

Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>**METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal**

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

Efek Penggunaan *Water Mist* Terhadap Tekanan, Temperatur dan Kinerja Sistem Mesin Pengkondisian Udara Tipe Terpisah

Azridjal Aziz^a, Bungsu Herwanto^a, Rahmat Iman Mainil^a^aLaboratorium. Rekayasa Termal, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Jl. H.R. Subrantas km 12,5, Pekanbaru 28294

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 00 Februari 00

Revisi Akhir: 00 Maret 00

Diterbitkan *Online*: 00 April 00

KATA KUNCI

*Air conditioning**Water mist**Evaporative cooling**Vapor compression cycle*

KORESPONDENSI

E-mail: azridjal.aziz@lecturer.unri.ac.id

A B S T R A C T

The air conditioning machine commonly used is air conditioning system with a vapor compression cycle. The use of air conditioning machines consumes more electrical energy than other household appliances. In this study, the addition of the water mist method in evaporative cooling system with variations of distance of 20 cm, 40 cm, 60 cm so that the energy consumption of split type AC (Air Conditioning) of machines is more efficient. The results showed that the pressure of the condenser using water mist was lower 48 Psig than the pressure of condenser with a cooling load of 2000 W, and lower by 34 Psig of the pressure of condenser without the cooling load. Meanwhile the temperature of the air entering the condenser (Tout) after using a water mist has lower temperature than without the water mist, therefore it can save electricity consumption in the compressor. The temperature of the lowest inlet air of the condenser reached at the use of water mist with a distance variation of 60 cm was 28 °C. And the relative humidity (RH) relatively decrease at the exit of the condenser using water mist with distance variation of 60 cm length was 59.6%. The compressor power decreased lower using a 60 cm distance water mist of 0.52 kW compared to without using a water mist with a 2000 W load of 0.56 kW. So that COP using water mist higher about 5.24 than without a water mist of 4.72. The highest COP was obtained using water mist at a distance of 60 cm.

1. PENDAHULUAN

Permintaan energi di seluruh dunia untuk pendinginan gedung telah meningkat tajam dalam beberapa dekade terakhir, hal ini telah meningkatkan kekhawatiran terkait makin berkurangnya sumber daya energi dan meningkatnya kontribusi terhadap pemanasan global. Perkiraan konsumsi energi saat ini untuk pendinginan gedung sekitar 40% - 50% dari total konsumsi energi, bahkan di negara-negara beriklim panas seperti kawasan Timur Tengah, menggunakan 70% dari konsumsi energi bangunan untuk pendinginan dan sekitar 30% dari total konsumsi. Saat ini, penggunaan mesin

pengkondisian pada bangunan telah menjadi kebutuhan dan berperan penting dalam memastikan tingkat kenyamanan dalam ruangan. Karenanya, peningkatan efisiensi pada mesin pengkondisian udara menjadi penting terutama pengembangan teknologi mesin pengkondisian udara yang berkinerja tinggi namun mengkonsumsi daya yang rendah [1]–[4]

Pengurangan konsumsi energi adalah masalah utama dalam penggunaan mesin pengkondisian udara terutama di daerah dengan kondisi cuaca sangat panas. Dalam kondisi cuaca panas, kinerja mesin pengkondisian udara menurun tajam dan sebaliknya konsumsi energi listrik meningkat pesat. Penggunaan *Evaporative Condensers*,

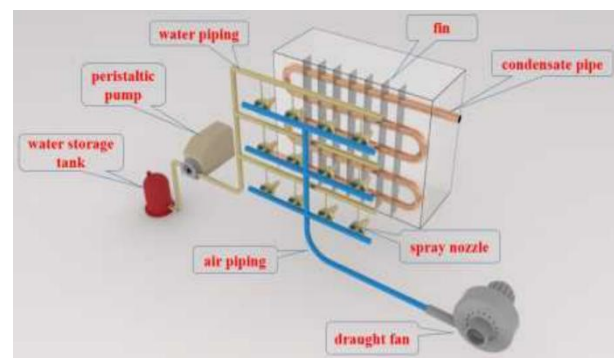
meningkatkan proses pembuangan panas dengan menggunakan efek pendinginan dari penguapan dan karenanya meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Penggunaan kondensor berpendingin evaporatif dibandingkan kondensor berpendingin udara, konsumsi daya dapat dikurangi hingga 58% dan koefisien kinerja dapat ditingkatkan sekitar 113,4% dengan sistem kapasitas pendinginan yang berbeda mulai dari 3 hingga 3000 kW [4].

Efisiensi energi bangunan menjadi perhatian utama bagi penghuni untuk penghematan energi terutama di sektor HVAC (*Heating Ventilating and Air Conditioning*), sehingga penting untuk fokus pada teknologi dan solusi hemat energi, tidak hanya pada bangunan baru tetapi juga pada bangunan yang sudah ada. Salah satu teknologi hemat energi yang sangat cocok terutama untuk kondisi iklim panas/kering dan tropis adalah sistem pendingin evaporatif (*Evaporative Cooling/EC*). Proses evaporatif adalah proses penyerapan kalor dimana sebagian air menguap dengan menyerap panas dari udara sehingga temperaturnya turun. Hal tersebut menjelaskan mengapa air memiliki temperatur yang lebih rendah daripada udara di sekitarnya, terutama di daerah beriklim kering. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem pendinginan evaporatif memiliki potensi besar untuk menghemat energi di zona iklim panas dan kering. Pendinginan evaporatif merupakan cara yang sangat hemat biaya dibandingkan dengan aplikasi pendingin ruangan alternatif [5]–[10].

Teknologi *evaporative cooling* merupakan sebuah konsep pendinginan dengan menggunakan fluida kerja air yang dievaporasi (diuapkan) secara tidak langsung menggunakan media pad atau secara langsung melalui pengkabutan air (*water spray/water mist*). *Evaporative water mist* (penguapan pengkabutan air) merupakan proses evaporasi dimana terjadi perpindahan panas dari udara ke air dengan cara air menyerap kalor dari udara sehingga temperaturnya turun lebih rendah dari temperatur sebelumnya. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian antara lain: terkait pengaruh penggunaan efek pendinginan evaporatif dengan *water mist* menggunakan fan [11], peningkatan kinerja mesin pengkondisian udara

dengan *water mist* sebagai pendinginan awal [12], penggunaan air kondensat sebagai pendinginan awal di kondensor [13], penggunaan *water mist* untuk sensasi kenyamanan termal [14] serta peningkatan kinerja AC dengan *water mist* sebagai *pre-cooler* dan *outdoor cooling* [15]–[17].

Sistem kondensasi *water spray* (Gambar 1) mengarah pada penurunan temperatur kondensasi sistem pendingin udara dan peningkatan kapasitas pendinginan [18]. Konsumsi daya kompresor juga akan berkurang dan semua ini menghasilkan peningkatan COP sistem pendingin [18], [19].



Gambar 1. *Water mist evaporative cooling* [18]

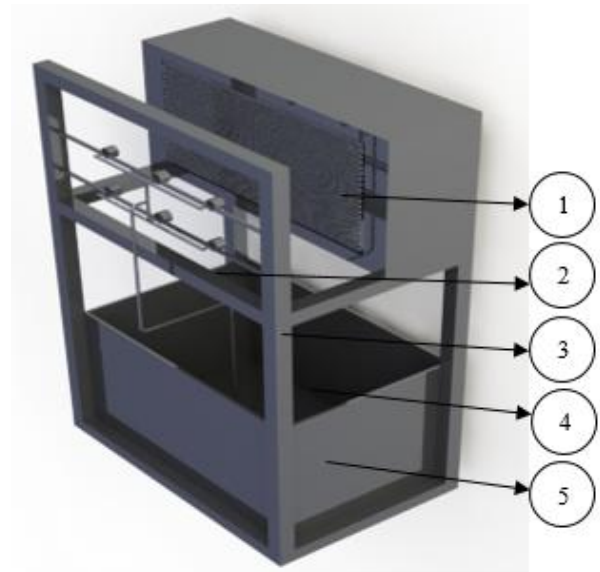
Penelitian sebelumnya [20] oleh Ahmad Wisnu Sulaiman] telah melakukan kajian eksperimen terhadap penambahan media *evaporative* dengan media pad untuk penguapan air pada *inlet* udara kondensor. Pengaruh debit aliran terhadap performa mesin pengkondisian udara dengan variasi debit air (0,88 L/min, 1,04 L/min dan 1,2 L/min) menunjukkan peningkatan COP seiring peningkatan debit air menuju media evaporasi (*evaporative pad*). Pada penelitian ini, dilakukan kajian menggunakan modul *evaporative cooling* dengan *water mist* pada sisi masuk kondensor. Penelitian dilakukan dengan mengaplikasikan sistem *water mist* untuk variasi jarak penyemprotan 20 cm, 40 cm, 60 cm terhadap kondensor pada AC *Split* untuk mengetahui pengaruhnya terhadap tekanan, temperature dan kinerja (COP) sistem.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental pada sebuah mesin pengkondisian udara tipe terpisah (*AC Split*) dengan daya 1 PK dengan fluida kerja refrigerant hidrokarbon pengganti R22 yaitu HCR22. Sistem *evaporative cooling* dengan metode *water mist* (pengkabutan air) ditambahkan pada sisi masuk kondensor untuk mengetahui perubahan temperatur udara yang masuk ke kondensor. Penelitian ini dikembangkan dari beberapa literatur dengan melakukan penambahan EC metode *water mist* di mesin refrigerasi siklus kompresi uap yang ditempatkan pada kondensor, kemudian dikembangkan sebuah skema pengujian yang sesuai. Komponen-komponen sistem *evaporative cooling* metode *water mist* disajikan pada Tabel 1 dan sketsa *evaporative cooling* metode *water mist* ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 1. Komponen alat *water mist*.

ITEM	QTY	PART NAME
1	1	Kondensor
2	9	Nozzle
3	1	Rangka
4	1	Pompa
5	1	<i>Water Distribution</i>



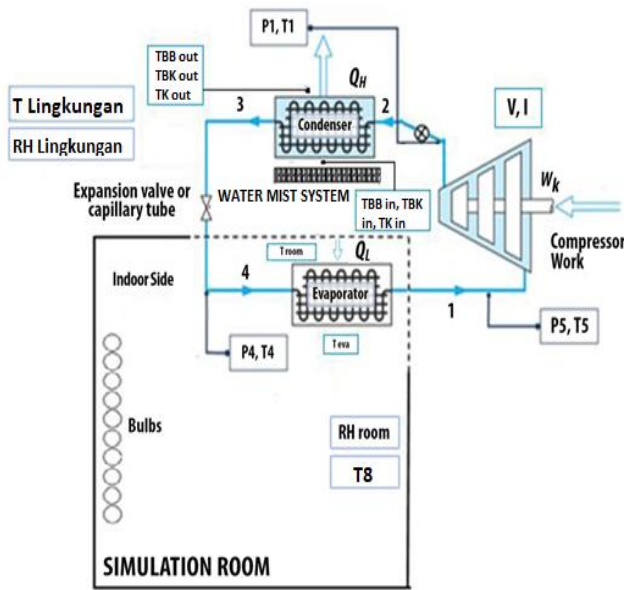
Gambar 2. *Evaporative Cooling* sistem *water mist* (pengkabutan air)

Skematik diagram mesin pengkondisian udara tipe terpisah (*AC Split*) yang ditambahkan *water mist* di sisi masuk kondensor dan titik-titik pengambilan datanya, ditunjukkan pada Gambar 3. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini 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 in udara evaporator (T_{ruang}).
6. Temperatur out udara evaporator (T_{eva}).
7. Kelembaban relatif (RH).
8. Temperatur lingkungan (T_{ling}).
9. Temperatur bola basah yang masuk dan keluar pada kondensor (TBB).
10. Temperatur bola kering yang masuk dan keluar pada kondensor (TBK).
11. Temperatur masuk kondensor (TKin).
12. Temperatur keluar kondensor (TKout).
13. Tekanan kompresor out (P_1).
14. Tekanan evaporator in (P_4).
15. Tekanan evaporator out (P_5).
16. Tegangan listrik (V).
17. Kuat arus listrik (I).

Titik pengambilan data ditentukan agar proses pengambilan data dapat terstruktur dan tergambar dengan jelas untuk menghindari kesalahan pengambilan data dari sisi kesalahan manusia.

Pada Gambar 3 dapat terlihat skema pengambilan data dalam penelitian ini [21]:



Gambar 3. Skema diagram AC *split* dengan *water mist* di sisi masuk kondensor [21]

Pengolahan data hasil pengujian dilakukan menggunakan persamaan (1)-(4) dimana \dot{Q}_k adalah laju pembuangan kalor oleh kondensor (kW)

$$\dot{Q}_k = \dot{m} (h_2 - h_3) \quad (1)$$

Dimana:

\dot{m} = Laju massa refrigeran (kg/s)

h_2 = Entalpi fasa uap bertekanan tinggi (kJ/kg)

h_3 = Entalpi fasa cair bertekanan rendah (kJ/kg)

eedangkan \dot{Q}_e laju penyerapan kalor di evaporator (kW)

$$\dot{Q}_e = \dot{m} (h_1 - h_4) \quad (2)$$

\dot{m} = Laju massa refrigeran (kg/s)

h_1 = Entalpi fasa uap bertekanan rendah (kJ/kg)

h_4 = Entalpi fasa cair bertekanan rendah (kJ/kg)

\dot{W}_k Daya masuk kompresor (kW) adalah:

$$\dot{W}_k = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (3)$$

Dimana:

\dot{m} = Laju massa refrigeran (kg/s)

h_2 = Entalpi Fasa super lanjut bertekanan tinggi (kJ/kg)

h_1 = Entalpi fasa uap bertekanan tinggi (kJ/kg)

Coefficient Of Performance (COP)

$$COP = \frac{Q_e}{w_k} \quad (4)$$

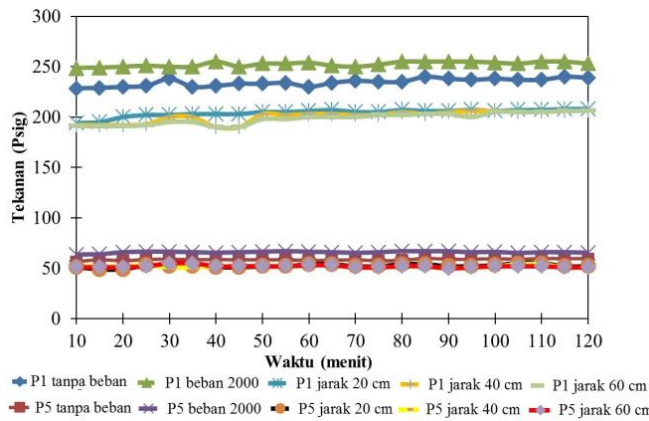
Q_e = Laju penyerapan kalor evaporator (kW)

W_k = Daya masuk kompresor (kW)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Distribusi Tekanan Kondensor Dan Evaporator

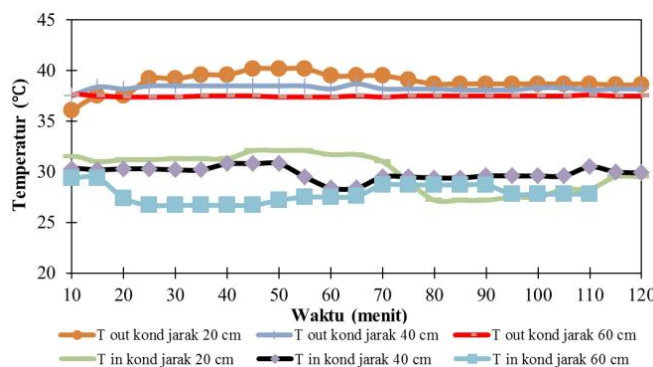
Tekanan kondensor dan evaporator pada pengujian AC *split* standar dan AC *split* dengan *evaporative cooling* terhadap waktu disajikan pada Gambar 4. Pengujian pada AC *split* standar dengan *evaporative cooling* sistem *water mist* pada variasi jarak 20 cm, 40 cm, 60 cm dilakukan dengan beban pendinginan sebesar 2000 W dan tanpa beban pendingin (0 W). Hasil pengujian pada AC *split* 1 PK Tekanan kondensor (P1) dan tekanan evaporator (P5) menunjukkan, pada kondisi tanpa beban pendinginan tekanan kondensor rata-rata sebesar 233,9 Psig, dan tekanan evaporator rata-rata sebesar 58,33 Psig, kemudian pada kondisi dengan beban pendinginan sebesar 2000 W tekanan kondensor rata-rata mengalami peningkatan menjadi 247,9 Psig, dan tekanan evaporator rata-rata meningkat menjadi 70,288 Psig. Hasil pengujian dengan penambahan *evaporative cooling* dengan variasi jarak *water mist* 20 cm, 40 cm, 60 cm yang diberi beban pendingin sebesar 2000 W. Pada jarak 60 cm menunjukkan tekanan kondensor rata-rata pada 197,9 Psig, tekanan masuk evaporator 51,76 Psig. Penurunan tekanan di kondensor dan evaporator disebabkan turunnya temperatur udara pendingin yang masuk ke kondensor setelah menggunakan sistem *water mist*, dapat dilihat (Gambar 4).



Gambar 4. Tekanan Kondensator dan Evaporator Terhadap Waktu

3.2. Distribusi Temperatur Tin Tout pada Kondensator

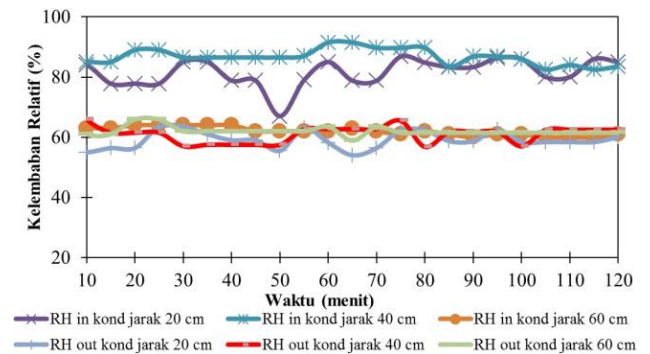
Pengujian sistem AC *split* pada temperatur udara masuk kondensator (Tin) dan temperatur udara keluar kondensator (Tout) dengan beban pendingin 2000 W disajikan pada Gambar 5. Dari Gambar 5 tampak bahwa temperatur masuk kondensator mengalami penurunan pada variasi jarak 60 cm sebesar 28,1°C, sementara temperatur keluar kondensator meningkat pada variasi jarak 60 cm sebesar 37,2°C setelah menggunakan *water mist* lebih efektif dalam proses pendinginan udara karena pemerataan persebaran menggunakan sistem *water mist* terhadap kondensator yang dikabutkan terdistribusi pada 9 titik, dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 5. Distribusi temperatur Tin dan Tout di Kondensator

3.3. Kelembaban Relatif (RH) Terhadap Waktu

Pengujian pada AC *Split* dengan *evaporative cooling* variasi jarak *water mist* 20 cm, 40 cm, 60 cm menggunakan beban pendinginan 2000 W terhadap kelembaban relatif (*Relative humidity*/RH) ditunjukkan pada Gambar 6.



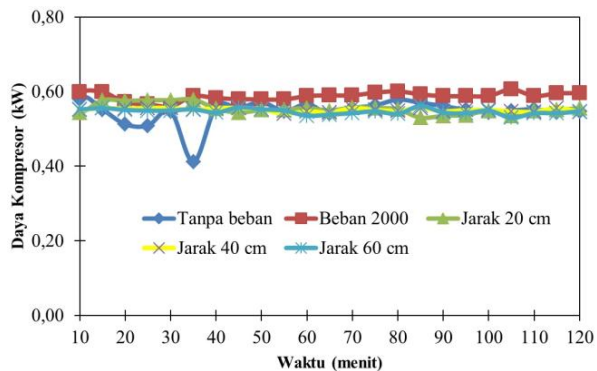
Gambar 6. Kelembaban Relatif Terhadap Waktu

Hasil pengujian menunjukkan bahwa kelembaban relatif masuk (RH in) kondensator adalah pada variasi jarak *water mist* 20 cm sebesar 78,3%, 40 cm sebesar 83,1%, 60 cm sebesar 78% sedangkan kelembaban relatif keluar (RH out) kondensator mengalami penurunan 20 cm sebesar 56%, 40 cm sebesar 59,1%, dan 60 cm sebesar 59,6%. Nilai kelembaban relatif udara masuk meningkat setelah menggunakan sistem *water mist* dapat dilihat pada Gambar 6, karena sistem *water mist* adalah proses yang meningkatkan kelembaban relatif udara selama kondisinya belum jenuh.

3.4. Distribusi Daya Kompresor Terhadap Waktu

Hasil pengujian pada mesin pengkondisian udara standar dengan beban 2000 W dan tanpa beban baik kondisi standar maupun dengan penambahan *evaporative cooling* metode *water mist* terhadap daya kompresor disajikan pada Gambar 7. Pengujian sistem AC *split* tanpa menggunakan beban pendingin menunjukkan nilai rerata daya kompresor sebesar 0,520 kW sedangkan yang diberi tambahan beban 2000 W menunjukkan peningkatan nilai rerata daya kompresor menjadi 0,562 kW akibat peningkatan temperatur ruang uji. Sedangkan pada mesin pengkondisian udara/ AC

split yang telah ditambahkan *evaporative cooling* metode *water mist* dengan variasi jarak pada *water mist* 20 cm, 40 cm, 60 cm dari sisi masuk kondensor, menunjukkan nilai daya kompresor berturut-turut sebesar 0,532 kW, 0,529 kW, 0,525 kW. Daya kompresor terendah dihasilkan oleh jarak 60 cm. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *evaporative cooling* metode *water mist* menghemat penggunaan daya kompresor sebesar 7,12 %.

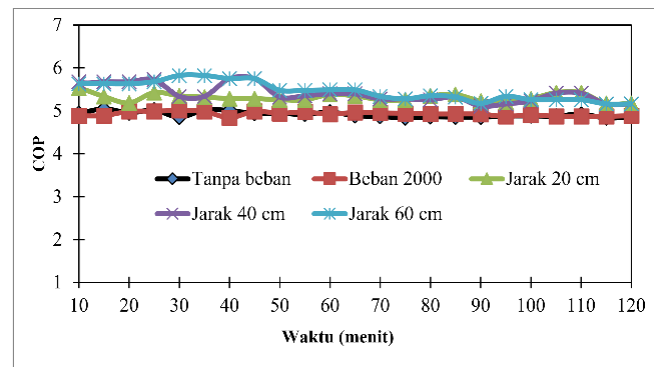


Gambar 7. Daya Kompresor Terhadap Waktu

3.5. Coefficient of Performance (COP) Terhadap Waktu

Hasil pengujian mesin pengkondisian udara standar dengan beban 2000 W dan tanpa beban baik kondisi standar maupun dengan penambahan *evaporative cooling* metode *water mist* terhadap COP disajikan pada Gambar 8. Hasil pengujian pada mesin pengkondisian udara standar tanpa menggunakan beban pendinginan menunjukkan nilai rerata *Coefficient of Performance* (COP) sebesar 4,71. Sedangkan dengan pemberian beban pendinginan 2000 W menunjukkan nilai rerata COP yang mengalami peningkatan menjadi 4,72 akibat peningkatan temperatur ruang uji. Pada mesin pengkondisian udara yang telah ditambahkan *evaporative cooling* metode *water mist* dengan variasi jarak *water mist* pada 20 cm, 40 cm, 60 cm terhadap sisi masuk kondensor, menunjukkan nilai COP berturut-turut sebesar 5,10, 5,20, 5,24. COP tertinggi diperoleh pada jarak 60 cm. Hal ini menunjukkan terjadi peningkatan kinerja AC split dengan menambahkan *evaporative cooling* metode *water mist* 11%, hal ini karena daya kompresor turun

akibat turunnya temperatur kondensor setelah penambahan *water mist*.



Gambar 8. COP Terhadap Waktu

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari kaji ekperimental yang dilakukan pada AC *Split* 1 PK standar dan AC *Split* 1 PK dengan *evaporative cooling* metode *water mist* pada variasi jarak 20 cm, 40 cm, 60 cm adalah (1) tekanan kondensor menggunakan *water mist* disbanding tanpa kondisi standar tanpa *water mist*, (2) temperatur udara keluar kondensor (Tout) variasi jarak 60 cm setelah menggunakan *water mist* °C lebih rendah dari pada tanpa *water mist* atau standar dengan beban pendinginan 2000 W atau tanpa beban, (3) kelembaban relatif (RH) relatif turun pada sisi keluar kondensor menggunakan *water mist* variasi jarak 60 cm, (4) Daya kompresor turun lebih rendah menggunakan *water mist* pada jarak 60 cm dibanding tanpa menggunakan *water mist* dengan beban 2000 W dengan penghematan sebesar 7,12%, (5) COP atau kinerja sistem AC split menggunakan *water mist* lebih tinggi dibanding tanpa *water mist* dengan penambahan COP tertinggi diperoleh penggunaan *water mist* pada variasi jarak 60 cm sebesar 11%, (6) penggunaan *water mist* pada sistem AC split berhasil menghemat penggunaan energi listrik dan meningkatkan kinerja sistem, sehingga *evaporative cooling* metode *water mist* dapat diaplikasikan sistem AC *split* yang sudah ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Amer, R. Boukhanouf, and H. G. Ibrahim, "A Review of Evaporative Cooling Technologies," *Int. J. Environ. Sci. Dev.*, vol. 6, no. 2, pp. 111–117, 2015, doi: 10.7763/ijesd.2015.v6.571.
- [2] V. Vakiloroyaya, B. Samali, A. Fakhar, and K. Pishghadam, "A review of different strategies for HVAC energy saving," *Energy Convers. Manag.*, vol. 77, pp. 738–754, 2014, doi: 10.1016/j.enconman.2013.10.023.
- [3] J. C. Lam, "Energy analysis of commercial buildings in subtropical climates," *Build. Environ.*, vol. 35, no. 1, pp. 19–26, 2000, doi: 10.1016/S0360-1323(98)00067-5.
- [4] K. Harby, "Hydrocarbons and their mixtures as alternatives to environmental unfriendly halogenated refrigerants: An updated overview," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 73, no. December 2015, pp. 1247–1264, 2017, doi: 10.1016/j.rser.2017.02.039.
- [5] B. Porumb, P. Ungureşan, L. F. Tutunaru, A. Şerban, and M. BĂlan, "A Review of Indirect Evaporative Cooling Technology," *Energy Procedia*, vol. 85, no. November 2015, pp. 461–471, 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2015.12.228.
- [6] R. Poku, T. W. Oyinki, and E. A. Ogbonnaya, "The Effects of Evaporative Cooling in Tropical Climate," *Am. J. Mech. Eng.*, vol. 5, no. 4, pp. 145–150, 2017, doi: 10.12691/ajme-5-4-5.
- [7] F. W. Yu, K. T. Chan, J. Yang, and R. K. Y. Sit, "Evaporative cooling technologies for air-cooled chillers for building energy performance improvement," *Adv. Build. Energy Res.*, vol. 10, no. 1, pp. 10–19, 2016, doi: 10.1080/17512549.2015.1040070.
- [8] P. M. Cuce and S. Riffat, "A state of the art review of evaporative cooling systems for building applications," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 54, pp. 1240–1249, 2016, doi: 10.1016/j.rser.2015.10.066.
- [9] Y. Yang, G. Cui, and C. Q. Lan, "Developments in evaporative cooling and enhanced evaporative cooling - A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 113, no. June 2016, p. 109230, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2019.06.037.
- [10] A. A. Ansari, V. Goyal, S. M. Yahya, and T. Hussain, "Experimental investigation for performance enhancement of a vapor compression refrigeration system by employing several types of water-cooled condenser," *Sci. Technol. Built Environ.*, vol. 24, no. 7, pp. 793–802, 2018, doi: 10.1080/23744731.2018.1423802.
- [11] C. Farnham, L. Zhang, J. Yuan, K. Emura, A. M. Alam, and T. Mizuno, "Measurement of the evaporative cooling effect: oscillating misting fan," *Build. Res. Inf.*, vol. 45, no. 7, pp. 783–799, 2017, doi: 10.1080/09613218.2017.1278651.
- [12] N. A. Jassim, "Performance Enhancement of an Air Cooled Air Conditioner with Evaporative Water Mist Pre-cooling," vol. 23, no. 1, 2017.
- [13] N. I. Ibrahim, A. A. Al-Farayedhi, and P. Gandhidasan, "Experimental investigation of a vapor compression system with condenser air pre-cooling by condensate," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 110, pp. 1255–1263, 2017, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2016.09.042.
- [14] W. Oh, R. Ooka, J. Nakano, H. Kikumoto, and O. Ogawa, "Study on thermal indices under mist spray condition through thermal sensation and comfort Study on Thermal Indices under Mist Spray Condition through Thermal Sensation and Comfort Graduate School of Engineering , Department of Architecture , The Universit," no. April, 2018.
- [15] F. W. Yu, K. T. Chan, J. Yang, and R. K. Y. Sit, "Cooling effectiveness of mist precooler for improving energy performance of air-cooled chiller," *Therm. Sci.*, vol. 22, no. 1, pp. 193–204, 2018, doi: 10.2298/TSCI151112071Y.
- [16] G. Ulpiani, "Water mist spray for outdoor cooling: A systematic review of technologies, methods and impacts," *Appl. Energy*, vol. 254, no. July, p. 113647, 2019, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.113647.
- [17] A. M. Deshmukh and S. B. Sapali, "Design, development and fabrication of a mist spray direct evaporative cooling system and its performance evaluation," *J. Therm. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 42–50, 2019, doi: 10.18186/thermal.513053.
- [18] X. Zhu *et al.*, "Air-conditioning condenser integrated with a spray system utilizing condensate water," *ASTRU Innov. power Eng. Conf.*, no. November, 2015.
- [19] G. G. Nasr, A. J. Yule, and L. Bendig, *Industrial Sprays and Atomization*. 2002.

- [20] A. W. Sulaiman, A. Aziz, and R. I. Mainil, *Aplikasi modul evaporative cooling aktif pada ac split 1 pk*, vol. 3, no. 2. 2016.
- [21] A. Aziz, A. B. Satria, and R. I. Mainil, "Experimental study of split air conditioner with and without trombone coil condenser as air conditioning water heater," *Int. J. Automot. Mech. Eng.*, vol. 12, no. 1, pp. 3043–3057, 2015, doi: 10.15282/ijame.12.2015.18.0253.