

Penerapan Evaporative Cooling Untuk Peningkatan Kinerja Mesin Pengkondisian Udara Tipe Terpisah (AC Split)

Azridjal Aziz^{1,a*}, Idral^{2,b}, Herisiswanto^{3,b}, Rahmat Iman Mainil^{4,c},
David Jenvrizen^{5,d}

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Jl. Subrantas km 12,5, Pekanbaru, 28293, Indonesia

^aazridjal@yahoo.com, ^bidral_amri@yahoo.com, ^cheri_ft_unri@yahoo.ac.id,
^drahmat.iman@gmail.com, ^edavidjenvrizen@ymail.com

Abstrak

Evaporative Cooling (EC) merupakan proses pendinginan udara yang mengalir melintasi permukaan basah dengan menguapkan air dari permukaan basah tersebut sehingga temperatur udara sekitarnya turun menjadi lebih rendah (mendinginkan udara). Penerapan EC pada mesin pengkondisian udara tipe terpisah (AC Split) akan menurunkan temperatur udara lingkungan yang masuk ke kondensor, sehingga mempengaruhi kinerja AC Split. Penelitian ini bertujuan mengetahui peningkatan kinerja AC Split pada penerapan EC dengan laju aliran air ke EC yang berbeda (0,88 Liter/menit, 1,04 Liter/menit dan 1,22 Liter/menit). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penerapan EC, temperatur udara yang mengalir masuk ke kondensor turun lebih rendah dibanding kondisi tanpa EC dengan perbedaan temperatur sekitar 6°C, hal ini juga menyebabkan tekanan kondensor dan tekanan evaporator menjadi turun. Makin cepat laju aliran air ke EC, maka tekanan kondensor dan tekanan evaporator akan turun lebih rendah, sehingga konsumsi energi listrik turun dan kinerja AC Split naik sampai 20% pada laju aliran air ke EC 1,22 L/menit. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Evaporative Cooling* memberikan kinerja mesin pengkondisian udara tipe Split (AS Split) yang lebih baik pada laju aliran air ke EC yang lebih tinggi (1,22 L/menit).

Kata kunci : *Evaporative Cooling*, kondensor, evaporator, AC Split, mesin pengkondisian udara

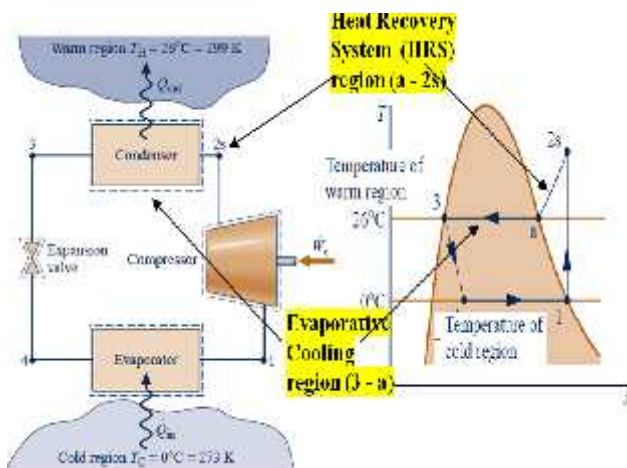
Pendahuluan

Mesin refrigerasi Siklus Kompresi Uap Standar (SKU) pada adalah salah satu jenis mesin konversi energi, dimana sejumlah energi dibutuhkan untuk menghasilkan efek pendinginan. Efek pendinginan dapat diperoleh di evaporator karena refrigeran (fluida kerja) di evaporator yang berada pada temperatur dan tekanan yang rendah akan menyerap panas dalam ruangan yang bertemperatur lebih tinggi dari evaporator (*indoor*). Sebaliknya, refrigeran ini di kondensor akan membuang membuang panas yang diserap di evaporator ke udara luar

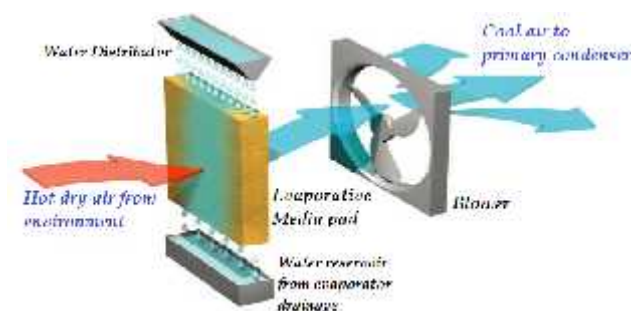
(*outdoor*) yang bertemperatur lebih rendah sehingga refrigeran seluruhnya akan berada dalam fasa cair (kondensasi) [1].

Siklus Kompresi Uap (SKU) standar, seperti tampak pada Gambar 1, memiliki empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator [2]. Dari Gambar 1. tampak bahwa temperatur refrigeran yang keluar dari kompresor masih sangat tinggi, refrigeran bertemperatur tinggi ini sangat ideal untuk dimanfaatkan sebagai *Heat Recovery System* (HRS) pada daerah a-2s dengan menempatkan kondensor *dummy*

sebelum kondensor utama untuk kebutuhan air panas. Pada kondensor utama ditempatkan sebuah modul *Evaporative Cooling* (EC) pada daerah 3-a. Air dingin untuk kebutuhan EC diperoleh dari air kondensat yang diperoleh dari proses penyerapan kalor di evaporator (*indoor*) atau dari sumber air tertentu. [3,4]. Proses EC sederhana dapat dilihat pada Gambar 2 [5]. Penambahan EC pada kondensor utama dapat meningkatkan kinerja RAC.



Gambar 1. Model Siklus Kompresi Uap [2]



Gambar 2. Proses *Evaporative Cooling* sederhana (diadaptasi dari [5])

Hasil penelitian Chainarong Chaktranond and Peachrakha Doungsong [6] menunjukkan,

apabila temperatur pada kondensor (*outdoor*) naik 1 °C, Coefficient of Performance (COP) dari AC akan turun sekitar 3%. Sehingga untuk mengatasi masalah ini maka udara yang akan mendinginkan kondensor perlu diturunkan temperturnya dengan *Evaporative Cooling* (EC), sehingga temperatur dan tekanan kondensor turun dan COP akan menjadi lebih baik.

E.Hajidavallo [7,8], Vrachopoulos [9], Hu dan Wang [10] telah menggunakan EC dengan media *pad* maupun menggunakan *water sprayer* untuk mengkondisikan udara yang akan melewati kondensor untuk AC Window (tipe jendela) dan AC industri maupun AC *Central*. Penggunaan EC dapat menurunkan temperatur dan tekanan kondensor secara berarti sehingga akan meningkatkan efisiensi energi RAC.

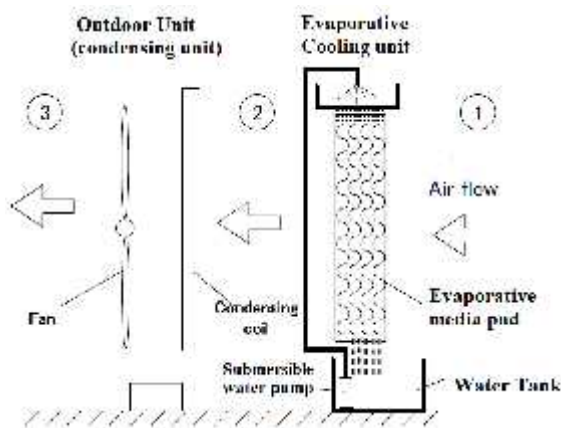
Pada penelitian ini dikembangkan sebuah modul *evaporative cooling*, yang ditempatkan pada bagian belakang kondensor (*outdoor unit*). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan *evaporative cooling* terhadap peningkatan kinerja AC Split pada penerapan EC dengan laju aliran air yang bervariasi dari 0,88 Liter/menit, 1,04 Liter/menit dan 1,22 Liter/menit, yang dialirkan ke *media evaporative pad* pada modul EC.

Metodologi Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini diawali dengan studi literatur pada penggunaan EC pada mesin refrigerasi siklus kompresi uap yang ditempatkan pada kondensor. Selanjutnya dikembangkan sebuah modul EC yang ditempatkan pada kondensor seperti tampak pada Gambar 3. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental menggunakan AC *Split* 1 PK dengan Refrigeran HCR-22 (refrigeran hidrokarbon) dengan penambahan sistem *evaporative cooling* pada kondensor,

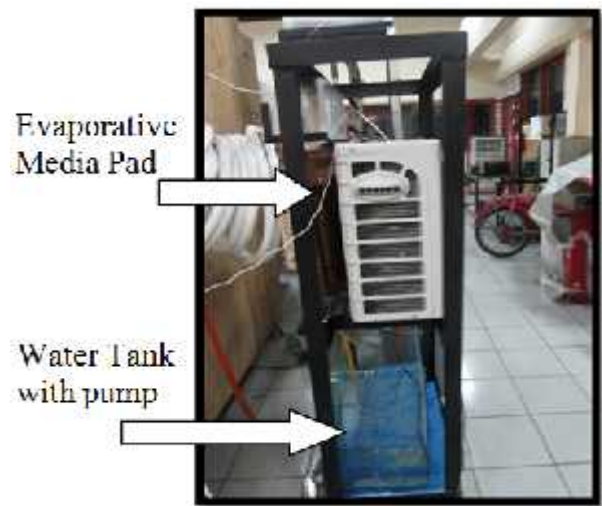
untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan debit air yang diterima *media evaporative pad* terhadap perubahan temperatur input ke kondensor, tekanan kompresor dan evaporator, dan koefisien kinerja (COP) mesin pendingin tipe terpisah (*AC Split*).

Media evaporative pad yang digunakan terbuat dari bahan kertas khusus yang dapat menyerap air namun tidak merubah fisik kertas. Kertas yang digunakan adalah jenis *corrugated paper* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sketsa penerapan modul EC pada kondenser (*outdoor unit*), diadaptasi [6]

Peralatan atau unit mesin pendingin yang digunakan dalam pengujian ini adalah mesin pengkondisian udara dengan penambahan sistem *evaporative cooling* pada kondensor (*outdoor unit*), dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Penggunaan *Evaporative Cooling* pada *AC Split*

Pada penelitian ini data yang dianalisis adalah temperatur input dan output di kondensor, tekanan kompresor dan evaporator. Koefisien kinerja (*Coefficient of Performance, COP*) mesin pendingin tipe terpisah dihitung menggunakan persamaan 1.

$$COP = \frac{Q_L}{W_{in}} \quad (1)$$

Q_L (kapasitas pendinginan) di evaporator dihitung menggunakan persamaan 2:

$$Q_L = (h_1 - h_4) \quad (2)$$

dimana Q_L = kapasitas pendinginan pada evaporator (kW), \dot{m} = laju aliran massa refrigeran (kg/s), h_1 = entalpi Refrigeran masuk kompresor (kJ/kg) h_4 = entalpi refrigeran masuk evaporator (kJ/kg).

Kerja kompresor sama dihitung menggunakan persamaan 3 [1,2] yang merupakan selisih entalpi uap refrigeran yang keluar kompresor dengan entalpi uap refrigeran yang masuk ke kompresor.

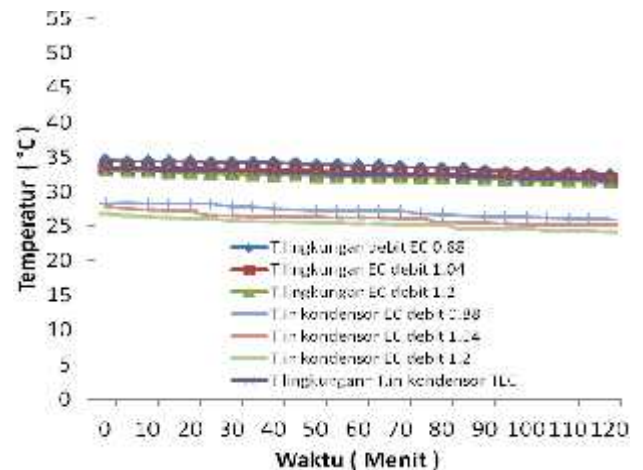
$$w_k = h_2 - h_1 \quad (3)$$

dimana: w_k = kerja spesifik kompresor (kJ/kg), h_2 = entalpi gas refrigeran keluar kompresor (kJ/kg).

Hasil dan Pembahasan

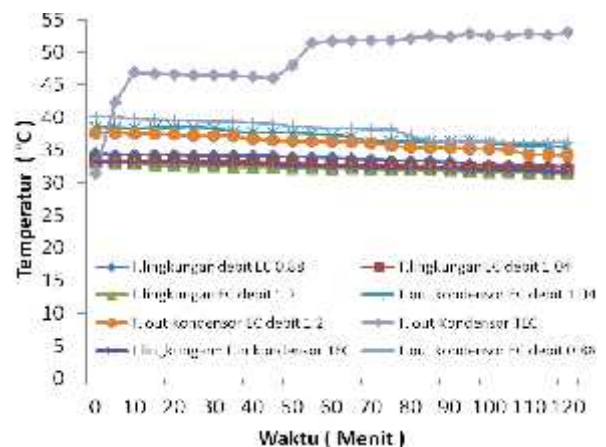
Gambar 5 menunjukkan temperatur lingkungan dan temperatur input ke kondensor dengan menggunakan *evaporative cooling* (EC) dan tanpa penggunaan *evaporative cooling* (TEC) atau kondisi AC Split standar.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan penggunaan EC temperatur input ke kondensor turun lebih rendah dari temperatur lingkungan seperti tampak pada Gambar 5. Temperatur input rata-rata ke kondensor dengan EC pada debit 0,88 Liter/menit, 1,04 Liter/menit dan 1,22 Liter/menit ke *media evaporative pad* berturut-turut adalah 27,18 °C, 26,14 °C dan 25,32 °C. Sedangkan temperatur input rata-rata ke kondensor tanpa menggunakan EC adalah 32,47 °C. Artinya dengan menggunakan EC maka temperatur input akan lebih rendah dibandingkan kondisi AC Split standar atau tanpa EC (TEC). Hal ini disebabkan makin besar debit air ke EC, makin rendah temperatur input ke kondensor yang dihasilkan dan makin banyak jumlah air yang diuapkan, sehingga makin banyak kalor sekitarnya yang diserap.



Gambar 5. Temperatur lingkungan dan temperatur input ke kondensor dengan EC dan Tanpa EC (TEC) terhadap waktu

Gambar 6 menunjukkan temperatur lingkungan dan temperatur output dari kondensor dengan menggunakan *evaporative cooling* (EC) dan tanpa penggunaan *evaporative cooling* (TEC) atau kondisi AC Split standar.

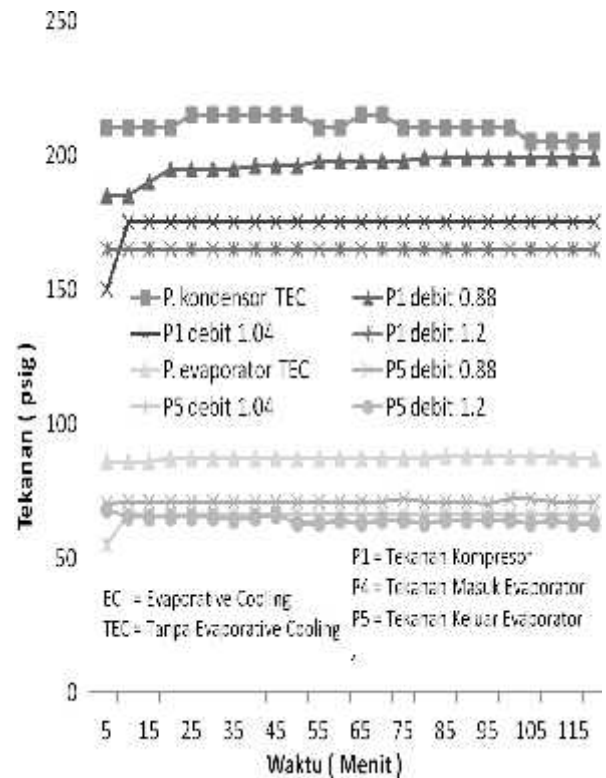


Gambar 6. Temperatur lingkungan dan temperatur output dari kondensor dengan EC dan Tanpa EC (TEC) terhadap waktu

Dari Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa temperatur output dari kondensor menggunakan EC lebih rendah dari temperatur output kondensor tanpa EC (TEC). Temperatur output rata-rata dari kondensor dengan EC pada debit 0,88 Liter/menit, 1,04

Liter/menit dan 1,22 Liter/menit ke *media evaporative pad* berkisar 38 °C - 36 °C. Sedangkan temperatur output rata-rata dari kondensor tanpa menggunakan EC (TEC) sekitar 50 °C. Artinya sama seperti temperatur input ke kondensor, dengan menggunakan EC maka temperatur output dari kondensor akan lebih rendah dibandingkan kondisi AC Split standar atau tanpa EC (TEC), karena temperatur input ke kondensor lebih rendah dari temperatur lingkungan. Semakin besar debit air ke EC, semakin rendah temperatur output dari kondensor yang dihasilkan dibandingkan kondisi AC Split standar atau tanpa EC (TEC), hal ini sebanding dengan temperatur input dari kondensor.

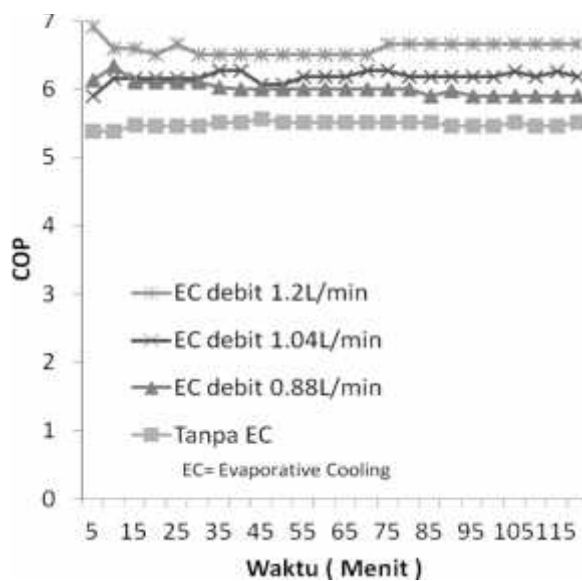
Gambar 7 memperlihatkan tekanan kompresor dan tekanan evaporator menggunakan *evaporative cooling* (EC) dan tanpa penggunaan *evaporative cooling* (TEC) atau kondisi AC Split standar. Dari Gambar 6 dapat disimpulkan bahwa tekanan kompresor menggunakan EC lebih rendah dari tekanan kompresor tanpa EC (TEC), hal sama juga terjadi pada tekanan evaporator. Makin besar debit air ke ke *media evaporative pad* pada EC (debit 0,88 Liter/menit, 1,04 Liter/menit dan 1,22 Liter/menit), maka semakin rendah tekanan kompresor atau tekanan evaporator yang diperoleh. Tekanan kompresor berhubungan dengan konsumsi listrik penggerak kompresor, dimana pada tekanan yang lebih rendah, konsumsi listrik juga lebih rendah, sehingga penggunaan EC pada AC Split dapat menghemat penggunaan energi listrik.



Gambar 7. Tekanan kompresor dan tekanan evaporator pada AC Split dengan EC dan Tanpa EC (TEC) terhadap waktu

Gambar 8 menunjukkan Coefficient of performance menggunakan *evaporative cooling* (EC) dan tanpa penggunaan *evaporative cooling* (TEC) atau kondisi AC Split standar dengan debit aliran ke EC yang berbeda (debit 0,88 Liter/menit, 1,04 Liter/menit dan 1,22 Liter/menit). Tampak dari Gambar 8 bahwa koefisien kinerja atau COP menggunakan EC lebih tinggi dari COP tanpa EC (TEC). Semakin besar debit air ke ke *media evaporative pad* pada maka semakin tinggi pula bahwa koefisien kinerja atau COP diperoleh pada AC Split dengan EC dibanding tanpa EC (TEC).

Secara umum penerapan *evaporative cooling* pada AC jenis terpisah (AC Split) akan memberikan kinerja yang lebih baik. Kinerja yang lebih yang baik menggunakan EC akan menghemat penggunaan energi listrik pada tingkat kenyamanan termal ruangan yang sama.



Gambar 8. *Coefficient of Performance* (COP) pada AC Split dengan EC dan Tanpa EC (TEC) terhadap waktu

Kesimpulan

Kajian tentang penerapan *evaporative cooling* untuk peningkatan kinerja mesin pengkondisian udara tipe terpisah (AC Split) telah dilakukan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Evaporative Cooling* akan memberikan kinerja mesin pengkondisian udara tipe terpisah (AS Split) yang lebih baik pada laju aliran air ke EC yang lebih tinggi (1,22 L/menit). Semakin besar debit air yang dialirkan ke *media evaporative pad* pada sistem *Evaporative Cooling* (EC), maka semakin rendah temperatur input dan output ke kondensor. Semakin rendah pula tekanan yang diperoleh di kompresor dan evaporator sehingga koefisien kinerja COP lebih baik (20%) atau lebih hemat energi, bila dibanding pada kondisi tanpa *Evaporative Cooling* (TEC) atau AC Split standar.

Referensi

- [1] Stoecker, W.F., dan Jones, J.W., Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [2] Michael J. Moran, Howardn. Shapiro, Daisie D. Boettner, dan Margaret B. Bailey, Fundamentals of Engineering Thermodynamics, seventh ed., John Wiley & Sons, Inc, 2011.
- [3] K. R. Aglawe, M. S. Matey, dan N. P. Gudadhe, Experimental Analysis of Window Air Conditioner using Evaporative Cooling, International Journal of Engineering Research & Technology. 2 (2013) 1-6.
- [4] I Nengah Ardita, I Nyoman Suamir dan Sudirman, Kajian Eksperimental Aplikasi Air Kondensat sebagai *Evaporative Cooling* pada Kondensor AC Split, Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIII (SNTTM XIII) Depok. 2014, 480-484.
- [5] Informasi pada <http://etheses.nottingham.ac.uk/674/1/MuazuPhdTheses.pdf>
- [6] Chainarong Chaktranonda, and Peachrakha Doungsong, An Experimental Evaluation of Energy Saving in a Split-type Air Conditioner with Evaporative Cooling Systems, International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies. 1 (2010), 9-18.
- [7] E. Hajidavalloo, H. Eghtedari, Performance improvement of air-cooled refrigeration system by using evaporatively cooled air condenser, International Journal of Refrigeration. 33 (2010) 982-988.
- [8] Ebrahim Hajidavalloo, Application of evaporative cooling on the condenser of window-air-conditioner, Applied Thermal Engineering. 27 (2007) 1937-1943.
- [9] Michalis Gr. Vrachopoulos, Andronikos E. Filios, Georgios T. Kotsiovelos, Eleftherios D. Kravvaritis, Incorporated evaporative condenser, Applied Thermal Engineering. 27 (2007) 823-828.
- [10] Tianwei Wang, Chenguang Sheng, A.G. Agwu Nnanna, Experimental investigation of air conditioning system using evaporative cooling condenser, Energy and Buildings. 81 (2014) 435-443.