

PERANCANGAN *COLD STORAGE*
UNTUK PENYIMPANAN OKRA BERKAPASITAS SATU TON
(Penelitian Terhadap Penanganan Hasil Okra di Kabupaten Kendal)

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir dan
Seminar Pendingin Dan Tata Udara (MRU 399)*



Oleh:
SLAMET RIYADI
046211

JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

2007

LEMBAR PENGESAHAN

SLAMET RIYADI
046211

PERANCANGAN *COLD STORAGE*
UNTUK PENYIMPANAN OKRA DENGAN KAPASITAS SATU TON

DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH PEMBIMBING:

Pembimbing,



Dr. Wahid Munawar, M.Pd.
NIP. 131 811 170

Mengetahui,
Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Mesin
FPTK UPI Bandung



Dr. Wahid Munawar, M.Pd.
NIP. 131 811 170



ABSTRAK

Slamet Riyadi Perancangan *Cold Storage* Untuk Penyimpanan Okra dengan kapasitas Satu Ton. (Penelitian Terhadap Penanganan Hasil Panen Okra di Kabupaten Kendal)

Penemuan mesin refrigrasi dan perkembangan teknologi di bidang pendinginan merintis jalan bagi pembuatan dan penggunaan mesin pengkondisian udara dan juga tempat penyimpanan produk bahan makanan. Dalam upaya mempertahankan kesegaran bahan makanan untuk digunakan dikemudian hari dengan mempertahankan sifat asli dari bahan makanan tersebut.

Sistem pendinginan dalam bentuk *cold storage* untuk mempertahankan kesegaran produk dirancang untuk memperoleh terjaganya temperatur, dan kelembaban udara. Keadaan tersebut sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan didalam ruangan penyimpanan. Bahan yang makanan yang akan disimpan merupakan produk hasil pertanian dari pembudidayaan tanaman okra yang akan dikirim kepasar luar negeri, khususnya ke negara Jepang. Untuk menjaga kualitas produk sebelum di ekspor, maka seharusnya produk tersebut dipertahankan mutu dan kualitasnya, agar harga tetap tinggi dengan kualifikasi yang telah ditetapkan dari pembeli.

Salah satu jenis mesin yang akan digunakan untuk perancangan *cold storage* ini adalah sistem pendinginan dengan sistem kompresi uap. Mesin kompresi uap ini terdiri dari beberapa komponen utama dalam sistem antara lain: kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator. Komponen tambahan dalam sistem diantaranya: *filter dryer, sigh glass, selenoid valve, themostats, HLP*. Komponen kelistrikan yang terdapat dalam sistem yaitu: kontaktor, saklar, sekering, lampu, *timer, door heater, humidifier, fan motor, defrost heater*. Perancangan pembuatan *cold storage* ini dikhususkan untuk penyimpanan buah okra dalam jangka waktu satu bulan.

Perancangan *cold storage* ini, direncanakan dibuat Desa Bulugede Kabupaten Kendal, yang temperaturnya 26 °C sampai 32 °C dengan kelembaban relatif 53 % hingga 90 %. Ukuran ruangan: Panjang = 17,36 ft atau 5,3 m, lebar = 7,52 ft atau 2,30 m, tinggi = 6,42 ft atau 2 m, dengan luas 132,04 ft² atau 12,3 m², volum ruangan sebesar = 838,11 ft³ atau 23,8 meter³.

Perolehan beban pengkondisian udara dilakukan setiap waktu saat mesin beroperasi, yaitu lamanya waktu mesin beroperasi dalam satu hari selama 18 jam. Beban panas yang harus ditanggulangi oleh mesin pendingin tersebut sebesar 20.069,56 Btu/hr atau 1,67 TR. Berdasarkan sumbernya beban pendinginan diperoleh dari beban produk, beban peralatan yang berada dalam ruangan serta beban pekerja dan pertukaran udara luar.

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perhitungan beban, maka *cold storage* yang dirancang menggunakan komponen utama untuk evaporator menggunakan *type K4L-120*. Kondensing unit jenis E-32, katup ekspansi jenis GVE-2-Z. Komponen tambahan yang diperlukan disesuaikan dengan spesifikasi dari penggunaan komponen utama. Penggunaan komponen harus sesuai dengan kapasitas yang diperlukan untuk pencapaian pendinginan maksimal.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala Rahmat, hidayah dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir ini dengan baik. Shalawat dan Salam semoga selalu tercurah kepada junjungan kita nabi agung Muhammad SAW hingga akhir jaman nanti.

Besar harapan penulis dapat memberikan yang terbaik bagi sumbangan pengetahuan di bidang teknik pengawetan bahan sayuran dan buah pada perancangan ini. Penyusunan tugas akhir yang penulis susun ini berjudul "**PERANCANGAN *COLD STORAGE* UNTUK PENYIMPANAN OKRA DENGAN KAPASITAS SATU TON**". Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada mata kuliah tugas akhir dan Seminar Pendingin di JPTM FPTK-UPI Bandung. Penulis berusaha semaksimal mungkin dalam menyusun tugas akhir ini, agar bisa membuat sebuah rancangan alat pendingin yang dapat memenuhi kriteria dan harapan yang diinginkan oleh masyarakat, khususnya para petani okra dalam upaya penyimpanan buah okra.

Pengerjaan tugas akhir yang penulis susun dapat terwujud dan terselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, terutama dari dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan dan pengarahannya. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan ucapan terima kasih yang tulus penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Drs. Sabri, selaku dekan JPTM - FPTK UPI Bandung.
2. Bapak Dr. Wahid Munawar, M. Pd., selaku ketua JPTM FPTK-UPI Bandung dan selaku dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Drs. Ricky Gumawan, MT., selaku koordinator program teknik mesin dan refrigrasi dan tata udara JPTM FPTK - UPI Bandung.
4. Kedua orang tua dan keluarga tercinta, atas segala do'a dan dukungannya
5. Seluruh dosen teknik refrigrasi dan tata udara JPTM - FPTK UPI.
6. Semua rekan mahasiswa D-3 RTU dari beasiswa dikmenjur dan diknas yang selalu ada dalam suka maupun duka, khususnya angkatan 2004.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Semua saran dan kritik yang bersifat membangun dari para pembaca sekalian sangat kami harapkan untuk perbaikan tugas akhir ini. Akhirnya penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan bagi para pembaca sekalian yang budiman pada umumnya. Dengan mengharap keridhoan-Nya semoga amal kebaikan yang diberikan kepada penulis mendapat imbalan yang berlipat ganda dari Allah SWT. *Amin ya robbal alamin.*

Bandung, Juni 2007

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak.....	i
Kata Pengantar.....	ii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel.....	xii
Daftar lampiran.....	xiv
Daftar Notasi.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Perumusan Masalah.....	6
1.5 Metodologi Penelitian	6
1.6 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	6
1.7 Sistematika Penulisan	7
BAB II KAJIAN PUSTAKA	9
2.1 Okra (<i>Abelmoscus Esculentus</i>)	10
2.1.1 Panen dan Pasca Panen	11
2.1.2 Kegunaan Okra	12

2.1.3	Deskripsi dan Taksonomi Okra	12
2.1.4	Komposisi Okra	13
2.2	Perubahan Buah Okra	14
2.3	Penyimpanan Pada Buah Okra.....	15
2.4	Tinjauan Umum Sistem Refrigerasi	17
2.4.1	Komponen Sistem Refrigerasi	20
2.4.1.1	Komponen yang dialiri bahan pendingin.....	20
2.4.1.2	Bahan Pendingin	27
2.4.1.3	Komponen kelistrikan	31
BAB III PERANCANGAN dan PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN.....		38
3.1	Data Perancangan	38
3.1.1	Karakteristik dan Kondisi Produk.....	38
3.1.2	Kondisi Udara Luar	40
3.1.3	Penggunaan Ruangan	40
3.1.4	Ukuran Ruangan dan Struktur Bangunan	40
3.1.5	Struktur Bahan Bangunan	41
3.1.5.1	Struktur Dinding	42
3.1.5.2	Struktur Atap.....	44
3.1.5.3	Struktur Lantai	44
3.1.5.4	Ukuran Pintu	45
3.2	Perhitungan Beban Pendinginan	47
3.2.1	Beban panas dari dinding	48

3.2.2	Beban Panas Produk	41
3.2.3	Beban Panas Respirasi	53
3.2.4	Beban Panas dari Pertukaran Udara.....	54
3.2.5	Beban panas dari Pekerja.....	54
3.2.6	Beban Panas Tambahan.....	55
3.2.6.1	Beban Panas Rak Penyimpanan.....	55
3.2.6.2	Beban panas <i>box</i>	58
3.2.6.3	Beban Panas dari Plastik.....	60
3.2.7	Beban Panas dari Peralatan Listrik	61
3.2.8	Rekapitulasi perolehan panas.....	65
BAB IV ANALISIS PERANCANGAN.....		67
4.1	Proses Siklus Carnot Negatif.....	67
4.2	Proses keliling kompresi uap	68
4.3	Perhitungan thermodinamika.....	70
4.3.1	Diagram P-H.....	71
4.3.2	Analisis Matematis.....	74
4.4	Analisa <i>psychrometric</i>	77
4.4.1	Penentuan kondisi sirkulasi udara.....	78
4.4.2	<i>Apparatus Dew Point</i> (ADP).....	79
4.4.3	Banyaknya udara <i>Supply</i> (<i>cfmsa</i>).....	79
4.4.4	Banyaknya Udara Return (<i>cfmra</i>).....	80

4.4.5	Temperatur Udara Campuran yang Melalui Koil (tedb).....	80
4.4.6	Temperatur Udara yang Meninggalkan Koil (tldb).....	81
4.4.7	Temperatur udara campuran meninggalkan koil pendingin.....	81
4.4.8	Kondisi udara <i>Supply</i> udara ke ruangan (tsa)	81
4.4.9	Perbedaan suhu udara ruangan dengan suhu udara <i>supply</i> (t diff).....	82
4.4.10	Banyaknya panas yang diserap koil pendingin.....	82
4.5	Pemilihan Komponen	83
4.5.1	Pemilihan Refrigeran	83
4.5.2	Pemilihan Komponen Utama Mesin Pendingin	85
4.5.2.1	Evaporator	85
4.5.2.2	Alat Pengatur Refrigeran	87
4.5.2.3	Pipa – Pipa Penghubung	88
4.5.2.4	Kondensing Unit	90
4.5.3	Pemilihan Komponen Tambahan Mesin Pendingin ...	91
4.5.3.1	<i>Filter Drier</i>	91
4.5.3.2	<i>Sight glass</i>	91
4.5.3.3	<i>Solenoid valve</i>	92
4.5.3.4	<i>Thermostat</i>	93
4.5.3.5	<i>High Low Pressure (HLP)</i>	94
4.5.3.6	<i>Heater</i>	95

4.5.3.7	<i>Door Heater</i>	95
4.5.3.8	<i>Humidifier</i>	95
4.6	Perancangan gambar rancangan.....	96
4.6.1	Analisis penempatan gambar	96
4.6.2	Gambar Rancangan Awal <i>Cold Storage</i>	96
4.6.3	Gambar Penginsulasian.....	97
4.6.4	Gambar Struktur Lantai, Struktur Dinding, Struktur Atap dan Struktur Pintu pada Bangunan.....	98
4.6.5	Gambar Penempatan Rak	99
4.6.6	Gambar Penempatan Komponen	100
4.6.7	Gambar Diagram Sistem Pemipaan <i>Cold Storage</i>	101
4.6.8	Gambar Diagram Kelistrikan <i>Cold Storage</i>	102
BAB V KESIMPULAN		103
5.1	Data – Data Perancangan	103
5.2	Data – Data Ruangan	103
5.2.1	Dimensi ruangan	103
5.2.2	Struktur Dinding.....	104
5.2.3	Struktur Atap.....	104
5.2.4	Struktur Lantai.....	104
5.2.5	Struktur Pintu.....	105
5.2.5.1	Ukuran Pintu	105
5.2.5.2	Struktur dan Ketebalan Pintu.....	105

5.3 Data Komponen Utama	105
5.3.1 Evaporator	105
5.3.2 Kondensing Unit	106
5.3.3 Katup Ekspansi.....	106
5.3.4 Pipa Penghubung.....	106
5.4 Data Komponen Tambahan	107
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN – LAMPIRAN	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar. 2.1 Buah Okra Muda	9
Gambar. 2.2 Buah Daun dan Bunga Okra.....	10
Gambar. 2.3 Polong dan Biji Okra.....	11
Gambar. 2.4 Pohon Okra.....	13
Gambar. 2.5 Siklus Refrigrasi	19
Gambar. 2.6 Sistem Kompresi Uap Atau <i>Vapour Compression Refrigeration System</i>	20
Gambar. 2.7 Kompresor Hermetik	21
Gambar. 2.8 Kompresor Semi Hermetik.....	22
Gambar. 2.9 Kondensor dengan Pendingin Udara.....	22
Gambar. 2.10 Kondensor dengan Pendingin Air	22
Gambar. 2.11 Kondensor dengan Pendingin Udara Air.....	23
Gambar. 2.12 <i>Filter-Dryer</i>	24
Gambar. 2.13 <i>Sight Glass</i>	25
Gambar. 2.14 <i>Thermal Expansion Valve</i>	25
Gambar. 2.15 Evaporator dengan Sirip-Sirip	27
Gambar. 2.16 R – 22	30
Gambar. 2.17 Saklar.....	31
Gambar. 2.18 Sekering.....	32
Gambar. 2.19 Kontaktor.....	32
Gambar. 2.20 Thermostat.....	33

Gambar. 2.21 Selenoid Valve.....	33
Gambar. 2.22 IILP	34
Gambar. 2.23 Timer	34
Gambar. 2.24 Evaporator Ventilator.....	34
Gambar. 2.25 Proses Humidifying	36
Gambar. 2.26 Skema Proses Humidifying pada Sistem cold storage	37
Gambar. 3.1 Tahap – Tahap Penanganan Buah Okra	39
Gambar. 3.2 Struktur Dinding	42
Gambar. 3.3 Struktur Atap	44
Gambar. 3.4 Struktur Lantai	45
Gambar. 3.5 Struktur Pintu	46
Gambar 4.1 Diagram Proses Keliling Kompresi Uap	69
Gambar 4.2 P – H Diagram.....	71
Gambar 4.3 Plot dari P – H Diagram R – 22	71
Gambar 4.4 Plot Diagram Psychrometric chart.....	83
Gambar 4.5 Refrigeran 22.....	85
Gambar 4.6 Evaporator Merk Searle.....	86
Gambar 4.7 Thermostatic Expansion valve.....	87
Gambar 4.8 Kondensing unit	90
Gambar 4.9 Filter Dryer Sealed Type.....	91
Gambar 4.10 Sigh Glass.....	92
Gambar 4.11 Katup Selenoid	93
Gambar 4.12 Thermostat.....	94

Gambar 4.13 <i>High Low Pressure</i>	94
Gambar 4.14 <i>Elektrode Humidifier Challenger M+</i>	96
Gambar 4.15 Ukuran Perancangan	97
Gambar 4.16 Gambar Perancangan.....	97
Gambar 4.17 Struktur Rancangan Bangunan Atap, Pintu Dan Lantai	98
Gambar 4.18 Struktur Rancangan Bangunan	98
Gambar 4.19 Struktur Rancangan Rak Pandangan Atas.....	99
Gambar 4.20 Struktur Rancangan Rak Pandangan Samping	99
Gambar 4.21 Penempatan Komponen.....	100
Gambar 4.22 Penempatan Komponen Komponen dan <i>Box</i>	100
Gambar 4.23 Diagram Sistem Pemipaan <i>Cold Storage</i>	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi Nutrisi Buah Okra 100 gram bahan	11
Tabel 3.1 Struktur dan Bahan Dinding.....	42
Tabel 3.2 Harga Faktor Konduktansi Bahan	43
Tabel 3.3 Struktur dan Bahan Atap.....	44
Tabel 3.4 Struktur dan Bahan Lantai	45
Tabel 3.5 Struktur dan Bahan Dinding.....	42
Tabel 3.6 Struktur dan Bahan Pintu	46
Tabel 3.7 Harga Faktor U Struktur Bangunan	50
Tabel 3.8 Radiasi Sinar Matahari.....	50
Tabel 3.9 Volum Rak Penyimpanan	47
Tabel 4.1 Data Komponen Sistem Refrigrasi.....	101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 3.1	Tabel konversi sistem Metrik - British	111
Lampiran 3.2	Tabel Konversi Sistem Metrik – Internasional – Britis	112
Lampiran 3.3	Tabel nilai <i>thermal conductivity</i> dari bahan bangunan untuk <i>cold storage</i>	113
Lampiran 3.4	Tabel nilai <i>Conductivities (K)</i> dan <i>Conductances (C)</i> dari bahan bangunan yang umum digunakan	114
Lampiran 3.5	Tabel <i>Allowance for Solar Radiation</i>	115
Lampiran 3.6	Tabel Faktor Insulasi Material	116
Lampiran 3.7	Tabel <i>Average Air Changes Per 24 Hours for Storage Room</i> <i>below 32°F due to Door Opening and Infiltration</i>	117
Lampiran 3.8	Tabel <i>BTU per Cubic Foot Removed in Cooling to storage</i> <i>Conditions below 30</i>	118
Lampiran 3.9	Tabel <i>Heat Equivalent of Occupancy</i>	118
Lampiran 3.10	Daftar Konduktans Kontak Beberapa Permukaan Khas.....	119
Lampiran 3.11	<i>Table Room Minus Coil Refrigerant Temperature Difference</i> <i>Which Will Produce The Humidity Indicated For Average</i> <i>Refrigerator Loads.</i>	119
Lampiran 3.12	Daftar <i>Specific heat of substances 0 -100°C</i>	120
Lampiran 3.13	Daftar <i>Densities of Various Substances</i>	120
Lampiran 3.14	Tabel <i>Design For Vegetable Storage</i>	121

Lampiran 3.15	Tabel <i>Reaction From Fruit And Vegetable</i>	122
Lampiran 3.16	<i>Psychrometric Formula</i>	123
Lampiran 3.17	Singkatan dan Simbol	124
Lampiran 3.18	<i>Apparatus Dew Point</i>	125
Lampiran 4.1	<i>P-H diagram R-22</i>	126
Lampiran 4.2	Tabel <i>Refrigerant 22 Saturation Properties</i>	127
Lampiran 4.3	Data spesifikasi pemilihan <i>unit cooler</i> merk Searle	128
Lampiran 4.4	Data spesifikasi pemilihan kondensing unit merk Bitzer	129
Lampiran 4.5	Data spesifikasi pemilihan TXV merk Sporlan	130
Lampiran 4.6	Data spesifikasi penentuan Diameter Pipa Hisap	131
Lampiran 4.7	Data spesifikasi penentuan Diameter Pipa Tekan	132
Lampiran 4.8	Data spesifikasi penentuan Diameter Pipa Cair.....	133
Lampiran 4.9	Data spesifikasi pemilihan <i>Filter Drier</i> merk Catch All	134
Lampiran 4.10	Data spesifikasi pemilihan <i>Sight Glass</i> merk Sporlan.....	135
Lampiran 4.11	Data spesifikasi pemilihan <i>Solenoid Valve</i> merk Sporlan	136
Lampiran 4.12	Data spesifikasi pemilihan <i>Thermostat</i> merk Ranco	137
Lampiran 4.13	Data spesifikasi pemilihan HLP merk Ranco	138
Lampiran 4.14	Surat Penunjukan Pembimbing Tugas Akhir	139
Lampiran 4.15	Daftar Bimbingan Tugas Akhir	140

DAFTAR NOTASI

- A = Luas permukaan [ft^2].
- ADP = Temperatur Permukaan Koil Pendingin [$^{\circ}\text{F}$]
- C = Nilai *conductance* [$\text{BTU/hr. ft}^2. ^{\circ}\text{F}$].
- c = Panas spesifik [$\text{BTU/lb}^{\circ}\text{F}$].
- Cfm = Jumlah udara [ft^3/menit].
- cfmsa = Banyaknya Udara *Supply* [ft^3/menit].
- COP = Koefisien Unjuk Kerja (*Coeffisien of performance*).
- DP = *Dew point*
- ERSH = Jumlah Panas Sensibel Ruangan [BTU/h]
- f_i = Konveksi lapisan udara bagian dalam, yang besarnya 1,65 [$\text{BTU/hr. ft}^2. ^{\circ}\text{F}$].
- f_o = Konveksi lapisan udara bagian luar, yang besarnya 4,0 [$\text{BTU/hr. ft}^2. ^{\circ}\text{F}$].
- GTH = Jumlah Total Panas Sensibel [BTU/h]
- H = Enthalpy [BTU/lb].
- k = Thermal conductivity [$\text{BTU.in/hr. ft}^2. ^{\circ}\text{F}$].
- $k_{1, 2, \dots, n}$ = Konduktivitas panas dari material [$\text{BTU.in/hr. ft}^2. ^{\circ}\text{F}$]
- M = Jumlah refrigeran yang harus dialirkan tiap jam [lb/Jam].
- m = Massa Produk [lb].
- mr = Banyaknya refrigeran [lb].
- Nt = Besarnya Daya Teoritis Kompresor [HP].
- P = Tekanan [Psia].
- Q = Jumlah panas yang dipindahkan [BTU/Jam].

- Q_e = Efek pendinginan tiap jam [BTU/Jam].
 q_c = Panas yang dibuang oleh kondensor [BTU/lb].
 RE = Efek pendinginan (*Refrigeration Effect*) [BTU/lb].
 RH = Relative humidity [%]
 RSH = *Room Sensible Heat* [BTU/h]
 TR = Beban pendingin dalam TR (*Ton of Refrigerant*).
 t_1 = Temperatur *cold storage* [°F].
 t_2 = Temperatur awal [°F].
 t_{db} = Temperatur Udara Campuran [° F]
 U = Angka koefisien perpindahan panas [BTU/Jam/°F/ft²].
 V_g = Spesifik volum R 502 pada temperatur penguapan = 1,1925 [cu.ft/lb].
 V_1 = Besar *Theoretical Piston Displacement* [cu.ft].
 W = Berat kantong plastik [lb].
 $Watt$ = Daya lampu yang digunakan [Watt].
 w_i = Panas refrigeran akibat kompresi [BTU/lb].
 w = Berat udara supply [lb/ h]
 Δt = Perbedaan temperatur [°F].
 \emptyset = Diameter [Inch].
 ρ = spesifik udara [lb/ ft³]