

## UJI EKSPERIMENTAL PERFORMANSI AC JENIS EKSPANSI LANGSUNG DENGAN MEMVARIASI UKURAN PIPA KAPILER

<sup>1</sup>I Dewa Made Susila\*, <sup>2</sup>I Nengah Ardita, <sup>3</sup>I Made Rasta, <sup>4</sup>Putu Wijaya Sunu

<sup>1,2,3,4</sup>Mechanical Engineering Departement, Bali State Polytechnic,  
Kampus Bukit Jimbaran-Kuta Selatan-Badung, 80364  
Email : dewamadesusila@pnb.ac.id; nengahardita@pnb.ac.id;  
maderasta@pnb.ac.id; wijayasunu@pnb.ac.id

### **Abstract**

*The use of air conditioner is now a human needs and is not still considered a luxury equipment. One type of air conditioner that is widely used is the direct expansion type air conditioner. This research aims to determine the performance and energy consumption in direct expansion type air conditioner by varying the length of the capillary tube. The cooling capacity of the direct expansion type air conditioner is 2.05 kW with refrigerant R32 and the capillary tube diameter is selected 0.054 inch. Temperature and electric current data were taken from a system with a capillary tube length of 2.0 m; 2,6 m and 3,2 m. The data obtained were analyzed to determine the effect of capillary tube size on performance and power consumption. Based on the results of the analysis, it shows that a 23% reduction in capillary tube length resulted in an increase in COP by 5.9% and a decrease in energy consumption by 2.24%. Mean while, by increasing the length of the capillary tube by 23% there was a decrease in COP by 1.5% and an increase in energy consumption by 2.97%.*

**Keywords:** Direct expansion, R32, COP, energy consumption

### **Abstrak**

Penggunaan mesin pengkondisian udara saat ini sudah merupakan kebutuhan manusia dan tidak masih dianggap sebagai barang mewah. Salah satu jenis mesin pengkondisian udara yang banyak digunakan adalah mesin pengkondisian udara jenis ekspansi langsung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performansi dan konsumsi energi pada mesin pengkondisian udara jenis ekspansi langsung dengan memvariasi panjang pipa kapiler. Kapasitas pendinginan dari AC jenis ekspansi langsung 2,05 kW dengan refrigeran R32 dan diameter pipa kapiler dipilih 0,054 inch. Data temperatur dan arus listrik diambil pada sistem dengan panjang pipa kapiler 2,0 m; 2,6 m dan 3,2 m. Data yang didapat dianalisis untuk mengetahui pengaruh ukuran pipa kapiler terhadap performansi dan konsumsi dayanya. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa pengurangan panjang pipa kapiler sebesar 23% terjadi kenaikan COP sebesar 5,9% dan penurunan konsumsi energi sebesar 2,24%. Sedabgkan dengan menambah ukuran panjang pipa kapiler sebesar 23% terjadi penurunan COP sebesar 1,5% dan meningkatkan konsumsi energi sebesar 2,97%.

**Kata kunci:** Ekspansi langsung, R32, COP dan konsumsi energi

## PENDAHULUAN

Saat ini pengkondisi udara (*air conditioner, AC*) sudah tidak dianggap barang mewah lagi karena sudah merupakan kebutuhan. Penggunaannya tidak saja untuk industri, perkantoran maupun komersial akan tetapi juga untuk domestik (rumah tangga). Oleh karena itu industri pendingin udara berkembang pesat di seluruh dunia. Pengkondisian udara (*air conditioning*) adalah suatu proses mengkondisikan udara dari suatu ruangan tertentu untuk memperoleh kenyamanan. Penggunaan AC adalah untuk memberikan massa udara bersih yang cukup yang mengandung jumlah uap air tertentu dan pada suhu yang mampu mempertahankan kondisi atmosfer yang telah ditentukan (Prabha, T.D.J &, Rambabu, Dr. V, 2015). AC berkontribusi jumlah yang besar dari total kebutuhan energi di dalam suatu bangunan (Chung, M.H., dkk, 2017).

AC jenis ekspansi langsung (*DX system*) bekerja dengan menggunakan siklus refrigerasi kompresi uap (*vapour compression refrigeration cycle*). Siklus refrigerasi ini sangat luas penggunaannya dari sistem AC yang mempunyai kapasitas kecil sampai besar. Siklus refrigerasi kompresi uap terdiri dari 4 komponen utama yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator. Siklus refrigerasi kompresi uap mempunyai dua keuntungan yaitu pertama, jumlah energi kalor yang besar diperlukan untuk mengubah cairan menjadi uap, dan karenanya banyak kalor dapat diambil dari ruang yang dikondisikan. Kedua, sifat isothermal dari penguapan memungkinkan ekstraksi kalor tanpa menaikkan suhu fluida kerja dengan suhu apapun yang sedang didinginkan (Boda Hadya dkk, 2015).

Refrigeran merupakan fluida kerja dalam siklus refrigerasi kompresi uap yang berfungsi untuk menyerap kalor pada temperatur rendah dan membuang kalornya pada temperatur tinggi. Selama siklus refrigerasi kompresi uap bekerja maka refrigeran akan mengalami perubahan fase dari cair ke gas dan sebaliknya. Refrigeran R22 merupakan refrigeran halokarbon yang paling umum digunakan di dunia, namun karena sifatnya yang merusak ozon (Tabah Priangkoso dkk, 2018) saat ini sudah tidak boleh diproduksi lagi. Mengacu pada Protokol Montreal, bahwa R22 akan dilarang penggunaannya secara total mulai 1 Januari 2030, maka R22 saat ini sudah digantikan dengan refrigeran yang lebih ramah lingkungan. Canberk Yildirim & Cenk Onan (2018) melakukan penelitian studi teoritis R32 sebagai pengganti R410A pada sistem dengan *variable refrigerant flow (VRF)* menyimpulkan bahwa COP R32 lebih tinggi 5% pada

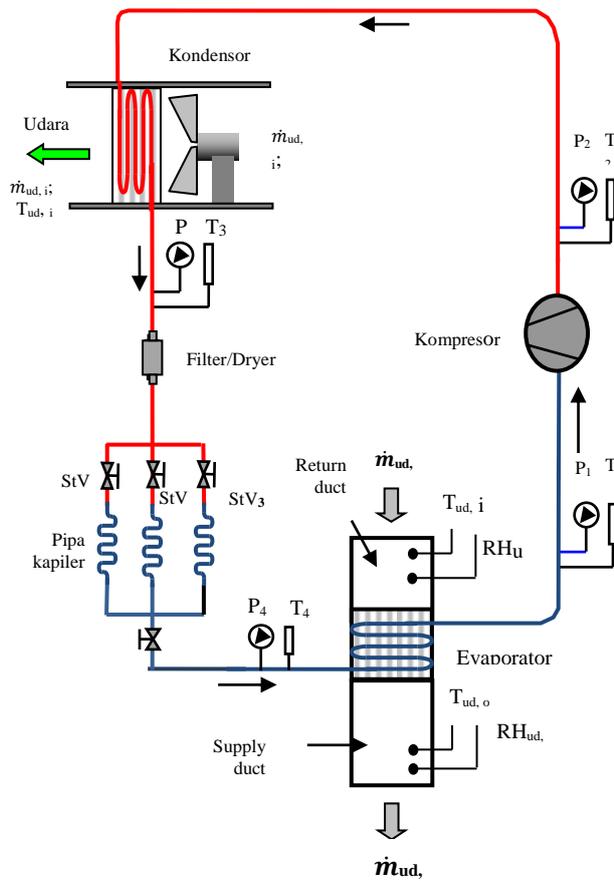
mode pemanasan dan 6% lebih tinggi pada mode pendinginan dibandingkan dengan R410A. Wasiu Saheed Olalekan (2019) dalam penelitiannya mengatakan bahwa peningkatan suhu sekitar menyebabkan kenaikan COP. COP yang lebih tinggi terjadi pada R32 dibandingkan dengan R410A karena efek refrigerasinya yang lebih tinggi yang berkontribusi pada peningkatan COP.

Refrigeran alternatif untuk R22 termasuk R410A, R290, R32, R407C, R125 dan R1234yf, dan lainnya. Meskipun COP mereka lebih rendah dari R22, R32 memiliki beberapa keunggulan yaitu potensi penipisan ozon (*Ozone Depletion Potential, ODP*) R32 adalah 0 dan potensi pemanasan global (*Global Warming Potential, GWP*) hanya sepertiga dari R410A (Lizhi Jia dkk, 2015; Adrián Mota-Babiloni dkk, 2017). R32 juga mempunyai, kapasitas pendinginan per unit volume lebih tinggi daripada R22. Pada kapasitas pendinginan yang sama, jumlah muatan R32 hanya 57% dari R22, akan tetapi R32 mempunyai sifat yang mudah terbakar. Menurut amandemen Protokol Montreal tentang bahan/zat yang menipiskan lapisan ozon, maka penggunaan HFC akan berkurang secara bertahap sejak 2019 untuk mencegah suhu global meningkat 0,5 derajat Celcius pada akhir abad ini (Nan Zheng dkk 2017).

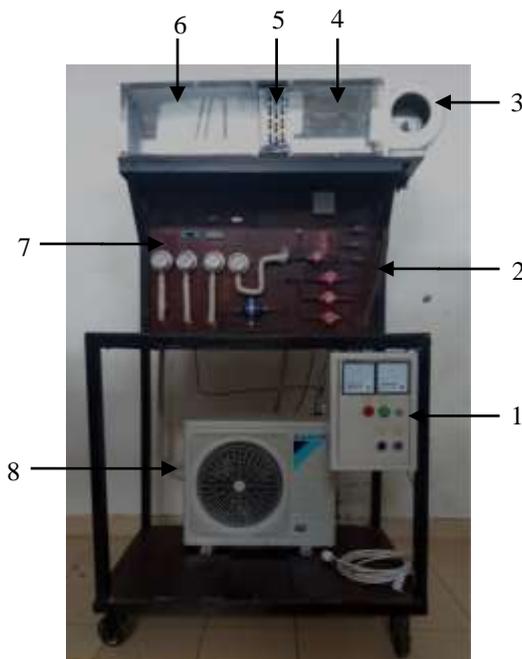
Berkaitan dengan hal tersebut di atas maka dilakukan serangkaian uji eksperimen pada AC jenis ekspansi langsung dengan menggunakan refrigeran yaitu R32 dengan memvariasikan ukuran pipa kapilernya. Tujuannya adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran pipa kapiler terhadap performansi dan konsumsi energi pada AC jenis ekspansi langsung.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan melalui uji eksperimen dengan menggunakan alat uji (*test rig*) yang dirancang dengan kapasitas pendinginan 2,05 kW dengan menggunakan refrigeran R32. Pipa kapiler yang digunakan mempunyai diameter 0,054 inch. Untuk menentukan panjang pipa kapiler digunakan bantuan program aplikasi *CapTube 1.0.8.0*. Pada program aplikasi ini ada 3 (tiga) metode untuk mendapatkan panjang pipa kapiler. Dalam penelitian ini dipilih *Wolf Method* dan panjang yang didapatkan 2,60 m. Selanjutnya panjang pipa kapiler ini divariasikan dengan mengurangi 23% dan menambah 23%. Jadi ukuran pipa kapiler yang digunakan dalam penelitian ini dengan diameter 0,054 inch dengan panjang 2,0 m; 2,6 m dan 3,2 m.



Gambar 1. Diagram pemipaan dan penempatan alat ukur



- Keterangan gambar:
1. Panel Kontrol
  2. Pipa kapiler
  3. Blower
  4. Return duct
  5. Evaporator
  6. Supply duct
  7. Alat ukur tekanan dan temperatur
  8. Condensing unit

Gambar 2 Test rig AC jenis ekspansi langsung

Tabel 1 Spesifikasi teknis AC jenis ekspansi langsung

1. Ukuran total (p x l x t)	: 1000 x 700 x 1900) mm
2. <i>Condensing unit</i>	
Merk	: Daikin
Model	: RV20AXV14
Phase	: 1
Tegangan	: 220V
3. Kapasitas refrigerasi	: 2,05 kW
4. Refrigeran	: R32/0,45 kg
5. Evaporator	
Jenis	: Pipa bersirip ( <i>finned tube</i> )
Jumlah baris pipa	: 3
Jumlah tingkat pipa	: 8
Luas bidang perpindahan panas	: 0,226 m <sup>2</sup>
6. Pipa kapiler	: Diameter 0,054 inch, panjang 2,0 m; 2,6 m; 3,2 m

Tekanan dan temperatur diukur pada 4 (empat) titik dan alat ukurnya sudah terpasang pada *test rig*. Temperatur diukur dengan termokopel tipe K yang dihubungkan dengan *temperature display* yang terpasang pada *test rig*.

Untuk menghitung COP sistim akan digunakan program aplikasi *Mollier Chart 1.2.0.3*.

Sedangkan untuk menentukan konsumsi energi ( $P_k$ ) akan digunakan rumusan:

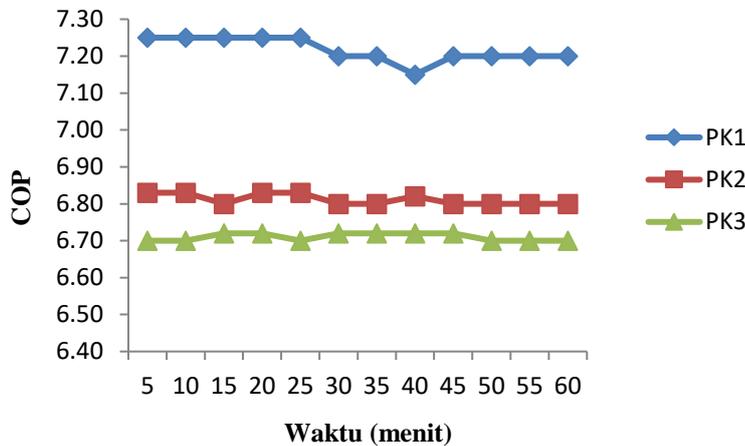
$P_{ac} = V \times I \times \cos \phi$  ; dimana  $V$  = tegangan listrik (Volt;  $I$  = arus listrik (Amp.) dan  $\cos \phi$  = faktor daya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan pada beban penuh (*full load*) dengan kecepatan udara pada saluran udara 1,75 m/detik. Pengujian dilakukan secara bertahap dengan terlebih dahulu menggunakan ukuran pipa kapiler diameter 0,054 inch dan panjang 2,0 meter (PK1). Selanjutnya pengujian dilakukan dengan ukuran pipa kapiler diameter 0,054 inch dan panjang 2,6 meter (PK2). Pengujian terakhir dengan pasangan ukuran pipa kapiler 0,054 inch dan panjang 3,2 meter (PK3). Pencatatan data dilakukan setelah sistem mencapai kondisi *steady state*.

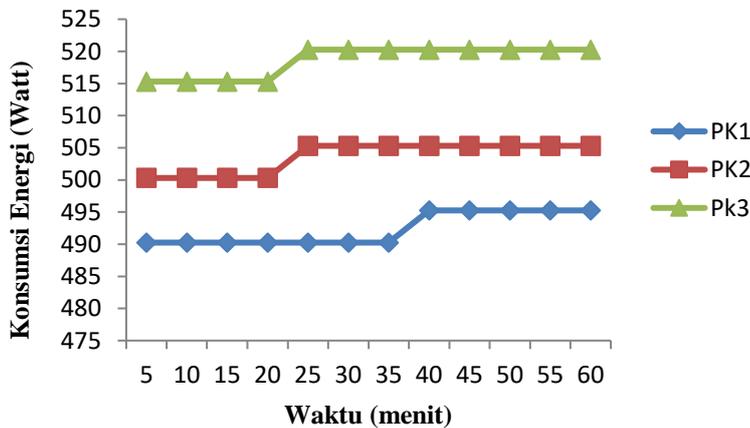
Dari data-data temperatur refrigeran hasil pengujian dengan menggunakan bantuan *Mollier Chart 1.2.0.3* maka didapat besarnya COP untuk masing-masing pasangan pipa kapiler yang disajikan dalam bentuk grafik seperti gambar 3. Dari grafik di bawah dapat dijelaskan bahwa pada pengurangan panjang pipa kapiler 23% dari panjang standarnya maka terjadi kenaikan COP sebesar 5,9% dan dengan penambahan 23% panjang pipa kapiler terjadi penurunan COP sebesar 1,5%. panjang pipa kapiler 2,0

meter mempunyai mempunyai nilai COP tertinggi dan nilai COP terendah dengan panjang pipa kapiler 3,2 meter. Semakin panjang pipa kapiler akan menyebabkan perbandingan kompresi (*compression ratio*) semakin besar yang akan menyebabkan kerja kompresi semakin besar yang akan menyebabkan COP nya menurun.



Gambar 3 Grafik COP untuk masing-masing pipa kapiler

Dengan data tegangan dan arus listrik yang didapat dari hasil pengujian untuk masing-masing pasangan ukuran pipa kapiler selanjutnya dihitung konsumsi energi yang digunakan dan dituangkan dalam bentuk grafik seperti pada gambar 4.



Gambar 4 Grafik konsumsi energi untuk masing-masing pipa kapiler

Dari grafik tersebut di atas dapat dijelaskan bahwa pada panjang pipa pipa kapiler yang pendek maka sistem akan membutuhkan kerja untuk mengkompresi refrigeran di kompresor lebih kecil/ringan. Dengan pengurangan 23% panjang pipa

kapiler dari panjang standarnya, maka terjadi pengurangan konsumsi energi sebesar 2,24%. Demikian juga dengan penambahan 23% panjang pipa kapiler dari panjang standarnya, terjadi peningkatan konsumsi energi sebesar 2,97%.

## SIMPULAN

Dari uji eksperimental dan analisis data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pada pengurangan panjang pipa kapiler 23% terjadi kenaikan COP sebesar 5,9% dan penurunan konsumsi energi sebesar 2,24%. Selanjutnya dengan menambah ukuran panjang pipa kapiler sebesar 23% terjadi penurunan COP sebesar 1,5% dan meningkatkan konsumsi energi sebesar 2,97%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adrián Mota-Babiloni, Joaquín Navarro-Esbría, Pavel Makhnatchb, Francisco Molésa. (2017). Refrigerant R32 as lower GWP working fluid in residential air conditioning systems in Europe and the USA. *Elsevier*, 1031-1042.
- Boda Hadya, Prasad, A. M. K., Suresh Akella. (2015). Performance Assesment of HFC Group Refrigerants in Window Air Conditioning System. *International Journal of Mechanical Engineering and Applications*, 81-85.
- Canberk Yildirim & Cenk Onan. (2018). Theoretical Study of R32 to Replace R410A in Variable Refrigerant Flow (VRF) Systems. *International Journal of Ambient Energy*.
- Chung, M. H., Chin, W. M., Tang, S. H. (2017). Analysis on the Refrigerant (R32) Flow Maldistribution of Microchannal Heat Exchanger Under Superheat and Sub-cool. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 4140-4157.
- Lizhi Jia., Wufeng Jin., Yan Zhang. (2015). Analysis of Indoor Environment Safety with R32 Leaking From a Running Air Conditioner. Elsevier, *Procedia Engineering*, 121, 1605-1612.
- Prabha, T. D. J. & Rambabu, Dr, V. (2015). Experimental Investigation on the Performance of Air Conditioner Using R32 Refrigerant. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 139-144.

Tabah Priangkoso, Nur Edy Santoso, Teguh Apriyanto, Muhammad Dzulfikar. (2018). Pengaruh Jenis Refrigeran dan Diameter Pipa Kapiler Terhadap Kinerja AC Split. *Momentum*, 39-45.

Wasiu Saheed Olalekan. (2019). Suitability of Difluoromethane Refrigerant (R32) as a Better Alternative Refrigerant to Puron (R410A) in Refrigeration and Air Conditioning System. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*.

Zheng Nan, Hwang Yunho, Zhao Li. (2017). Thermodynamic Performance Assesment of R32 and R1234yf Mixtures as Alternative of R410A. *12<sup>th</sup> IEA Heat Pump Conference*. Energy Technology Network.