

PENGARUH PENGGUNAAN AIR KONDESAT SEBAGAI MEDIA PRECOOLING KONDENSATOR TERHADAP KINERJA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

Ragil Sukarno

Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik - Universitas Negeri Jakarta

Email : ragil-sukarno@unj.ac.id

ABSTRAK

Pada sebuah sistem pengkondisi udara, terutama pada jenis AC split, air kondensat biasanya langsung dibuang dan belum dimanfaatkan. Sedangkan proses pelepasan panas pada kondensator membutuhkan fluida dingin untuk menurunkan panas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memanfaatkan air kondensat untuk media pendinginan awal atau precooling pada kondensator dan melihat bagaimana pengaruhnya terhadap kinerja pengkondisian udara dalam bentuk coefficient of performance (COP). Metode pemanfaatan air kondensat untuk precooling pada kondensator ini adalah dengan mengalirkan air kondensat di sisi masuk kondensator dengan menggunakan metode distribusi air kondensat secara grafitasi. Dari hasil pengujian, didapatkan bahwa suhu udara masuk ke kondensator dengan menggunakan precooling menjadi lebih rendah rata-rata sebesar 1,30 °C bila dibandingkan dengan tanpa menggunakan precooling. Penggunaan precooling memberikan pengaruh terhadap peningkatan jumlah kalor yang dilepaskan kondensator dan peningkatan COP. Tanpa menggunakan precooling, pada pengujian 1 (suhu target 18 °C) COP adalah sebesar 4.58, namun dengan menggunakan precooling, COP meningkat menjadi 4.71. Pada pengujian 2 (suhu target 20 °C) COP adalah sebesar 4.65, namun dengan menggunakan precooling, COP meningkat menjadi 4.81. Sedangkan pada pengujian 3 (suhu target 22 °C) COP adalah 4.79, namun dengan menggunakan precooling, COP meningkat menjadi 4.86. Dari hasil analisis kinerja sistem pengkondisian udara dengan menggunakan precooling, didapatkan bahwa penggunaan air kondensat sebagai media precooling memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan COP.

Kata Kunci: sistem pengkondisian udara, precooling, air kondensat, COP

1. PENDAHULUAN

Keterbatasan sumber energi dan dampak negatif terhadap lingkungan saat ini menjadi perhatian yang sangat serius dalam skala global. Penggunaan sistem pengkondisian udara hampir merata di semua sektor, baik dalam sebuah bangunan komersial, perkantoran, atau perumahan, yang mana berfungsi untuk memberikan kenyamanan kepada penggunaannya. Pada sebuah bangunan komersial, konsumsi energi paling tinggi adalah digunakan untuk pengoperasian sistem pengkondisian udara. Dampak dari peningkatan konsumsi energi ini secara tidak langsung akan berdampak terhadap peningkatan emisi gas buang [1]. Sehingga langkah-langkah untuk penghematan energi dalam semua sektor sangat penting untuk dilakukan, termasuk dalam sistem pengkondisian udara.

Pada sebuah bangunan perumahan atau sekolah-sekolah, jenis sistem pengkondisian udara yang digunakan sebagian besar adalah sistem AC split yang bekerja dengan sistem kompresi uap. Pada kondisi cuaca yang panas kinerja sistem pengkondisian udara window akan menurun dengan cepat dan konsumsi energi akan mengalami peningkatan [2]. Selain itu pada kondisi cuaca yang panas, penggunaan sistem pengkondisian udara juga akan meningkat, sehingga secara tidak langsung kebutuhan untuk pendinginan pada proses kondensasi juga akan meningkat. Suhu pendingin udara sangat tergantung pada suhu udara ambien, sehingga pada cuaca udara yang panas, suhu dan tekanan kondensator akan mengalami peningkatan sebagai akibat dari peningkatan konsumsi energi dan peningkatan rasio tekanan pada kompresor. Untuk meningkatkan kinerja sebuah sistem pengkondisian udara, salah satu cara yang bisa dilakukan adalah dengan menurunkan suhu kondensator. Penurunan suhu kondensator akan menyebabkan penurunan rasio tekanan pada kompresor yang akan menghasilkan penurunan konsumsi pada sistem pengkondisian udara [3].

Dalam sistem pengkondisian udara terdapat dua proses perpindahan panas utama yaitu proses menyerap panas yang terjadi di evaporator dan proses membuang panas yang terjadi pada kondensator. Proses perpindahan panas pada sistem pengkondisian udara ini tentunya membutuhkan energi yang besar dari total energi yang dibutuhkan pada sistem pengkondisian udara. Penghematan energi dari proses perpindahan panas pada kedua sistem di evaporator dan kondensator ini menjadi tantangan yang harus diselesaikan. Pada sebuah sistem pengkondisian udara, terutama pada jenis AC split yang dipakai di perumahan, air kondensat biasanya langsung dibuang dan belum dimanfaatkan. Sedangkan proses pembuangan panas pada kondensator

membutuhkan fluida dingin untuk menurunkan panas. Oleh karena itu perlu dilakukan pemanfaatan air kondensat ini untuk proses *precooling* pada kondensor sehingga penghematan energi bisa didapatkan. Penelitian-penelitian untuk meningkatkan kinerja sebuah sistem pengkondisian udara dengan memanfaatkan air kondensat sudah mulai dilakukan. E. Hajidavalloo (2007), melakukan penelitian untuk meningkatkan kinerja sistem pengkondisian udara tie window dengan meningkatkan laju perpindahan kalor dalam kondensor dengan meletakkan dua *cooling pad* pada dua sisi sistem pengkondisian udara dan menyemprotkan dengan air. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi udara menurun sekitar 16% dan *coefficient of performance*(COP) meningkat sebesar 55% [2]. E. Hajidavalloo dan H. Eghte dari (2010) melakukan dengan menambahkan evaporative cooler pada sisi pendingin udara kondensor dengan tujuan meningkatkan kinerja dari siklus sistem pengkondisian udara pada suhu udara ambient mencapai 49 °C. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa konsumsi udara menurun sekitar 20% dan COP meningkat sebesar 50% [3]. Xun Zhu, Jun-JunWu, et al(2015), melakukan penelitian dengan memanfaatkan air kondensat dingin yang digunakan untuk mendinginkan kondensor dengan menggunakan metode penyemprotan. Air kondensor menjadi gelembung-gelembung setelah disemprot dari sebuah nosel. Gelembung air tersebut disemprotkan langsung ke sirip-sirip alat penukar kalor kondensor. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan penghematan energi dan peningkatan COP pada pengoperasian pendinginan condenser [4]. Shahid Ali Khan, et al. (2014) melakukan penelitian dengan melakukan pendinginan awal pada kondensor dengan menggunakan kondensat. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penghematan kapasitas pendinginan mencapai 15% dan penghematan konsumsi energi mencapai 18% [5].

Dari beberapa literature yang telah dilakukan dapat dilihat bahwa peralatan sederhana, efektifitas, penghematan energi dan keuntungan dari sisi ekonomi menjadi keuntungan dari penerapan metode ini. Dengan memanfaatkan air kondensat yang suhunya lebih rendah daripada suhu udara luar, maka diharapkan suhu udara yang masuk sebelum ke kondensor. Sehingga secara keseluruhan proses perpindahan kalor pada kondensor menjadi lebih cepat dan penghematan energi bisa didapatkan. Suhu udara ruang yang tidak selalu sama menjadi hal yang harus diperhatikan pada proses *precooling* ini. Sehingga penggunaan air kondensat sebagai media pendingin awal proses kondensasi juga perlu dilakukan.

Peluang untuk menggunakan air kondensat sebagai pendingin awal udara yang akan masuk ke kondensor sangat besar, karena konsumsi air pada sistem ini adalah sangat kecil dan resiko kerusakan terhadap tabung-tabung kondensor juga sangat rendah karena tidak ada kontak langsung antara air dengan tabung dari kondensor. [3].

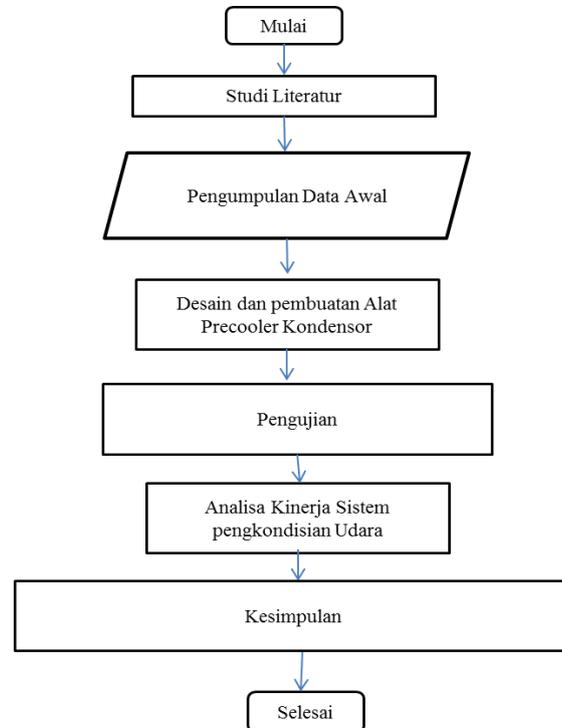
Berdasarkan latar belakang diatas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan pemanfaatan air kondensat sebagai media pendinginan awal atau proses *precooling* suhu udara sebelum masuk ke kondensor pada sistem pengkondisian udara (AC) tipe split ” dengan menggunakan metode distribusi secara grafitasi.

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kinerja sistem pengkondisian udara dengan memanfaatkan air kondensat sebagai media *precooling* udara sebelum masuk ke kondensor.

3. METODE PENELITIAN

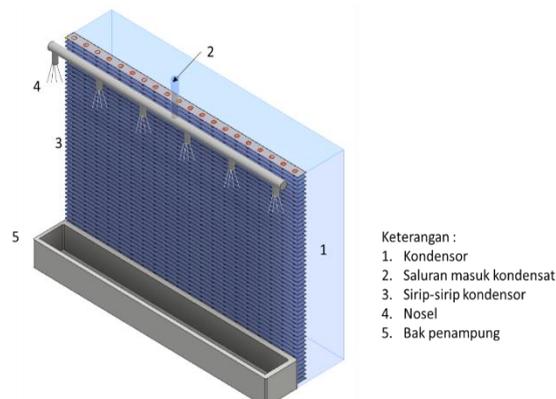
Langkah-langkah yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian ini bisa ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

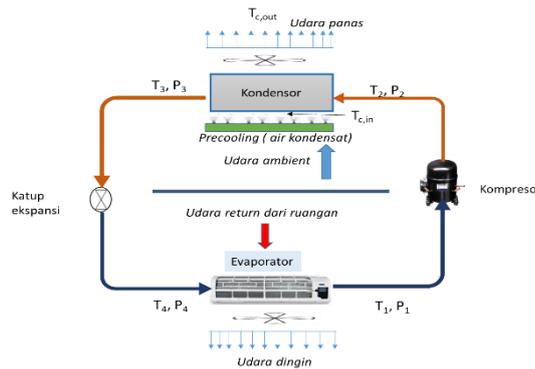
Pada penelitian ini, proses pendinginan awal atau *precooling* adalah dengan mengalirkan air kondensat kesisi depan kondensor secara langsung dengan metode grafitasi. Sehingga suhu udara yang akan masuk ke kondensor diharapkan akan turun. Sistem pengkondisian udara yang digunakan dalam penelitian ini adalah AC tipe Split ½ PK.

Skematik dari rencana pengembangan system pengkondisian udara ditunjukkan seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Skematik pemasangan alat precooling kondensor

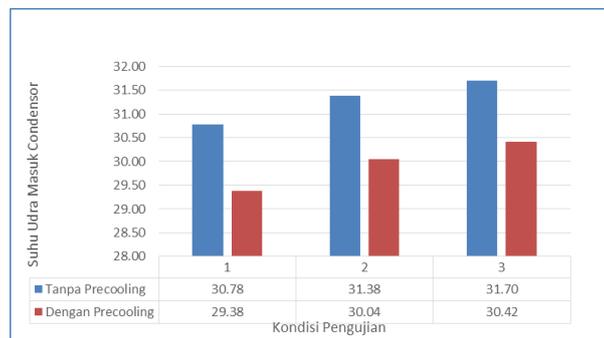
Sedangkan skematik pengujian ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Skematik pengujian sistem ac dengan dilengkapi *precooler* kondensor

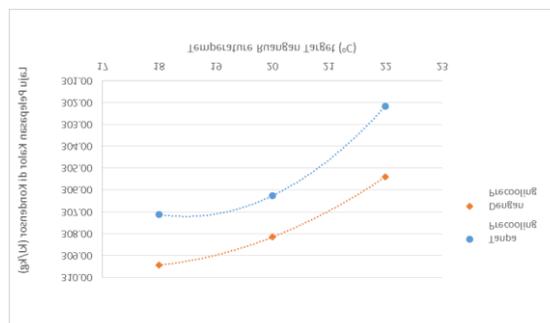
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian yang dilakukan, suhu ambient berkisar pada 31 °C - 32 °C baik saat pengujian tanpa menggunakan *precooling* atau saat menggunakan *precooling*. Dan suhu air kondensat adalah pada 28°C. Dengan adanya *precooling*, suhu udara masuk kondensator menjadi berkurang seperti diperlihatkan pada gambar 4.1. Tanpa menggunakan *precooling*, pada pengujian 1 (suhu target 18 °C) suhu udara masuk adalah 30,78 °C, namun dengan menggunakan *precooling*, suhu udara masuk kondensator berkurang menjadi 29,38 °C. Pada pengujian 2 (suhu target 20 °C) suhu udara masuk adalah 31,38 °C, namun dengan menggunakan *precooling*, suhu udara masuk kondensator berkurang menjadi 30,04 °C. Sedangkan pada pengujian 3 (suhu target 22 °C) suhu udara masuk adalah 31,70 °C, namun dengan menggunakan *precooling*, suhu udara masuk kondensator berkurang menjadi 30,42 °C. Dari gambar 3 ini terlihat bahwa dengan menggunakan *precooling*, didapatkan penurunan suhu udara masuk ke kondensator rata-rata sebesar 1.30 °C.



Gambar 4. Suhu udara masuk kondensator

Pengaruh penggunaan air kondensat sebagai media *precooling* terhadap laju pelepasan kalor diperlihatkan pada gambar 5.

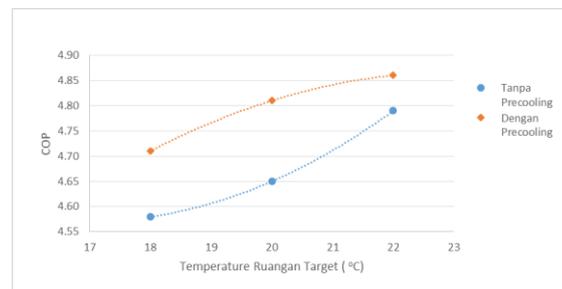


Gambar 5. Hubungan suhu target dan laju pelepasan kalor di kondensator

Dari gambar 5 diperlihatkan bahwa dengan menggunakan *precooling*, kalor yang dilepaskan oleh kondensator lebih tinggi dibandingkan tanpa menggunakan *precooling*. Ini memperlihatkan bahwa penggunaan

kondensat memberikan pengaruh yang positif terhadap penurunan suhu awal udara yang akan masuk ke kondensor.

Pada gambar 6 memperlihatkan hubungan suhu target dengan COP pada sistem pendingin yang tanpa menggunakan *precooling* dan menggunakan *precooling* pada kondensor.



Gambar 6. Hubungan suhu target dengan kinerja Sistem pengkondisian udara (COP)

Dari gambar 6 memperlihatkan bahwa semakin tinggi suhu target, maka beban dari kompresor menjadi lebih rendah, sehingga COP menjadi lebih tinggi. Dengan menggunakan *precooling*, kalor yang dilepaskan lebih besar sehingga COP dengan menggunakan *precooling* lebih tinggi dibandingkan sistem pengkondisian udara yang tanpa menggunakan *precooling*.

Tanpa menggunakan *precooling*, pada pengujian 1 (suhu target 18 °C) COP adalah 4.58, namun dengan menggunakan *precooling*, COP meningkat menjadi 4.71. Pada pengujian 2 (suhu target 20 °C) COP adalah 4.65, namun dengan menggunakan *precooling*, COP meningkat menjadi 4.81. Sedangkan pada pengujian 3 (suhu target 22 °C) COP adalah 4.79, namun dengan menggunakan *precooling*, COP meningkat menjadi 4.86. Dari gambar 5.3 ini terlihat bahwa dengan menggunakan *precooling*, didapatkan peningkatan COP rata-rata sebesar 0,10.

Dari pembahasan sebelumnya terlihat bahwa air kondensat yang biasanya terbuang bisa dimanfaatkan kembali sebagai pendingin awal sebelum dibuang. Dengan laju volume massa air kondensat sebesar 0,02 liter/menit, mampu memberikan pengaruh yang positif terhadap peningkatan kinerja dari sistem pengkondisian udara.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemanfaatan air kondensat sebagai media pendingin awal memberikan pengaruh yang positif terhadap kinerja sistem pengkondisian udara. Suhu udara masuk ke kondensor dengan menggunakan *precooling* menjadi lebih rendah rata-rata sebesar 1,30 °C bila dibandingkan dengan tanpa menggunakan *precooling*.
2. Penggunaan *precooling* memberikan pengaruh terhadap peningkatan jumlah kalor yang dilepaskan kondensor bila dibandingkan tanpa menggunakan *precooling*.
3. Tanpa menggunakan *precooling*, pada pengujian 1 (suhu target 18 °C) COP adalah 4.58, namun dengan menggunakan *precooling*, COP meningkat menjadi 4.71. Pada pengujian 2 (suhu target 20 °C) COP adalah 4.65, namun dengan menggunakan *precooling*, COP meningkat menjadi 4.81. Sedangkan pada pengujian 3 (suhu target 22 °C) COP adalah 4.79, namun dengan menggunakan *precooling*, COP meningkat menjadi 4.86. Secara keseluruhan dapat dilihat bahwa dengan menggunakan *precooling*, didapatkan peningkatan COP rata-rata sebesar 0,10.
4. Desain alat distribusi air kondensat dengan menggunakan metode grafitasi telah memberikan pengaruh yang positif terhadap kinerja sistem pengkondisian udara dengan peningkatan COP sebesar 0,10.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Vahid Vakiloroya, et al, *A review of different strategies for HVAC energy saving*, Energy Conversion and Management Journal, 2017.77:p. 738–754.
2. E. Hajidavalloo, *Application of evaporative cooling on the condenser of window-air-conditioner*, Applied Thermal Engineering, 2007.27: p.1937–1943
3. E. Hajidavalloo & H.Eghtedari, *Performance improvement of air-cooled refrigeration system by using evaporatively cooled air condenser*, International Journal of Refrigeration 2010.33: p.982–988
4. Xun Zhu, Jun-jun Wu, Bin Lin, YU Tan, Cheng-cheng Huang, Hua Li, Lei Cao, Ze-jun Liu, *Air-conditioning condenser integrated with a spray system utilizing condensate water*, UDC: 621.5, 2015

5. Khan, Shahid Ali; Wang, Fan; Al-Zubaidy, Sarim, *Energy Recovery Through the Condensate of Air Conditioning Machines*, International Journal of Engineering Research and Technology, 2014
6. C.P Arora, *Refrigeration and Sistem Conditioning, second edition*, McGraw-Hill, 2006
7. Shan K. Wang, *Handbook Of Air Conditioning And Refrigeration*, Second Edition, McGraw-Hill, 2000
8. ASHRAE, *HVAC Fundamental Handbook*, 1997