

Analisis Pemanfaatan Panas *Discharge* Kompresor untuk *Reheat* dalam Pengkondisian Temperatur dan Kelembaban Relatif Ruangan dengan Variasi *Fresh Air*

Ridwan Rohidin¹, Bowo Yuli Prasetyo¹, A.P. Edi Sukamto¹

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : ridwan.rohidin.tptu421@polban.ac.id

E-mail : bowo_yuli@polban.ac.id

E-mail : edisukamto_ap@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pemanfaatan panas *discharge* kompresor untuk *reheat* dalam sistem *Air Conditioning and Reheat* (ACR) guna mengoptimalkan kontrol temperatur dan kelembaban relatif (RH) ruangan dengan variasi bukaan damper *fresh air* (0°, 45°, 90°). Penelitian didasari oleh kebutuhan efisiensi energi dalam sistem HVAC, terutama di Indonesia yang memiliki RH tinggi (80-90%). Metode yang digunakan melibatkan dua mode operasi: Mode 1 (refrigeran mengalir melalui koil *reheat* dan kondenser) dan Mode 2 (refrigeran hanya melalui kondenser), dengan pengukuran parameter seperti tekanan, temperatur, RH, dan arus kompresor. Mode 1 dengan bukaan 0° mencapai efisiensi tertinggi (COP 3,32 efisiensi 55,14%) dan mampu menurunkan RH hingga 29%, meskipun temperatur ruangan relatif tinggi (34,7°C). Sementara itu, Mode 2 dengan bukaan 45° menghasilkan COP 3,34 dan efisiensi 54,04%, dengan kemampuan menurunkan temperatur hingga 20°C tetapi RH hanya mencapai 38,9%. Kombinasi optimal diperoleh dengan menggunakan Mode 1 untuk dehumidifikasi dan Mode 2 untuk pendinginan cepat, menunjukkan bahwa variasi bukaan damper *fresh air* berpengaruh signifikan terhadap kinerja sistem.

Kata kunci

Discharge, kelembaban Relatif, *Fresh Air*, Kinerja Sistem.

This study analyzes the utilization of compressor discharge heat for reheat in Air Conditioning and Reheat (ACR) systems to optimize room temperature and relative humidity (RH) control with varying fresh air damper openings (0°, 45°, 90°). The study is based on the need for energy efficiency in HVAC systems, particularly in Indonesia, which has high RH levels (80–90%). The methods used involve two operating modes: Mode 1 (refrigerant flows through the reheat coil and condenser) and Mode 2 (refrigerant flows only through the condenser), with measurements of parameters such as pressure, temperature, RH, and compressor flow rate. Mode 1 with a 0° opening achieves the highest efficiency (COP 3.32, efficiency 55.14%) and can reduce RH to 29%, despite relatively high room temperature (34.7°C). Meanwhile, Mode 2 with a 45° opening produced a COP of 3.34 and efficiency of 54.04%, with the ability to reduce temperature to 20°C but RH only reached 38.9%. The optimal combination was achieved by using Mode 1 for dehumidification and Mode 2 for rapid cooling, indicating that variations in fresh air damper opening significantly affect system performance.

Keywords

Discharge, Relative Humidity, Fresh Air, System Performance.

1. PENDAHULUAN

Kelembaban relatif atau *relative humidity* (RH) merupakan salah satu parameter penting yang mempengaruhi kenyamanan suatu ruangan. Untuk menjaga kualitas dan ketahanan produk di ruang produksi, tingkat kelembaban ideal berada pada kisaran 40% hingga 50%. Namun, sebagai negara beriklim tropis, Indonesia memiliki tingkat RH yang cukup tinggi, yakni antara 80% hingga 90%. Oleh karena itu, diperlukan alat khusus yang disebut *dehumidifier* untuk menurunkan kelembapan udara di dalam ruangan (1).

Dehumidifier adalah perangkat atau sistem yang berfungsi untuk mengurangi kadar uap air di udara dalam suatu ruangan. Proses perpindahan panas yang terjadi pada dehumidifier dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti suhu udara, tingkat kelembapan, dan laju aliran udara (2,3)

Perkembangan teknologi sistem HVAC terus mengalami inovasi untuk meningkatkan efisiensi energi sekaligus menjaga kenyamanan termal dalam ruangan. Salah satu tantangan utama dalam sistem HVAC adalah mengoptimalkan penggunaan energi, terutama dalam proses *reheat* yang seringkali membutuhkan energi tambahan yang cukup besar untuk menyesuaikan temperatur dan kelembaban relatif udara. Di sisi lain, panas buang yang dihasilkan *discharge* dari sistem pendingin masih mengandung energi yang terbuang percuma. Pemanfaatan panas *discharge* untuk *reheat* dapat menjadi solusi untuk mengurangi konkoimsumsi energi sekaligus mempertahankan kondisi termal ruangan yang optimal (4).

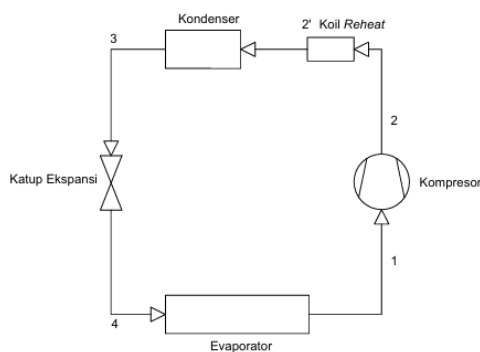
Selain itu, variasi *fresh air* yang masuk ke dalam sistem HVAC mempengaruhi beban pendinginan dan kebutuhan (5). Pengaturan proporsi *fresh air* perlu diperhatikan agar kualitas udara di dalam ruangan tetap terus terjaga tanpa

harus mengorbankan efisiensi energi (6,7). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis kombinasi optimal dari kedua jalur pemipaan, yaitu mode 1 (refrigeran mengalir melewati koil *reheat* dan koil kondenser) dan mode 2 (refrigeran tidak melewati koil *reheat* tapi hanya melewati kondenser saja), dengan memanfaatkan panas *discharge* sebagai metode *reheat* dalam pengkondisian temperatur dan kelembapan ruangan sekaligus menguji pengaruh variasi *fresh air* terhadap kinerja sistem (8).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

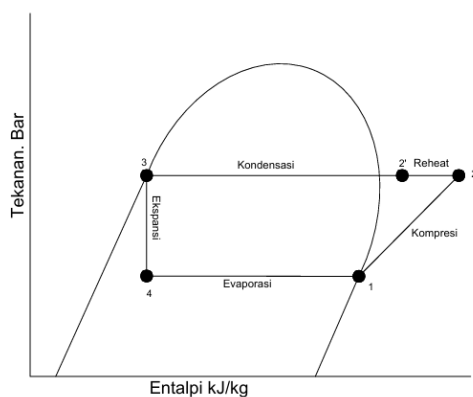
Dalam prinsipnya Dalam prinsip nya sistem refrigerasi kompresi uap menggunakan konsep termodinamika dengan memindahkan kalor melalui refrigeran sebagai fluida aliran perpindahan panas dari suatu objek (9). Dibandingkan dengan sistem lain, sistem kompresi uap ini lebih sering digunakan karena sederhana dan sering ditemukan, juga mudah proses *maintenance* nya, di dalamnya terdapat 4 komponen utama yang menunjang kerja sistem diantaranya yaitu kompresor, kondenser, alat ekspansi dan evaporator (8,9)



Gambar 1. Skematik Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Menurut Gambar 1 terdapat 4 proses yang terjadi pada sistem diantaranya:

1. Proses kompresi
2. Proses kondensasi
3. Proses ekspansi
4. Proses evaporasi



Gambar 2. Diagram P-h

Menurut Gambar 2 pada diagram P-h dapat diketahui setiap prosesnya, diantaranya:

- a. Proses Kompresi (1-2)
- b. Proses Kondensasi (2-3)
- c. Proses Ekspansi (3-4)
- d. Proses Evaporasi (4-1)

Kapasitas *reheat* sistem dihitung dengan mengukur temperatur masuk koil *reheat* (ditandai sebagai 2' dalam diagram p-h pada Gambar 2).

Adapun parameter yang diukur untuk menentukan kinerja sistem *Unit Air conditioning and Reheat* diantaranya yaitu COP_{aktual} , efisiensi sistem, Kapasitas Pendinginan, Kapasitas *Reheat* dan beban kalor *reheat* yang diterima oleh sistem. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut(12):

$$q_w = h_2 - h_1 \quad (1)$$

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

$$COP_{aktual} = \frac{q_e}{q_w} \quad (3)$$

$$COP_{carnot} = \frac{T_e}{(T_k - T_e)} \quad (4)$$

$$efisiensi \eta = \frac{COP_a}{COP_c} \times 100\% \quad (5)$$

$$\dot{m}_r = \frac{Q_e}{q_e} \quad (6)$$

$$Q_r = \dot{m}_r \times (h_2 - h_{2'}) \quad (7)$$

Keterangan :

q_w : Besar Kerja Kompresi [kJ/kg]

q_e : Efek Refrigerasi [kJ/kg]

h : Nilai Entalpi refrigeran [kJ/kg]

COP_{aktual} : COP sebenarnya

COP_{carnot} : COP ideal

T_e : Temperatur Evaporasi [°C]

T_k : Temperatur Kondensasi [°C]

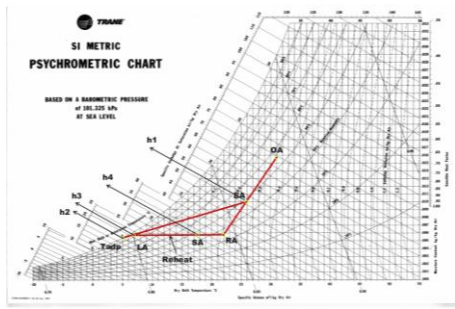
η : efisiensi Sistem [%]

\dot{m}_r : Laju Aliran Massa Refrigeran [kg/s]

Q_r : Kapasitas *Reheat* [kW]

2.2 Proses *Reheat*

Proses *reheat* merupakan pemanasan kembali udara yang baru melewati koil pendingin. Proses *reheat* menurunkan kelembaban relatif udara ruangan sehingga meningkatkan kemampuan udara untuk menyerap uap air. Proses ini sangat dibutuhkan terutama dalam bidang industri yang salah satunya untuk menjaga nilai kelembaban relatif (RH) dari suatu ruangan (13). Proses *reheat* dapat digambarkan pada diagram psikometrik pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses *Reheat*

Berdasarkan gambar diatas, proses *reheat* berada pada garis LA (*Leaving Air*) sampai garis SA (*Supply Air*). Pada Gambar 3 merupakan beban *reheat* yang diterima oleh sistem.

Kapasitas pendinginan dan kapasitas *reheat* yang diterima oleh sistem dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini yang mengacu pada Gambar 3. Diantaranya sebagai berikut (9,10).

$$\dot{m}_u = \rho \times Q \quad (8)$$

$$Q_e = \dot{m}_u \times (h_1 - h_2) \quad (9)$$

$$Q_r = \dot{m}_u \times (h_4 - h_3) \quad (10)$$

Keterangan :

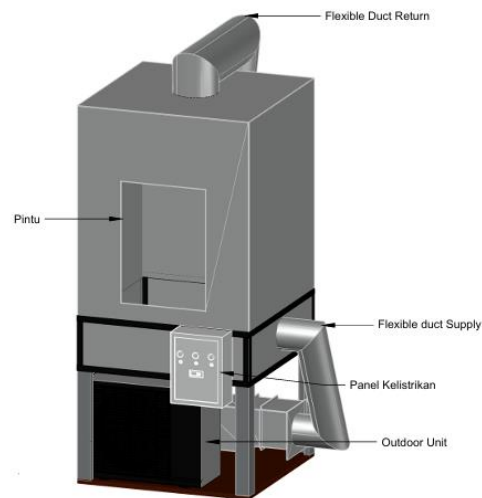
- \dot{m}_u : Laju Aliran Massa Udara [kg/s]
- ρ : Massa Jenis Udara [kg/m³]
- Q : Debit Udara [m³/s]
- Q_e : Kapasitas Pendinginan [kW]
- Q_r : Beban kalor *reheat* [kW]
- h : Nilai Entalpi Udara [kJ/kg]

3. METODOLOGI

3.1 Objek yang Diuji

Secara khusus, pada penelitian ini memodifikasi AC Split dengan spesifikasi kapasitas kompresor 1 PK, kapasitas pendinginan 9000 Btu/h, refrigeran yang digunakan R22, menjadi sistem *reheat* dengan menggunakan dua kondenser dan memiliki kabin dengan ukuran 1 x 1 x 1,5. Hal yang menjadi latar belakang dipasang dua kondenser adalah satu kondenser digunakan sebagai *heating coil* atau pemanas ulang (*reheat*) udara agar dapat menurunkan kandungan uap air dalam udara dan menaikkan temperatur udara ke kondisi semula. Alat ini bekerja dengan prinsip yang sama seperti cara kerja sistem refrigerasi pengkondisian udara pada umumnya. Sistem HVAC ini mengintegrasikan beberapa jalur pemipaan untuk mengoptimalkan efisiensi, diantaranya mode 1 untuk sirkulasi udara yang melalui proses pendinginan kemudian dipanaskan kembali (*reheat*) agar dapat mencapai kelembaban relatif sesuai yang diperlukan, pada mode 1 ini refrigeran melewati *reheat coil* dan juga kondenser. Mode 2, pada mode ini koil *reheat* tidak diaktifkan sehingga aliran udara hanya melewati evaporator

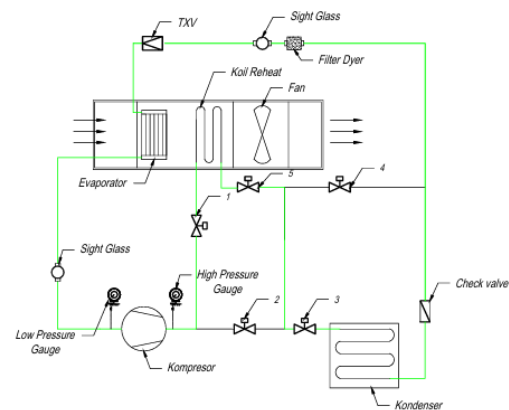
saja dan untuk aliran refrigeran menuju koil *reheat* ditutup dengan menggunakan SV (*solenoid valve*). Penjelasan masing-masing mode dapat dilihat pada Gambar 5 untuk mode 1 dan Gambar 6 untuk mode 2.



Gambar 4. Unit Air Conditioning and Reheat (ACR)

1. Mode 1 (Kondenser dan Koil *Reheat*)

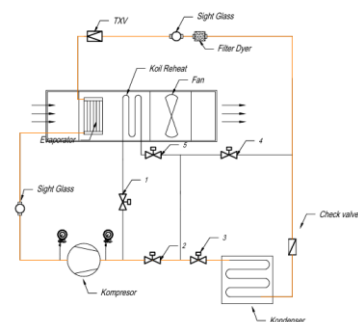
Mode 1 atau jalur pemipaan pada saat kondenser dan koil *reheat* bekerja secara bersamaan yaitu dengan melewati SV 1, SV 5, dan SV 3.



Gambar 5. Mode 1 (Kondenser dan *Reheat*)

2. Mode 2 (Kondenser)

Pada mode ini refrigeran tidak mengalir melalui koil *reheat* tetapi langsung mengalir ke kondenser kemudian menuju evaporator seperti AC normal pada umumnya. Jika dilihat pada Gambar 6, refrigeran mengalir melalui SV 2 dan SV 3.



Gambar 6. Mode 2 (Kondenser)

3.2 Variasi Pengujian

Variasi pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini untuk menganalisis pemanfaatan panas *discharge* dan pengaruh bukaan sudut damper *fresh air* terhadap kinerja sistem pada masing-masing mode, ditambahkan dengan 3 (tiga) variasi bukaan sudut damper *fresh air* yaitu pada 0° (terbuka penuh), 45° (terbuka sebagian), dan 90° (terutup penuh)°.

Tabel 1. Variasi Pengujian

Variasi	Keterangan
Variasi 1	Mode 1 bukaan 0°
Variasi 2	Mode 1 bukaan 45°
Variasi 3	Mode 1 bukaan 90°
Variasi 4	Mode 2 bukaan 0°
Variasi 5	Mode 2 bukaan 45°
Variasi 6	Mode 2 bukaan 90°

3.3 Parameter Pengukuran

Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tekanan Discharge (Bar)
2. Tekanan Suction (Bar)
3. Temperatur Discharge (°C)
4. Temperatur Suction (°C)
5. Temperatur Masuk Koil *Reheat* (°C)
6. Temperatur Masuk Kondenser (°C)
7. Temperatur Keluar Kondenser (°C)
8. Temperatur Masuk Evaporator (°C)
9. Temperatur Keluar Evaporator (°C)
10. Tdb dan Twb Lingkungan (°C)
11. Tdb dan Twb *Mixing Air* (°C)
12. Tdb dan Twb setelah *Evaporator* (°C)
13. Tdb dan Twb *Leaving Air* (°C)
14. RH Kabin (%)
15. Arus Kompresor (A)

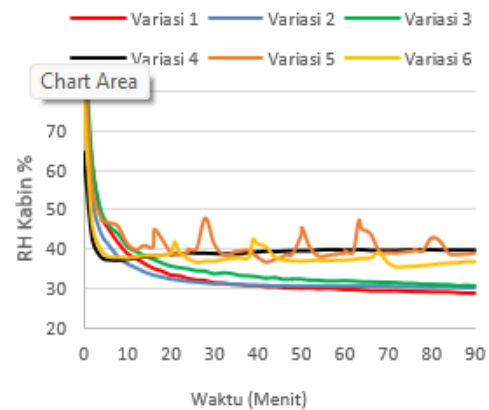
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengolahan data, maka diperoleh hasil data yang telah didapatkan dari hasil perhitungan. Kemudian hasil data yang diperoleh tersebut akan dibandingkan mengenai pemanfaatan panas *discharge* dan pengaruh *fresh air* terhadap ketercapaian RH kabin, performansi sistem, kapasitas pendinginan dan kapasitas *reheat*, serta mencari kombinasi yang optimal antara mode yang digunakan dengan bukaan sudut damper *fresh air* yang digunakan.

4.1 Kelembaban Relatif Kabin

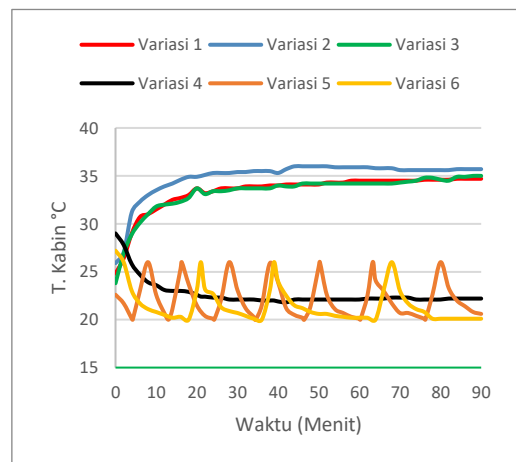
Gambar 7 menunjukkan grafik penurunan kelembaban relatif (RH) dalam kabin pada semua variasi pengujian. Terlihat bahwa semua variasi mengalami penurunan RH yang signifikan pada 10 menit pertama, kemudian melandai hingga stabil di kisaran 29-35%. Variasi 2 menunjukkan penurunan RH paling cepat karena lebih banyak menggunakan udara resirkulasi dalam, sedangkan Variasi 1 yang terus memasukkan udara luar membutuhkan kerja sistem lebih berat namun akhirnya mencapai RH lebih

rendah. Pada Variasi 4, 5, dan 6, RH turun drastis ke kisaran 35-45% dalam 10 menit pertama. Variasi 4 stabil di 37% setelah 90 menit tanpa mengalami siklus on-off karena beban udara luar yang konstan. Variasi 5 mencapai RH akhir 38,9% dengan fluktuasi lebih sering akibat siklus on-off yang dipicu oleh beban udara luar, sementara Variasi 6 lebih stabil karena tidak ada tambahan beban dari udara luar. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan udara resirkulasi (Variasi 2) paling efektif menurunkan RH, sedangkan variasi dengan udara luar (Variasi 1) mampu mencapai RH lebih rendah namun dengan beban kerja sistem yang lebih tinggi. Variasi 4-6 memperlihatkan pengaruh beban udara luar terhadap stabilitas RH dan frekuensi siklus on-off kompresor.



Gambar 7. Penurunan RH pada tiap Variasi

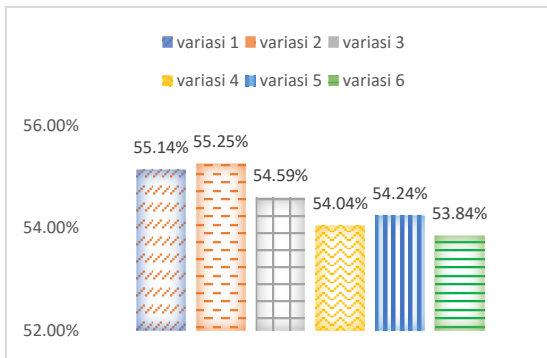
4.2 Temperatur Kabin



Gambar 8. Temperatur Kabin

Gambar 8 menunjukkan grafik perubahan temperatur kabin terhadap waktu untuk semua yang diujikan. Selama pengujian variasi 1, 2 dan 3. Aliran udara setelah melewati evaporator akan terlebih dahulu melalui koil *reheat* sebelum dialirkan ke dalam kabin. Hal ini menyebabkan sistem bekerja tanpa mengalami siklus *on-off*, karena udara dingin dari evaporator akan dikondisikan kembali oleh koil *reheat*. Berbeda dengan variasi 1, 2 dan 3. Variasi 4,5 dan 6 ini tidak terdapat koil *reheat*, sehingga udara yang keluar dari evaporator langsung dialirkan ke dalam kabin. Hal ini menyebabkan sistem akan bekerja lebih responsif terhadap perubahan temperatur, dengan ditunjukkan adanya fluktuasi temperatur yang signifikan seperti terlihat pada Gambar 8.

4.3 Efisiensi Sistem



Gambar 9. Efisiensi Sistem

Grafik menunjukkan efisiensi sistem pada semua variasi tidak berbeda signifikan. Variasi 1 mencapai efisiensi tertinggi (55,14%) karena proporsi udara luar maksimal meningkatkan beban pendinginan. Sebaliknya, Variasi 2 memiliki efisiensi lebih rendah akibat beban termal yang ringan. Variasi 3 efisiensinya turun karena udara resirkulasi sudah dingin dan kering, mengurangi perpindahan kalor, sementara kompresor tetap bekerja.

Variasi 5 menempati efisiensi tertinggi kedua karena kombinasi udara luar dan kabin menghasilkan beban termal sedang. Variasi 4 lebih rendah karena dominasi udara luar (lebih panas & lembap) memaksa kompresor bekerja keras, meningkatkan konsumsi daya. Variasi 6 paling tidak efisien karena beban ringan dan siklus *on-off* kompresor yang tidak optimal.

Secara keseluruhan, efisiensi berbanding terbalik antara Variasi 1 (beban tinggi, operasi kontinu) dan Variasi 5 (beban sedang, siklus *on-off* optimal). Variasi 4 memaksa kompresor bekerja lebih lama, sedangkan Variasi 6 tidak efisien karena *on-off* terlalu sering pada beban ringan.

4.4 Kombinasi Paling Optimal

Tabel 2. Data Hasil perhitungan

No	Pengujian	COPa	Efisiensi	Qe (kW)	Qr (kW)	Qr Ref (kW)
1	Variasi 1	3.32	55.14%	2.02	1.96	0.59
2	Variasi 2	3.26	55.25%	2.29	2.01	0.64
3	Variasi 3	3.33	54.59%	2.51	1.84	0.62
4	Variasi 4	3.34	54.04%	1.92	-	-
5	Variasi 5	3.45	54.24%	1.81	-	-
6	Variasi 6	3.36	53.84%	1.6	-	-

Variasi 1 optimal untuk efisiensi energi dan pengendalian RH rendah, sedangkan Variasi 5 unggul dalam pendinginan cepat dengan konsumsi daya moderat. Pemilihan kombinasi optimal tergantung pada prioritas kebutuhan - efisiensi maksimal (variasi 1) atau pendinginan cepat (variasi 5).

Penggunaan mode memengaruhi kinerja sistem karena perbedaan panjang pipa yang digunakan. Pada Mode 1, refrigeran melalui koil reheat menyebabkan tekanan discharge lebih tinggi, sehingga konsumsi listrik menjadi lebih besar dibandingkan dengan Mode 2.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Pemanfaatan panas discharge kompresor untuk reheat efektif mengoptimalkan sistem HVAC, khususnya dalam pengendalian kelembaban relatif (RH).
2. Mode operasi memengaruhi kinerja sistem. Mode 1 (refrigeran melalui koil reheat & kondenser) lebih efisien (55,14%, COP 3,32), menurunkan RH hingga 29%, tetapi suhu ruangan lebih tinggi (34,7°C). Mode 2 (refrigeran hanya melalui kondenser) mendinginkan lebih cepat (20°C, COP 3,34, efisiensi 54,04%), tetapi RH lebih tinggi (38,9%).
3. Bukaannya damper fresh air memengaruhi stabilitas dan efisiensi. Bukaannya 0° (Mode 1) optimal untuk menurunkan RH. Bukaannya 45° (Mode 2) cocok untuk pendinginan cepat.
4. Kombinasi terbaik: Mode 1 bukanya 0° untuk pengendalian RH dan Mode 2 bukanya 45° untuk pendinginan cepat.

5.2 Saran

1. Gunakan sistem akuisisi data untuk meningkatkan akurasi pengukuran.
2. Pasang kontrol otomatis (PLC) agar peralihan antara Mode 1 (fokus RH) dan Mode 2 (fokus suhu) berjalan lancar tanpa intervensi manual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Dosen pembimbing Bapak Bowo Yuli Prasetyo dan Bapak A.P. Edi Sukanto yang telah membimbing sehingga laporan ini dapat dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kurniawan Y, Setiawan A. Kaji eksperimental dehumidifier portable berbasis termoelektrik dengan variasi arus listrik masukan. *Jurnal Teknologi Terapan*. 2018;1(1). Available from: <https://jurnal.polindra.ac.id/index.php/jtt/article/view/32>.
2. Asmawi I, Sofyan M. Modifikasi split air conditioning sebagai unit dehumidifier dengan udara suplai 50°C (DB) 20% RH. 2011.
3. Mitrakusuma WH. Penggunaan panas kondensor pada dehumidifier sebagai upaya penghematan listrik. 2010.
4. Satriani MA, Ruhyat N. Analisis energi panas buang kondensor ganda secara seri pada sistem refrigerasi dengan refrigeran R-22. *JTAM Rotary*. 2025;7(1):107.
5. Wang SK. *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education LLC; 2001.
6. Krarti M. *Energy Audit of Building Systems: An Engineering Approach*. 3rd ed. CRC Press; 2020. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781000259674>.
7. Aridi R, Faraj J, Ali S, Gad El-Rab M, Lemenand T, Khaled M. Energy recovery in air conditioning systems: comprehensive review, classifications, critical analysis, and potential recommendations. *Energies*. 2021;14(18):5869.

8. Kusuma GE, Pramesti L, Purwana A, Karamina PA, Moballa B, Dahlan R, et al. Desain dan eksperimen variasi bukaan damper fresh air dan return air terhadap kinerja mesin pendingin pada sistem AHU. *Jurnal Teknik Mesin Nusantara*. 2024;6(3).
9. Jones JW, Stoecker WF. Professor of Mechanical Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign. 1982.
10. Dossat RJ. *Principles of Refrigeration*. New York: John Wiley & Sons; 1961.
11. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. 2018 ASHRAE Handbook: Refrigeration. SI Edition. Atlanta: ASHRAE; 2018.
12. Liemena AE. Laju aliran massa air pendingin yang diperlukan dan laju perpindahan panas dari refrigeran ke air pendingin. 2011.
13. Fahsya FR. Rancang bangun sistem air cooler and dehumidifier dengan hot gas bypass sebagai media reheat. 2016.
14. Setyawan A. *Sistem Tata Udara II*. 2010.
15. Ahne CJ, Dwyer A, Lemire N, Lindahl PA, Marks PC, Patton MP, et al. ASHRAE Handbook Committee. 2016.