

Potensi Air Kondensat Sebagai Media Pendingin Untuk Aplikasi Modul *Evaporative Cooling* Terhadap Performansi AC *Split 1 PK*

Muhammad Rif'at Syahnan¹, Azridjal Aziz², Rahmat Iman Mainil³

Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Km 12.5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

¹syahnanrifat@yahoo.com, ²azridjal@yahoo.com, ³rahmat.iman@gmail.com

Abstract

Air Conditioning (AC) machines with standard vapor-compression cycle has higher energy consumption, because the condenser is directly cooled by outside air. The condensate from evaporator has a temperature around 10-15°C. This study is determined the potential of evaporative cooling by using the condensate as a cooling medium for the condenser of incoming air cooler. This study used experimental method by testing of the effect of water condensate usage with the performance of standard of vapor compression cycle. The results showed that the using of Evaporative Cooling (EC) can reduce the incoming air into the condenser with an average temperature of 29.14 °C (without cooling load) and 30.96 °C (with 2000 W of cooling load). Then, the average working of the compressor without cooling load, before using EC was 0.60 kW and after using EC of 0.55 kW. A given cooling load of 2000 W was revealed an average working of compressor of 0.63 kW (without EC) and 0.59 kW (with EC). The compressor works decreased due to the using of an evaporative cooler.

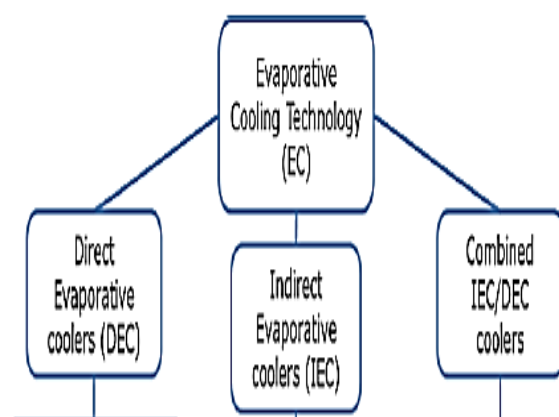
Keywords: Evaporative cooling, Condensate, Compressor work.

1. Pendahuluan

Indonesia mempunyai letak astronomis yang berada di wilayah tropis yang membuat Indonesia memiliki iklim tropis. Dengan suhu rata-rata tidak kurang dari 18° C, yaitu sekitar 27° C. Ciri daerah tropis lainnya adalah lama siang dan lama malam hampir sama yaitu sekitar 12 jam siang dan 12 jam malam. Berarti matahari yang menyinari Indonesia dapat bersinar 12 jam dalam se harinya membuat radiasi matahari sangat tinggi dan radiasi tersebut bersifat panas yang membuat manusia tidak nyaman akibat panas matahari tersebut. Panas juga disebabkan oleh lapisan ozon di atmosfer telah mengalami kerusakan yang mengakibatkan pemanasan global. Pemanasan global telah mengakibatkan temperatur dipermukaan bumi terus mengalami peningkatan dan menyebabkan cuaca ekstrim yang berdampak atmosfer bumi tidak nyaman lagi dihuni oleh manusia. Oleh sebab itu manusia terus mengembangkan teknologi pengkondisian udara untuk menciptakan atmosfer lingkungan manusia yang nyaman dan sehat. Seiring dengan perkembangan teknologi pengkondisian udara manusia mulai menyadari bahwa efek penggunaan alat pengkondisian udara yang berlebihan juga menyebabkan konsumsi energi yang sangat tinggi [1].

Evaporative Cooling (EC) adalah proses pendinginan udara dengan prinsip penguapan air, kalor udara yang diserap air akan menguapkan air dan menurunkan temperatur keluar dari EC [2].

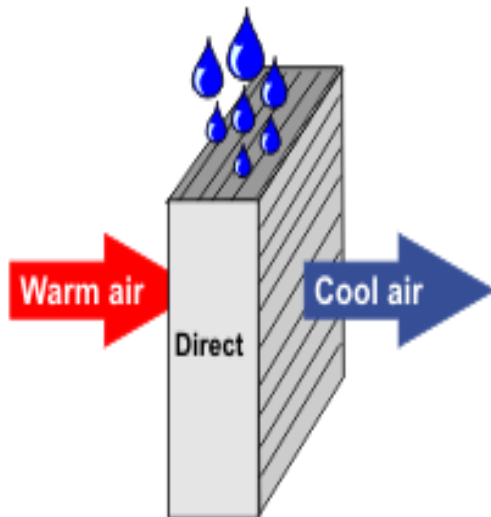
EC merupakan proses pengkondisian udara yang menggunakan penguapan air untuk mendinginkan aliran udara secara langsung maupun tidak langsung sehingga temperatur akhir *dry-bulb* maupun temperatur *wet bulb* dari aliran udara setelah melalui proses *evaporative* menjadi lebih rendah [3]. Pada Gambar 1 dapat dilihat klasifikasi *evaporative cooling technology*.



Gambar 1. Klasifikasi *Evaporative Cooler* [4]

Direct Evaporative Cooling (DEC) sudah lama digunakan sebagai metode yang sederhana dan murah untuk mendinginkan udara, DEC adalah suatu pendingin dimana udara melewati media basah secara langsung untuk menurunkan temperatur dengan memanfaatkan perpindahan

kalor udara lingkungan ke air. Uap air yang ditambahkan, namun tetap mempertahankan kalor total pada suatu nilai tetap. Pendinginan uap dapat mengurangi biaya dibandingkan dengan media lain seperti *Freon* [5]. Pada Gambar 2 dapat dilihat skema DEC.



Gambar 2. *Direct evaporative cooling* [6]

“Kondensasi berarti perubahan wujud benda ke wujud yang lebih padat, contohnya: gas (atau uap) berubah menjadi cairan. Perubahan tersebut terjadi ketika uap didinginkan menjadi cairan, tetapi dapat juga terjadi bila sebuah uap dikompresi atau tekanan ditingkatkan menjadi cairan, atau mengalami kombinasi dari pendinginan dan kompresi. Hasil cairan tersebut dinamakan kondensat. Pendingin ruangan tipe terpisah atau AC *split* sering terdapat atau terbentuk air kondensat pada evaporatornya, dan hasil kondensasi atau air kondensat biasanya terbuang begitu saja yang disalurkan keluar ruangan yang didinginkan melalui saluran drain. Temperatur air yang dibuang atau air kondensat tersebut cukup rendah, berkisar antara 10 °C– 15 °C” [7]. Pada Tabel 1 dapat dilihat perkiraan laju pengembunan air kondensat pada evaporator.

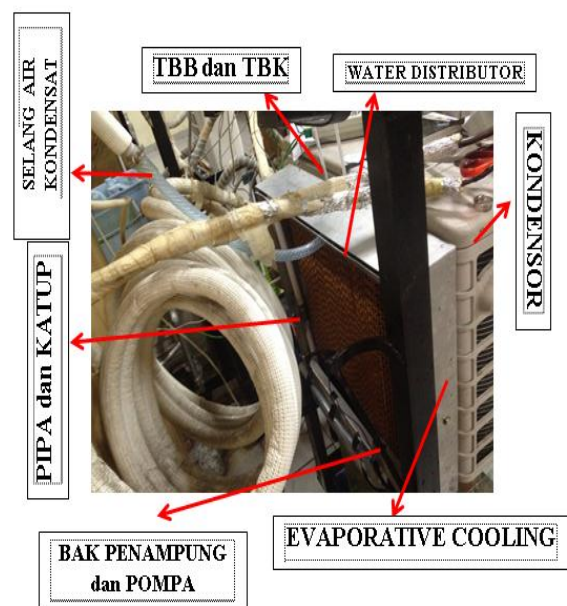
Tabel 1. Perkiraan laju pengembunan air kondensat pada evaporator [8]

Temperatur udara masuk evap, °C	Rh udara masuk evap, %	Temperatur udara keluar evap DB, °C	Kelembaban udara keluar evap, %	Debit udara, l/detik	Laju pengembunan air g/detik
25	65	17	90	110	0.255
25	60	16	90	110	0.219
25	70	16	90	110	0.484

Penelitian ini bertujuan mengetahui potensi kinerja EC dengan menggunakan air kondensat sebagai media pendingin.

2. Metodologi

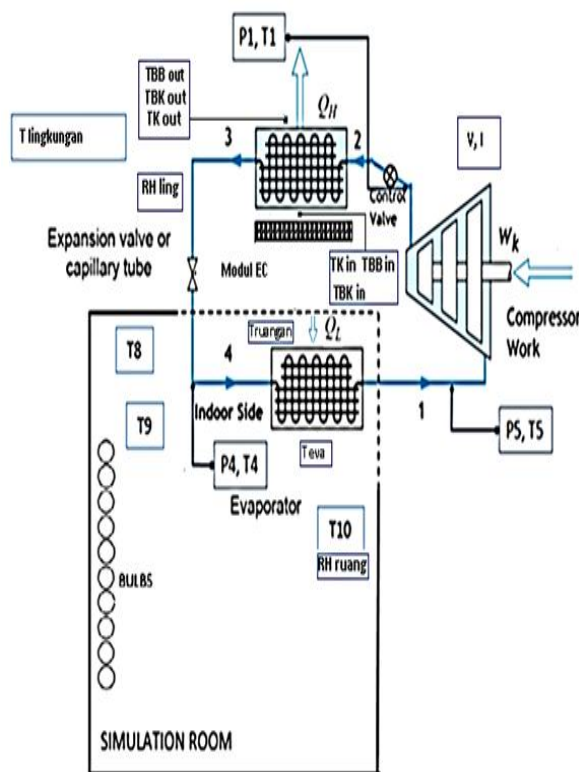
Metodologi dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimental menggunakan AC *split* 1 PK dengan penambahan modul EC untuk mengetahui perubahan temperatur udara masuk ke kondensor. Penelitian ini diawali dengan studi literatur pada penambahan EC di mesin refrigerasi siklus kompresi uap yang ditempatkan pada kondensor. Selanjutnya dilakukan pembuatan skema pengujian. Kemudian dilakukan pengujian secara eksperimental terhadap AC *split* 1 PK standard dan terhadap AC *split* 1 PK dengan penambahan modul EC dengan menggunakan media pendingin air kondensat. Tahapan penelitian ini dimulai dengan studi literatur mengenai konsep EC dan pengaplikasiannya ke AC *split*. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan AC *split* 1 PK dan fluida kerja HCR-22 yang ditambahkan modul EC pada kondensor. Pada Gambar 3 dapat dilihat komponen-komponen pada modul EC.



Gambar 3. Modul *Evaporative Cooling*

2.1 Penentuan Skematik Pengambilan Data

Skema pengambilan data ditentukan agar proses pengambilan data dapat terstruktur dan tergambar dengan jelas untuk menghindari kesalahan pengambilan data dari sisi kesalahan manusia. Pada Gambar 4 dapat dilihat skema pengambilan data dalam penelitian ini:



Gambar 4. Skematik Pengambilan Data [10]

Data-data yang diambil adalah:

1. Temperatur keluar kompresor (T_1).
2. Temperatur evaporator in (T_4).
3. Temperatur evaporator out (T_5).
4. Temperatur Ruang uji (T_8).
5. Temperatur Ruang uji (T_9).
6. Temperatur Ruang uji (T_{10}).
7. Temperatur in udara evaporator ($T_{ruangan}$).
8. Temperatur out udara evaporator (T_{eva}).
9. Kelembaban relatif (RH).
10. Temperatur lingkungan (T_{ling}).
11. Temperatur bola basah yang masuk dan keluar pada kondensor (TBB).
12. Temperatur bola kering yang masuk dan keluar pada kondensor (TBK).
13. Temperatur masuk kondensor (TK_{in}).
14. Temperatur keluar kondensor (TK_{out}).
15. Tekanan kompresor out (P_1).
16. Tekanan evaporator in (P_4).
17. Tekanan evaporator out (P_5).
18. Tegangan listrik.
19. Kuat arus listrik.
20. Debit air kondensat.

2.2 Pengolahan Data

Pengolahan hasil pengujian dilakukan menggunakan persamaan (2.1)-(2.4) yang diadopsi dari Cengel dan Boles (2006) [9]:

$$\dot{Q}_k = \dot{m} (h_2 - h_3) \quad (2.1)$$

$\dot{Q}_k$ adalah laju pembuangan Kalor oleh kondensor

$$\dot{Q}_e = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad (2.2)$$

$\dot{Q}_e$ adalah laju perpindahan kalor di evaporator (kW)

$$\dot{W}_k = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (2.3)$$

$\dot{W}_k$ kerja masukan kompresor (kW), $\dot{m}$ laju aliran massa refrigeran.

$$\varepsilon_{sat} = \frac{T_{ae} - T_{al}}{T_{ae} - T_{ae}^*} \quad (2.4)$$

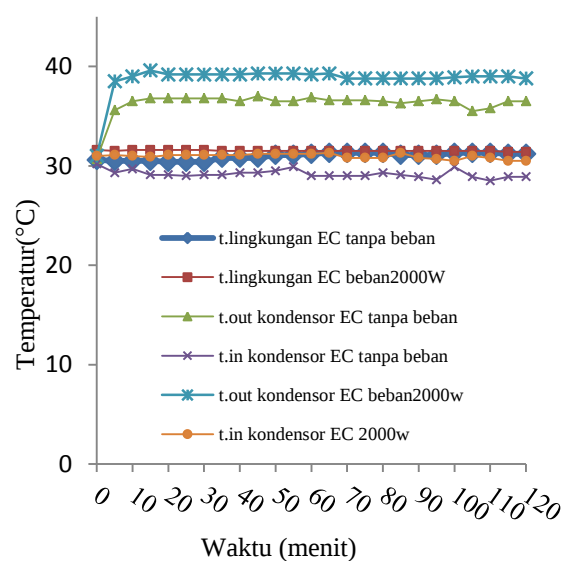
ε_{sat} adalah efektivitas dari EC

T_{ae} adalah temperatur udara masuk ke sistem ($^{\circ}\text{C}$), T_{al} adalah temperatur udara keluar sistem ($^{\circ}\text{C}$), T_{ae}^* thermodynamic wet-bulb temperature udara masuk ($^{\circ}\text{C}$) [9].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Grafik Tin Tout Pada Kondensor

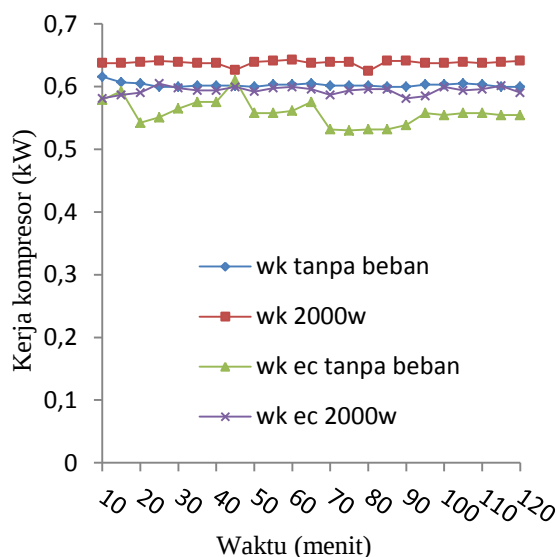
Hasil pengujian dapat terlihat dari Gambar 5 yaitu grafik T_{in} dan T_{out} pada kondensor menunjukkan bahwa terjadinya perubahan temperatur pada udara masuk ke kondensor. Dapat terlihat temperatur lingkungan pada pengujian tanpa beban dengan menggunakan EC rata-ratanya adalah $30,95^{\circ}\text{C}$ dan temperatur udara masuk kondensor rata-ratanya $29,14^{\circ}\text{C}$. Dan temperatur lingkungan pada pengujian dengan diberi beban pendingin 2000 W dengan menggunakan EC rata-ratanya adalah $31,51^{\circ}\text{C}$ dan temperatur udara masuk kondensor lebih rendah akibat melewati proses DEC dimana udara bersinggungan atau dikontakan dengan media basah pada *evaporative pad* yang ditetaskan air kondensat. Dimana penguapan dari udara yang didinginkan lebih rendah dari temperatur udara sekitar.



Gambar 5. Grafik Tin Tout Kondensor

3.2 Grafik Kerja Kompresor terhadap waktu

Dari Gambar 6 yaitu grafik kerja kompresor terhadap waktu terdapat perbandingan antara kerja kompresor tanpa diberi beban pendingin pada ruang uji, kerja kompresor dengan diberi beban pendingin pada ruang uji sebesar 2000 W, kerja kompresor yang menggunakan EC tanpa diberi beban pendingin, dan kerja kompresor yang menggunakan EC dengan diberi beban pendingin pada ruang uji sebesar 2000 W. Hasil pengujian kerja kompresor tanpa diberi beban pendingin pada ruang uji mempunyai rata-rata sebesar 0,60 kW, sedangkan kerja kompresor dengan diberi beban pendingin pada ruang uji sebesar 2000 W mempunyai rata-rata sebesar 0,63 kW. Lalu kerja kompresor yang menggunakan EC tanpa diberi beban pendingin mempunyai rata-rata sebesar 0,55 kW, sedangkan kerja kompresor yang menggunakan EC dengan diberi beban pendingin pada ruang uji sebesar 2000 W mempunyai rata-rata sebesar 0,59 kW. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan EC dengan media pendingin air kondensat dapat menurunkan kerja kompresor.

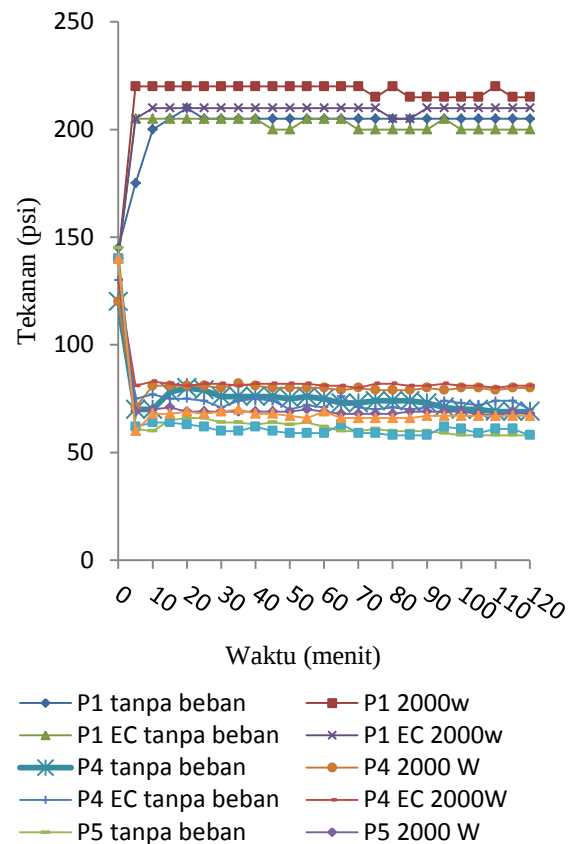


Gambar 6. Kerja Kompresor Terhadap Waktu

3.3 Grafik tekanan kompresor dan evaporator

Pada Gambar 7 yaitu grafik tekanan kompresor dan tekanan evaporator terhadap waktu dapat terlihat bahwa sama dengan yang terjadi pada tekanan kompresor, tekanan evaporator menggunakan EC lebih rendah dari tekanan evaporator tanpa EC. Maka semakin rendah tekanan kompresor maka semakin rendah pula tekanan evaporator. Dimana tekanan kompresor berhubungan dengan konsumsi listrik penggerak kompresor, semakin rendah tekanan kompresor maka konsumsi listrik juga akan semakin rendah begitu juga sebaliknya. Sehingga dapat disimpulkan

penggunaan EC dengan media pendingin air kondensat dapat menghemat penggunaan energi listrik walaupun tidak begitu signifikan.



Gambar 7. Tekanan Kompresor dan Evaporator Terhadap Waktu

4. Simpulan

Berdasarkan penelitian dan analisa yang telah dilakukan dalam pengujian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan penggunaan EC dengan media pendingin air kondensat dapat menurunkan temperatur masuk ke dalam kondensor hingga mencapai suhu rata-rata 29,14 °C untuk yang tanpa diberi beban dan 30,96 °C untuk yang diberi beban pendingin sebesar 2000 W.
2. Penggunaan EC dengan media pendingin air kondensat dapat menurunkan kerja kompresor pengujian tanpa beban pendingin kerja kompresor mempunyai rata-rata 0,60 kW (tanpa EC) dan 0,55 kW (dengan EC). Dan pengujian dengan diberi beban pendingin 2000 W kerja kompresor mempunyai rata-rata sebesar 0,63 kW (tanpa EC) dan 0,59 kW (dengan EC).

Daftar Pustaka

- [1] Alhamdo, Mohammed. H. 2015. “*Using Evaporative Cooling Methods For Improving Performance of An Air-Cooled Condensor*”. Horizon Research Publishing. Iraq.
- [2] Aziz. Azridjal, dkk. 2015. Penerapan *Evaporative cooling* Untuk Peningkatan Kinerja Mesin Pengkondisian Udara Tipe Terpisah (AC Split). *Proceeding seminar nasional tahunan teknik mesin*, Vol. 14, pp: 1-6.
- [3] Wang. Shan. K, 2000. Handbook of Air conditioning and Refrigeration second edition. Mc Graw-Hill. inc. New York.
- [4] Amer, O, dkk. 2015. A Review of Evaporative Cooling Technologies. *International journal of environmental sience development*.
- [5] Putra Toni Dwi dan Finahari Nurida. 2010. Pengaruh Perubahan Temperatur Media Pendingin pada *Direct Evaporative Cooler*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 3, (2), pp: 1-5.
- [6] www.wescor.com (diakses 24 Maret 2016)
- [7] Rustandi. Rudi. 2013. Pemanfaatan air kondensat dari evaporator yang terbiasa terbuang untuk meningkatkan unjuk kerja AC split. *Jurnal Politeknik Negeri Bandung*, Vol. 7 (1), pp: 759-765.
- [8] M. Nuryadi dan Andriyanto Setiawan. 2009. Kajian pemanfaatan air kondensat hasil pengembunan pada evaporator untuk menghemat energi. *Jurnal Politeknik Negeri Bandung*, Vol. 3 (2), pp: 316-324.
- [9] Cengel, Yunus dan Boles, Michael. 2006. *Thermodynamics : An Engineering Approach*, 5th ed, McGraw-Hill.
- [10] Aziz, Azridjal dan Satria, Arya Bhima. 2014. *Performance of Air Conditioning Water Heater with Trombone Coil Type as Dummy Condenser at Different Cooling Loads*. *Proc. 1st International Society of Ocean, Mechanical and Aero space Scientists and Engineers*. Indonesia. pp (2014) : 2 4 4 3- 17 1 0.