

## Rancang Bangun Sistem Refrigerasi Kompresi Uap dan Pemanfaatan Panas Kondenser Untuk Penetas Telur

Mochamad Fatih Gemadzan<sup>1</sup>, Triaji Pangripto Pramudantoro<sup>2</sup>, Muhamad Anda Falahuddin<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

<sup>1</sup>E-mail : mochamad.fatih.tptu19@polban.ac.id

<sup>2</sup>E-mail : triajipangripto@polban.ac.id

<sup>3</sup>E-mail : m.andafalahuddin@polban.ac.id

### ABSTRAK

Prinsip dasar dari sistem refrigerasi sendiri adalah memindahkan suatu panas dari suatu kabin atau ruangan ke lingkungan luar yang menyebabkan penurunan temperatur. Sistem refrigerasi kompresi uap adalah salah satu jenis sistem refrigerasi yang paling umum digunakan. Refrigeran sebagai media pemindah panas dari dalam kabin atau ruangan dibuang ke lingkungan untuk menurunkan temperatur kabin atau ruangan yang dikondisikan. Energi panas yang dibuang kondenser bisa dimanfaatkan, pada tugas akhir kali ini panas kondenser dimanfaatkan untuk pemanas inkubator untuk penetas telur ayam negeri. Telur ayam tetas (fertile) yang akan ditetaskan di inkubator berjumlah 12 butir, sedangkan kabin pendingin digunakan untuk menyimpan dan mendinginkan telur konsumsi (infertile). Sistem refrigerasi kompresi uap yang digunakan pada rancang bangun ini menggunakan kompresor dengan kapasitas 1/4 Pk, kondenser yang digunakan adalah jenis air cooled kondenser, alat ekspansi yang digunakan adalah pipa kapiler berdiameter dalam 0,31 inch dan evaporator yang digunakan adalah evaporator sirip. Kabin pendinginan untuk telur konsumsi (infertile) menggunakan bahan polyurethane dengan volume 44 cm x 44,5 cm x 40 cm. Sedangkan inkubator penetas telur tetas (fertile) menggunakan bahan yang sama dengan kabin polyurethane dengan volume 48 cm x 31 cm x 40 cm. Efisiensi sistem saat panas kondenser dialirkan ke lingkungan senilai 70,50 % sedangkan pada saat panas kondenser dialirkan ke dalam inkubator adalah 69,68 %. Temperatur rata – rata inkubator selama masa inkubasi (21 hari) senilai 38,5°C.

### Kata Kunci

*Sistem Refrigerasi, Panas Kondenser, Inkubator*

### 1. PENDAHULUAN

Pada dasarnya prinsip kerja sistem refrigerasi atau sistem pendingin adalah memindahkan panas dari suatu kabin atau ruangan ke lingkungan luar yang menyebabkan penurunan temperatur pada kabin atau ruangan tersebut (ASHRAE, 2018). Sistem refrigerasi terdiri dari 4 (empat) komponen utama yaitu kompresor, kondenser, alat ekspansi dan evaporator. Dalam sistem refrigerasi kompresi uap, kompresor mengkompresi refrigeran untuk menaikkan tekanan dan temperatur setelah refrigeran melakukan efek refrigerasi di dalam kabin. Refrigeran adalah fluida kerja utama yang digunakan untuk menyerap dan mentransmisikan panas dalam sistem refrigerasi (Dossat, 1961). Refrigeran menyerap panas pada suhu rendah dan tekanan rendah dan melepaskan panas pada suhu dan tekanan yang lebih tinggi. Sebagian

besar refrigeran mengalami perubahan fasa selama penyerapan panas penguapan dan pelepasan panas kondensasi (Wang, 2000).

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

Pemanfaatan energi yang terbuang atau tidak digunakan adalah salah satu langkah penghematan energi. Panas yang dibuang kondenser adalah salah satu energi yang dapat dimanfaatkan, salah satu pemanfaatannya dengan menggunakan panas tersebut untuk ruang inkubator penetasan telur ayam, perancangan Tugas Akhir ini adalah salah satu cara apakah panas yang dibuang kondenser dapat dimanfaatkan dengan maksimal.

#### 17.4 Teknik Penyimpanan Telur Infertile

Telur konsumsi adalah telur yang tidak dapat ditetaskan atau dalam kata lain tidak memenuhi kriteria untuk telur penetasan. Penyimpanan telur untuk konsumsi berada

pada temperatur 4°C - 7°C dengan kelembapan 75 - 80% dengan lama penyimpanan 3 sampai 4 minggu (ASHRAE, 2018).

### 17.5 Teknik Penetasan Telur *Fertile*

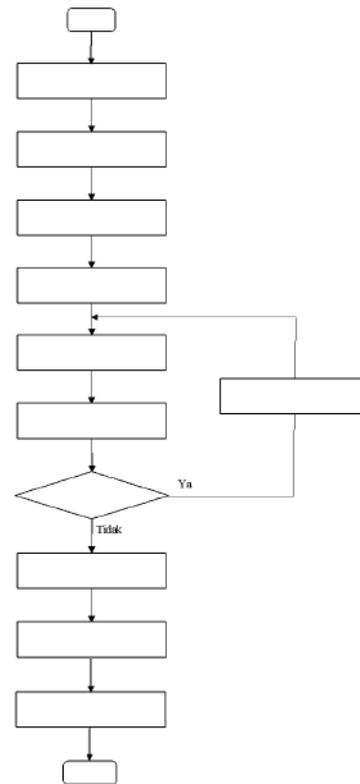
Langkah pertama dalam pemilihan telur fertile atau Hatching Egg adalah proses penyeleksian telur berdasarkan berat, berat telur yang akan dimasukkan ke dalam mesin inkubator harus lebih dari 36 gram (Tanwiriah, Indrijani, & Sadid, 2016). Telur juga harus memiliki kulit yang bersih, tanpa ada retakan, bentuknya yang tidak terlalu lonjong ataupun tidak terlalu bulat (Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2018). Setelah langkah - langkah tersebut dilakukan, langkah selanjutnya adalah pencucian kulit telur dengan menggosoknya dengan kertas semen dan air hangat (40,5°C - 43,4°C) yang mengandung (Dian, Festy, & Zaenudin, 2020). Penyimpanan Telur dalam mesin inkubator harus dalam kondisi miring (45°) dengan posisi tumpul berada di bagian atas. Temperatur yang diatur di ruangan inkubator adalah 37° - 39° C dengan kelembapan (RH%) 50 - 55 % (Made Wirapartha & MS, 2017). menggunakan panas buatan untuk mengerami telur dalam masa inkubasi, biasanya

masa pengeraman membutuhkan waktu 21 (Dua puluh satu) hari sampai telur menetas. Aliran udara yang dibutuhkan adalah 76 % dan dilakukannya *turning* atau perputaran minimal 3 kali sehari. (Wiraprtha & Ristina Dewi, 2017).

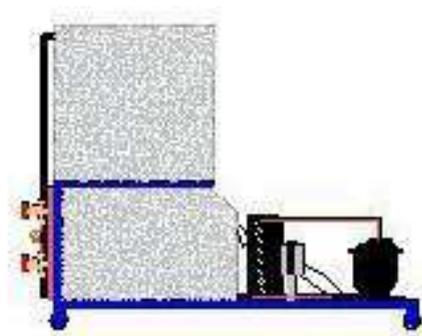
### 17.6 Mesin Inkubator

Mesin tetas (Inkubator) adalah mesin yang dapat atau dirancang untuk menggantikan peran induk ayam dalam mengerami telur. Mesin pengeram Inkubator sebagai alat untuk penetasan telur ayam dapat membantu jalanya produksi daging ayam yang lebih efisien karena inkubator dirancang untuk menggantikan peran induk ayam, sehingga induk ayam dapat difokuskan untuk memproduksi telur yang lebih banyak. Sebelum inkubator digunakan sebaiknya inkubator dikalibrasi dua hari sebelum digunakan. Langkah kalibrasi dimaksudkan untuk menyesuaikan keadaan lingkungan dengan kondisi yang diinginkan (Calvin & Roberts, 2017)

## 3. METODE



Gambar III. 1 Flowchart Penelitian Sistem yang digunakan dalam penyimpanan kabin untuk telur *fertile* dan inkubator untuk telur *infertile* adalah sistem refrigerasi kompresi uap sederhana. Produk yang digunakan adalah telur *fertile* 12 butir dan 12 butir telur *infertile*.



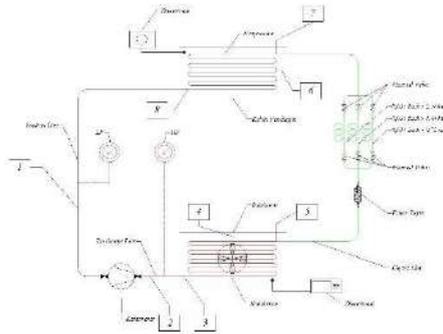
Gambar III. 2 Konstruksi Sistem Tabel III. 1 Spesifikasi Sistem Penyimpanan Telur Fertile dan Inkubator Telur Infertile

Data Primer	Keterangan
1. Dimensi Kabin	43 cm x 44,5 cm x 40 cm
2. Dimensi Inkubator	48 cm x 31 cm x 40 cm



untuk menyerap kalor yang ada di dalam kabin. Merubah fasa refrigeran menjadi uap sepenuhnya. Refrigeran uap keluaran evaporator mengalir kembali masuk ke kompresor. Siklus ini akan terjadi terus menerus hingga temperatur kabin dan inkubator tercapai hingga sistem mengalami cut off.

### 3.4 Titik Pengukuran Sistem Pendingin

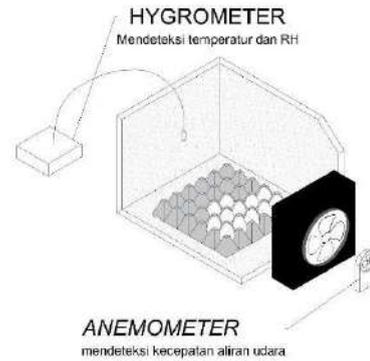


Gambar III. 5 Titik Pengukuran Kabin Pendingin

Keterangan :

1. Temperatur Suction (°C)
2. Temperatur Discharge (°C)
3. Temperatur Masuk Kondenser (°C)
4. Temperatur Inkubator (°C)
5. Temperatur Keluaran Kondenser (°C)
6. Temperatur Kabin Pendingin (°C)
7. Temperatur Masuk Evaporator (°C)
8. Temperatur Keluar Evaporator (°C)
9. Temperatur Lingkungan (°C)

### 3.5 Titik Pengukuran Inkubator



Gambar III. 6 Titik Pengukuran Inkubator  
Keterangan :

1. Data Temperatur Inkubator (°C)
2. RH Inkubator (%)
3. Aliran Udara (m<sup>3</sup>/hr)

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel IV 1 Spesifikasi Komponen Perancangan

Rancangan	Keterangan
Jenis Kompresor	Hermetic, 1/4 Pk
Jenis Kondenser	<i>Air Cooled (fan)</i>
Jenis Evaporator	Evaporator Sirip
Jenis Refrigeran	R-134a
Jenis Alat Ekspansi	<i>Pipa Kapiler</i>

Tabel IV 2 Spesifikasi Data Perancangan

Rancangan	Keterangan	Satuan
Lokasi	Ciwaruga	-
Kondisi Lingkungan	7°LS dan 107°BT	-
Temperatur Lingkungan	28	°C
Temperatur Produk	6	°C
Temperatur Kabin	4	°C
Temperatur Evaporator	-6	°C
Temperatur Kondensasi	55,5	°C
Chilling Time	1	Jam

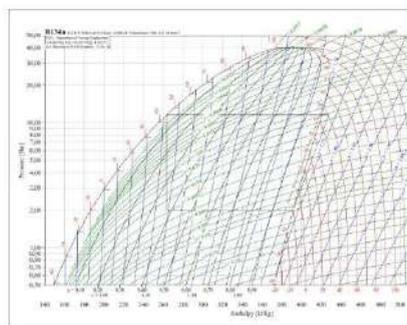
Tabel IV 3 Data Produk

Rancangan	Keterangan	Satuan
Jenis produk	telur	-
Cp Produk	3,23	Kj/Kg.k

Massa	0,75	Kg
Temperatur awal	28	°C
Temperatur akhir	6	°C
Chilling Time	1	Jam
Rate Factor	40	-
RH	40 – 60	%

Temperatur Kondensasi :  $45^{\circ}\text{C} + 273,15 = 318,15^{\circ}\text{K}$

Temperatur Evaporasi :  $-10^{\circ}\text{C} + 273,15 = 263,15^{\circ}\text{K}$



Gambar III. 7 Plot Diagram Ph

$$h_1 = 390,723 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_2 = 433,385 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_3 \text{ \& } h_4 = 280,100 \text{ KJ/Kg}$$

$$COP \text{ aktual} = \frac{q_e}{q_w}$$

$$COP \text{ aktual} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$COP \text{ aktual} = \frac{391,321 - 263,710}{427,662 - 391,321} = 3,51$$

$$COP \text{ Carnot} = \frac{T \text{ Evaporasi}}{T \text{ Kondensasi} - T \text{ Evaporasi}}$$

$$COP \text{ Carnot} = \frac{263,15}{318,15 - 263,15}$$

$$COP \text{ Carnot} = 4,78$$

$$Efisiensi = \frac{COP \text{ aktual}}{COP \text{ Carnot}}$$

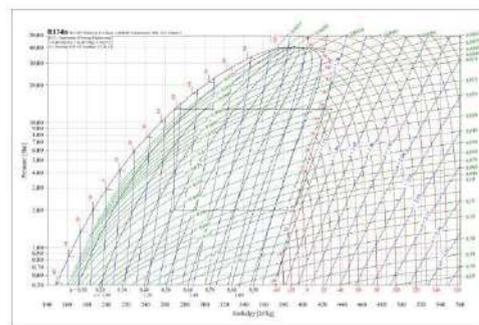
$$efisiensi = \frac{3,51}{4,78} = 73,34\%$$

#### 4.1 Pengolahan Data Mengalirkan Panas Kondenser ke Lingkungan

Tabel III. 2 Perolehan Data Panas Kondenser Dialirkan ke Lingkungan

Keterangan	Nilai	Satuan
------------	-------	--------

T Lingkungan	27,0	(°C)
T Kabin	1,0	(°C)
T Masuk Evaporator	-9,8	(°C)
T Keluar Evaporator	1,5	(°C)
T Masuk Kondenser	49,2	(°C)
T Keluar Kondenser	36,1	(°C)
T Suction	12,7	(°C)
T Discharge	49,4	(°C)
Tekanan Suction	2,0	Barabs
Tekanan Discharge	13,0	Barabs
Tegangan	1,2	Amper e



Gambar III. 8 Plot Diagram Ph

$$h_1 = 391,321 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_2 = 429,803 \text{ KJ/Kg}$$

$$h_3 \text{ \& } h_4 = 269,284 \text{ KJ/Kg}$$

$$COP \text{ aktual} = \frac{q_e}{q_w}$$

$$COP \text{ aktual} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$COP \text{ aktual} = \frac{391,321 - 269,287}{429,803 - 391,312} = 3,15$$

$$COP \text{ Carnot} = \frac{T \text{ Evaporasi}}{T \text{ Kondensasi} - T \text{ Evaporasi}}$$

$$COP \text{ Carnot} = \frac{263,35}{322,15 - 263,35}$$

$$COP \text{ Carnot} = 4,48$$

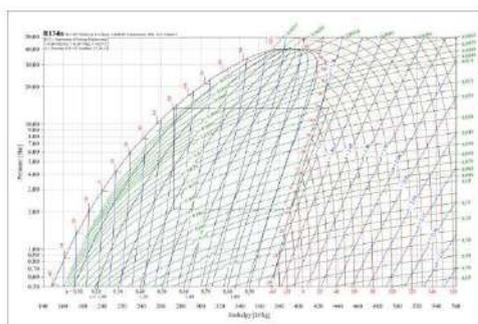
$$Efisiensi = \frac{COP \text{ aktual}}{COP \text{ Carnot}}$$

$$efisiensi = \frac{3,15}{4,48} = 70,50\%$$

#### 4.2 Pengolahan Data Mengalirkan Panas Kondenser ke Dalam Inkubator

Tabel III. 3 Perolehan Data Panas Kondenser Dialirkan ke Dalam Inkubator

Keterangan	Nilai	Satuan
T Lingkungan	23,3	(°C)
T Kabin	1,3	(°C)
T Masuk Evaporator	-9,3	(°C)
T Keluar Evaporator	-4,1	(°C)
T Masuk Kondenser	43,6	(°C)
T Keluar Kondenser	32,1	(°C)
T Suction	8,3	(°C)
T Discharge	51,0	(°C)
Tekanan Suction	2,5	Barabs
Tekanan Discharge	11,2	Barabs
Tegangan	1,41	Amper e



Gambar III. 9 Plot Diagram Ph

$$\begin{aligned}
 h1 &= 391,738 \text{ Kj/Kg} \\
 h2 &= 430,687 \text{ Kj/Kg} \\
 h3 \ \& \ h4 &= 272,980 \text{ Kj/Kg}
 \end{aligned}$$

$$COP \text{ aktual} = \frac{q_e}{q_w}$$

$$COP \text{ aktual} = \frac{h1-h4}{h2-h1}$$

$$COP \text{ aktual} = \frac{391,738-272,980}{430,687-391,738} = 3,04$$

$$COP \text{ Carnot} = \frac{T \text{ Evaporasi}}{T \text{ Kondensasi} - T \text{ Evaporasi}}$$

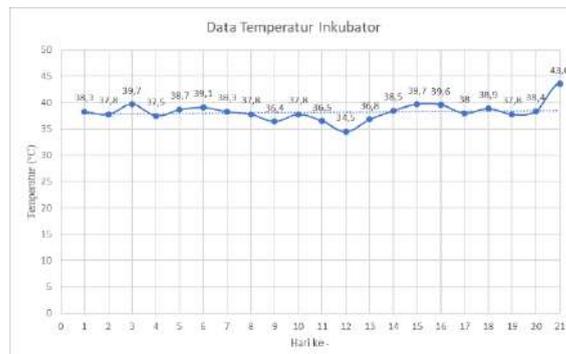
$$COP \text{ Carnot} = \frac{263,85}{324,15-263,85}$$

$$COP \text{ Carnot} = 4,38$$

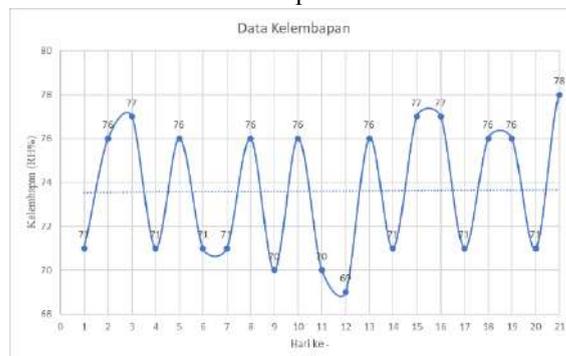
$$Efisiensi = \frac{COP \text{ aktual}}{COP \text{ Carnot}}$$

$$efisiensi = \frac{3,04}{4,38} = 69,68\%$$

#### 4.3 Pengolahan Data Mengalirkan Selama Masa Inkubasi



Gambar III. 10 Grafik Temperatur Inkubator



Gambar III. 11 Grafik Kelembapan Inkubator  
Perhitungan debit udara didapatkan dengan menghitung luas penampang dari kondenser dan kecepatan udara yang dialirkan oleh fan.

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Udara} &= \\
 A \text{ (m}^2\text{)} \times \text{Kecepatan Udara (m/s)} &=
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit Udara} &= 0,529 \text{ (m}^2\text{)} \times 7 \text{ (m/s)} = \\
 &0,3702 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengerjaan rancang bangun pemanfaatan panas kondenser sistem refrigerasi kompresi uap untuk pemanas inkubator penetas telur. Disimpulkan bahwa :

1. Beban pendinginan total pada kabin pendingin 214,5 Watt. Dengan demikian kompresor yang digunakan merek kulthorn tipe AE 1390Y kapasitas 240 Watt dengan alat ekspansi yang digunakan berdiameter dalam 0,31 inch dengan panjang 1440 mm.
2. Setelah hasil pengujian sistem saat panas kondenser dialirkan ke lingkungan dan pada saat panas kondenser dialirkan ke dalam inkubator, didapatkan :

- a) Nilai COP aktual yang didapatkan saat panas kondenser dialirkan ke lingkungan

senilai 3,15 dan pada saat panas kondenser dialirkan ke dalam inkubator senilai 3,04.

b) Nilai COP Carnot yang didapat saat panas kondenser dialirkan ke lingkungan adalah 4,48 sedangkan saat panas kondenser dialirkan ke inkubator senilai 4,38.

c) Efisiensi pada saat panas kondenser dialirkan ke lingkungan senilai 70,5 % dan pada saat panas kondenser dialirkan ke dalam inkubator senilai 69,68 %.

3. Temperatur pada inkubator selama masa inkubasi (21 hari) sudah tercapai dikisaran 38,5 °C.

4. 12 butir Telur fertile yang diinkubasi selama 21 hari mengalami kegagalan penetasan, hal ini terjadi karena adanya beberapa faktor :

a) Kelembapan (RH%) inkubator yang tidak dikondisikan atau sesuai dengan kebutuhan inkubator.

b) Kurangnya pemerataan temperatur pada inkubator sehingga menyebabkan ketidaksetabilan perkembangan telur pada masa inkubasi (21 hari).

#### **DAFTAR PUSTAKA**

ASHRAE. (2018). ASHRAE HANDBOOK REFRIGERATION. 2018 ASHRAE HANDBOOK.

Calvin, & Roberts, C. (2017). Incubation Handbook. *A Hobbyist' guide to hatching backyard poultry.*

D. A., F. L., & Zaenudin, M. (2020). PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT INKUBATOR BERBASIS ARDUINO.

Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2018). BUKU INFORMASI (Mengumpulkan dan Menyimpan Telur Tetas. Dossat, R. J. (1961). PRINCIPLES OF REFRIGERATION. *Smart Grid and Renewable Energy.*

Made Wirapartha, S. M., & MS, P. G. (2017). BAHAN AJAR MANAJEMEN PENETASAN.

Tanwiriah, W., Indrijani, H., & Sadid, S. I. (2016). FERTILITAS, DAYA TETAS, DAN BOBOT TETAS AYAM LOKAL JIMMY'S FARM CIPANAS KABUPATEN CIANJUR JAWA BARAT.

Wang, S. K. (2000). HANDBOOK OF AIR CONDITIONING AND REFRIGERATION. *The Evolution of Modern Office Buildings and Air Conditioning.*

Wiraprtha, M., & Ristina Dewi, G. A. (2017). BAHAN AJAR MANAJEMEN PENETASAN .