

ANALISA PENGARUH KERUSAKAN ISOLASI PIPA PENGHUBUNG TERHADAP PERFORMANSI PADA AC SPLIT

I Nengah Ardita¹⁾, I G.A.B Wirajati²⁾, I D.M. Susila³⁾ dan Sudirman⁴⁾

^{1,2,3,4}Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung-Bali
80714

Email: nengahardita@pnb.ac.id

Abstract

Split air conditioners are the most widely used air conditioning equipment in the community. But some users know technically about AC and some who do not know about the system used. With the ignorance of the user can lead to inefficiencies in energy use by the system. An AC system that works when the refrigerant exits the evaporator is too superheat will cause the compressor to increase energy consumption. This is often caused by damage to the connecting pipe insulation on Split AC. This study aims to investigate the effect of damage to the connecting pipe insulation on split ACs against system performance. This research was conducted with an experimental method whose implementation includes several stages, namely; making experimental equipment, calibration, and installation of measuring instruments, data collection, and processing and analysis. Data processing is carried out using thermodynamic methods to obtain quantities such as; compressor power consumption, refrigeration effect, and COP system. Based on the results of the analysis found that damage to the connecting pipe insulation can reduce the effect of refrigeration, increase compressor energy consumption, and reduce system performance (COP). Insulation damage by 20% can reduce the cooling effect by 2.4%, increase compressor energy consumption by 3% and reduce system performance by 9%

Keywords: *Damage to the connecting pipe insulation, energy consumption, and COP*

Abstrak

AC Split merupakan alat pengkondisian udara yang paling banyak digunakan di masyarakat. Namun pada penggunaannya ada yang tahu secara teknik tentang AC dan sebagian ada yang tidak tahu tentang sistem yang digunakan. Dengan ketidak tahuan pengguna bisa menimbulkan inefisien penggunaan energi oleh sistem. Sistem AC yang bekerja pada kondisi refrigeran keluar evaporator terlalu superheat akan menyebabkan konsumsi energi oleh kompresor bertambah besar. Hal ini sering disebabkan oleh kerusakan isolasi pipa penghubung pada AC Split. Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh kerusakan isolasi pipa penghubung pada AC split terhadap performansi sistem. Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang pelaksanaannya meliputi beberapa tahap yaitu; pembuatan peralatan eksperimen, kalibrasi dan pemasangan alat ukur, pengambilan dan pengolahan data serta analisis. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan kaedah-kaedah termodinamika untuk mendapatkan besaran-besaran seperti; konsumsi daya kompresor, efek refrigerasi dan COP sistem. Berdasarkan hasil analisa didapatkan bahwa kerusakan isolasi pipa penghubung dapat menurunkan efek refrigerasi, meningkatkan konsumsi energi kompresor serta menurunkan performansi (COP) sistem. Kerusakan isolasi sebesar 20% dapat menurunkan efek pendinginan sebesar 2,4%, meningkatkan konsumsi energi kompresor sebesar 3% dan menurunkan performansi sistem sebesar 9%.

Kata Kunci: *Kerusakan isolasi pipa penghubung, konsumsi energi dan COP*

PENDAHULUAN

Air conditioning unit (AC Unit) adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengkondisikan udara dalam ruangan. Udara dalam ruangan perlu dikondisikan untuk menghasilkan kondisi yang membuat orang yang berada dalam ruangan tersebut merasa nyaman. Dengan kondisi yang nyaman, orang akan bekerja dengan lebih kreatif dan produktif. Untuk saat ini AC split paling banyak dipilih orang karena tidak perlu banyak merusak dinding pada saat pemasangan, dan indoor unit yang terpasang sekaligus sebagai penghias ruangan, tidak berisik serta pemeliharaannya lebing mudah. Indoor unit dipasang didalam ruangan yang berisi evaporator dan blower yang berfungsi menyerap kalor udara dalam ruangan sehingga udara dalam ruangan akan menjadi dingin. Outdoor unit dipasang diluar ruangan, terdiri dari kompresor, kondensor, fan dan alat ekspansi/pipa kapiler, berfungsi untuk membuang kalor yang tadi diserap dari dalam ruangan.

Refrigeran yang digunakan pada AC Split sangat bervariasi, mulai dari yang model lama menggunakan refrigeran R22 sampai keluaran yang terbaru menggunakan refrigeran R410a, R32, R290 dan lainnya. Semuanya bermuara pada tujuan mendapatkan sistem yang lebih efisien dan ramah lingkungan, dimana refrigeran tersebut mempunyai ODP dan GWP yang sangat rendah. Sistem refrigerasi dikatakan efisien bila mempunyai *coefficient of performance* (COP) yang tinggi.

Salah satu faktor yang mempengaruhi COP sistem adalah besarnya derajat superheat refrigeran keluar evaporator yang disebabkan oleh kerusakan isolasi pipa penghubung *indoor* dengan *outdoor* pada AC Split. Secara umum dilihat dari diagram Mollier refrigeran, semakin besar derajat superheat refrigeran yang keluar evaporator semakin besar pula beda enthalpi pada proses kompresi. Hal ini mengindikasikan semakin besar tenaga yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem. Dengan semakin besarnya tenaga yang dibutuhkan untuk menjalankan sistem maka akan menurunkan nilai COP sistem dan semakin besar biaya yang harus dikeluarkan untuk mendapatkan manfaat yang sama. Dan para teknisi dilapangan biasanya kurang memperhatikan masalah kerusakan isolasi dalam proses pemeliharaan sistem

Isolasi pipa penghubung pada AC Split difungsikan untuk mencegah adanya perpindahan panas dari luar menuju refrigeran yang ada dalam pipa penghubung. Kerusakan isolasi akan mempengaruhi jumlah panas yang bisa diserap dalam ruangan,

dan juga akan meningkatkan derajat superheat refrigeran yang menuju kompresor. Pengertian *Superheat gases* atau gas panas lanjut adalah kenaikan temperatur refrigeran dari output evaporator. Pada akhir evaporator, normalnya refrigeran sudah dalam bentuk gas sempurna. Tetapi karena gas refrigeran tersebut masih bertemperatur lebih rendah dari lingkungan sekitarnya membuat proses penyerapan kalor masih terjadi. Proses pemanasan lanjutan pada tekanan tetap setelah melampaui batas uap jenuh inilah yang disebut "superheat". Besarnya nilai superheat ini dihitung dengan cara mengurangi temperatur sebenarnya dengan temperatur saturasinya. Sedangkan temperatur saturasi diperoleh dari hasil konversi tekanan dimana pembacaan temperatur dilakukan.

Analisa secara termodinamika dari beberapa refrigeran mengenai pengaruh subcooling dan superheating terhadap COP pada sistem refrigerasi kompresi uap, menunjukkan bahwa semakin besar nilai superheat akan mereduksi secara signifikan COP sistem (Arzu et al., 2005). Begitu juga Boda Hadya 2016, telah melakukan analisa pada sistem refrigerasi kompresi uap dengan memperhatikan pengaruh subcooling dan superheating pada tiga refrigeran yang berbeda yaitu R22, R410a dan R32. Hasil analisis menunjukkan semakin besar derajat superheat maka laju aliran massa refrigeran semakin menurun. Ashish Kumar dan R.C.Gupta 2013, juga melakukan investigasi dengan menggunakan R407c sebagai alternatif pengganti refrigeran R22. Hasil yang didapatkan bahwa COP untuk R407c sedikit lebih kecil dibanding R22. Dan sistem dengan superheating yang semakin besar akan menurunkan COP (Dharmendra, 2014).

Mohammad Mehdi Keshtkar.2016, melakukan analisa secara thermo-economic pengaruh subcooling dan superheating pada sistem refrigerasi cascade. Hasil studi kasus menunjukkan bahwa, dibandingkan dengan desain dasar, penggunaan *Two single-objective optimization strategies* (SOS) untuk memaksimalkan efisiensi eksergetik dapat meningkatkan efisiensi eksergetik 94,5%. Selain itu, penggunaan SOS kedua dapat mengurangi total biaya sistem sebesar 11%. Menggunakan MOS dibandingkan dengan desain dasar, efisiensi eksergetik dan total biaya sistem dapat meningkat sebesar 99,1% dan 28,6%.

Superheating, meningkatkan COP dari refrigeran R134a yang menyiratkan bahwa untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik dari refrigeran untuk pendinginan, refrigeran harus dipanaskan sebanyak mungkin. Sebaliknya, untuk refrigeran R717 yang super panas, refrigeran mengurangi COP sistem yang menyiratkan bahwa refrigeran

memberikan kinerja yang lebih baik dalam keadaan jenuh dan dengan demikian tidak memerlukan pemanasan berlebih. (Saturday E.G at al, 2017)

Satish Parman dan Ravindra Randa. 2018, melakukan studi eksperimental dari siklus VCRS sederhana dan siklus VCRS dengan superheating dengan bantuan penukar panas garis cair. Jika meningkatkan suhu evaporator sebelum masuk ke kompresor sebesar 6 °C dari (-2 °C menjadi 4 °C yaitu *superheating refrigerant*) COP dari siklus, dan efek refrigerasi meningkat dengan bantuan superheating. Secara umum refrigeran R-134A memberikan hasil terbaik untuk suhu evaporator yang sama, suhu kondensor, dan tingkat pendinginan dibandingkan dengan refrigeran R-12 dan R-717

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan secara bertahap, yang mencakup: persiapan, studi literatur, perancangan peralatan eksperimen, pengambilan data eksperimen, pengolahan data dan analisa hasil pengujian. Adapun peralatan penelitian menggunakan rangkaian seperti AC Split yang diletakkan di atas stand (rangka penyangga) dengan kapasitas pendinginan 9000 Btu/hr yang dibuat oleh Panasonic electric. Sketsa susunan peralatan pengujian seperti terlihat pada Gambar-1.

Alat ukur konsumsi daya kompresor menggunakan digital AC clamp power meter (Kyoritsu, with 1.5% accuracy). Tekanan refrigeran keluaran evaporator diukur dengan pressure gauge tipe tabung bourdon sesuai refrigeran yang digunakan dengan tingkat ketelitian 5 psi. Pressure drop pada kondensor dan evaporator pada penelitian ini diabaikan karena pengaruh pada hasil akhir tidak signifikan. Temperatur refrigeran, dan sirkulasi udara evaporator pada titik-titik pengukuran yang telah ditentukan diukur dengan menggunakan thermocouple tipe K. Data pengujian dicatat setiap menitnya setelah sistem dalam keadaan *steady state*.

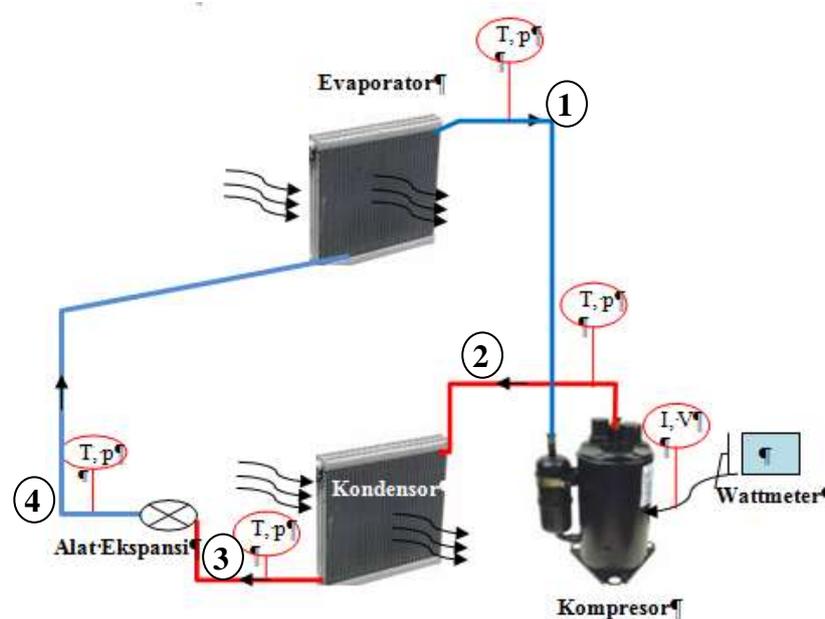
Persamaan (1)-(4) digunakan untuk menghitung parameter yang diinginkan. Persamaan (1) digunakan untuk menghitung konsumsi daya kompresor. Laju aliran massa dihitung dengan menggunakan persamaan (2). Kapasitas pendinginan dihitung dengan menggunakan persamaan (3), sedangkan untuk performansi sistem dihitung dengan menggunakan persamaan (4) (Arora, 2001);

$$W_p = V.I.Cos\phi \quad (1)$$

$$\dot{m} = \frac{W_k}{h_1 - h_3} \quad (2)$$

$$Q_r = \dot{m} \cdot (h_1 - h_2) \quad (3)$$

$$\text{COP} = \frac{Q_r}{W_k} \quad (4)$$



Gambar 1. Sketsa disain eksperimen dan posisi peralatan instrumen

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan secara bertahap dengan menggunakan refrigeran R32. Pengujian pertama dilakukan dengan keadaan isolasi pipa penghubung normal. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan mengurangi panjang isolasi pipa penghubung sebesar; 5%, 10%, 20%, 30% dan 40% pada posisi dekat outdoor sistem.

Pengujian untuk masing-masing kondisi dilakukan pada jam yang sama dengan hari yang berbeda agar mendapatkan kondisi pengujian yang sama. Pencatatan data dilakukan setelah keadaan sistem steady state yang diperkirakan setelah 10 menit sistem beroperasi. Data pengujian dicatat setiap 5 menit sekali dengan 5 data setiap pengujian.

Berdasarkan data yang telah didapat, kemudian diflot ke dalam P-h diagram dengan bantuan program *Mollier-Chart* akan didapatkan besaran enthalpi pada masing-masing posisi pengukuran yang kemudian digunakan untuk menghitung; efek refrigerasi, kapasitas pendinginan dan Coefficient of performance (COP) sistem. Perhitungan dilakukan untuk semua kondisi isolasi pipa penghubung seperti terlihat pada Tabel-1. Dari hasil pengolahan data dapat dilakukan beberapa analisis seperti efek

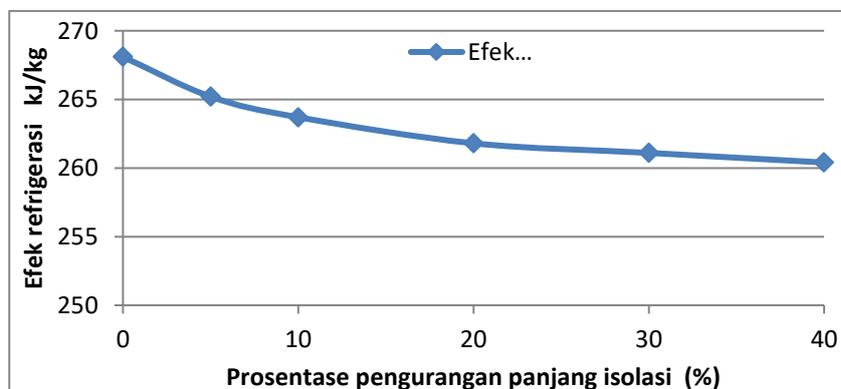
refrigerasi, daya kompresor dan coefficient of performance system terhadap prosentase pengurangan panjang isolasi pipa penghubung pada AC Split.

Tabel-1.
 Data pengujian dan hasil pengolahan data.

Parameter	unit	Kondisi Pengurangan Isolasi PipaPenghubung					
		N	5%PT	10%PT	20%PT	30%PT	40%PT
Temperatur refrigeran keluaran kompresor (T ₂)	°C	80,4	82,0	85,4	87,6	88,3	89,0
Temperatur refrigeran keluaran kondensor (T ₃)	°C	32,7	34,2	35,1	36,2	36,9	37,3
Temperatur refrigeran masuk kompresor (T ₁)	°C	24,6	25,3	26,1	26,8	27,4	28,1
Temperatur refrigeran keluaran evaporator (T ₁)	°C	23,5	23,6	23,8	24,1	24,6	24,7
Temperatur kondensasi (T _c)	°C	38,3	38,8	38,2	38,6	38,7	38,7
Tekanan evaporator	psi	165	165	165	165	165	165
Temperatur evaporasi	°C	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9
Temperatur udara masuk evaporator	°C	30,0	30,3	30,6	30,6	30,5	30,5
Temperatur udara keluar evaporator	°C	19,4	19,8	21,5	21,8	22,2	22,9
Arus listrik ke kompresor	A	2,73	2,74	2,76	2,79	3,02	3,13
Tegangan sumber listrik	Volt	223,8	225,0	224,0	225,0	224,0	224,0
Derajat superheat	°C	10,7	11,4	12,2	12,9	13,5	14,2
Efek refrigerasi (kJ/kg)		268,1	265,2	263,7	261,8	261,1	260,4
COP		6,12	6,00	5,78	5,57	5,31	5,13
Daya Kompresor (P)	Watt	593,5	597,6	600,6	611,1	621,4	639,7

N= normal (tidak ada pengurangan),...PT=panjang total

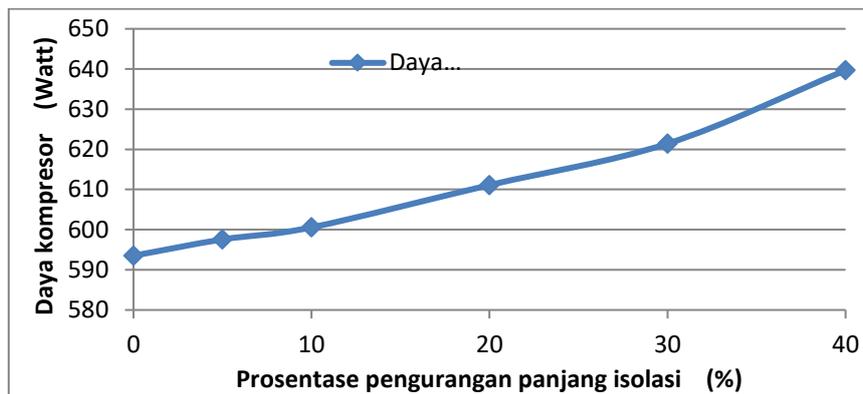
Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan didapatkan bahwa dengan pengurangan panjang isolasi pipa penghubung akan mengurangi efek refrigerasi yang didapatkan pada AC split.



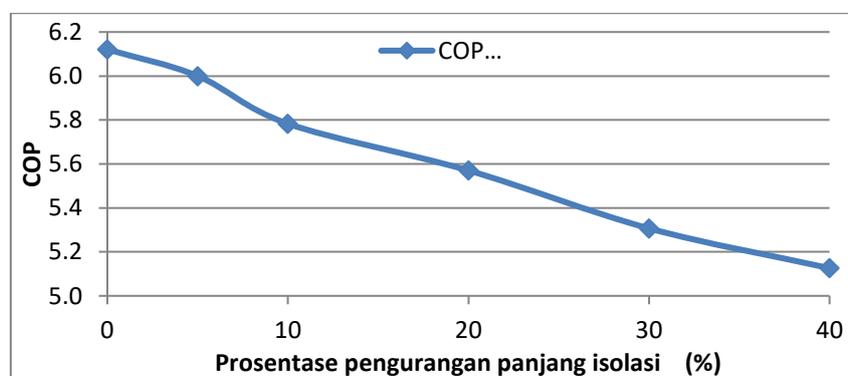
Gambar 2. Efek refrigerasi terhadap prosentase pengurangan panjang isolasi

Hal ini dapat diartikan bahwa semakin rusak isolasi pipa penghubung akan berakibat menurunnya efek refrigerasi pada sistem AC, seperti terlihat pada Gambar-2. Dengan kerusakan isolasi pipa penghubung sebesar 20% saja akan mengurangi efek refrigerasi sebesar 2,4%.

Pada Gambar-4 menunjukkan bahwa semakin besar kerusakan isolasi pipa penghubung pada AC split akan semakin besar konsumsi energi yang dibutuhkan oleh kompresor. Sebagai contoh misalnya kerusakan isolasi pipa penghubung sebesar 20%, maka akan meningkatkan konsumsi energi oleh kompresor sebesar 3%.



Gambar 3. Daya kompresor terhadap prosentase pengurangan panjang isolasi



Gambar 4. COP Sistem terhadap prosentase pengurangan panjang isolasi

Pada Gambar-5 menunjukkan bahwa coefficient of performance (COP) sistem mengalami penurunan seiring dengan jumlah prosentase pengurangan panjang isolasi pipa penghubung pada AC split. Makin panjang pengurangan isolasi maka COP sistem akan semakin berkurang, artinya semakin rusak isolasi pipa penghubung pada AC split maka akan terjadi penurunan performansi. Sebagai contoh misalnya kerusakan isolasi sebesar 20% akan menurunkan COP sistem sebesar 9%. Untuk itu sangat penting untuk

menjaga dan memelihara kondisi isolasi pipa penghubung pada AC split agar performa sistem tetap terjaga dengan baik.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa kerusakan isolasi pipa penghubung pada AC split dapat menurunkan efek refrigerasi atau pendinginan, meningkatkan konsumsi energi kompresor serta menurunkan performansi (COP) sistem. Kerusakan isolasi sebesar 20% dapat menurunkan efek pendinginan sebesar 2,4%, meningkatkan konsumsi energi kompresor sebesar 3% dan menurunkan performansi sistem sebesar 9%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arora, C.P. (2001). *Refrigeration And Air Conditioning*. Second edition. Singapore: McGraw-Hill chapter 94-133
- Arzu Sencan, Resat Selbas, Onder Kizilkan and Soteris A.K. (2006). Thermodynamic analysis of subcooling and superheating effect of alternative refrigerants for vapour compression refrigeration cycles. *International Journal of Energy Research*, 30, pp 323-347. John Wiley & Sons,Ltd
- Ashish Kumar Paharia, R.C,Gupta. (2013). Effect of subcooling and superheating on vapour compression refrigeration systems using R22 alternative refrigerants. *International Journal of Emerging Trends in Engineering and development, Issue 3, vol 1*. pp 521-531
- Boda Hadya. (2016). Analysis of vapour compression refrigeration systems with subcooling and superheating with three different refrigerants for air conditioning applications. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology (IJESRT)*, pp 70-77
- Dharmendra Patel, Karanpal Singh, Jagveer. (2014). Improving The Performance of vapour compression refrigeration system by Using Useful Superheating. *International Journal of Engineering Sciences & Research Technology (IJESRT)*, pp 5053-5056.
- Mehdi Keshtkar. (2016). Effect of subcooling and superheating on performance of a cascade refrigeration system with considering thermo-economic analysis and multi-objective optimization. *Journal of Advanced Computer Science & Technology*, 5(2). pp 42-47.
- Saturday.E.G, Chidebe.C.E, Nwaiwu.U. (2017). Computer aided comparative analysis of effects of superheating and subcooling on the performance of R134a and R717 in simple vapour compression systems. *International Journal of Computer Applications, Volume 157-No 5*, pp 16-21
- Satish Parmar, Ravindra Randa. (2018). Experimental analysis of vapour compression refrigeration systems with superheating by using R134a, R12, R717 refrigerant. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume 05 Issue 05*, pp 345-350.