Uji Eksperimental Pengaruh Modifikasi Pendinginan Kondenser Menggunakan Sistem Kabut Air

Sekar Ayu Nurdianti[1], Parisya Premeira Rosulindo[2*], Aindri Yuliane[3]

[1]*Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia*
E-mail: sekar.ayu.tptu422@polban.ac.id
[2]*Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia*
[*]*E-mail Korespondensi: parisya.premiera@polban.ac.id*
[3]*Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia*
E-mail: aindri.yuliane@polban.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penerapan sistem kabut air pada kondenser terhadap performa AC *split non-inverter* berkapasitas 0,5 PK melalui parameter konsumsi daya listrik, kapasitas pendinginan, *Coefficient of Performance* (COP), COP Carnot, efisiensi sistem, dan *Energy Efficiency Ratio* (EER). Penelitian dilakukan secara eksperimen dengan tiga variasi pengujian, yaitu tanpa sistem kabut air, sistem kabut air dengan jarak *nozzle* 30 cm, dan sistem kabut air dengan jarak *nozzle* 50 cm dari permukaan kondenser. Analisis performa dilakukan menggunakan diagram tekanan–entalpi (P–h) pada sisi refrigerasi dan diagram psikrometrik pada sisi tata udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem kabut air meningkatkan performa AC *split non-inverter*. Konfigurasi *nozzle* 30 cm memberikan hasil terbaik dengan menurunkan konsumsi daya listrik total dari 404,5 W menjadi 396,1 W, meningkatkan kapasitas pendinginan dari 1264,6 W menjadi 1463,5 W, meningkatkan COP aktual dari 5,44 menjadi 5,78, serta meningkatkan EER dari 10,67 menjadi 12,61 (Btu/h)/W. Berdasarkan hasil tersebut, sistem kabut air berpotensi diterapkan sebagai metode *retrofit* yang sederhana untuk meningkatkan efisiensi energi AC *split non-inverter* tanpa memodifikasi komponen utama sistem refrigerasi.

Kata Kunci:
AC *Split*, kabut air, *evaporative cooling*, COP, efisiensi energi

ABSTRACT

This study aims to analyze the effect of applying a water mist system to the condenser on the performance of a 0.5 HP non-inverter split air conditioner based on total power consumption, cooling capacity, Coefficient of Performance (COP), Carnot COP, system efficiency, and Energy Efficiency Ratio (EER). An experimental method was employed using three operating conditions: without a water mist system, a water mist system with a nozzle distance of 30 cm, and a water mist system with a nozzle distance of 50 cm from the condenser surface. Performance analysis was conducted using the pressure–enthalpy (P–h) diagram for the refrigeration cycle and the psychrometric chart for the air-side analysis. The results indicate that the application of the water mist system improves the performance of the non-inverter split air conditioner. The 30 cm nozzle configuration provided the best performance by reducing the total power consumption from 404.5 W to 396.1 W, increasing the cooling capacity from 1264.6 W to 1463.5 W, improving the actual COP from 5.44 to 5.78, and increasing the EER from 10.67 to 12.61 Btu/h/W. These findings suggest that the water mist system has the potential to be implemented as a simple and cost-effective retrofit method to improve the energy efficiency of non-inverter split air conditioners without modifying the main refrigeration system components.

Keywords:
split air conditioner, water mist, evaporative cooling, coefficient of performance, energy efficiency

1. PENDAHULUAN

Penggunaan *air conditioner* (AC) *split* terus meningkat seiring meningkatnya kebutuhan kenyamanan termal pada sektor perumahan, perkantoran, dan fasilitas komersial. Kondisi ini berdampak pada meningkatnya konsumsi energi listrik karena sistem pendingin merupakan salah satu beban listrik terbesar pada bangunan. Performa sistem refrigerasi dipengaruhi oleh kemampuan kondenser dalam melepaskan kalor ke lingkungan. Temperatur udara luar yang tinggi meningkatkan temperatur dan tekanan kondensasi sehingga beban kerja kompresor bertambah, konsumsi daya listrik meningkat, dan efisiensi sistem menurun. Salah satu metode untuk meningkatkan pelepasan kalor pada kondenser adalah *evaporative cooling* menggunakan sistem kabut air. Proses penguapan air menurunkan temperatur udara di sekitar kondenser sehingga memperbesar perpindahan kalor tanpa memerlukan modifikasi pada siklus refrigerasi (1) (2).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem pendinginan berbasis kabut air maupun *evaporative cooling* mampu meningkatkan performa sistem refrigerasi. Aziz

dkk. melaporkan bahwa penggunaan sistem *water mist* pada AC *split* mampu meningkatkan nilai *Coefficient of Performance* (COP) serta menurunkan konsumsi energi listrik melalui peningkatan pelepasan kalor pada condenser (3). Penelitian Yang dkk. juga menunjukkan bahwa penerapan *spray evaporative cooling* pada kondenser meningkatkan kapasitas pendinginan sekaligus memperbaiki efisiensi sistem refrigerasi (4). Selain itu, Ahmed dkk. menunjukkan bahwa sistem *adiabatic pre-cooling* efektif meningkatkan performa kondenser pada kondisi iklim panas dan lembap (5).

Penelitian lain yang dilakukan oleh Sumeru dkk. menunjukkan bahwa pemanfaatan air kondensat sebagai media *subcooling* mampu menurunkan temperatur refrigeran pada keluaran kondenser, meningkatkan kapasitas pendinginan, serta meningkatkan COP hingga 16,4% disertai penurunan konsumsi daya listrik sistem. Hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan proses pelepasan kalor pada sisi kondenser berpengaruh langsung terhadap peningkatan performa sistem refrigerasi (6).

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada metode pendinginan kondenser tanpa mengevaluasi pengaruh konfigurasi pemasangan sistem kabut air. Selain itu, kajian yang menganalisis konsumsi daya listrik total, kapasitas pendinginan, COP, COP Carnot, efisiensi sistem, dan *Energy Efficiency Ratio* (EER) secara terpadu pada AC *split* non-inverter masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penerapan sistem kabut air dengan variasi jarak *nozzle* 30 cm dan 50 cm terhadap performa AC *split* non-inverter 0,5 PK berdasarkan parameter konsumsi daya listrik total, kapasitas pendinginan, COP, COP Carnot, efisiensi sistem, dan EER. Hasil penelitian diharapkan memberikan informasi mengenai konfigurasi pemasangan *nozzle* yang efektif untuk meningkatkan performa dan efisiensi energi AC *split* non-inverter.

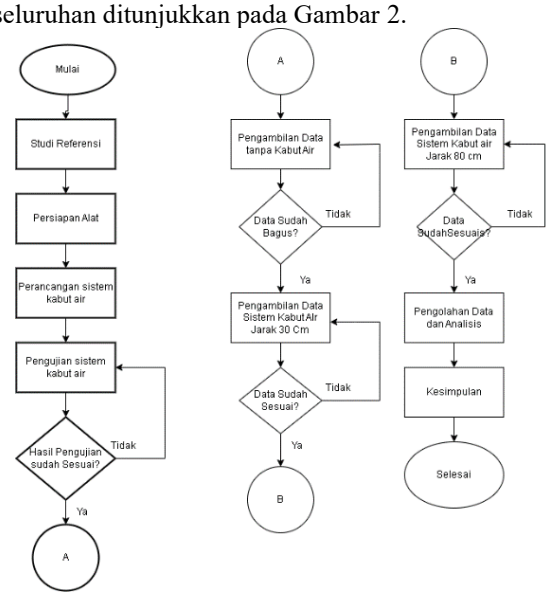
2. METODOLOGI

2.1 Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menganalisis pengaruh penerapan sistem kabut air terhadap performa AC *split non-inverter* berkapasitas 0,5 PK menggunakan refrigeran R-410A. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi jarak *nozzle* sistem kabut air, sedangkan variabel terikat meliputi konsumsi daya listrik, kapasitas pendinginan, *Coefficient of Performance* (COP), COP Carnot, efisiensi sistem, dan *Energy Efficiency Ratio* (EER). Pengujian dilakukan pada tiga kondisi, yaitu tanpa sistem kabut air, sistem kabut air dengan jarak *nozzle* 30 cm, dan sistem kabut air dengan jarak *nozzle* 50 cm dari permukaan kondenser. Variasi jarak *nozzle* dipilih untuk mengevaluasi pengaruh perubahan posisi penyemprotan terhadap efektivitas proses *evaporative cooling* pada kondenser dan performa sistem refrigerasi. Sebelum pengambilan data, sistem AC dioperasikan hingga mencapai kondisi tunak (*steady-state*). Setelah kondisi operasi stabil, dilakukan pengukuran tekanan refrigeran, temperatur udara, kelembapan relatif, kecepatan udara, tegangan, arus listrik, dan debit air menggunakan peralatan ukur yang telah disiapkan.

Gambar 1. Sistem Kabut Air

Data hasil pengukuran kemudian dianalisis menggunakan diagram tekanan–entalpi (*P–h*) untuk memperoleh parameter termodinamika refrigeran serta diagram psikrometrik untuk menentukan parameter pada sisi tata udara. Selanjutnya dilakukan perhitungan konsumsi daya listrik total, kapasitas pendinginan, COP Aktual, COP Carnot, efisiensi sistem, dan EER. Alur penelitian secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

2.2 Peralatan

Tabel 1. Peralatan yang Digunakan

Peralatan	Spesifikasi
AC split	Samsung 0,5 PK, R-410A
Pressure gauge	R-410A
Anemometer	Center 320
Tang Ampere	UNI-T UT210E, True RMS
Hygro-thermometer	Center 522
Thermo Gun	Mastech MS6530B
Meteran	Axell 5 m

Peralatan	Spesifikasi
Pompa Air	Rostton RS1200 15W
Nozzle	VPR 4”

Peralatan dan bahan yang digunakan dipilih sesuai dengan kebutuhan pengukuran parameter penelitian, meliputi tekanan refrigeran, temperatur, kelembapan udara, kecepatan udara, konsumsi daya listrik, serta sistem kabut air. Daftar peralatan dan bahan yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

2.3 Perhitungan Parameter Kinerja

Tahap awal perhitungan dilakukan dengan menentukan daya listrik total sistem, yang merupakan penjumlahan antara daya listrik AC *split* dan daya pompa sistem kabut air. Daya listrik AC dihitung berdasarkan hasil pengukuran tegangan, arus listrik, dan faktor daya sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1) (7). Nilai ini merepresentasikan konsumsi daya listrik unit AC selama pengujian.

$$P = V \times I \times \cos\varphi \quad (1)$$

Keterangan:
P = Daya listrik (watt)
V = Tegangan listrik (volt)
I = Arus listrik (ampere)
$cos\varphi$ = Faktor daya

Selanjutnya, daya listrik pompa dihitung menggunakan parameter yang sama, yaitu tegangan, arus pompa, dan faktor daya, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (2) (8). Nilai ini digunakan untuk mengetahui besarnya konsumsi energi tambahan yang diperlukan oleh sistem kabut air.

$$P = V \times I \times \cos\varphi \quad (2)$$

Keterangan:
P = Daya listrik (watt)
V = Tegangan listrik (volt)
I = Arus pompa (ampere)
$cos\varphi$ = Faktor daya

Daya listrik total sistem kemudian diperoleh dengan menjumlahkan daya listrik AC dan daya pompa sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (3). Nilai daya listrik total digunakan sebagai dasar evaluasi konsumsi energi sistem secara keseluruhan serta dalam perhitungan *Energy Efficiency Ratio* (EER).

$$P_{total} = P_{listrik} + P_{pompa} \quad (3)$$

Keterangan:
P_{total} = Daya listrik total (Watt)
$P_{listrik}$ = Daya listrik AC (Watt)
P_{pompa} = Daya pompa (Watt)

Debit air menjadi dasar mekanisme *evaporative cooling* (9). Debit air sistem kabut dihitung berdasarkan perbandingan antara volume air yang dikeluarkan *nozzle* terhadap waktu pengukuran menggunakan Persamaan (4). Parameter ini digunakan untuk memastikan laju penyemprotan air pada setiap kondisi pengujian.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (4)$$

Keterangan:
Q = Debit Air (watt)
V = Volume Air (volt)
t = Waktu (detik)

Selanjutnya, analisis siklus refrigerasi dilakukan menggunakan diagram tekanan–entalpi (*P-h*) untuk memperoleh nilai entalpi refrigeran pada setiap titik siklus kompresi uap (10). Nilai entalpi tersebut digunakan untuk menghitung COP aktual, COP Carnot, dan efisiensi sistem. Nilai COP aktual dihitung menggunakan Persamaan (5) untuk menunjukkan perbandingan antara efek refrigerasi yang dihasilkan terhadap daya kompresor yang digunakan.

$$COP_a = \frac{q_0}{w} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (5)$$

Keterangan:
q_0 = Efek refrigerasi (kJ/kg)
w = Kerja kompresi (kJ/kg)
h_1 = Entalpi refrigeran pada masukkan kompresor (kJ/kg)
h_2 = Entalpi refrigeran pada keluaran kompresor (kJ/kg)
h_4 = Entalpi refrigeran pada masukan evaporator (kJ/kg)

COP Carnot dihitung menggunakan Persamaan (6) sebagai acuan performa maksimum yang secara teoritis dapat dicapai oleh sistem refrigerasi berdasarkan temperatur evaporasi dan temperatur kondensasi.

$$COP_c = \frac{T_e}{T_C - T_e} \quad (6)$$

. Keterangan:
T_e = Temperatur Evaporasi (K)
T_k = Temperatur Kondensasi (K)

Efisiensi sistem kemudian ditentukan menggunakan Persamaan (7), yaitu dengan membandingkan COP aktual terhadap COP Carnot sehingga diperoleh tingkat kedekatan performa sistem aktual terhadap siklus ideal (11).

$$\eta = \frac{\text{COPaktual}}{\text{COPcarnot}} \times 100\% \quad (7)$$

Keterangan:
η = Efisisensi energi sistem refrigerasi (%)

Nilai laju aliran massa udara selanjutnya digunakan untuk menentukan kapasitas pendinginan evaporator sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (8) (12). Parameter ini menunjukkan kemampuan sistem dalam menyerap kalor dari udara yang dikondisikan.

$$\dot{m}_{udara} = \frac{V \times A}{v} \quad (8)$$

Keterangan:

ṁ	= Laju aliran massa udara	(kg/s)
V	= Kecepatan udara	(m/s)
A	= Luas penampang saluran udara	(m2)
v	= Volume spesifik	(m³/kg)

Selain analisis siklus refrigerasi, evaluasi performa sistem juga dilakukan pada sisi tata udara menggunakan diagram psikrometrik. Berdasarkan kondisi udara masuk dan keluar evaporator, terlebih dahulu dihitung laju aliran massa udara menggunakan Persamaan (8) (13).

$$Q_e = \dot{m}\,(h_{out} - h_{in}) \quad (9)$$

Keterangan:

Q	= Kapasitas pendinginan	(Watt)
ṁ	= Laju aliran massa udara	(kg/s)
h_{in}	= Entalpi udara masuk evaporator	(kJ/kg)
h_{out}	= Entalpi udara keluar evaporator	(kJ/kg)

Energy Efficiency Ratio (EER) dihitung menggunakan Persamaan (10) berdasarkan perbandingan antara kapasitas pendinginan yang dihasilkan dengan daya listrik total sistem. Nilai EER digunakan sebagai indikator efisiensi penggunaan energi listrik pada setiap variasi pengujian (14).

$$EER = \frac{Q_e}{P_{Total}} \quad (10)$$

Keterangan:

EER	= *Energy Efficiency Ratio*	
P_{Total}	= Daya listrik total sistem	(W)

3. HASIL PEMBAHASAN

Hasil pengujian disajikan untuk menganalisis pengaruh penerapan sistem kabut air dengan variasi jarak *nozzle* terhadap performa AC split. Evaluasi dilakukan berdasarkan parameter konsumsi daya listrik, kapasitas pendinginan, dan *Coefficient of Performance* (COP). Pembahasan difokuskan pada perubahan setiap parameter akibat penerapan sistem kabut air serta keterkaitannya dengan proses perpindahan panas pada kondenser dan kinerja siklus refrigerasi.

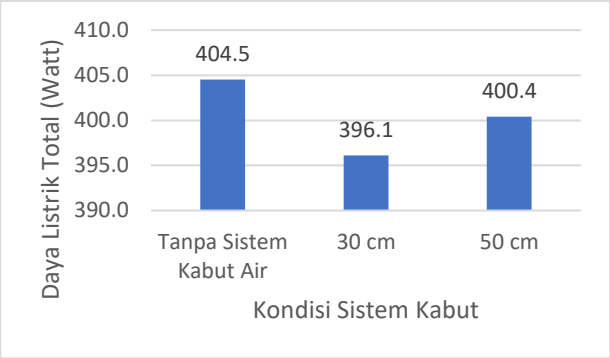
3.1 Konsumsi Daya Listrik

Konsumsi daya listrik merupakan salah satu parameter untuk mengevaluasi pengaruh penerapan sistem kabut air terhadap kebutuhan energi AC *split non-inverter*. Konsumsi daya listrik sistem terdiri atas daya listrik AC, daya pompa, dan daya listrik total yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Konsumsi Daya

Kondisi	Daya AC (W)	Daya Pompa (W)	Daya Total (W)
Tanpa Kabut Air	404,5	-	404,5
Jarak 30 cm	381,4	14,7	396,1
Jarak 50 cm	384,8	15,6	400,4

Perbandingan daya listrik total pada setiap variasi pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.

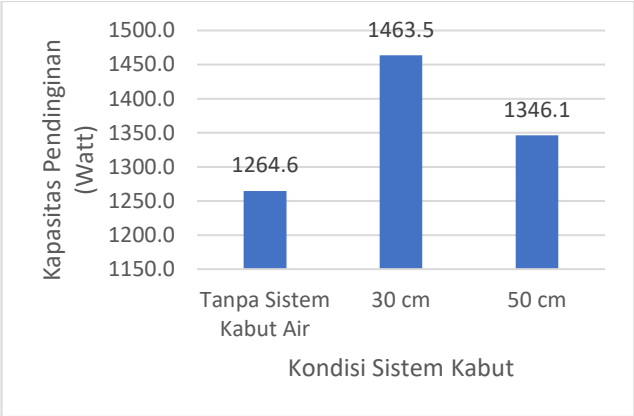


Gambar 3. Grafik Daya Listrik Total terhadap Kondisi Sistem Kabut

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 3, penerapan sistem kabut air menyebabkan daya listrik AC menurun pada kedua variasi jarak *nozzle*. Penurunan ini menunjukkan bahwa pendinginan kondenser menjadi lebih efektif sehingga temperatur dan tekanan kondensasi berkurang, yang berdampak pada menurunnya beban kerja kompresor. Meskipun terdapat tambahan konsumsi daya dari pompa, daya listrik total tetap mengalami penurunan dibandingkan kondisi tanpa kabut air. Perbedaan jarak *nozzle* memengaruhi distribusi droplet air yang mengenai permukaan kondenser. Distribusi kabut air yang lebih merata meningkatkan proses *evaporative cooling* sehingga pelepasan kalor berlangsung lebih efektif. Akibatnya temperatur dan tekanan kondensasi menurun, beban kerja kompresor berkurang, dan konsumsi daya listrik sistem menjadi lebih rendah. Daya listrik total menurun dari 404,5 W pada kondisi tanpa kabut air menjadi 396,1 W pada variasi jarak *nozzle* 30 cm dan 400,4 W pada variasi jarak *nozzle* 50 cm, atau masing-masing sebesar 2,08% dan 1,01%. Variasi jarak *nozzle* 30 cm menghasilkan konsumsi daya listrik total terendah karena distribusi kabut air pada permukaan kondenser lebih efektif dibandingkan variasi 50 cm. Hasil ini sejalan dengan penelitian Aziz dkk. yang melaporkan bahwa penerapan sistem kabut air mampu menurunkan temperatur dan tekanan kondensasi sehingga konsumsi daya listrik sistem menjadi lebih rendah.

3.2 Kapasitas Pendinginan

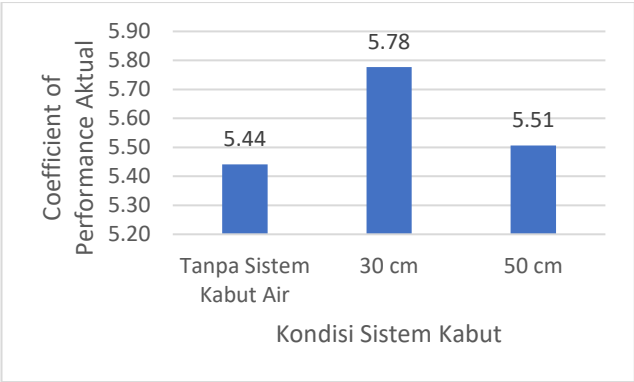
Kapasitas pendinginan merupakan parameter yang menunjukkan kemampuan sistem AC dalam menyerap kalor pada evaporator. Perbandingan kapasitas pendinginan pada setiap variasi pengujian ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik Kapasitas Pendinginan terhadap Kondisi Sistem Kabut

Berdasarkan Gambar 4, penerapan sistem kabut air meningkatkan kapasitas pendinginan dibandingkan kondisi tanpa kabut air. Kapasitas pendinginan meningkat dari 1264,6 W menjadi 1463,5 W pada jarak 30 cm dan 1346,1 W pada jarak 50 cm, atau masing-masing mengalami peningkatan sebesar 15,73% dan 6,44%. Peningkatan kapasitas pendinginan menunjukkan bahwa penerapan sistem kabut air meningkatkan efektivitas pelepasan kalor pada kondenser sehingga temperatur dan tekanan kondensasi menurun. Kondisi tersebut meningkatkan proses kondensasi refrigeran sehingga refrigeran memasuki katup ekspansi dengan kondisi cair yang lebih baik. Akibatnya, efek refrigerasi pada evaporator meningkat sehingga kemampuan sistem dalam menyerap kalor dari udara menjadi lebih besar. Perbedaan kapasitas pendinginan pada kedua variasi *nozzle* menunjukkan bahwa perubahan jarak penyemprotan memengaruhi distribusi kabut air yang mencapai permukaan kondenser. Variasi jarak *nozzle* 30 cm menghasilkan peningkatan kapasitas pendinginan tertinggi, sedangkan pada jarak 50 cm peningkatannya lebih rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa perubahan distribusi kabut air memengaruhi efektivitas proses *evaporative cooling*, sehingga laju pelepasan kalor pada kondenser dan kemampuan pendinginan sistem turut berubah.

3.3 Performansi Sisi Refrigerasi



Gambar 5. Grafik COP Aktual terhadap Kondisi Sistem Kabut

Performansi sisi refrigerasi dievaluasi berdasarkan nilai *Coefficient of Performance* (COP) aktual, COP Carnot, dan efisiensi sistem. Perbandingan nilai COP aktual pada setiap variasi pengujian ditunjukkan pada Gambar 5, sedangkan nilai COP Carnot dan efisiensi sistem disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan Gambar 5, penerapan sistem kabut air meningkatkan nilai COP aktual dari 5,44 pada kondisi tanpa kabut air menjadi 5,78 pada variasi jarak *nozzle* 30 cm, sedangkan pada variasi *nozzle* 50 cm nilainya sebesar 5,51. Peningkatan COP aktual menunjukkan bahwa sistem menghasilkan kapasitas pendinginan yang lebih besar dengan konsumsi daya listrik yang lebih rendah sehingga kinerja aktual sistem refrigerasi menjadi lebih baik. Peningkatan COP aktual merupakan konsekuensi langsung dari meningkatnya kapasitas pendinginan yang disertai penurunan konsumsi daya listrik. Perubahan kedua parameter tersebut dipengaruhi oleh peningkatan efektivitas pelepasan kalor pada kondenser akibat distribusi kabut air yang berbeda pada setiap variasi jarak *nozzle*.

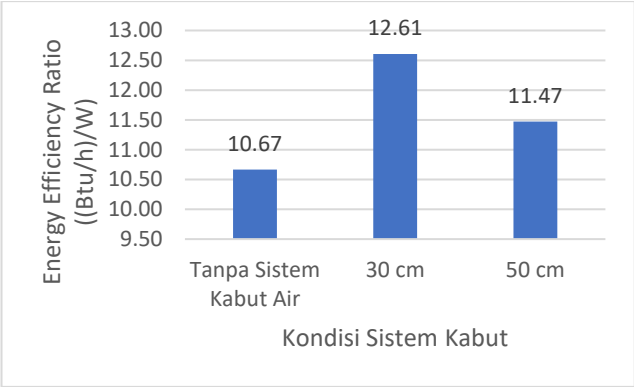
Tabel 3. Hasil Performansi Sisi Refrigerasi

Kondisi	COP Aktual	COP Carnot	Efisiensi Sistem
Tanpa Kabut Air	5,44	7,13	76,3%
Jarak 30 cm	5,78	7,73	74,8%
Jarak 50 cm	5,51	7,47	73,7%

Berdasarkan Tabel 3, nilai COP Carnot meningkat dari 7,13 pada kondisi tanpa kabut air menjadi 7,73 pada variasi jarak *nozzle* 30 cm, kemudian menurun menjadi 7,47 pada variasi *nozzle* 50 cm. Peningkatan nilai COP Carnot dipengaruhi oleh penurunan temperatur kondenser akibat pendinginan menggunakan sistem kabut air. Penurunan temperatur kondenser memperkecil selisih temperatur antara kondenser dan evaporator sehingga nilai COP Carnot meningkat. Meskipun COP aktual meningkat, efisiensi sistem mengalami sedikit penurunan dari 76,3% pada kondisi tanpa kabut air menjadi 74,8% pada variasi jarak *nozzle* 30 cm dan 73,7% pada variasi *nozzle* 50 cm. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan COP aktual lebih kecil dibandingkan peningkatan COP Carnot. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa penerapan sistem kabut air memperbaiki kondisi kerja siklus refrigerasi, namun peningkatan COP aktual masih dipengaruhi oleh rugi-rugi yang terjadi pada komponen sistem, sehingga peningkatannya tidak sebesar nilai COP Carnot.

3.4 *Efficiency Energy Ratio* (EER)

Energy Efficiency Ratio (EER) digunakan untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan energi listrik berdasarkan perbandingan antara kapasitas pendinginan terhadap konsumsi daya listrik sistem. Perbandingan nilai EER pada setiap kondisi pengujian ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik EER terhadap Kondisi Sistem Kabut

Berdasarkan Gambar 6, nilai EER meningkat dari 10,67 pada kondisi tanpa kabut air menjadi 12,61 pada penerapan sistem kabut air, kemudian menurun menjadi 11,47 pada kondisi berikutnya. Nilai EER tertinggi menunjukkan bahwa sistem menghasilkan kapasitas pendinginan yang lebih besar untuk setiap satuan daya listrik yang dikonsumsi.

Peningkatan nilai EER dipengaruhi oleh meningkatnya kapasitas pendinginan dari 4314,86 Btu/h menjadi 4993,54 Btu/h yang diikuti dengan penurunan konsumsi daya total dari 404,5 W menjadi 396,1 W. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pelepasan kalor pada kondenser berlangsung lebih efektif sehingga temperatur dan tekanan kondensasi menurun. Penurunan tekanan kondensasi menyebabkan kerja kompresor berkurang, sehingga kebutuhan daya listrik menurun tanpa mengurangi kemampuan sistem dalam menyerap kalor pada evaporator (15). Peningkatan kapasitas pendinginan yang terjadi bersamaan dengan penurunan konsumsi daya menghasilkan nilai EER yang lebih tinggi (16). Sebaliknya, ketika peningkatan kapasitas pendinginan tidak sebesar kondisi optimum dan konsumsi daya kembali meningkat, nilai EER ikut menurun. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan efektivitas perpindahan kalor pada kondenser berpengaruh langsung terhadap efisiensi energi sistem refrigerasi. Dengan demikian, variasi jarak *nozzle* tidak hanya memengaruhi distribusi kabut air pada permukaan kondenser, tetapi juga memengaruhi proses perpindahan kalor yang selanjutnya berdampak pada seluruh parameter performa sistem refrigerasi.

4. KESIMPULAN

Penerapan sistem kabut air pada kondenser AC *split* meningkatkan performa sistem refrigerasi yang ditunjukkan oleh penurunan konsumsi daya listrik total dari 404,5 W menjadi 396,1 W pada variasi jarak *nozzle* 30 cm dan 400,4 W pada variasi *nozzle* 50 cm. Kapasitas pendinginan meningkat dari 1264,6 W menjadi 1463,5 W pada variasi *nozzle* 30 cm dan 1346,1 W pada variasi *nozzle* 50 cm, sedangkan nilai *Coefficient of Performance* (COP) aktual meningkat dari 5,44 menjadi 5,78 dan 5,51. Nilai *Energy Efficiency Ratio* (EER) juga meningkat dari 10,67 menjadi 12,61 (Btu/h)/W pada variasi *nozzle* 30 cm dan 11,47 (Btu/h)/W pada variasi *nozzle* 50 cm. Perbedaan jarak *nozzle* memengaruhi distribusi kabut air yang mengenai permukaan kondenser sehingga memengaruhi efektivitas proses *evaporative cooling*. Kondisi tersebut meningkatkan pelepasan kalor, menurunkan temperatur dan tekanan kondensasi, mengurangi kerja kompresor, serta meningkatkan efek refrigerasi pada evaporator. Berdasarkan seluruh parameter yang dievaluasi, variasi jarak *nozzle* 30 cm memberikan performa terbaik karena menghasilkan peningkatan kapasitas pendinginan, peningkatan nilai EER, dan penurunan konsumsi daya listrik yang paling optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem kabut air berpotensi diterapkan sebagai metode *evaporative cooling* yang sederhana untuk meningkatkan performa dan efisiensi energi AC *split* tanpa memodifikasi komponen utama sistem refrigerasi. Penelitian selanjutnya disarankan mengevaluasi pengaruh debit kabut air, karakteristik *nozzle*, kondisi lingkungan, dan keandalan sistem selama pengoperasian jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung atas dukungan serta fasilitas yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Setyawan A. Enhancing Air Conditioner Efficiency Through Evaporative Cooling of the Compressor: Field Test Results. International Journal of Heat and Technology. 2024 Jun 1;42(3):1073–80. doi:10.18280/ijht.420334

2. Yuningsih N, Sumeru K, Aldiansyah M, Tritjahjono RI, Nugraha FY, Abioye AM. Energy savings in residential air conditioners using condensate cooling in discharge and liquid lines. Disseminating Information on the Research of Mechanical Engineering-Jurnal Polimesin [Internet]. 2025;23(4). Available from: http://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin

3. Aziz A, Herwanto B, Mainil I. METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal Efek Penggunaan Water Mist Terhadap Tekanan, Temperatur dan Kinerja Sistem Mesin Pengkondisian Udara Tipe Terpisah. Vol. 3. 2019.

4. Yang H, Rong L, Liu X, Liu L, Fan M, Pei N. Experimental research on spray evaporative cooling system applied to air-cooled chiller condenser. Energy Reports. 2020 Nov 1;6:906–13. doi:10.1016/j.egyr.2020.04.001

5. Ahmed F, Ramana AS, Jayakumar K. Experimental study on adiabatic pre-cooling systems for air cooled condensers in hot and humid climates. Sci Rep. 2025 Dec 1;15(1). doi:10.1038/s41598-024-82863-0 PubMed PMID: 39929848.

6. Sumeru K, Pramudantoro TP, Setyawan A. Experimental investigation on the performance of residential air conditioning system using water condensate for subcooling. In: MATEC Web of Conferences. EDP Sciences; 2018. doi:10.1051/matecconf/201819708002

7. Ahmed F, Ramana AS, Jayakumar K. Experimental study on adiabatic pre-cooling systems for air cooled condensers in hot and humid climates. Sci Rep. 2025 Dec 1;15(1). doi:10.1038/s41598-024-82863-0 PubMed PMID: 39929848.

8. Fathurrahman F, Akbar H, Siregar RH, Utami RS, Syukri M, Fachri MR, et al. Performance Analysis Of Centrifugal End Suction Pump And Three Phase Induction Motor In The Distribution Pumping Station of PDAM Tirta Mountala, Aceh Besar Regency. Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro. 2025 Jan 23;9(1):65–84. doi:10.22373/crc.v9i1.27241

9. Sumeru K, Pramudantoro TP, Setyawan A. Experimental investigation on the performance of residential air conditioning system using water condensate for subcooling. In: MATEC Web of Conferences. EDP Sciences; 2018. doi:10.1051/matecconf/201819708002

10. Sanama C, Xia X. Modelling and Experimental Investigation of a Vapor Compression System under Steady State Regime. International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research. 2022;11(2):114–22. doi:10.18178/ijmerr.11.2.114-122

11. Anwar M, Sudrajat D, Belyamin, Wibowo B, Soeboer DA, Moryanto S. Analisa Kinerja Mesin Freezer Kapasitas 100 Liter dengan Penambahan Subcooler untuk Proses Pembekuan Es Batu. Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan. 2026 Apr 30;7(2):59–66. doi:10.18196/jqt.v7i2.30007

12. Vayasqi MA, Padang YA, Mirmanto M. Effect of inlet air velocity on air-water harvester machines using one and two evaporator with 1.5 PK compressor power. Dinamika Teknik Mesin. 2025 Oct 1;15(2):76. doi:10.29303/dtm.v15i2.1077

13. Yatim A, Yuditama R, Ramadhan F, Utama H. Design and analysis of psychrometric chamber for AC testing and energy labelling. In. 2021. p. 040017. doi:10.1063/5.0063433

14. Fani Y, Arnif I. Ilham Arnif 45 | VANOS. VANOS Journal Of Mechanical Engineering Education [Internet]. 2019;4(1):45–50. Available from: http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/vanos

15. Riaz F, Tan KH, Farooq M, Imran M, Lee PS. Energy analysis of a novel ejector-compressor cooling cycle driven by electricity and heat (waste heat or solar energy). Sustainability (Switzerland). 2020 Oct 1;12(19). doi:10.3390/su12198178

16. Zaidan MH, Alkumait AAR, Abdullah AQ, Ibrahim TK. The Enhancement of Performance Coefficient by Spraying Water on the Condenser of the Compression Cooling Cycle. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences. 2024 Aug 1;120(1):140–50. doi:10.37934/arfmts.120.1.140150