

## Analisis Laju Perpindahan Panas Konveksi Pada Kondensor AC Konvensional ½ PK

Yafid Effendi<sup>1</sup>, Reksi Pradana<sup>2</sup>, Bambang Setiawan<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Tangerang  
Jl. Perintis Kemerdekaan I/33 Cikokol-Tangerang

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta  
Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta, DKI Jakarta, Indonesia

E-mail: <sup>1</sup>[reksipradana3734@gmail.com](mailto:reksipradana3734@gmail.com), <sup>2</sup>[yafid\\_effendi@yahoo.com](mailto:yafid_effendi@yahoo.com), <sup>3</sup>[bambang.setiawan@umj.ac.id](mailto:bambang.setiawan@umj.ac.id)

Submitted Date: 19 Juni, 2023

Reviewed Date: Juni 22, 2023

Revised Date: Juni 20, 2023

Accepted Date: Juni 23, 2023

### Abstract

Heat exchanger is equipment that is widely used in various industries, automotive and Air Conditioning (AC). One of the main components of an air conditioner is the condenser. The condenser is a heat transfer device that converts gaseous refrigerant to liquid, and lowers the temperature of the refrigerant. The purpose of this study is to find out how much the optimal convection heat transfer value and the highest Nusselt number value. In this study the method used is data collection based on test results using a cooling agent, namely refrigerant R32 with variations in the speed of the condenser fan. The results of the study on conventional split AC with a capacity of ½ PK obtained the highest value at 45 minutes, the highest  $h$  was  $2.50521 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  at a condenser fan speed of  $4.4 \text{ m/s}$  while the lowest  $h$  value was obtained at  $0.34923 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  at an inlet speed of  $1.34 \text{ m/s}$  while the highest Nusselt number value was obtained at  $0.26938$  at a condenser fan speed of  $4.4 \text{ m/s}$  while the lowest Nusselt number value was obtained at  $0.3717$  at inlet speed  $1.35 \text{ m/s}$ . **Keywords:** Air conditioner, condenser, convection heat transfer coefficient, Nusselt number

### Abstrak

Heat exchanger adalah peralatan yang banyak digunakan diberbagai industri, otomotif serta Air Conditioning (AC). Salah satu komponen utama dari AC yaitu kondensor. Kondensor adalah alat perpindahan panas yang mengubah refrigeran gas ke cair, serta menurunkan temperatur pada refrigeran. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui berapa besar nilai perpindahan panas konveksi optimal dan nilai nusselt number tertinggi. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah pengambilan data berdasarkan hasil pengujian dengan menggunakan bahan pendingin yaitu refrigerant R32 dengan variasi putaran kecepatan fan kondensor. Hasil penelitian pada AC split konvensional dengan kapasitas ½ PK didapatkan nilai tertinggi pada jarak waktu 45 menit,  $h$  tertinggi sebesar  $2,50521 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  pada kecepatan fan kondensor  $4,4 \text{ m/s}$  sedangkan nilai  $h$  terendah didapat sebesar  $0,34923 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$  pada kecepatan inlet  $1,34 \text{ m/s}$  sedang kan nilai nusselt number tertinggi didapat sebesar  $0,26938$  pada kecepatan fan kondensor  $4,4 \text{ m/s}$  sedangkan nilai nusselt number terendah didapat sebesar  $0,3717$  pada kecepatan inlet  $1,35 \text{ m/s}$ .

**Kata Kunci :** AC, kondensor, koefisien pindahan panas konveksi, Nusselt number

### I. Pendahuluan

Indonesia merupakan daerah tropis berdampak pada kebutuhan akan AC konvensional. kondensor merupakan salah satu komponen AC yang berfungsi sebagai penukar panas. Panas yang dilepaskan oleh kondensor sama dengan panas yang diserap oleh refrigeran di evaporator, ditambah panas yang sama dengan energi yang

dibutuhkan untuk kerja kompresi dan kompresor.

AC jenis ini memiliki mode operasi kompresor ON/OFF. Ini karena kompresor bekerja hingga suhu ruangan sesuai dengan yang diinginkan pengguna. Ketika suhu ruangan tercapai, kompresor mati secara otomatis (OFF). Kompresor baru restart ketika suhu ruangan mencapai nilai tertentu. Dengan cara ini, pengoperasian kompresor

akan mulai dan berhenti beberapa kali selama penggunaan

Kondensor adalah komponen yang terdiri dari jaringan tabung yang mengubah uap menjadi cairan (air). Selain itu, kondensor adalah sejenis penukar panas yang mengembunkan media kerja. Fungsi kondensor adalah untuk mendinginkan refrigeran dan menurunkan tekanannya. Selain itu juga berfungsi sebagai pengubah fasa refrigeran dari gas menjadi cair kemudian dialirkan ke nozzle tube/capillary tube.

Kondensor AC berguna untuk mendinginkan refrigeran cair ketika cairan telah panas dan dikompresi sebelum menggunakan kompresor. Kondensor sebenarnya adalah tabung pipih dan melingkar, yang tujuannya adalah untuk memperbesar luas permukaan sehingga panas ketika refrigeran cair panas mengalir melalui jalur tersebut dapat dengan mudah didinginkan oleh kipas di kondensor diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondensor

### Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi terjadi dengan adanya perbedaan temperatur bisa melalui fluida cair dan gas. Laju perpindahan panas konveksi dapat dirumuskan

$$q = H \cdot A \cdot \Delta T_{lm} \quad (1)$$

$$h = \frac{q}{A \cdot \Delta T_{lm}} \quad (2)$$

$$q = \dot{m} C_p \cdot \Delta T \quad (3)$$

dimana :

q = Laju Perpindahan Panas (W)

h = Koefisien perpindahan panas konveksi ( $\text{w/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ )

A = Luas Penampang ( $\text{m}^2$ )

$\Delta T$  = Perubahan suhu/temperatur ( $^\circ\text{C}; ^\circ\text{F}$ )

$\dot{m}$  = laju aliran massa (kg/s)

### Nusselt Number

Nusselt number merupakan perbandingan antara perpindahan panas konveksi dengan konduksi. Nusselt number bilangan tak berdimensi yang digunakan sebagai fungsi dari laju perpindahan panas.

Rumus *nusselt number*

$$Nu = \frac{h \cdot Dh}{k} \quad (4)$$

Dimana :

Dh = Diameter hidrolik

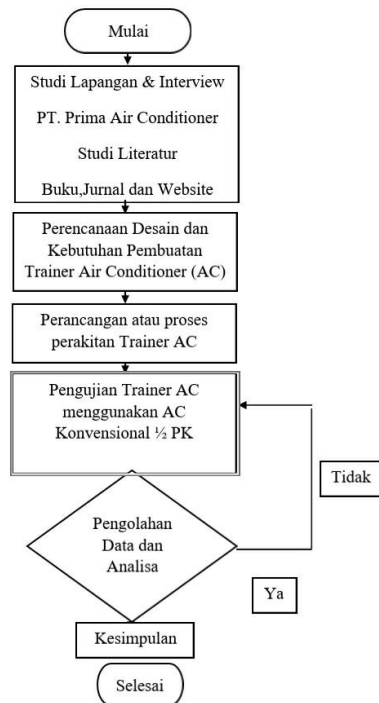
h = koefisien perpindahan panas konveksi ( $\text{w/m}^2\text{ }^\circ\text{C}$ )

K = perpindahan panas konduksi ( $\text{w/m}^\circ\text{C}$ )

## II. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode observasi dan eksperimen, dimulai dengan study lapangan. Penulis, melakukan pengamatan ke salah satu workshop HVAC untuk mempelajari mekanisme mesin pendingin khususnya AC, dan melakukan interview terhadap narasumber yang ahli pada bidang HVAC, setelah itu penulis mempelajari dan mengumpulkan buku, serta jurnal-jurnal mengenai pengujian sitem pendingin khususnya AC. Metode eksperimen pada AC Konvensional  $\frac{1}{2}$  PK dilakukan pengujian dengan menggunakan varian pada kecepatan fan kondensor yaitu dengan keadaan putaran high dan dilakukan saat AC sudah dalam kondisi menyala dan stabil. Pengujian dilakukan menggunakan sebuah trainer AC yang kami buat, pengambilan data pada penelitian ini dilakukan di PT Prima Air Conditioner yang beralamat di JL. Boulevard Raya No.68 Kelurahan Cibeber, Kecamatan Cibeber, Kota Cilegon, Provinsi Banten. Berikut adalah diagram alir penelitian yang penulis lakukan.

Langkah-langkah penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Gambar 2 AC Konvensional 1/2 PK, sedangkan Spesifikasi AC yang diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi AC Split Konvensional

Merk	Daikin
Model	RV15AXV14
Penggunaan listrik (V/Hz)	220-240/50
Kapasitas Pendingin	1,47 (KW)
Daya Listrik (Watt)	346
Arus (A)	1,61
Refrigerant	R32/0,40kg
Batas Tekanan Atas	41,9 bar (4,19 MPa)
Batas Tekanan Bawah	25,1 bar (2,51 MPa)
Berat	19 kg
Tahun Pembuatan	2015

### 1. Alat Penelitian

Peralatan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. AC Konvensional 1/2 PK  
AC konvensional 1/2 PK (Gambar 3) yang menjadi komponen utama pada

alat *trainer* AC memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Model : RV15AXV14
2. No Seri : K003546
3. Penggunaan Listrik (V/Ph/Hz): 220-240/~50
4. Kapasitas pendingin (kW) : 1,47
5. Daya Listrik (W) : 346
6. Arus (A) : 1,61
7. Refrigeran : R32 / 0,40 kg
8. Batas Tekanan Atas : 41,9 bar (4,19 MPa)
9. Batas Tekanan Bawah : 25,1 bar (2,51 MPa)
10. Berat : 19 kg
11. Tahun Pembuatan : 2015



Gambar 3. AC Konvensional 1/2 PK

2. *Thermometer digital* dan *Thermocouple Type K*

*Thermometer* adalah alat atau indikator untuk mengetahui nilai suhu, pada *trainer* AC ini *thermometer* di gunakan untuk mendeteksi suhu pada evaporator dan kondensor. *Thermometer digital* dan *thermocouple type K* terlihat pada Gambar 4.

Spesifikasi

*Supply voltage* : DC 9 – 12 V  
*Embedding hole* : 45.5\*26 mm  
*Module dimension* : 45\*25\*15 mm  
*Display window* : 0.56 inch  
*Display type* : 3 digits seven segment red color



Gambar 4. *Thermometer digital* dan *Thermocouple Type K*

### 3. Pressure Gauge

*Pressure gauge* digunakan sebagai alat ukur untuk mengetahui tekanan pada kompresor dan evaporator. *Pressure gauge* ditunjukkan pada Gambar 5.

Spesifikasi

Material : Plastic dan Metal

Color : Red

Features : Refrigerant pressure gauge

*High pressure gauge*

*Vivid dial and clear scale, easy to read the data.*

Suit : R22, R12, R134a, R404

Pressure units : PSI KPA

Quantity : 1PC

Spesifikasi

Material : Plastic dan Metal

Color : Blue

Features : Refrigerant pressure gauge

*Low pressure gauge.*

*Vivid dial and clear scale, easy to read the data.*

Suit : R22, R12, R134a, R404

Pressure units : PSI KPA

Quantity : 1PC



Gambar 5. High Pressure Gauge

(Sumber: <https://hvactutorial.wordpress.com/basic-hvac/refrigerant-pressure-gauges/>, 30-08-2022. 19.00)

### 4. Three Way Valve

*Three Way Valve* atau biasa disebut kran 3 lubang, Hand valve berfungsi untuk menutup dan membuka atau mengatur aliran refrigerant menuju pipa kapiler, ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 1. Three Way Valve

### 5. Anemometer

Anemometer adalah suatu alat ukur yang digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara. Anemometer (Gambar 7)

Spesifikasi

Dimension : 163x45x34 mm

Range Air Temperature : -10-60 degrees C/ 14-140 degrees F



Gambar 2. Anemometer

### 6. Pompa Vacum Air conditioner (AC)

Alat ini berfungsi untuk melakukan penyedotan pada pipa sehingga AC tersebut bebas dari uap air.

Spesifikasi :

*Vacuum Pump-HanDen*

Pompa Vacum sistem Refrigerant AC

Motor 1/2 HP / PK

Pompa vacum Ac diperlihatkan pada Gambar 8 dibawah ini.



Gambar 3. Pompa Vacum AC

## 7. Amperemeter

Amperemeter di gunakan untuk mengukur kuat arus listrik pada rangkaian (Gambar 9).

Spesifikasi:

- Bahan: Komponen Listrik ABS
- Rentang Pengukuran Tegangan: AC 60~500V
- Rentang Pengukuran Saat Ini: 0~100A
- Rentang Pengukuran Frekuensi: 20 ~ 75Hz
- Ukuran Panel: 31\*31mm/1.22\*1.22in
- Sertakan Trafo Arus 100A



Gambar 4. Amperemeter

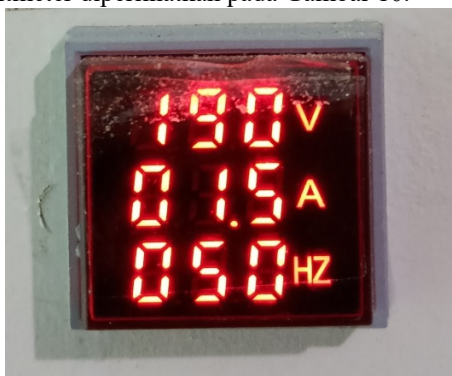
## 8. Voltmeter

Voltmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur besar tegangan dalam suatu tegangan listrik.

Spesifikasi:

- Bahan: Komponen Listrik ABS
- Rentang Pengukuran Tegangan: AC 60~500V
- Rentang Pengukuran Saat Ini: 0~100A
- Rentang Pengukuran Frekuensi: 20 ~ 75Hz
- Ukuran Panel: 31\*31mm/1.22\*1.22in
- Sertakan Trafo Arus 100A

Voltmeter diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 5. Voltmeter

## 9. Manifold Gauge

Manifold pressure gauge (Gambar 11) adalah alat untuk menguras/mengisi refrigeran dan mendeteksi malfungsi. Pada penelitian ini, duct pressure gauge digunakan untuk menentukan tekanan evaporator atau tekanan isap kompresor dan tekanan kondensor atau tekanan discharge kompresor. Selain itu, pengukur tekanan distribusi memiliki banyak fungsi lain:

- Digunakan untuk memeriksa tekanan pada sistem dan kompresor
- Mengidentifikasi adanya masalah atau gangguan pada sistem pendingin AC
- Bisa digunakan untuk menunjukkan vakum
- Digunakan untuk mengosongkan atau mengisi refrigerant (refrigeran)
- Bisa digunakan untuk menambah minyak pelumas mesin



Gambar 6. Manifold gauge

## 2. Bahan Penelitian

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

### 1. Refrigeran R32

Refrigeran R32 adalah jenis bahan pendingin refrigeran yang terkenal ramah lingkungan, karena memiliki efek rendah terhadap kerusakan lapisan ozon (Gambar 12)



Gambar 7. Refrigeran R32

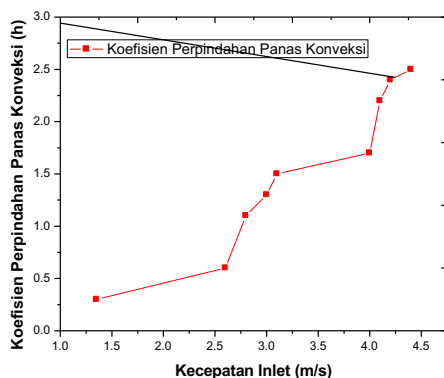
Kemudian setelah perakitan dan pengujian selesai dilakukan. Penulis mengambil beberapa data dari pengujian tersebut antara lain:

- Temperatur In dan Out pada Evaporator.
- Temperatur In dan Out pada Kondensor.
- Temperatur Udara In dan out pada Evaporator.
- Tekanan Suction dan Discharge
- Tegangan
- Kuat Arus
- Kecepatan Udara Keluar Evaporator.

Pengambilan data temperature dilakukan dengan menggunakan thermometer, dan untuk mengambil data data tekanan menggunakan *pressure gauge*, dan menggunakan *anemometer* untuk melakukan pengukuran kecepatan udara keluar pada fan evaporator

### III. Hasil Dan Pembahasan

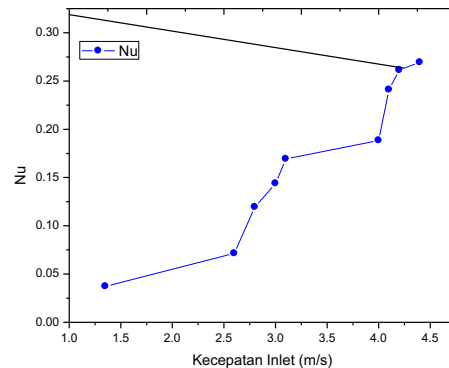
Hasil penelitian analisis koefisien perpindahan panas konveksi data yang diperoleh untuk AC konvensional dengan kecepatan putaran fan kondensor (*high*) diperlihatkan pada Gambar



Gambar 13. Koefisien perpindahan panas terhadap kecepatan inlet

Dari Gambar 13 menunjukkan bahwa pengujian pada AC konvensional, tingginya kecepatan diikuti oleh peningkatan koefisien perpindahan panas konveksi (Yafid dkk., 2022, dan Oktarina dkk., 2022) koefisien perpindahan panas konveksi

tertinggi didapat sebesar 2,50521( $w/m^2^{\circ}C$ ) pada kecepatan fan kondensor 4,4 m/s. Sedangkan koefisien perpindahan panas konveksi terendah didapat sebesar 0,34923( $w/m^2^{\circ}C$ ) pada kecepatan fan kondensor 1,35 m/s.



Gambar 14. Nusselt number terhadap kecepatan inlet

Gambar 14 memperlihatkan bahwa dalam pengujian AC konvensional, meningkatnya kecepatan diikuti peningkatan Nu (Yafid dan Ali, 2020). Nusselt number tertinggi didapat sebesar 0,26938 pada kecepatan inlet kondensor 4,4 m/s, sedangkan nusselt number terendah didapati sebesar 0,03717 pada kecepatan inlet kondensor 1,35 m/s.

### IV. Kesimpulan

- Hasil penelitian dan perhitungan yang didapatkan dalam pengujian AC konvensional, koefisien perpindahan panas konveksi tertinggi didapati 2,50521( $W/m^2^{\circ}C$ ) pada kecepatan inlet 4,4 m/s. Sedangkan koefisien perpindahan panas konveksi terendah sebesar 0,34923 ( $W/m^2^{\circ}C$ ) pada kecepatan inlet 1,35 m/s.
- Hasil penelitian dan perhitungan yang didapatkan dalam pengujian AC konvensional, nusselt number tertinggi sebesar 0,26938 pada kecepatan maksimal 4,4 m/s, sedangkan nusselt number terendah didapat sebesar 0,03717 pada kecepatan rendah 1,35 m/s.

## Daftar Pustaka

- Agung Gregorius, Wordpress. (2010). "Mesin Pendingin"  
<https://gregoriusagung.wordpress.com/2010/12/11/mesin-pendinginsiklus-kompresi-uap/>
- Ardianto, M. (2021). "Sistem Monitoring Perawatan Air Conditioner (AC) Tipe Split Wall Berbasis Iot" (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Gresik).
- Arora, C. P. (2000). "Refrigerants. Refrigeration and Air Conditioning", second ed., Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited,
- Azhar Rizalul Ayyubi.2020. "Analisis Kinerja Evaporator Pada AC Split ½ PK Dengan Refrigeran R22 dan R290". Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.
- Cengel, Yunus A., 2003. "Heat Transfer: A Practical Approach Second Edition," McGrawHill. New York
- Holman, J.P., 1986. "Heat Transfer", sixth edition, McGraw Hill, Ltd., New York. 2.
- Legisnal Hakim. 2016. "Analisis Teritis Laju Aliran Kalor Pada Ketel Uap Pipa Api Mini Industri tahu Ditinjau Dari Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh" Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Riau.
- Oktarina Heriyani, Mohammad Djaeni, Syaiful & Aldila Kurnia Putri, (2022). Perforated concave rectangular winglet pair vortex generators enhance the heat transfer of air flowing through heated tubes inside a channel. Results in Engineering 16 100705. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100705>
- Rizki, Putra Perdana (2015) "Pengembangan Modul Air Conditioner Inverter Jenis Sharp AH-XP5NSY ½ PK" Yogyakarta.
- <http://eprints.uny.ac.id/61553/1/LA-PORAN.pdf>
- Yafid Effendi dan Ali Rosyidin (2020) Efek Vortex Generators Terhadap Peningkatan Perpindahan Panas Pada Aliran Melewati Heated Tubes, Turbo Vol.9 No.2 hal.1-7. DOI:10.24127/trb.v9i2.1303
- Yafid Effendi, A. Prayogo, Syaiful, M. Djaeni, E. Yohana, (2022). Effect of perforated concave delta winglet vortex generators on heat transfer and flow resistance through the heated tubes in the channel, Exp. Heat Tran. 35 (5) 553–576, <https://doi.org/10.1080/08916152.2021.1919245>.