor. Penggunaan alat ukur data akuisisi dan power meter digunakan untuk mendapatkan data yang lebih teliti dan akurat. Pengujian produk refrigeran dilakukan terhadap AC split 1 Pk non inverter yang dikondisikan pada ruang pengujian. Hasil pengujian awal menunjukkan pemakaian daya sebesar 0,64 kw. Sehingga dengan hasil ini serta keunggulan bahwa refrigeran ETI-LPG10C tidak mudah terbakar dan penggunaan daya yang cukup kecil. Penelitian ini akan berlanjut dengan perbaikan nozzle sehingga refrigeran ini akan layak untuk dapat menggantikan refrigeran R-22 pada AC split 1 Pk.

Abstract: The research projected test results of hydrocarbon refrigerant of splits type AC of 1 Pk with ejector system. The development was done 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 refrigerant product for on splits AC sold in the market by equipping ejector system. Data-logger gauge and power meter was used to obtain data more precise and accurate data. Refrigerant product was done toward non inverter split AC 1 Pk conditioned in the test room. The existing result, other advantages that ETI-LPG10C refrigerant wich is non-inflammable as well as relatively low consumption of power indicated that the research shall certainly be continued with reparation on its nossel so that the refrigeran will be wroth to replace R-22 on 1 Pk splits AC.

Keywords: refrigerant, CO₂, hydrocarbons, LPG

1. PENDAHULUAN

Teknologi tata udara sudah menjadi bagian kehidupan kita saat ini. Sebagai alat kebutuhan rumah tangga, mesin AC (air conditioning) saat ini masih memanfaatkan sistem refrigerasi yang menerapkan siklus kompresi uap. merupakan sebuah mekanisme berupa siklus yang mengambil energi (termal) dari daerah bertemperatur rendah dan dibuang ke daerah bertemperatur tinggi, maka diperlukan masukan *energy* untuk menjalankan siklus refrigerasi. Siklus ini berlawanan dengan proses spontan yang terjadi sehari-hari.

Fluida kerja di dalam mesin refrigerasi menurut ASHRAE (2005) disebut *refrigerant*. Refrigeran menyerap panas dari satu lokasi dan membuangnya ke lokasi yang lain. Ada dua tipe refrigeran yang ada yaitu refrigeran sintetik dan alami, saat ini kebanyakan sistem pendingin dengan ukuran dan penggunaan yang bervariasi, hampir semuanya bekerja dengan refrigeran sintetik seperti: R-11, R-12, R-22, R-134a, R-502, dll. Refrigeran sintetik tersebut pada umumnya mempunyai sifat-sifat yang sangat baik dari segi teknik seperti kestabilan yang sangat tinggi, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan relatif mudah diperoleh. Kelemahan refrigeran sintetik muncul

setelah penggunaan yang lama, efek negatif dari refrigeran sintetik terutama yang mengandung senyawa CFC: R-12 dan R-22 terhadap lingkungan adalah menjadi penyebab rusaknya lapisan ozon (Ozone Depleting Potensial/ ODP) serta memiliki potensi pemanasan global (Global Warming Potential/ GWP). Terbentuklah perjanjian internasional untuk mengatur dan melarang penggunaan zat-zat perusak ozon disepakati pada 1987 yang terkenal dengan sebutan Protokol Montreal. CFC dan HCFC merupakan dua refrigeran utama yang dijadwalkan untuk dihapuskan masing-masing pada tahun 1996 dan 2003 untuk negara-negara maju, sedangkan untuk negara-negara berkembang, kedua refrigeran utama tersebut masing-masing dijadwalkan untuk dihapus (*phased-out*) pada tahun 2010 (CFC) dan 2040 (HCFC). Protokol Montreal memaksa para peneliti dan industri refrigerasi membuat refrigeran sintesis baru.

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.

Di Indonesia, pemerintah sudah menghentikan impor CFC (freon; R-12 untuk dan R-22 untuk air conditioning) pada akhir 2007 serta menganjurkan penggunaan refrigeran hidrokarbon. Salah satu refrigeran alternatif pengganti R-22 di Indonesia adalah (MussiCool-22) MC-22 yang merupakan refrigeran hidrokarbon produksi Pertamina. Refrigeran hidrokarbon sangat *flammable*, terjadi secara alami, memiliki potensi nol penipisan ozon dan penyebab pemanasan global yang dapat diabaikan. Secara teori, hidrokarbon sangat potensial sebagai refrigeran namun memiliki sifat sangat mudah terbakar.

Dalam penelitian sebelumnya penulis telah melakukan upaya untuk mengurangi sifat *flammable* dari *hidrokarbon* dalam hal ini dengan menambahkan zat inhibitor berupa gas CO₂.

Hasil penelitian penulis (Hiber 2012) dengan refrigeran campuran antara gas LPG dengan penambahan 10 % CO₂ yang diujicobakan pada sistem AC water chiller. Dilihat dari hasil yang diperoleh dalam pengujian menunjukkan kinerja yang lebih baik pada sistem jika dibandingkan dengan refrigeran R-22 yaitu adanya penurunan penggunaan daya listrik di kompresor sebesar 14 % juga adanya peningkatan nilai rerata COP sebesar 19,5 %.

Hasil pengujian tersebut dilakukan terbatas pada alat uji yang dikembangkan di Laboratorium. Untuk penggunaan secara riil pada mesin pendingin yaitu pada AC split penelitian lanjutan telah dilaksanakan (dana BOPTN 2013). Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan pemakaian daya listrik sebesar 0,03% namun nilai COPnya juga mengalami penurunan yaitu sebesar 3,4 % dibandingkan dengan penggunaan R-22.

Mengingat keuntungan lainnya seperti refrigeran ini ramah lingkungan lebih murah dan tidak mudah terbakar sehingga refrigeran ini cukup layak untuk digunakan dan dikembangkan menggantikan R-22 pada AC split 1 Pk. Namun, perlu ada usaha lain untuk meningkatkan kinerjanya.

Beberapa peneliti yang telah mencoba sistem ejector 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 ejector 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 ejector dibanding

siklus refrigerasi kompresi uap konvensional.

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

Sudirman, et al, (2012), yang melakukan penelitian dengan memodifikasi instalasi AC split 1 PK dengan mengganti katup ekspansi dengan ejector dan menambahkan vapor-liquid separator. AC sistem ejector yang didesain gambar 1 tersebut mampu meningkatkan nilai COP dua kali lipat yaitu AC standar nilai COP nya 2,44 sedangkan AC ejector dengan posisi nozel mundur 1 cm diperoleh nilai COP 5,85. Demikian juga dengan penggunaan energi dari AC ejector lebih hemat hampir 50% yaitu AC standar mengkonsumsi 981,64 W, sedangkan AC dengan ejector hanya mengkonsumsi energi 533,5 w saja.

1.1 Perumusan Masalah

Penelitian lanjutan ini merupakan usaha perbaikan yang dilakukan untuk permasalahan “ Bagaimana meningkatkan kinerja (COP) AC split tersebut dan sekaligus menurunkan penggunaan energi listriknya”. Alternatif yang dipilih berdasarkan kajian pustaka adalah dengan mengganti komponen standar AC split yaitu mengganti katup ekspansi pipa kapiler yang digunakan AC split 1 Pk standar dengan menggunakan sistem ejector.

1.2 Tujuan Penelitian

Pada tahap penelitian ini penggunaan refrigeran baru ETI-LPG10C diujikan pada sistem AC *split* yang dirubah rancangannya dengan mengganti pipa kapilernya dengan sistem ejector yang tepat. Tujuan penelitian ini akan berupa hasil pengujian produk refrigeran ETI-LPG10C yg dapat digunakan pada AC split. Mendapatkan Performansinya (COP) jika dilakukan pengujian pada peralatan AC split 1 Pk dengan sistem ejector. Serta pemakaian daya listriknya.

2. METODE PENELITIAN

Secara visual langkah penelitian dan pengembangan yang dimodifikasi dijelaskan dan dapat digambarkan seperti gambar 1 berikut :

2.1 Tahap I : Studi Pendahuluan

Hasil evaluasi dari uji Refrigeran LPG dengan penambahan 10 % CO₂ dilakukan pada studi awal telah menunjukkan kinerja yang lebih baik dari refrigeran R-22 : yaitu adanya penurunan penggunaan daya listrik di kompresor sebesar 14 % juga adanya peningkatan nilai rerata COP sebesar 19,5 %.. Hasil dari pengujian kedua pada AC split ternyata pemakaian daya listriknya hanya turun sebesar 0,03% dan nilai COP nya lebih kecil atau turun dengan rerata 3,4% dibandingkan AC split standar. Hal inilah yang akan dicoba dicarikan solusinya. Mengingat keuntungan lainnya seperti refrigeran ini ramah

lingkungan dan tidak mudah terbakar sehingga refrigeran ini cukup layak untuk digunakan dan dikembangkan menggantikan R-22 pada AC split

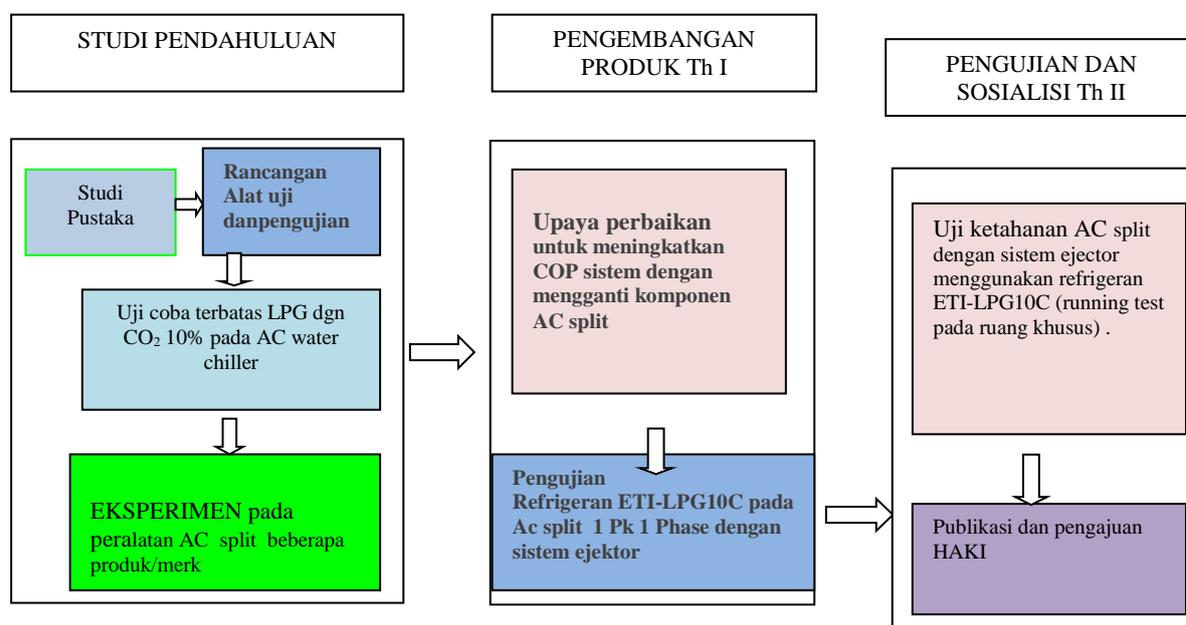
2.2 Tahap II : Tahun I. Pengembangan Produk

Pada tahun pertama ini dilakukan eksperimen dengan mengujikan refrigeran ETI-LPG10C pada AC split yang dirubah sistemnya dengan mengganti pipa kapiler dengan sistem ejektor. Usaha perbaikan ini akan menggunakan Ac split 1 pk sistem ejektor yang desainnya sistem ejektornya sudah teruji melalui penelitian sebelumnya (Sudirman at.all (2012)) yang menghasilkan penurunan penggunaan daya listrik di kompressor dan dapat meningkatkan nilai COP nya. Melakukan optimasi pada sistem untuk mendapatkan nilai optimum peningkatan nilai COP nya serta penurunan penggunaan daya listriknya.

2.5 Tahap III: Tahun II. Pengujian ketahanan dan Sosialisasi

Pada tahun kedua dilakukan eksperimen ketahanan dari peralatan tujuannya adalah untuk menguji apakah produk refrigran ETI-LPG10C layak dan memiliki keunggulan jika diujikan pada sistem AC split sistem ejektor dalam jangka waktu tertentu. Desain eksperimen yang digunakan dalam pengujian ini adalah eksperimen dimana pengujian dilakukan

Gambar 2. Alat pengujian penelitian Ac sistem ejektor terhadap beberapa merk AC dengan kapasitas AC yang berbeda dan diuji pada suatu ruangan khusus. Hasil penelitian itu nantinya untuk melengkapi pengajuan HAKI serta akan di sosialisasikan lewat seminar dan jurnal ilmiah.



2.3 Prosedur Pengujian

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

Pada evaporator :

- a. Temperatur udara kering masuk dan keluar koil (evaporator).
- b. Laju aliran udara masuk di koil (evaporator).
- c. Relatif humidity udara masuk dan keluar koil evap.

Pada Compressor :

- d. Daya listrik pada kompresor, kW

Data-data diambil pada setiap 10 menit, selama dalam satu kali pengujian. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dan untuk analisisnya, data-data tersebut akan dirata-ratakan terlebih dahulu.

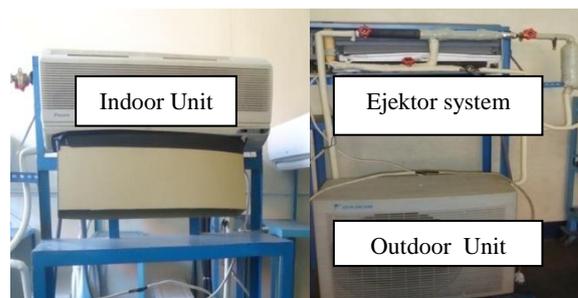
2.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian sebagai berikut ;

Pertama adalah pengujian pada kondisi AC sistem ejektor dengan refrigeran GAS LPG (0,6 Propane dan 0,4 Butane) untuk digunakan sebagai pembanding

Kedua adalah pengujian pada kondisi AC sistem ejektor dengan refrigeran ETI-LPG10C (LPG dengan inhibitor komposisi campuran 0,9 LPG dan 0,1 CO₂) adalah untuk mendapatkan pemakaian energi dan nilai COP nya.

2.6 Instrumen Penelitian



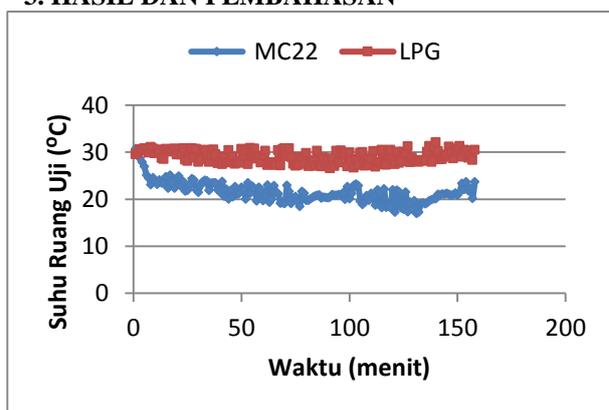
Gambar 1. Instrumen Alat uji

2.7 Teknik Analisis Data

Data tekanan (*P, psig*), temperatur (*T, °C*), tegangan (*V, volt*), Arus (*I, Ampere*), *relatif humidity* (*RH, %*) dan kecepatan udara masuk atau keluar indor unit (*coil evaporator*), didapat dengan jalan pengukuran langsung pada setiap kali jenis pengujian dengan bantuan alat ukur dan data aquisisi yaitu pengujian pada massa optimum dan data sekunder didapat dengan bantuan *psychrometric chart*.

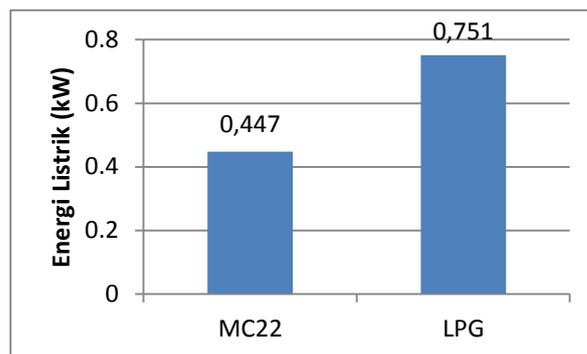
Data akan diolah dengan statistik untuk mendapatkan nilai rata-rata dengan bantuan program MS-exel untuk mendapatkan performansinya (*COP*), dan konsumsi daya listrik pada kompresor. Hasil dari perhitungan persamaan-persamaan diatas akan di plot pada grafik berupa; (1) Grafik nilai *COP* untuk masing-masing pengujian(2) Grafik efisiensi energi (*saving energy*)% untuk masing-masing pengujian. Analisis dilakukan berdasarkan teori dan pustaka yang mendukung untuk menjelaskan grafik yang merupakan hasil pengolahan data sehingga diperoleh kesimpulan hasil penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

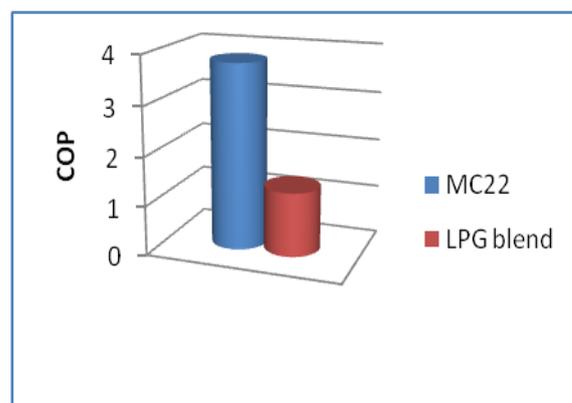


Gambar 3. Grafik perbandingan suhu ruang uji antara refrigran MC22 dengan ETI-LPG10C

Gambar 3 menggambarkan suhu ruang uji dengan tambahan beban lampu sebesar 650 Watt untuk setiap pengujian yang dilakukan. Dengan suhu awal pengambilan data 30°C. AC ejektor dengan refrigran MC22 menunjukkan suhu ideal untuk ruangan yang dikondisikan, yaitu suhu ruangan berkisar antara 25°C sampai dengan 18°C. Untuk aplikasi Refrigeran LPG(ETI-LPG10C) belum menunjukkan hasil yang memuaskan, digambar suhu yang terjadi hanya berkisar diantara 28°C sampai 31°C. Gambar 4, menampilkan konsumsi Listrik masing-masing Aplikasi refrigran pada AC Ejektor. Konsumsi listrik LPG(ETI-LPG10C) lebih besar dibandingkan dengan MC22. Konsumsi dengan MC22, 40% lebih rendah dibandingkan dengan LPG(ETI-LPG10C). Jika dibandingkan dengan aplikasi R22 pada penelitian terdahulu 0,448 kW[5], maka aplikasi dengan MC22 dan R22 pada AC ejektor menunjukkan hasil yang hampir sama, dengan aplikasi MC22 yang lebih rendah 0,2%.



Gambar 4. Konsumsi Energi Listrik antara penggunaan refrigran MC22 dan LPG



Gambar 5. Grafik perbandingan COP antara refrigran MC22 dengan ETI-LPG10C

Untuk aplikasi MC22 menghasilkan COP 3,79. Sedangkan untuk LPG (ETI-LPG10C) besaran nilai COPnya 1,30 sehingga perbandingan keduanya besaran COP refrigran ETI-LPG10C yang diaplikasikan pada AC sytem ini mengalami penurunan 31,4 %.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa aplikasi LPG (ETI-LPG10C) belum bisa diaplikasikan pada AC system ejektor karena hasil akhir penelitian menunjukan terjadinya peningkatan konsumsi daya listriknya 40% dan nilai COPnya turun sebesar 31,4%. Dengan kata lain masih perlu dilakukan penelitian lanjut, terutama untuk ejektornya harus dilakukan modifikasi disesuaikan dengan aplikasinya, terutama untuk aplikasi refrigran LPG (ETI-LPG10C).

DAFTAR PUSTAKA

[1] ASHRAE Handbook.2005. "Fundamentals, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers". SI Edition.
 [2] Arsana.M.E. Midiani.I.L.P, Temaja.I.Wyn. 2012. "Studi Eksperimental Campuran LPG dengan Inhibitor Gas CO₂ Sebagai Refrigeran Alternatif Pengganti Refrigeran R-22 Pada AC System

- Water Chiller". Proceeding SENAPATI. P3M Politeknik Negeri Bali.
- [3] Arsana.M.E, Midiani.I.L.P, Sukadana.I.B.P. 2013. "Studi Eksperimental Pengujian Performance Refrigeran Baru ETI-LPG10C sebagai Alternatif Pengganti Refrigeran R-22 pada AC Split". P3M Politeknik Negeri Bali.
- [4] Bureau of Energy Efficiency, 2004, "*HVAC and Refrigeration System*, In: Energy Efficiency in Electrical Utilities". Chapter 4.
- [5] Sudirman, Baliarta, I.Gd.Nym, 2012, "Pengaruh Posisi Nozel Di Dalam Ejektor Terhadap Performance Ac Ejektor". Proceeding SENAPATI.P3M Politeknik Negeri Bali.
- [6] Chakraborty, Sunil K., Mukhopadhyay, Bholanath N., and Chanda, Bimal C.1975."Effect of Inhibitors on Flammability Range of Flames Produced from LPG/Air Mixtures". Fuel, Volume 54, Issue 1, pages 10-16.
- [7] Chaiwongsa, Praitoon., Wongwises, Somchai. 2007, "*Experimental study on R-134a refrigeration system using a two-phase ejector as an expansion device*". International Journal of Refrigeration
- [8] Disawas, S, Wongwises S. 2004, "*Experimental investigation on the performance of therefrigeration cycle using a two-phase ejector as an expansion device*". International Journal of refrigeration.
- [9] Harrell.G.S, Kornhauser.A.A.1995, "*Performance tests of a two-phase ejector, in:roceedings of the 30th Intersociety Energy Conversion Engineering Conference*". Orlando, FL
- [10] Kornhauser, A.A. 1990., "*The use of an ejector as a refrigerant expander*". Proceedings of the 1990 USNC/IIR-Purdue Refrigeration Conference.
- [11] MacLaine-cross, I.L. and Leonardi, E. 1995. "*Performance and Safety of LPG Refrigerants*".Proc.Of the 'Fuel for Change' Conference of the Australian Liquified Petroleum Gas Association Ltd, ISBN 0 646 248884 7, Surfer' Paradise Queensland, pp.149-168.
- [12] Midiani. I L.P. 2010. " Pengaruh Konsentrasi Inhibitor CO2 Terhadap Kecepatan api Pada pembakaran LPG ". Tesis, Magister TeknikMesin, PascasarjanaUniversitasBrawijaya.
- [13] Norman C.Harris.2007. " Modern Air Conditioning Practice". McGraw-Hill International Edition. Pelangi Indonesia. Laporan ilmiah terbaru menunjukkan manusia penyebab perubahan iklim.6 Februari2007.(<http://www.pelangi.or.id/press.php?persid=79>), diakses 9 Februari 2007.
- [14] Pertamina,Musicool refrigerant. musicool@up3.com, jokopranoto@up3.com
- [15] Richard C.Jordan, Gayle B.Priester "Refrigeration and Air conditioning".PrenticeHall of India pvt.ltd.