

Investigasi Performa Integrasi *Heat Recovery* dan *AC Split* dengan Variasi Aliran Air

Yusup Hadian Nugraha^{1,*}, Bowo Yuli Prasetyo², Windy Hermawan Mitrakusuma³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559
E-mail: ^{1,*}yusup.hadian.tptu419@polban.ac.id, ²bowo_yuli@polban.ac.id, ³windyhm@polban.ac.id

ABSTRAK

Pada mesin *Air Conditioning* terdapat bagian yang menghasilkan panas yang dapat dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari manusia contohnya untuk memanaskan air untuk kebutuhan mandi manusia yaitu pada *outdoor unit* pada pipa *discharge line*. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan nilai performansi kerja atau COP (*Coefficient of Performance*), efisiensi dan kapasitas pendinginan pada setiap variasi. Metode penelitian yang digunakan yaitu membandingkan performansi *AC Split* pada setiap konfigurasi berdasarkan parameter. Pada penelitian ini akan dilakukan konfigurasi seperti mode normal atau mode AC, mode seri dengan kondenser, mode hanya menggunakan HX (*Heat Exchanger*) dengan pengujian air diam dan air mengalir. Hasil dari variasi sistem tersebut pada mode seri air diam dan air mengalir memiliki nilai COP 6,72 dan 7,77, nilai efisiensi 87,87% dan 90,34 %, dan kapasitas pendinginan 2,64 kW dan 2,87 kW, pada mode HX air diam maupun air mengalir memiliki nilai COP yaitu 3,02 dan 5,94, nilai efisiensi 62,1% dan 85,83 %, dan kapasitas pendinginan 1,41 kW dan 2,03 kW. Pada mode seri menunjukkan adanya peningkatan nilai performansi dibandingkan dengan mode AC dengan memiliki nilai COP 6,36, efisiensi 81,9 kW, dan kapasitas pendinginan 2,58 kW, pada mode HX nilai performansi memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan mode seri dan AC.

Kata Kunci

Air Conditioning, *Heat Recovery*, *Bare Tube*, *Coefficient of Performance* dan Efisiensi.

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini *Air Conditioning* merupakan sebuah sistem untuk mendapatkan kenyamanan dan mendukung berbagai aktivitas manusia dalam kehidupan sehari-hari. Sistem pada *Air Conditioning* merupakan sistem yang mengambil panas dengan evaporator, dan membuang panas ke lingkungan yang dengan kondenser. Panas yang dibuang ke lingkungan pada kondenser ini merupakan panas yang berasal dari efek refrigerasi dan kerja kompresi. Proses pelepasan panas yang terjadi di kondenser ini selain dilepaskan langsung ke lingkungan, juga dapat dilepaskan panas tersebut menggunakan bantuan sirkulasi air.

Perpindahan panas adalah studi tentang bagaimana energi ditransfer antara benda atau bahan ketika suhunya berbeda satu sama lain. Perpindahan panas tidak hanya bertujuan untuk menggambarkan bagaimana energi panas ditransmisikan dari satu tempat ke tempat lainnya, tetapi juga memiliki kemampuan untuk menghitung kecepatan perpindahan panas yang akan terjadi dalam keadaan tertentu[1]. Bila dipandang dari sudut pandang konversi untuk

kebutuhan manusia yang bermanfaat seperti pemanas air *water heating* [2]. Penambahan *heat recovery* dapat meningkatkan COP sistem refrigerasi berkisar 10% di sistem *Air Conditioning* [3].

Refrigerasi *heat recovery* merupakan teknologi yang sangat tepat dengan memanfaatkan dari bagian pada sistem *Air Conditioning* untuk memanaskan air dengan menggunakan sebuah alat penukar panas (*heat exchanger*) berjenis *bare tube* yang berbentuk *helical* dan dipasang pada tangki air, bagian yang dimanfaatkan sebagai *heat recovery* pada *discharge line* sistem *Air Conditioning* karena mengingat besarnya energi yang dapat digunakan.

Beberapa karya ilmiah yang dilakukan terdahulu hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa pengaturan debit air masuk pada sistem akan mempengaruhi jumlah panas yang dimanfaatkan oleh sistem tersebut, peningkatan jumlah debit air yang masuk akan sebanding dengan panas yang dimanfaatkan karena hanya laju aliran massa yang berpengaruh terhadap panas yang dimanfaatkan dan nilai Cp dan selisih temperatur evaporator tetap. Pada penelitian pada *chiller air cooled* dapat meningkatkan nilai COP sebesar 14,67 % dibandingkan dengan tanpa menggunakan, hal

tersebut dikarenakan kerja kondenser tidak terlalu berat dan dibantu oleh *heat exchanger* untuk memanaskan air [4]. Lalu dilakukan penelitian pada *chiller* yang terintegrasi dengan *heat recovery* dengan penggunaan air berbeda sesuai dengan hunian pada hotel. Pada situasi hunian di hotel tidak maksimal mendapatkan nilai COP yang tinggi, lalu daya yang dibutuhkan oleh kompresor juga besar. Pada situasi hunian di hotel tinggi mendapatkan nilai COP yang lebih tinggi dibandingkan pada saat hunian di hotel tidak maksimal [5]. Penelitian yang lain dengan penambahan *heat recovery* mempunyai hasil penelitian menunjukkan sistem berjalan selama 120 menit memperoleh temperatur air panas sebesar 50,42°C dengan temperatur ruangan 22°C dengan waktu 75 menit [6].

Tujuan penelitian adalah untuk mendapatkan unjuk kinerja dari sistem *Air Conditioning* setelah dan sebelum penambahan *heat exchanger* dengan membandingkan hasil nilai COP (*Coefficient of Performance*), kapasitas pendinginan, dan efisiensi sistem tersebut pada setiap variasi.

2 METODOLOGI

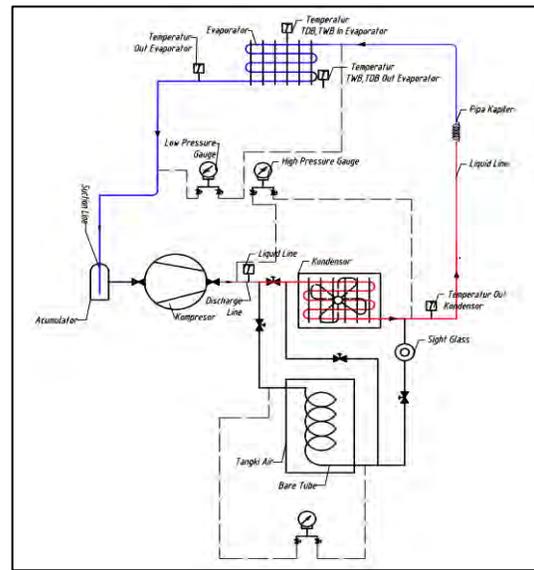
Sistem yang digunakan pada penelitian ini adalah AC *Split* dengan brand “Hisense” dengan kapasitas pendinginan yang setara dengan 9000 BTU/h dengan refrigeran yang digunakan yaitu R32. Modifikasi pada sistem ini dapat menggunakan berbagai mode sesuai dengan kebutuhan, jika ingin menggunakan mode AC maka *valve* yang menuju *heat exchanger* ditutup. Apabila ingin menggunakan mode seri, maka *valve* yang menuju *heat exchanger* dan kondenser dibuka lalu *valve* yang menuju keluar kondenser ditutup. Jika ingin menggunakan mode HX, maka *valve* yang menuju *heat exchanger* dan keluar kondenser tetapi *valve* yang menuju kondenser ditutup. Variasi air mengalir pada mode seri dan HX dengan debit air yang masuk dan keluar kedalam tangki yaitu 700 ml per 10 detik.

Pada variasi mode AC, refrigeran hanya akan melewati kondenser seperti pada sistem AC *Split* pada umumnya. Aliran refrigeran tidak akan melewati *Heat Exchanger (Bare Tube)*, maka *valve* yang menuju *Heat Exchanger (Bare Tube)* akan ditutup.

Pada variasi mode seri, refrigeran dari kompresor langsung masuk ke dalam *Heat Exchanger (Bare Tube)* dan aliran refrigeran yang menuju kondenser ditutup dengan menutup aliran menggunakan *valve*. Sehingga kondenser akan digantikan oleh *Heat Exchanger (Bare tube)* untuk

pelepasan panas dan akan memanaskan air di dalam tangki.

Pada variasi mode HX, aliran refrigeran dari kompresor akan melewati *Heat Exchanger (Bare Tube)* sebelum memasuki kondenser. Pada *Heat Exchanger* tersebut akan terjadi proses perpindahan panas yang mengakibatkan air yang di dalam tangki akan panas secara perlahan karena temperatur pipa *Bare Tube* yang tinggi.



Gambar 1. Sistem *Heat Recovery*

Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat Ukur

Alat	Type	Range
Thermometer digital	PICO TC-08	-270 to 1820 °C
Pressure Gauge	High dan Low Pressure	-30 inHG to 800 Psi
Tang Ampere	KYORITSU KEW 2200	0 to 1000 ampere
Anemometer	GD155	0,7 to 30 m/s
Bulb TWB dan TDB	K Type 2 Channel	-50 to 1200 °C

Unjuk kinerja pada sistem refrigerasi kompresi uap yaitu untuk mengetahui nilai kinerja dari sistem tersebut. Untuk mengetahui nilai dari kinerja sistem tersebut menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut:

$$COP = \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresi}} = \frac{q_e}{w} \quad (1)$$

$$COP = \frac{\text{Efek Heating}}{\text{Kerja Kompresi}} = \frac{q_c}{w} \quad (2)$$

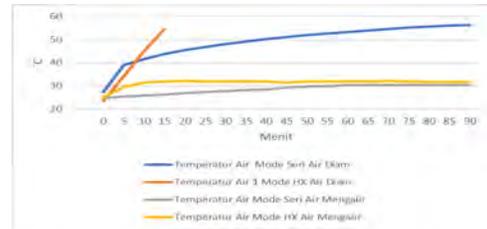
$$\eta_{cooling} = \frac{COP_{actual} \text{ Cooling}}{COP_{carnot} \text{ Cooling}} \quad (3)$$

$$\eta_{heating} = \frac{COP_{actual} \text{ Heating}}{COP_{carnot} \text{ Heating}} \quad (4)$$

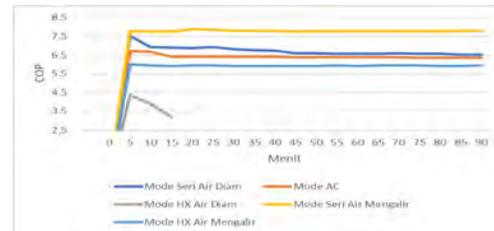
$$Q_e = \dot{m} (h_{in} - h_{out}) \quad (5)$$

Setelah dilakukan pengambilan data dengan parameter yang telah dijelaskan sebelumnya, kemudian data diolah untuk mengetahui kinerja sistem pada setiap variasi dan membandingkan hasil data dari setiap variasi pada $COP_{cooling}$, $COP_{heating}$, dan efisiensi. Data yang digunakan untuk pengolahan data ini yaitu data pada waktu sistem *steady state* pada menit ke-40 untuk mode seri, air diam menit ke-75 untuk mode AC, dan menit ke-15 untuk mode HX air diam, mode seri air mengalir menit ke-75, dan mode HX air mengalir pada menit ke-70.

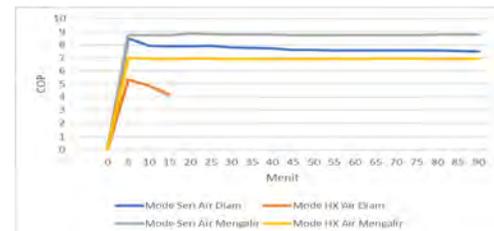
Dari pengolahan data diperoleh grafik yang dapat digunakan untuk mengkaji dan menganalisis sistem *Heat Recovery* dari AC *Split* dengan variasi aliran refrigeran dengan air diam dan air mengalir. Data pengukuran yang *diplot* kedalam grafik analisis.



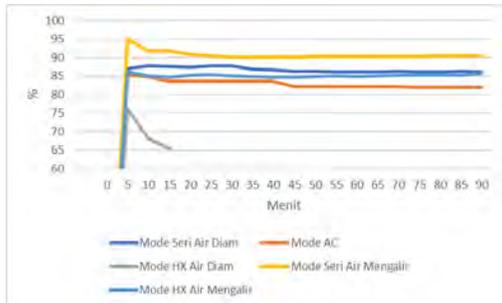
Gambar 2. Grafik Temperatur Air Terhadap Waktu



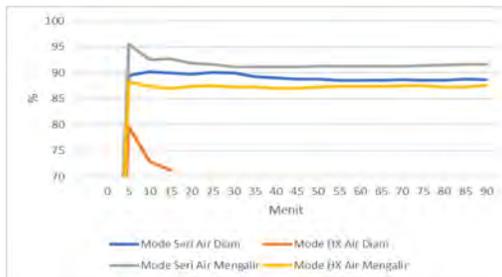
Gambar 3. COP Cooling Terhadap Waktu



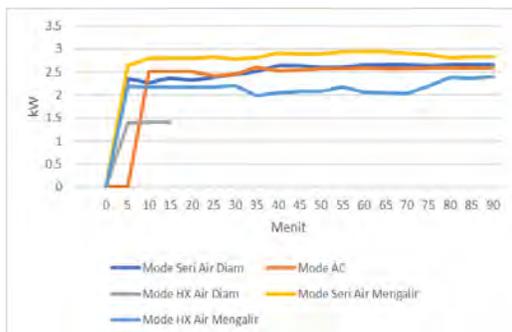
Gambar 4. Grafik COP Heating Terhadap Waktu



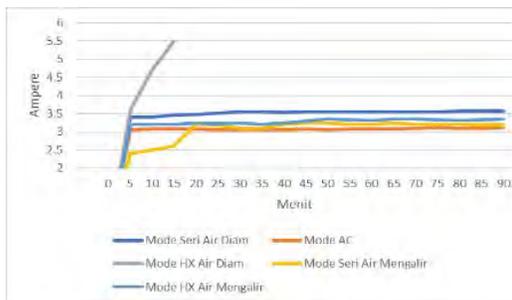
Gambar 5. Grafik Efisiensi *Cooling* Terhadap Waktu



Gambar 6. Grafik Efisiensi *Heating* Terhadap Waktu



Gambar 7. Grafik Kapasitas Pendinginan Terhadap Waktu



Gambar 8. Grafik Arus Listrik Terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 2 temperatur air pada HX air mengalir memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan temperatur air pada mode seri air mengalir, hal tersebut terjadi karena pada mode

HX air mengalir tekanan *discharge* lebih tinggi dibandingkan mode seri air mengalir. Temperatur air pada kedua mode ini tidak dapat mencapai temperatur 50 °C, hal tersebut dikarenakan sistem ini tidak peruntukan untuk dengan air mengalir.

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat nilai COP *Cooling* pada mode seri air mengalir memiliki nilai COP *Cooling* yang lebih tinggi dibandingkan mode HX air mengalir, hal tersebut karena pada mode seri memiliki nilai *subcooled* yang tinggi sehingga nilai COP *Cooling* pada mode seri air mengalir lebih tinggi dibandingkan mode seri. Pada mode seri nilai COP cenderung konstan, tetapi terdapat kenaikan

Perbandingan nilai COP *Cooling* antara mode seri dan HX yaitu sebesar 25%.

Berdasarkan Gambar 4 nilai COP *Heating* pada mode seri air mengalir memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan mode HX air mengalir, hal tersebut dikarenakan pada mode seri air mengalir memiliki nilai *subcooled* yang tinggi sehingga kerja kondenser tidak terlalu berat. Perbandingan nilai COP *Heating* pada mode seri air mengalir dan HX air mengalir memiliki nilai yaitu sebesar 21%.

Berdasarkan Gambar 5 nilai efisiensi pada mode seri air mengalir memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan mode HX air mengalir, hal tersebut dikarenakan pada mode seri air mengalir memiliki nilai *subcooled* yang lebih tinggi dibandingkan mode HX air mengalir yang menjadikan kerja kondenser tidak terlalu berat. Perbandingan nilai efisiensi antara mode seri air mengalir dan HX air mengalir memiliki nilai yaitu sebesar 6 %.

Berdasarkan Gambar 6 nilai Efisiensi *Heating* pada mode seri air mengalir memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan mode HX air mengalir, hal tersebut dikarenakan pada mode seri memiliki nilai *subcooled* yang lebih besar dibandingkan dengan mode HX air mengalir. Perbandingan nilai efisiensi antara mode seri air mengalir dan HX air mengalir yaitu 5 %.

Berdasarkan Gambar 7 nilai kapasitas pendinginan pada mode HX air mengalir memiliki nilai kapasitas pendinginan yang lebih kecil dibandingkan mode seri dengan air mengalir. Pada mode HX air mengalir nilai kapasitas pendinginan cenderung tidak stabil, hal tersebut dikarenakan beban pendinginan yang berubah-ubah sehingga mengakibatkan kapasitas pendinginan pada mode HX air mengalir tidak konstan. Perbandingan antara nilai kapasitas pendinginan pada mode seri air mengalir dan HX air mengalir yaitu 23 %.

memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan mode seri air mengalir, hal tersebut dikarenakan tekanan *discharge* pada mode HX memiliki nilai yang tinggi dibandingkan dengan mode seri air mengalir sehingga kerja kompresor menjadi meningkat. Perbandingan nilai arus pada mode seri air mengalir dan HX air mengalir memiliki nilai 1 %.

Perbandingan hasil nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan dan pengambilan data pada sistem sudah *steady state* pada menit-menit tertentu sesuai dengan mode, hal tersebut karena sistem sudah dalam keadaan konstan dan tidak banyak perubahan pada setiap parameter yang akan diambil. Perbandingan setiap mode dapat dilihat pada Tabel IV.2.

Tabel 2. Tabel Perbandingan Setiap Mode.

Hasil dari Data Steady State (menit)	AC (75)	Seri Air Diam (40)	HX Air diam (15)	Seri Air Mengalir (75)	HX Air Mengalir (70)
Tekanan Discharge	415 Psig	430 Psig	700 Psig	380 Psig	435 Psig
Tekanan Suction	150 Psig	155 Psig	155 Psig	150 Psig	140 Psig
Temperatur Discharge	77,7 °C	78,80 °C	125,5 °C	68,1 0 °C	80,6 °C
Temperatur Suction	14,5 °C	15 °C	19,4 °C	11,3 4 °C	10,4 °C
Temperatur Air	-	50 °C	54,45 °C	29,7 7 °C	31,9 °C
COP Cooling	6,36	6,72	3,02	7,77	5,94
COP Heating	-	7,72	4,02	8,77	6,94
Efisiensi Cooling	81,9 %	87,87 %	62,1 %	90,3 4 %	85,83 %
Efisiensi Heating	-	89,04 %	68,60 %	91,3 5 %	87,62 %
Kapasitas Pendingin	2,58 kW	2,64 kW	1,41 kW	2,87 kW	2,03 kW
Arus Listrik	3,1 A	3,6 A	5,5 A	3,2 A	3,25 A

4. KESIMPULAN

Hasil dari variasi sistem tersebut pada mode seri air diam dan air mengalir memiliki nilai COP 6,72 dan 7,77, nilai efisiensi 87,87% dan 90,34 %, dan kapasitas pendinginan 2,64 kW dan 2,87 kW, pada mode HX air diam maupun air mengalir memiliki nilai COP yaitu 3,02 dan 5,94, nilai efisiensi 62,1% dan 85,83 %, dan kapasitas pendinginan 1,41 kW dan 2,03 kW. Pada mode seri menunjukkan adanya peningkatan nilai performansi dibandingkan dengan mode AC dengan memiliki nilai COP 6,36, efisiensi 81,9 kW, dan kapasitas pendinginan 2,58 kW, pada mode HX nilai performansi memiliki nilai yang

lebih kecil dibandingkan mode seri dan AC. Pada variasi air mengalir mode seri memiliki nilai efisiensi dan COP tertinggi dibandingkan dengan variasi yang lain, hal tersebut dikarenakan pada air mengalir memiliki pembuangan panas pada kondenser yang lebih baik dibandingkan pada air diam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung dan PT. Daekindo Jaya Perkasa yang telah mendukung dalam pembuatan alat dan atas dukungan dalam penyusunan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Holman, "166630038-perpindahan-panas-JP-Holman.pdf." 1993.
- [2] L. M. Putu, "Analisis Performansi Integrasi Heat Recovery Pada Sistem Pengkondisian Dengan Pengaturan Debit Air Masuk," vol. 16, no. 3, pp. 150–154, 2016.
- [3] I. N. Ardita and I. P. S. Negara, "Pengaruh Heat Recovery Terhadap Performansi Sistem," vol. 16, no. 3, pp. 199–203, 2016.
- [4] I. W. Sutarsa, A. K. W. Putra, and I. W. Widiyantara, "Pengaruh Modifikasi AC Chiller Yang Menggunakan Heat Recovery Terhadap Perbandingan Coefficient of Performance (COP)," vol. 2, no. 2, pp. 16–24, 2019.
- [5] M. Sucipta, I. B. Oka Jeve, and K. Astawa, "Water-Cooled Chiller Terintegrasi Heat Recovery System pada Industri Perhotelan di Bali," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 13, no. 2, p. 59, 2020.
- [6] A. Aziz and H. Ginting, "Recovery Energi pada Residential Air Conditioning Hibrida sebagai Pemanas Air dan Penyejuk Udara yang Ramah Lingkungan," no. November, pp. 251–258, 2013.