

**RANCANG BANGUN ALAT PENDINGIN BEKU VAKUM**  
**(Uji Kinerja Alat Ditinjau dari Efisiensi Mesin Pendingin)**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat**  
**Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan (DIV)**  
**Pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknologi Kimia Industri**

**OLEH:**  
**RAHMAD FAJAR**  
**0616 4042 1630**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA**  
**PALEMBANG**  
**2020**

**LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

**RANCANG BANGUN ALAT PENERING BEKU VAKUM  
(UJI KINERJA ALAT DITINJAU DARI EFISIENSI MESIN PENDINGIN)**

OLEH:

**RAHMAD FAJAR  
061640421630**

**Palembang, September 2020**

**Menyetujui,  
Pembimbing I,**



**Ir. Fadarina, M.T.  
NIDN 0015035810**

**Pembimbing II,**



**Indah Purnamasari, S.T., M.Eng.  
NIDN 0027038701**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Kimia**



**Ir. Jaksen M. Amin, M.Si.  
NIP 196209041990031002**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
JURUSAN TEKNIK KIMIA**

Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139  
Telp. (0711) 353414, 116 Fax (0711) 355918


Website: [www.polisriwijaya.ac.id](http://www.polisriwijaya.ac.id) Email: [kimia@polisriwijaya.ac.id](mailto:kimia@polisriwijaya.ac.id)

**Telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji  
di Program Diploma IV – Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia  
Politeknik Negeri Sriwijaya  
pada tanggal 17 bulan September tahun 2020**

**Tim Penguji:**

**Tanda Tangan**

1. Dr. Ir. A. Husaini, M.T., C.EIA.  
NIDN 0009045907

(  )

2. Ir. Selastia Yulianti, M.Si.  
NIDN 0004076114

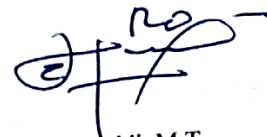
(  )

3. Idha Silviyati, S.T., M.T.  
NIDN 0029077504

(  )

Palembang, September 2020

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi  
DIV Teknologi Kimia Industri



Ir. Robert Junaidi, M.T.  
NIP 196607121993031003



## ABSTRAK

### **RANCANG BANGUN ALAT PENGERING BEKU VAKUM (Uji Kinerja Alat Ditinjau dari Efisiensi Mesin Pendingin)**

---

**(Rahmad Fajar 2020, 42 Halaman, 5 Tabel, 19 Gambar, 5 Lampiran)**

Pengeringan beku vakum adalah sebuah metode pengeringan yang dilakukan pada suhu rendah sehingga mengurangi adanya kerusakan produk akibat temperatur tinggi. Cabai merah mempunyai sifat yang sangat mudah rusak dan bersifat musiman, sehingga petani yang sudah menerapkan teknologi budidaya yang dianjurkan akan menghasilkan jumlah cabai yang banyak pada saat panen raya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun alat pengering beku vakum, mendapatkan kinerja dari alat ditinjau dari efisiensi mesin pendingin, dan mendapatkan cabai merah yang memenuhi standar kadar air berdasarkan SNI No.01-3389-1994. Parameter yang diukur untuk kinerja mesin pendingin meliputi waktu, temperatur inlet dan outlet evaporator serta temperatur inlet dan outlet kondenser. Sementara untuk pengeringan cabai merah parameter yang diukur adalah temperatur pengeringan dengan variasi 40°C, 45°C, 50°C, dan 55°C selama 13 jam. Berdasarkan hasil pengujian terhadap mesin pendingin, rata-rata dari COP aktual, COP Carnot, dan efisiensi refrigerasi secara berturut-turut adalah 3,33, 6,18, dan 53,71%. Cabai kering yang dihasilkan dari pengering beku vakum telah memenuhi kadar air yang sesuai dengan SNI No. 01-3389-1994, yaitu pada temperatur 50°C dan 55°C dengan kadar air 10,66% dan 9,50%. Perancangan alat pengering beku vakum ini memiliki kapasitas maksimal 6,52 L pada ruang pendingin dan 3 L pada ruang pemanas.

Kata kunci: pengering beku vakum, COP, cabai merah, refrigerasi

## **ABSTRACT**

### **DESIGN OF VACUUM FREEZE DRYER (Performance Test of Vacuum Freeze Dryer Based on Cooling Machine Efficiency)**

---

**(Rahmad Fajar 2020, 42 Halaman, 5 Tabel, 19 Gambar, 5 Lampiran)**

*Vacuum freeze drying is a drying method performed at low temperature, reducing product damage caused by high temperature. Red chilies are highly perishable and seasonal, so farmers who have applied the recommended cultivation technology will produce large quantities of chilies at harvest time. This study aimed to design a vacuum freeze dryer, obtained the performance of the dryer based on the efficiency of the cooling machine, and obtained red chilies that met the water content standards based on SNI No. 01-3389-1994. The parameters measured for the cooling machine performance including time, temperature of the evaporator inlet and outlet, temperature of the condenser inlet and outlet. For red chilies drying, the measured parameters were drying temperature with variations 40°C, 45°C, 50°C, and 55°C for 13 hours. Based on the test result, the design of this vacuum freeze dryer had a maximum capacity of 6.52 L for the cold room and 3 L for the heating room. The average of the actual COP, Carnot COP, and refrigeration efficiency were respectively 3.33, 6.18, and 53.71%. The dried chilies produced met the moisture content in accordance with SNI No. 01-3389-1994, namely at temperature 50°C and 55°C with water content of 10.66% and 9.50% respectively.*

*Key words: vacuum freeze drying, COP, red chilies, refrigeration*

## MOTTO

Everything has its own place and its own time.

Just do your best and put your trust in Allah.

(Rahmad Fajar)

Rather than stressing about things we cannot control, pray to The One in control and find relief.

(Dr. Bilal Philips)

Aku harus bisa bersyukur atas masa-masa sulit yang menimpaku, karena Allah memilihku, berarti Allah memandang aku cukup baik untuk melalui masa-masa itu.

(Nouman Ali Khan)

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul **"Rancang Bangun Alat Pengering Beku Vakum (Uji Kinerja Alat Ditinjau dari Efisiensi Mesin Pendingin)"**. Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan di Jurusan Teknik Kimia Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya.

Selama penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, penulis banyak menerima bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Dipl. Ing. Ahmad Taqwa, M. T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Carlos RS, S.T., M.T. selaku Pembantu Direktur I Politeknik Negeri Sriwijaya
3. Ir. Jaksen M. Amin, M.Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ahmad Zikri, S. T., M. T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Ir. Robert Junaidi, M. T., selaku Koordinator Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya.
6. Ir. Muhammad Taufik, M.Si. selaku Kepala Laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Ir. Fadarina, M.T., selaku Pembimbing I.
8. Indah Purnamasari, S.T., M.Eng., selaku Pembimbing II.
9. Aneasari Meidinariasty, B.Eng., M.Si., selaku Pembimbing Akademik kelas KIA Angkatan 2016 Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
10. Staf dosen dan staf administrasi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.

11. Seluruh kasi laboratorium dan teknisi laboratorium Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
12. Orang tua dan keluarga yang senantiasa mendoakan, memberikan dorongan serta motivasi.
13. Pak Widodo dan Kak Dedek yang telah membantu dalam pembuatan alat pengering beku vakum.
14. Bapak dan Ibu Nabila yang telah bersedia menyewakan ruko sebagai tempat penelitian.
15. Teman-teman satu perjuangan TA, Afrizal, Nabila, dan Shania yang telah membantu dan bahu-membahu selama penelitian berlangsung.
16. Sahabat tercinta Habib, Fadel, Azizah, dan Ulfa yang selalu membantu dalam keadaan susah maupun senang, yang saling mendukung, dan memberikan semangat.
17. Semen Padang Squad, Afrizal, Habib, Fadel, Azizah, Ulfa, Meri, Nining yang saling mendukung dan memberikan semangat.
18. Teman-teman di Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, khususnya teman-teman seperjuangan 8 KIA dan 8 KIB.
19. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan TA yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari Laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran pembaca untuk penyempurnaan laporan ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

Palembang, September 2020  
Penulis,

Rahmad Fajar



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian .....	3
1.4 Rumusan Masalah .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pengeringan .....	4
2.1.1 Konsep Dasar Pengeringan .....	4
2.1.2 Jenis – Jenis Alat Pengering.....	5
2.2 Pengeringan Beku.....	8
2.3 Termodinamika Sistem Refrigerasi Kompresi Uap .....	10
2.3.1 Siklus Refrigerasi Carnot .....	10
2.3.2 Komponen Sistem Refrigerasi Kompresi Uap .....	11
2.3.3 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Standar (Teoritis) .....	14
2.3.4 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Aktual .....	16
2.4 Analisis Termodinamika Sistem Refrigerasi Kompresi Uap .....	17
2.4.1 Persamaan Energi Aliran Steady .....	17
2.4.2 Laju Penyerapan Kalor di Evaporator .....	18
2.4.3 Laju Pelepasan Kalor di Kondenser .....	18
2.4.4 Daya Kompresor .....	19
2.4.5 <i>Coefficient of Performance</i> (COP).....	19
2.4.6 Diagram Tekanan-Entalpi .....	20
2.5 Cabai Merah .....	21
2.6 Genetron Properties .....	22
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Pendekatan Desain Fungsional.....	23
3.2 Pendekatan Desain Struktural .....	24

3.3	Pertimbangan Percobaan .....	26
3.3.1	Waktu dan Tempat .....	26
3.3.2	Alat dan Bahan .....	26
3.3.3	Perlakuan dan Analisis Statistik Sederhana .....	27
3.3.4	Prosedur Penelitian.....	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		
4.1	Hasil.....	31
4.2	Pembahasan .....	32
4.2.1	Pengaruh Temperatur Inlet Evaporator terhadap Efek Refregerasi ....	32
4.2.2	Pengaruh Temperatur Inlet Evaporator terhadap Kerja Kompresor....	33
4.2.3	Pengaruh Temperatur Inlet Evaporator terhadap COP Aktual.....	34
4.2.4	Pengaruh Waktu Pendinginan terhadap COP Aktual dan COP Carnot .....	34
4.2.5	Pengaruh Waktu Pendinginan terhadap Efisiensi Refrigerasi.....	35
4.2.5	Pengaruh Temperatur Pemanasan terhadap Kadar Air Cabai .....	36
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
5.1	Kesimpulan.....	38
5.2	Saran.....	38
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>39</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Perbedaan antara Pengeringan Biasa/Vakum dan Pengeringan Beku .....	10
2.2 Standar Mutu Cabai Kering Menurut SNI No. 01-3389-1994.....	22
4.1 Efek Refrigerasi dan Kinerja Kompresor di Berbagai Waktu Pendinginan .....	31
4.2 Kinerja Mesin Pendingin di Berbagai Waktu Pendinginan .....	31
4.3 Kadar Air Cabai Merah Sebelum dan Setelah Pengeringan .....	32

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 <i>Tray Dryer</i> .....	5
2.2 <i>Spray Dryer</i> .....	6
2.3 <i>Freeze Dryer</i> .....	7
2.4 <i>Rotary Dryer</i> .....	8
2.5 Diagram Fasa Air Murni pada Proses Sublimasi.....	9
2.6 Skema diagram: (a) mesin Carnot; (b) refrigerasi Carnot.....	11
2.7 Siklus Refregerasi Kompresi Uap Standar.....	14
2.8 Perbandingan Siklus Aktual dan Siklus Standar.....	16
2.9 Diagram P-h Sederhana pada Siklus Refrigerasi Kompresi Uap.....	21
2.10 Tampilan Halaman Awal pada Genetron Properties.....	22
3.1 Rancangan Alat Peningering Beku Vakum.....	24
3.2 Skema Sistem Refrigerasi Peningering Beku Vakum.....	25
3.3 Diagram Alir Perancangan dan Pengujian Alat Peningering Beku Vakum.....	30
4.1 Grafik Hubungan antara Efek Refrigerasi dan Temperatur Inlet Evaporator.....	32
4.2 Grafik Hubungan antara Kerja Kompresor dan Temperatur Inlet Evaporator....	33
4.3 Grafik Hubungan antara Temperatur Inlet Evaporator dan COP Aktual.....	34
4.4 Grafik Hubungan Waktu Pendinginan terhadap COP Carnot dan COP Aktual..	35
4.5 Grafik Hubungan antara Efisiensi Refrigerasi dan Waktu Pendinginan.....	36
4.6 Grafik Hubungan antara Kadar Air dan Temperatur Pemanasan.....	37

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Data.....	43
Lampiran B Perhitungan .....	45
Lampiran C Dokumentasi .....	57
Lampiran D Tabel Perhitungan.....	61
Lampiran E Surat Menyurat.....	66