

## RANCANG BANGUN SIMULASI COLD STORAGE TYPE MULTY STAGE SEBAGAI MATERI PRAKTEK MAHASISWA PADA LAB REFRIGERASI TERAPAN

I Putu Sastra Negara<sup>1)</sup>, I Made Arsawan<sup>2)</sup>, I Wayan Adi Subagia<sup>3)</sup>, dan I Ketut Rimpung<sup>4)</sup>

<sup>1,2,3,4)</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung-Bali -80364  
E-Mail: putusastranegara@pnb.ac.id

### Abstract

*Cold storage is used to store groceries for a long period. Politeknik Negeri Bali through the Department of Mechanical Engineering; Refrigeration and Air Conditioning Mechanical Study Program are dedicated to develop it. However, this campus does not have a simulator for students' practice. It is still limited to operation, observation, and data collection, further investigation on other cases might lead to great risk and enhances the possibility of the cold storage to damage. Students should practice applying and analyzing various cases in multistage type cold storage, therefore a simulator is necessary. Its design is a prototype of the real one used in the industry. The simulator used for practice can simulate the problems occurred in the operation of the storage system. The compressor piston used has small capacity of 1/10 hp by using R134a, condenser and evaporator. All of them were adjusted with the pressure of work with coil fins table model, while the determination of capillary pipe as inter cooler and impact refriged constellation was based on DanCap software with the COP 2.2. The existence of this simulator will make the multistage type cold storage practice more effective and efficient.*

**Keywords:** *multistage cold storage simulator and applied refrigeration practice.*

### Abstrak

*Cold storage* dipergunakan sebagai tempat penyimpanan bahan makanan yang disimpan dalam jangka waktu cukup lama. Teknik Mesin lewat Prodi Teknik Pendingin dan Tata Udara belum memiliki simulator untuk praktek terapan mahasiswa pada pendidikan vokasi. Praktek refrigerasi hanya terbatas pada pengoperasian, pengamatan dan pengambilan data, karena jika digunakan untuk berbagai kasus beresiko *cold storage* lebih cepat rusak. Mahasiswa seharusnya mendapatkan praktek terapan berbagai kasus yang terjadi pada *cold storage type multy stage* sesuai tujuan pendidikan vokasi, sehingga sangat diperlukan sebuah simulator. Rancang bangun simulator *cold storage type multy stage* merupakan bentuk prototype dari *cold storage type multy stage* industri. Simulator ini akan digunakan untuk praktek dan diharapkan dapat mensimulasikan masalah-masalah yang terjadi pada pengoperasian sistem *cold storage type multy stage* sebenarnya. Kompresor torak yang dipakai kapasitas kecil 1/10 hp menggunakan R134a, kondensor dan evaporator disesuaikan berdasarkan tekanan kerja dengan model koil bersirip, sedangkan penentuan pipa kapiler sebagai inter cooler dan dampak refrigerasi berdasarkan aplikasi DanCap serta nilai COP nya 2,2 . Simulator ini diharapkan dapat meningkatkan standar kompetensi sehingga lebih efektif dan efisien dalam praktek refrigerasi terapan khususnya materi *cold storage type multy stage*.

**Kata kunci:** *Simulator cold storage type multy stage dan pratek refrigerasi terapan.*

## PENDAHULUAN

Politeknik Negeri Bali menerapkan pendidikan vokasi yang mengedepankan dukungan terhadap keunggulan pariwisata di dalam menghasilkan kelulusannya. Bali merupakan salah satu destinasi pariwisata dunia yang sudah sangat terkenal, sehingga dukungan dari pendidikan tinggi sangat diperlukan agar terus dapat meningkatkan kuantitas dan kualitas pariwisata ke depannya. Pendidikan Politeknik yang sejalan dengan kebutuhan tersebut telah pula menyiapkan tenaga yang profesional, salah satunya adalah dari jurusan Teknik Mesin melalui Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara. Mahasiswa yang telah lulus dari pendidikan Diploma 3 Program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara diharapkan akan sangat mampu mengatasi masalah terutama di divisi engineering khususnya yang berkaitan dengan masalah pendingin yang sangat banyak ditemukan di industri perhotelan.

Kunjungan wisatawan yang senantiasa meningkat ke Bali mengharuskan pula perangkat pariwisata dapat memberikan pelayanan terbaik kepada para wisatawan yang datang. Bali yang dikenal dengan iklim tropisnya sehingga sistem refrigerasi menjadi sangat penting baik yang dipergunakan untuk penyegaran udara, proses pendinginan dan proses pengawetan atau penyimpanan. Khususnya pada proses penyimpanan atau pengawetan bahan-bahan makanan dan minuman yang digunakan oleh hotel didalam melayani kebutuhan para wisatawan maka dibutuhkan sistem pendingin yang di kenal dengan *cold storage*. Sistem refrigerasi ini sangat penting karena dapat mempertahankan kesegaran makanan, minuman, olahan susu maupun obat-obatan dalam jangka waktu yang cukup lama sehingga di perlukan sistem refrigerasi yang dapat mencapai suhu dibawah 0°C, salah satu alat yang dapat mencapai suhu tersebut adalah *cold storage* dengan type *multystage*. *Cold storage multystage* merupakan *cold storage* yang menggunakan 2 kompresor yang dirangkai seri yang bertujuan untuk mendapatkan temperatur yang lebih rendah dibandingkan *cold storage* pada umumnya serta dapat menghemat energi yang digunakan.

*Cold storage multystage* yang berada di lab Refrigerasi Politeknik Negeri Bali hanya ada 1 dan membutuhkan tempat yang cukup besar karena *cold storage* yang digunakan sama dengan yang ada di industri kenyataannya. Kelemahan penggunaan *cold storage* yang ada sekarang dimana saat mahasiswa melakukan praktek hanya dapat melakukan pengoperasian, pengambilan data dan pengamatan saja namun tidak dapat

melakukan berbagai studi kasus yang terjadi pada operasional kenyataannya. Praktek mahasiswa terapan yang seharusnya menjadi tujuan utama dalam pendidikan vokasi tidak dapat dilaksanakan sehingga kompetensi mahasiswa Politeknik Negeri Bali khususnya program Studi Teknik Pendingin dan Tata Udara belum bisa dicapai dengan maksimal.

Didasari oleh kondisi tersebut maka simulasi *cold storage type multistage* di Lab Refrigerasi Politeknik Negeri Bali harus segera diadakan untuk dapat membantu mahasiswa mempelajari sistem *cold storage multystage secara* terapan dengan berbagai kasus yang mungkin terjadi didalam pengoperasiannya. Adapun permasalahan yang ingin dikaji adalah bagaimana COP simulasi *coldstorage multystage*

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sebuah simulasi *cold storage multistage* untuk dapat dijadikan materi praktek pada laboratorium refrigerasi terapan dan mengetahui unjuk kerja (COP) dari sitem yang dirancang.

## **METODE PENELITIAN**

### **Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang di lakukan yaitu rancang bangun simulasi *cold storage type multystage* yang meliputi perancangan komponen tekanan tinggi berupa 2 kompresor torak yang di rangkai seri, 1 kondensor dengan metode pendinginan *fan* untuk mengetahui temperatur udara yang keluar dari kondensor, pipa kapiler yang dibutuhkan pada tekanan medium maupun pada proses menuju tekanan rendah dan evaporator pada tekanan rendah di alat simulasi *cold storage* dengan sistem *multystage*.

### **Penentuan Sumber Data**

Pada penelitian ini data – data yang diperoleh dengan melakukan pengujian langsung pada simulasi *cold storage* dengan sistem *multystage*, data – data dapat diambil setelah sistem bekerja secara normal, pengambilan data akan dilakukan sebanyak 15 kali dengan selisih waktu yang diberikan 5 menit.

### **Sumber Daya Penelitian**

Adapun alat pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah simulasi *cold storage* dengan sistem *multistage* yang di rancang di Laboratorium Refrigerasi, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali dengan Spesifikasi sebagai berikut:

- a. Kompresor torak 2 buah, masing-masing 1/10 PK
- b. Kondensor dengan pendinginan fan

- c. Evaporator
- d. Pipa kapiler
- e. Refrigeran R 134A

### **Instrumen Penelitian**

Untuk membantu proses penelitian yang dilakukan, maka diperlukan sumber daya penelitian yang digunakan. Berikut merupakan sumber daya peralatan yang digunakan untuk melakukan penelitian

#### **1. Tang Ampere**

Tang Ampere atau dalam bahasa Inggrisnya disebut dengan *Clamp Meter* adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur arus listrik pada sebuah kabel konduktor yang dialiri arus listrik dengan menggunakan dua rahang penjepitnya (*Clamp*) tanpa harus memiliki kontak langsung dengan terminal listriknya. Pada umumnya, Tang Ampere (*Clamp Meter*) memiliki dua fungsi yaitu: sebagai pengukur arus listrik dan sebagai Multimeter. Jadi selain terdapat dua rahang penjepit, *Clamp Meter* juga memiliki dua probe yang dapat digunakan untuk mengukur Resistansi, Tegangan AC, Tegangan DC dan bahkan ada model tertentu yang dapat mengukur Frekuensi, Arus Listrik DC, Kapasitansi dan Suhu.

#### **2. Manifold Gauge**

*Manifold gauge* sangat besar fungsinya seperti pengisian refrigeran, memonitoring *pressure*, dan perbaikan yang melibatkan media pendingin yaitu refrigerant pada sistem refrigerasi. *Manifold* didesain dengan konstruksi standard sehingga mudah dipahami. Terdapat dua buah *gauge* untuk pengecekan sisi *suction* dan sisi *discharge*. Untuk *gauge* yang *low pressure* memiliki skala - 1 bar s/d 8,2 bar, Untuk *gauge* yang *high pressure* memiliki skala 0 bar s/d 34 bar.

#### **3. Thermocouple**

*Thermocouple* digunakan untuk mendeteksi atau menghitung temperatur melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek *thermo-electric*.

#### **4. Stop watch**

*Stop watch* digunakan untuk mengatur durasi waktu yang akan dilakukan pada saat pengujian pada sistem.

## Prosedur Penelitian

Proses pengambilan data pada sistem simulasi *cold storage multystage* dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian sebagai berikut:

### Langkah Persiapan

- a. Mempersiapkan alat ukur yang akan digunakan untuk melakukan pengambilan data dan pengecekan pada sistem.
- b. Pemasangan alat ukur *thermocouple*.
- c. Pemasangan alat ukur *manifold gauge*.
- d. Memastikan alat ukur terpasang dengan baik.
- e. Memastikan semua alat yang telah terpasang pada sistem berfungsi dengan baik.

### Langkah Pengambilan Data

Pengujian pada simulasi *cold storage* dengan sistem *multystage* dimana proses dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

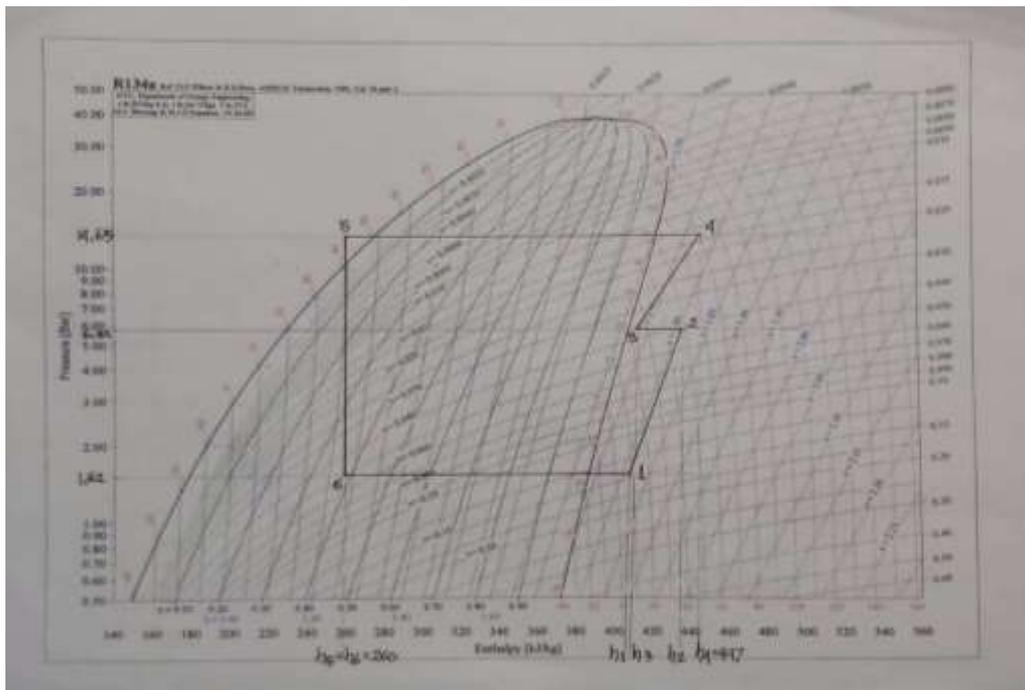
- a. Hidupkan mesin simulasi *cold storage multystage* dan pastikan sistem berjalan dengan normal dan biarkan sistem berjalan  $\pm 15$  menit.
- b. Setelah sistem berjalan dengan normal, catat hasil pengambilan data pada tekanan tinggi.
- c. Lakukan pengambilan data dengan selang waktu 5 menit, dan pencatatan dilakukan sebanyak 15 kali pengambilan.
- d. Setelah selesai melakukan pengambilan data, matikan sistem.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data hasil penelitian

Tabel 1  
Data Hasil Pengujian simulasi *cold storage* dengan sistem *multystage*

No.	Waktu (Menit)	TEMPERATUR (°C)					PRESSURE (psig)			A	V	
		T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T evap.	Pl	Pm			Ph
1	5	20.2	28.7	28.4	35.6	29.7	28	5	30	100	2.2	230
2	10	18.7	31.1	32.1	39.7	30.9	18.5	5	40	121	2.2	230
3	15	16.2	34.4	30.7	45.2	32.1	16	6	45	133	2.2	230
4	20	15.4	37.6	28.4	49.7	34.2	15.2	7	50	146	2.2	230
5	25	14.7	40.7	27.7	54.2	36.4	14.5	7	55	158	2.2	230
6	30	13.4	43.8	26.6	58.1	38.1	13.2	8	60	170	2.2	230
7	35	12.2	46.1	25.8	64.8	40.2	12	8	65	182	2.2	230
8	40	11.7	48.9	24.3	69.7	42.8	11.7	8	70	195	2.2	230
9	45	9.6	51.2	23.1	74.2	44.6	9.4	9	75	208	2.2	230
10	50	7.2	54.7	22.6	79.1	46.2	7	10	80	220	2.2	230
11	55	4.3	57.6	21.5	85.2	48.4	4.1	10	85	233	2.2	230
12	60	2.7	60.1	20.7	89.3	50.1	2.5	11	90	245	2.2	230
13	65	0.2	63.2	19.8	93.5	52.7	0.5	11	95	257	2.2	230
14	70	-2.7	66.7	18.4	98.7	54.6	-2.9	12	100	270	2.2	230
15	75	-4.4	69	17.7	102.4	56.5	-4.6	12	105	282	2.2	230
<b>Rata-rata</b>		9.3	48.9	24.5	69.3	42.5	9.7	8.6	69.7	194.7	2.2	230.0
<b>Pressure (Bar)</b>								1.61	5.82	14.44		



Gambar 1 Diagram Siklus simulasi *cold storage* dengan sistem *multystage*

### Unjuk Kerja Sitem

Dari gambar 1 didapatkan nilai dari  $h_1= 404$  Kj/Kg,  $h_2= 432$  Kj/Kg,  $h_3= 410$  Kj/Kg,  $h_4=447$  Kj/Kg dan  $h_5= h_6= 260$  Kj/Kg. Berdasarkan nilai entalpi tersebut maka nilai COP teoritis ditentukan dengan rumusan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \text{ER}/\text{Wk} \\ &= h_1-h_6/ (h_4-h_3)+ (h_2-h_1) \\ &= 404 - 260 / (447-410) + (432-404) \\ &= 2,22 \end{aligned}$$

Efek refrigerasi dari simulasi *cold storage* dengan sistem *multystage* mencapai 144 Kj/Kg dan Kerja kompresi dari simulasi *cold storage* dengan sistem *multystage* adalah 65 Kj/Kg. Unjuk kerja simulasi *cold storage* dengan sistem *multystage* dapat dilihat dari nilai COP dari hasil pengujian sistem nilai COP simulasi *cold storage* dengan sistem *multystage* mencapai 2,22.

### SIMPULAN

Unjuk kerja simulasi *cold storage* dengan sistem *multystage* ini mencapai 2,22, berarti simulasi *cold storage* dengan sistem *multystage* ini layak digunakan sebagai sarana praktek pada laboratorium refrigerasi terapan Program Studi TPTU Jurusan Teknik Mesin politeknik Negeri Bali dikarenakan dari salah satu parameter yang didapat yaitu nilai COP telah memenuhi standar katagori *cold storage*.

### DAFTAR PUSTAKA

- Asep Supriatna. (2010). *Keuntungan dan Kerugian Kompresor Torak*. [tptusmkn1cimahi.blogspot.com/2010/01/kompresor.html](http://tptusmkn1cimahi.blogspot.com/2010/01/kompresor.html). Diakses pada tanggal 25 Januari 2020.
- Calm,J.M. (2012). Options and Outloc for Chiler Frefrigernts. *International Jurnal Of Refrigeration*.
- Chaiwongsa, Praitoon., Wongwises, Somchai. (2007). "Experimental study on R-134a refrigeration system using a two-phase ejector as an expansion device". *International Journal of Refrigeration*.
- Febri Amandani. (2013). *Kompresor Reciprocating Multistage*. <https://id.scribd.com/doc/179610930/Kompresor-Multi-Stage>. Diakses pada tanggal 25 Januari 2020
- Indartono (2015). Perkembangan Terkini Teknologi Refrigerasi URL:<http://www.beritaiptek.com>

Jahar Sakar. (2010). *Layout And P-H Diagram Of Two-Stage CO<sub>2</sub> System*. [https://www.researchgate.net/figure/Layout-and-p-h-diagram-of-two-stage-CO-2-system-with\\_fig3\\_215549766](https://www.researchgate.net/figure/Layout-and-p-h-diagram-of-two-stage-CO-2-system-with_fig3_215549766). Diakses pada tanggal 2 Januari 2020.

Sam. (2009). *Multistage Refrigeration Systems*. <http://www.refrigeratordiagrams.com/refrigeration-systems-and-applications/refrigeration-cycles-and-systems/multistage-refrigeration-systems.html>. Diakses pada tanggal 23 Januari 2020.

Yohanes Johan. (2017). *BAB II DASAR TEORI. 2.1 Cold Storage*. <https://docplayer.info/42116751-Bab-ii-dasar-teori-2-1-cold-storage.html>. Diakses pada tanggal 12 Januari 2020