

## KAJIAN EKSPERIMENTAL CAMPURAN R-32/R-290 PENGANTI REFRIGERAN R-32 PADA AC *SPLIT* DOMESTIK

I Wayan Temaja<sup>1</sup>, Made Ery Arsana<sup>2</sup>, Luh Putu Ike Midiani<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali

<sup>2</sup>eryarsana@pnb.ac.id

**Abstrak:** Kebijakan pemerintah Indonesia untuk menghapuskan penggunaan refrigeran R-22 akan diberlakukan pada tahun 2020 sehingga produsen peralatan pendingin udara domestik saat ini, yang mendominasi pasar Indonesia menggunakan refrigeran R-32 dan R-410a. Penelitian ini akan mengkaji hasil studi eksperimental retrofit penggunaan pada sistem AC *split* tipe domestik menggunakan campuran R-32 dengan refrigeran hidrokarbon R-290. Penggunaan campuran R-32 dengan hidrokarbon sebagai retrofit refrigeran merupakan hal yang sangat potensial untuk retrofit R-32 dalam AC *split* domestik tanpa penggantian bagian manapun dari sistem. Percobaan ini menggunakan peralatan AC domestik tipe *split* dengan refrigeran R-32 inverter, dan metode *drop-in* digunakan untuk pengujian menggunakan campuran refrigeran R-32 dengan R-290 yang dikomposisikan 70% : 30% berdasarkan berat. Analisis dilakukan dengan bantuan *software* EES dan hasilnya divalidasi dengan hasil penelitian pada jurnal referensi. Hasilnya adalah perbandingan kinerja atau COP refrigeran campuran R-32 dan R-290 menunjukkan peningkatan 14% dari COP serta penurunan penggunaan daya sebesar 47% jika dibandingkan dengan penggunaan refrigeran R-32 pada sistem walaupun dari segi kapasitas pendinginannya turun sebesar 33%. Namun, dengan keunggulan dari penggunaan energi listrik yang berkurang cukup besar dibandingkan dengan refrigeran R-32 dan R-290 yaitu sebesar 47%, maka refrigeran ini memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan lebih lanjut.

**Kata kunci:** COP, refrigeration system, refrigerant, R-32, R-290.

**Abstract:** Indonesia government's policy to eliminate the uses of R-22 refrigerant in air conditioning cooling system will be enforced by 2020. This study will examine the results of using R-32 mixtures with R-290 hydrocarbon refrigerants to retrofit in domestic split type AC systems with R-32. The uses of R-32 mixture with hydrocarbon as retrofit of refrigerant is a very potential thing for R-32 retrofit in domestic split air conditioners without any part replacement of the system. This experiment uses split type domestic air conditioning with R-32 refrigerant, and the drop-in method is used to test a mixture of 70%: 30% by weight of R-32 blended with R-290 refrigerants. The analysis is carried out using EES software and the results are validated with the results of research on the refrigeration system of the reference journal. The results show the COP increases by 14 % and power usage decreases by 47% compared to R-32 refrigerants in the system, although in terms of cooling capacity decreases by 33%. However, with the advantages of electricity energy decreases at compressor, this refrigerant has a considerable potential to be developed.

**Keywords:** COP, refrigeration system, refrigerant, R-32, R-290.

### I. PENDAHULUAN

Salah satu poin yang dinyatakan dalam protokol Montreal dan Kyoto (1897 & 1997) adalah penghapusan penggunaan refrigeran R-22 (HCFC-22) dan mengubahnya dengan refrigeran yang ramah lingkungan. Alternatifnya adalah refrigeran hidrokarbon tetapi karena mudah terbakar penggunaannya terbatas [1]. Penelitian terbaru tentang topik mengarah ke HFC dan refrigeran alami seperti air (R-718), amonia (R-717) dan CO<sub>2</sub> (R-744) dengan ODP dan GWP yang sangat rendah dan dapat digunakan untuk menggantikan HCFC dalam sistem pendingin dan AC [2]. Produsen dan importir pendingin udara lebih memilih refrigeran seperti R-32 dan R-410a untuk diterapkan pada sistem pendingin udara dan diperdagangkan. Kedua refrigeran ini memiliki ODP nol dan GWP yang cukup rendah sebesar 675 untuk R-32 dan 2088 untuk R-410a serta tidak mudah terbakar karena sifat nyala api yang rendah [3]. Mesin pendingin R-22 masih dapat digunakan dengan metode retrofit refrigeran dari R-22 ke R-290 karena minyak kompresor yang digunakan pada R-22

dapat digunakan untuk R-290 [4]. Dalam penelitian sebelumnya dengan AC split digantikan oleh R 290, kapasitas pendinginannya menurun sebesar 1,6% dan COP yang lebih tinggi yaitu sebesar 10 sampai 20%. Untuk mendapatkan refrigeran dengan kinerja yang lebih baik dalam penelitian ini, maka dilakukan kajian secara eksperimen terhadap penggunaan campuran refrigeran R-32 dengan R-290 dengan rasio perbandingan 70 : 30.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk menemukan refrigeran alternatif ramah lingkungan. Perhatian Pemerintah Indonesia terhadap perlindungan lapisan ozon dinyatakan dalam Keputusan Presiden No. 23/1992 dan keputusan dari Kementerian Perdagangan dan Perindustrian No. 110 / MPP / Kep / 1/1998 yang memuat pembatasan pada penggunaan dan produksi zat yang dapat lapisan ozon menipis. Untuk dapat menghasilkan produk yang memenuhi standar, pemerintah telah merumuskan Standar Nasional Indonesia (SNI) di bidang hidrokarbon sebagai langkah strategis. Beberapa refrigeran alami sudah digunakan dalam mesin pendingin seperti ammonia (NH<sub>3</sub>),

hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), air, dan udara [5]. Penggunaan karbon dioksida, air, dan udara dalam lemari pendingin komersial masih memerlukan penelitian yang ekstensif. Sementara itu, penggunaan amonia dan hidrokarbon masih cukup besar dan memiliki banyak peluang penelitian. Amonia beracun dan bersifat mudah terbakar, sedangkan hidrokarbon termasuk dalam zat yang sangat mudah terbakar. Oleh karena itu, refrigeran umumnya sulit digunakan pada sistem ekspansi langsung. Sistem pendingin tidak langsung dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan kedua refrigeran. Beberapa peneliti mencoba menekan tingkat kemampuan nyala dari hidrokarbon dengan mencampurnya dengan refrigeran yang tidak mudah terbakar lainnya. Dalam studi yang telah dilakukan peneliti lain, refrigeran R-290 dicampur dengan refrigeran yang tidak mudah terbakar yaitu R-134a. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan energi melalui peningkatan kinerja (COP) dalam sistem pendingin udara tipe pendingin air. Peningkatan kinerja ini dilakukan melalui penggunaan refrigeran primer yang tepat, serta penambahan aditif Trimethyloethane dan Ethoquad ke refrigeran air sekunder yang dapat memberikan efek penghematan energi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kinerja terbaik dicapai dalam kombinasi refrigeran utama R-290 dengan 0,7 Air + 0,3 Trimethyloethane (*mass base*) sebagai refrigeran sekunder. Dalam kondisi ini peningkatan koefisien kinerja mesin pendingin adalah sekitar 42%, menghemat konsumsi daya yang menurun sebesar 30% (dalam kompresor) dan meningkatkan kapasitas pendinginan sekitar 10%. Di Jerman, lemari es terbaru yang menggunakan R600a dan pompa kalor dan AC sekarang menggunakan R290 dengan konsumsi energi terukur 10 hingga 20% lebih rendah daripada R-12, R-134a atau R-22 [7]. Dengan menerapkan metode *drop-in* menggunakan refrigeran R-290 untuk menggantikan R-22, pengujian dilakukan menggunakan standar India IS 1391 (1992) dan menyatakan bahwa dengan mengisi refrigeran hidrokarbon setengah dari R-22, maka kapasitas pendinginan menjadi lebih rendah 6% dibandingkan dengan R-22. Konsumsi energi menurun 15,4% dan suhu *discharge* menurun 20 °C sehingga rasio efisiensi energi (EER) 14% lebih tinggi daripada R22 [8]. Selain itu, juga dilakukan percobaan untuk mengganti R-22 dan R-410A pada AC. Pengujian dilakukan pada 6 refrigeran lainnya, termasuk R290 di bawah kondisi suhu lingkungan yang berbeda di mana suhu luar ruangan bervariasi dari 27,8 °C hingga 55 °C. Optimasi dimungkinkan dengan penggunaan *software*, yang menetapkan diameter tabung kapiler, dari 2,0 mm menjadi 1,65 mm dan mengubah panjang dari 508 mm menjadi 254 mm, menggunakan AC yang sama di mana hasilnya menunjukkan bahwa propana adalah refrigeran yang paling cocok untuk alternatif R-22 [9]. Katup ekspansi elektronik dan *variable speed compressor* digunakan dengan tujuan membandingkan kinerja termal refrigeran R-22, R-290, R-1270, R-438A, R-404A, R-410A dan R-32 dengan suhu

evaporator bervariasi dari -15 °C hingga -5 °C. Sistem dengan refrigeran R-22 digunakan sebagai dasar perbandingan hanya dengan mengganti refrigeran. Dalam kasus untuk HFC, minyak pelumas pada sistem juga diganti. Dampak lingkungan diukur dengan parameter TEWI (*Total Equivalent Warming Impact*). Hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan R-1270 dan R-290 memberikan nilai COP maksimum. Selain itu, terdapat juga keuntungan lainnya seperti menurunkan konsumsi energi listrik, mengurangi penggunaan refrigeran dan menghasilkan GWP yang rendah.

## II. METODE PENELITIAN

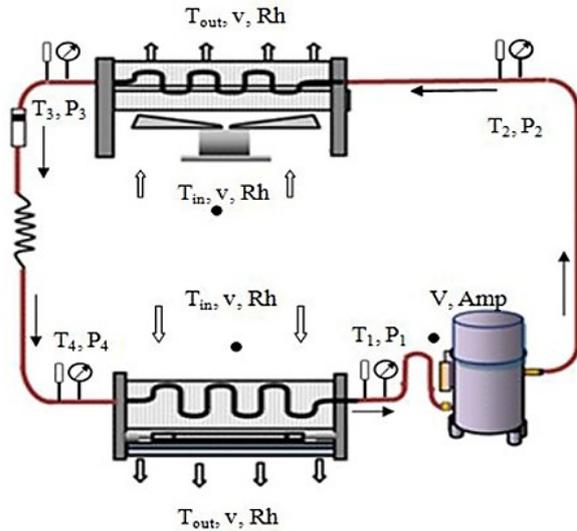
### 2.1. Jenis dan Desain penelitian

Penelitian eksperimental dilakukan dengan pengamatan langsung setelah melakukan beberapa perlakuan yang diperlukan seperti mengubah refrigeran untuk mengetahui penyebab dan efek dari variabel yang diujikan. Hasilnya merupakan perhitungan dari besaran kinerja sistem seperti COP dan EER dari sistem. Metodologi penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa kegiatan yaitu tahap persiapan (studi pustaka, observasi lapangan), perancangan alat, retrofit, evakuasi, vacuuming dan uji kebocoran serta running test. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pendinginan dan Tata Udara Program Studi TPTU, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali.

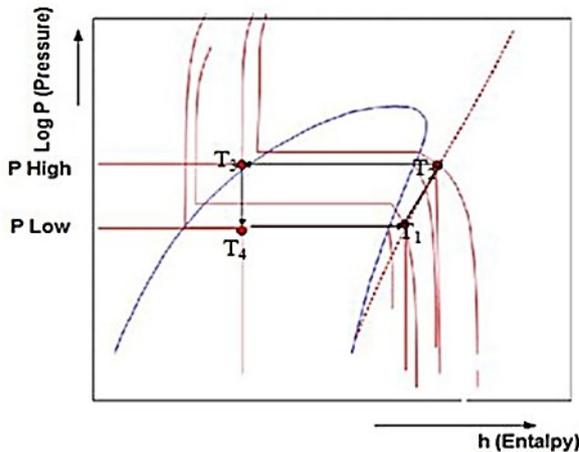
### 2.2. Prosedur dan Metode Pengukuran

Prosedur penelitian dan pengujian dilakukan di ruangan dengan insulasi yang baik, mengikuti AHRI 210/240 Standar dengan variasi beban dari 0,75 kW, 1,5 kW, 2,25 kW hingga 3,0 kW menggunakan pemanas listrik untuk mengkondisikan udara lingkungan yang masuk ke kondensor.

Refrigeran R-32/R-290 dicampur dengan bantuan mesin 2R dalam sebuah tabung dan dibiarkan selama 24 jam untuk mendapatkan campuran gas yang sempurna. Semua instrumen, termasuk alat pengukur dan termometer akan dikalibrasi selama rentang uji pengukuran. Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah data primer dan akan diambil pada sistem dengan parameter yang diukur pada alat eksperimen AC split 1,5 Pk menggunakan termokopel. Selain itu, digunakan juga data akuisisi penunjukkan lokasi penempatan pengukuran yang dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2 dan dilakukan di ruangan terkondisikan dengan temperature yang dipertahankan pada kisaran 24 °C dan 25 °C. Prosedur standar digunakan dalam menentukan kinerja AC, Peralatan pengujian yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3. Penggunaan diagram Moiler (P-h) untuk R-32/R-290 dilakukan dengan penerapan pendekatan diagram R-410a guna menentukan entalpi masing titik pengukuran.



Gambar 1. Skema AC *split* domestik

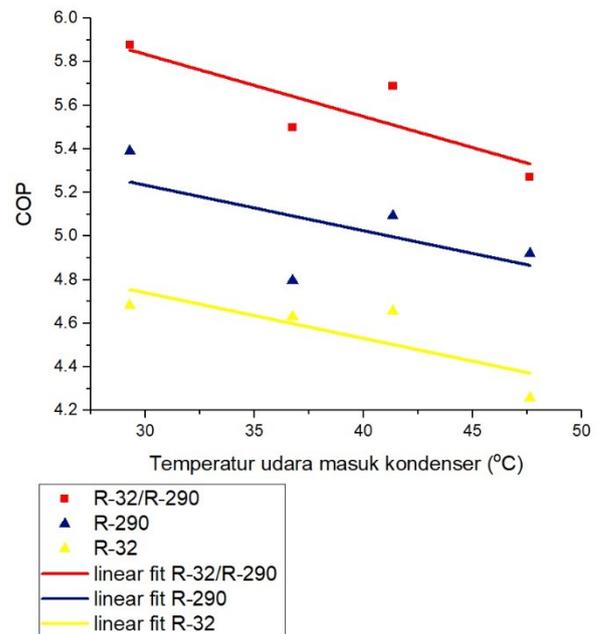


Gambar 2. P-h diagram sistem pendingin AC *split* domestik

dilakukan dengan menggunakan persamaan  $EER = 3,413 \times COP$  (Sumber: *American Refrigeration Institute*).

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Data yang telah diperoleh dalam pengukuran kemudian diolah dengan *software* EES dan dibuatkan grafik untuk mendapatkan nilai COP, konsumsi daya yang digunakan oleh kompresor, rasio kompresi dan suhu evaporator. Hasil menunjukkan bahwa refrigeran campuran R-290 dan R-32 memiliki rerata COP paling tinggi yaitu 5,47 kemudian refrigeran R-290 dengan rerata COP 5,0 dan refrigeran R-32 COP memiliki 4,65 seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4 dengan *linear fit*. Hasil perhitungan ini diperoleh dengan pendekatan menggunakan properti refrigeran R-410a untuk sistem refrigeran campuran [10].



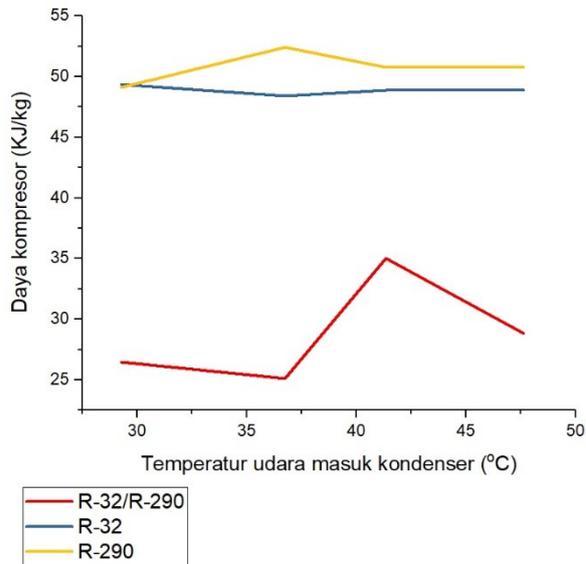
Gambar 4. Perbandingan COP



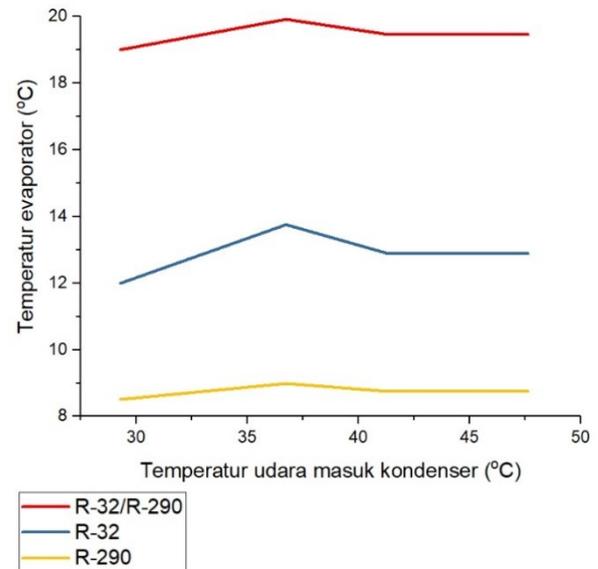
Gambar 3. *Outdoor-indoor* sistem AC *split* domestik untuk pengujian

Konsumsi energi oleh kompresor dapat diukur dengan alat *portable power meter* yang akan memberikan pembacaan langsung dalam kW. Selanjutnya, dengan bantuan *software* ESS dihitung besaran COP dan perhitungan kinerja EER, kemudian

Perbandingan kerja kompresi kompresor dinyatakan dalam KJ/kg. Garis merah adalah untuk refrigeran R-32 sedangkan warna hijau adalah refrigeran R-290 serta biru adalah refrigeran campurannya. Dari perbandingan kerja kompresinya, diketahui bahwa refrigeran campuran memiliki daya kompresi paling kecil sehingga penggunaan listrik menjadi berkurang. Gambar 5 menunjukkan besaran rata-rata daya kompresi pada penggunaan refrigeran campuran adalah sebesar 25,78 KJ/kg. Jika dibandingkan dengan daya kompresi untuk R-32 dengan nilai rata-rata 48,89 KJ/kg, maka terdapat penurunan penggunaan daya sebesar 0,47 atau 47%.

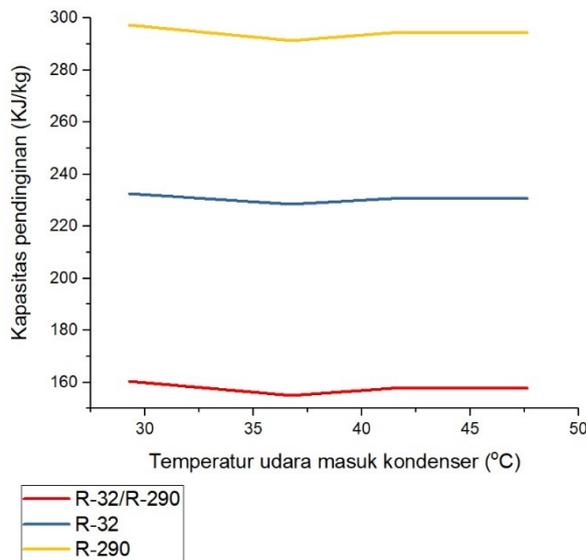


Gambar 5. Perbandingan daya kompresi



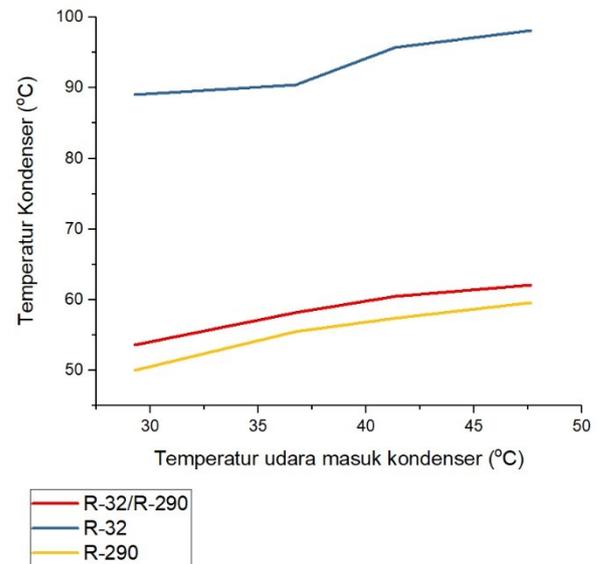
Gambar 7. Perbandingan temperatur evaporator

Sedangkan pada Gambar 6 menunjukkan perbandingan kapasitas pendinginan refrigeran campuran yang tentu memiliki kapasitas pendinginan lebih kecil sebagai akibat adanya penurunan kerja kompresi serta akibat pencampuran refrigeran R-32/R-290. Oleh sebab itu, pencampuran refrigeran R-32/R-290 memiliki karakteristik kinerja tersendiri.



Gambar 6. Perbandingan kapasitas pendinginan

Temperatur evaporator refrigeran campuran memiliki nilai rerata 19,46 °C sehingga lebih tinggi dari refrigeran R-32 yang nilainya 12,88 °C. Refrigeran R-290 memiliki nilai rerata paling rendah di antara yang lain, yaitu sebesar 8,75 °C seperti yang terlihat pada Gambar 7. Nilai temperatur kondensor pada sisi *discharge* diperoleh berdasarkan hasil pengukuran temperatur *discharge* dari refrigeran R-32 yaitu sebesar 93,2 °C sedangkan temperatur *discharge* campuran R-290 masing masing mendekati 58,60 °C dan 50,76°C seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbandingan temperatur kondensor

#### IV. KESIMPULAN

Perbandingan kinerja atau COP refrigeran campuran R-32 dan R-290 menunjukkan terjadinya peningkatan 14% dari COP serta penurunan penggunaan daya sebesar 47% jika dibandingkan dengan penggunaan refrigeran R-32 pada sistem. Meskipun, dari segi kapasitas pendinginan menjadi turun sebesar 33%. Akan tetapi, dengan keunggulan berupa penggunaan energi listrik yang berkurang cukup besar dibandingkan dengan refrigeran R-32 dan R-290 yaitu sebesar 47%, maka refrigeran ini memiliki potensi yang cukup besar untuk dikembangkan lebih lanjut.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih kami sampaikan atas dukungan dana penelitian yang diterima dari Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia. Kepada teknisi PLP Politeknik Negeri Bali, Jurusan Teknik Mesin Lab Tataudara serta Lab Kontrol atas bantuan dalam pengambilan data untuk penyelesaian penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Taib, M. Y., Aziz, A. A. & Alias, A. B. S. (2010). Performance analysis of a domestic air conditioner. *National Conference in Mechanical Engineering Research and Postgraduate Students*, 582-291.
- [2] Mohanraj, M., Jayaraj, S. & Muraleedharan, C. (2009). Environment friendly alternatives to halogenated refrigerants. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 3(1), 108–119.
- [3] Yildirim, C., Özkan, D. B. & Onan, C. (2017). Theoretical study of R32 to replace R410A in variable refrigerant flow systems. *International Journal of Ambient Energy*, 39(1), 87-92.
- [4] Granryd, E. (2001). Hydrocarbons as refrigerants: an overview. *International Journal of Refrigeration*, 24(1), 15-24.
- [5] Mc Linden, M.O., Brown, J. S., Brignoli, R., Kazakov, A. F & Domanski, P.A. (2017). Limited options for low-global-warming-potential refrigerants. *Nature Communications*, 8(14476), 1-9.
- [6] Padalkar A.S., Mali K.V., Rajadhyaksha D.D., Wadia B.J. & Devotta S. (2010). Performance assessment of air conditioners with HC290. *9<sup>th</sup> Gustav Lorentzen Conference*.
- [7] Padalkar, A.S. Mali, K.V. & Devotta, S. (2014). Simulated and experimental performance of split packaged air conditioner using refrigerant HC-290 as a substitute for HCFC-22. *Applied Thermal Engineering*, 62(1), 277-284.
- [8] Abdelaziz, O., Shrestha, S., Munk, J., Linkous, R., Goetzler, W., Guernsey, M. & Kassuga, T. (2015). *Alternative refrigerant evaluation for high-ambient-temperature environments: R-22 and R- 410A alternatives for mini-split air conditioners*. USA: Oak Ridge National Laboratory.
- [9] Antunes, A. H. P. & Filho, E. P. B. (2016). Experimental investigation on the performance and global environmental impact of a refrigeration system retrofitted with alternative refrigerants. *International Journal of Refrigeration*, 16(3019), 1-8.
- [10] Joudi, K A. & Al-Amir, Q. R. (2014). Experimental Assessment of residential split type air-conditioning systems using alternative refrigerants to R-22 at high ambient temperatures. *Energy Conversion and Management*, 86, 496–506.
- [11] ASHRAE Handbook. (2005). *Fundamentals, american society of heating, refrigeration and air conditioning engineers*. Georgia: ASHRAE Org.
- [12] AIRAH. (2012). *Methods of calculating total equivalent warming impact (TEWI)*. Melbourne: AIRAH Org.
- [13] Wu, J.H., Yang, L.D. & Hou J. (2012). Experimental performance study of a small wall room air conditioner retrofitted with R290 and R1270. *International Journal of Refrigeration*, 35, 1860-1868.