UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

Halaman

Kata Pengantar iv
Daftar Isi vi
Daftar Simbol xii
Daftar Gambar xiv
Daftar Tabel xvi
Daftar Lampiran xvii
Intisari xviii

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Pengertian *Cold Storage* 1
1.2.1 *Cold Storage* untuk Produk Daging. 2
1.2.1.1 Ruang Pendinginan Awal (*Precooling*) 2
1.2.1.2 Ruang Pembekuan *(Freezer)* 3
1.2.2 Metoda Pembekuan 5
1.3 Dasar Teori 5
1.3.1 Refrigerasi 5
1.3.2 Penerapan Hukum Termodinamika I dan II pada Mesin Pendingin. 6
1.3.3 Koefisien Unjuk Kerja. 9
1.3.4 Sifat Termodinamika 9
1.3.4.1 Temperatur 10
1.3.4.2 Tekanan. 10
1.3.4.3 Rapat Massa dan Volume Spesifik 11
1.3.4.4 Kalor spesifik 11

Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1.3.4.5 Entalpi 11
1.3.4.6 Entropi 11
1.3.5 Perpindahan Kalor 12
1.3.5.1 Konduksi 12
1.3.5.2 Konveksi 13
1.3.5.3 Radiasi 13
1.4 Siklus Kompresi Uap 14
1.4.4 Siklus Carnot menggunakan Refrigeran uap 14
1.4.5 Modifikasi Terhadap Siklus Carnot 16
1.4.6 Siklus Kompresi Uap 17
1.4.7 Siklus Kompresi Uap yang Sebenarnya 19
1.4.8 Sistem Pendingin dengan Siklus Kompresi Uap 20

BAB II PERANCANGAN 22
2.1 Latar Belakang Perancangan 22
2.2 Perancangan Konstruksi Bangunan *Cold Storage* 23
2.2.1 Perancangan Dinding, Atap dan Lantai 24
2.2.2 Perancangan Pintu 25
2.3 Perancangan Sistem Refrigerasi 26
2.3.1 Sistem Evaporator Ganda 26
2.3.2 Temperatur evaporator 27
2.3.3 Temperatur Kondenser 29
2. 3.3 Pemilihan Refrigeran 29

BAB III PERHITUNGAN BEBAN PENDINGINAN
3.1 Beban Transmisi *(transmission load)* 35
3.1.1 Perhitungan Beban Transmisi
untuk Ruang Pendinginan Awal. 37
3.1.2 Perhitungan Beban Transmisi
untuk Ruang Pembekuan *(Freezer)* 39
3.2 Beban produk *(product load)* 41

Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3 Beban Infiltrasi Udara (*Infiltration Air Load)* 45

3.4 Beban Internal *(internal load)* 52

3.5 Beban Pendinginan Total 55

BAB IV ANALISIS SIKLUS REFRIGERASI 57

BAB V EVAPORATOR

5.1 Jenis-Jenis Evaporator 64

5.2 Perancangan Evaporator 66

5.3 Perancangan Evaporator untuk Ruang Pendinginan Awal (*Precooling*) 71

5.3.1 Koefisien Perpindahan Kalor Sisi Udara 71

5.3.2 Effisiensi Fin 73

5.3.3 Koefisien Perpindahan Kalor Sisi Refrigeran 75

5.3.4 Besarnya Koefisien Perpindahan Kalor Overall 77

5.3.5 Beda Temperatur Logaritmik 78

5.3.6 Luas Perpindahan Kalor Total 80

5.3.7 Menentukan jumlah baris *tube* yang dibutuhkan 80

5.3.8 Menentukan Panjang Pipa 82

5.3.9 *Pressure Drop* pada Sisi Udara 84

5.3.10 *Pressure Drop* Sisi Refrigeran 89

5.3.11 *Pressure Drop* Pada *Header* 91

5.3.12 Tinjauan Kekuatan Pipa 92

5.3.13 Perancangan Fan Evaporator 93

5.4 Perancangan Evaporator untuk Ruang Pembekuan (*Freezer*) 95

5.4.1 Koefisien Perpindahan Panas Sisi Udara 96

5.4.2 Effisiensi Fin 97

5.4.3 Koefisien Perpindahan Kalor Sisi Refrigeran 98

5.4.4 Besarnya Koefisien Perpindahan Panas *Overall* 99

5.4.5 Beda Temperatur Logaritmik 100

Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.4.6 Luas Perpindahan Panas Total 101
5.4.7 Menentukan jumlah baris *tube* yang dibutuhkan 101
5.4.8 Menentukan Panjang Pipa 103
5.4.9 *Pressure Drop* pada Sisi Udara 104
5.4.10 *Pressure Drop* Sisi Refrigeran 108
5.4.11 *Pressure Drop* Pada Header 109
5.4.12 Tinjauan Kekuatan Pipa 110
5.4.13 Perancananan Fan Evaporator 110

BAB VI KONDENSER 113
6.1 Perancangan Kondenser 113
6.2 Koefisien Perpindahan Kalor Sisi Udara 118
6.3 Effisiensi Fin 120
6.4 Koefisien Perpindahan Kalor Sisi Refrigeran 122
6.5 Besarnya Koefisien Perpindahan Kalor *Overall* 124
6.6 Beda Temperatur Logaritmik 125
6.7 Luas Perpindahan Kalor Total 127
6.8 Menentukan jumlah baris *tube* yang dibutuhkan 127
6.9 Menentukan Panjang Pipa 129
6.10 *Pressure Drop* pada Sisi Udara 131
6.11 *Pressure Drop* Sisi Refrigeran. 136
6.12 *Pressure Drop* Pada *Header* 138
6. 13 Tinjauan Kekuatan Pipa 139
6.14 Perancangan Fan Kondensor 140

BAB VII KOMPRESOR 143
7.1 Efisiensi Volumetris 145
7.2 Efisiensi Volumetris Menyeluruh (*Overall Volumetric Efficiency*) 146
7.3 Dimensi Utama Kompresor Torak 147
7.4 Silinder Kompresor 149
7.4.1 Panjang Silinder 150

Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7.4.2 Tebal Kepala Silinder 151
7.4.3 Baut Pengikat Kepala Silinder 152
7.5 Perancangan Torak 152
7.5.1 Diameter dan Panjang Torak 153
7.5.2 Batang Torak 155
7.6 Cincin Torak 157
7.7 Pena Torak 159
7.8 Katup 161
7.8.1 Perancangan katup isap 161
7.8.2 Perancangan katup buang 163
7.9 Poros Engkol 167
7.9 1 Momen yang terjadi pada poros 168
7.9.2 Daya pada poros 168
7.9.3 Torsi pada poros 169
7.9.4 Diameter minimum pada poros 169
7.10 Motor Penggerak 170

BAB VIII ALAT-ALAT KONTROL DAN PERLENGKAPAN PADA SISTEM REFRIGERASI 171
8.1 Alat Kontrol Aliran (Katup Ekspansi) 171
8.1.1 Pemilihan katup ekspansi untuk ruang Pendinginan awal. ...172
8.1.2 Pemilihan katup ekspansi untuk ruang Pembekuan. 172
8.2 Katup Solenoid 173
8.3 *Back Pressure Valve* 174
8.4 Alat Bantu 175
8.4.1 Sight Glass 175
8.4.2 Filter Drier 176
8.4.3 Pengendali Tekanan (HLP) 177
8.4.4 Termostat Ruang 178
8.4.5 Akumulator 179
8.4.6 *Liquid Receiver* 180

Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

8.4.7 *Check Valve* 181
8.4.8 *Shut off Valve* 181
8.5 Pecairan Bunga Es (*Defrosting*) 182
8.6 Pipa Refrigeran 185
8.7 Perawatan 186

IX KESIMPULAN 189
9.1 Kondisi Ruangan. 189
9.2 Beban Pendinginan Total 189
9.3 Analisis Siklus Refrigerasi 190
9.4 Evaporator 190
9.4.1 Evaporator untuk Ruang Pendinginan awal 190
9.4.2 Evaporator untuk Ruang Pembekuan 191
9.5 Kondenser 192
9.6 Kompresor 193
9.7 Katup Ekspansi 193
9.7.1 Katup Ekspansi untuk Evaporator Ruang Pendinginan awal ...194
9.7.2 Katup Ekspansi untuk Evaporator Ruang Pembekuan 194
DAFTAR PUSTAKA.
LAMPIRAN.

DAFTAR SIMBOL
Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/
UNIVERSITAS
GADJAH MADA

A	luas penampang, m^2
a	tebal batang torak, mm
a_b	Luas aliran gas buang, m^2
A_i	luas *tube* sebelah dalam, m^2
A_f	luas fin persatuan panjang, m^2/m
A_o	luas permukaan *tube* polos, m^2/m
A_s	Luas aliran udara, m^2
A_T	luas permukaan total, m^2
b	tebal alur ring, mm
b	jumlah baris pipa
C	tambahan tebal yang diijinkan, mm
C	derajat celcius, °C
C_o	konstanta *Grimison*
c_l	kalor spesifik produk di atas titik beku, kJ/kg ° C
c_p	kalor spesifik pada tekanan tetap, kJ/kg ° C
COP	(*Coefficient of Performance*)
C_m	kecepatan piston, m/s
C_{mb}	kecepatan torak rata-rata, cm/s
c_v	spesifik pada volume tetap, kJ/kg °C
D	diameter silinder, mm
d_e	diameter ekuivalen, mm
d_{kb}	diameter katup buang, mm
D_t	faktor waktu bukaan pintu *(doorway open time factor)*, t
D_f	faktor aliran pintu *(doorway flow factor)*, t
d_f	diameter *fin root* ,mm
d_o	diameter luar bagian yang rata, mm
d_{fo}	diameter luar fin, mm
d_r	diameter *fin root*, mm
d_i	diameter dalam , mm
D_o	diameter minimum baut, mm
D_{ev}	diameter ekuivalen volumetris,mm
E	*effectveness* untuk pengaman bukan pintu
E	Modulus elastisitas bahan, untuk besi tuang, kg/cm^2
F	gaya maksimum pada batang, kg
F	derajat Fahrenheit, °F
f	koefisien gesekan
F_t	Gaya normal, kg
fi	koeffisien perpindahan panas konveksi dinding bagian dalam $W/(m^2.K)$.
f_o	tegangan yang diijinkan, kg/cm^2
fo	koeffisien perpindahan panas konveksi dinding bagian luar $W/(m^2.K)$.
Fm	faktor densitas
F_i	faktor pengotoran sisi refrigeran, m^2 °C/W
F_o	faktor pengotoran sisi udara, m^2 °C/W
FA	luas bidang muka, m^2
G_{max}	*maximum mass flow velocity*,kg/m.s
G_s	laju aliran massa udara persatuan luas, $lb/hr\ ft^2$
g	konstanta gravitasi, m/s^2
h	entalpi , kJ/kg
h	koefisien konveksi, $W/m^2 K$
h_{if}	kalor laten campuran dari produk,kJ/kg
H	tinggi pintu,m
h_i	koefisien perpindahan kalor rata-rata sisi refrigeran, $W/m^2 K$
h_o	koefisien perpindahan kalor rata-rata sisi udara berdasarkan luasan dalam pipa (h_{fo}), $W/m^2 K$
i	jumlah silinder
K	derajat Kelvin, K
k	daya hantar (konduktivitas) termal, kJ/m K
K_i	keliling *tube* sebelah dalam, mm
K_m	faktor koreksi terhadap momen
K_t	faktor koreksi terhadap torsi
L	panjang, m
l_f	tinggi fin,m
L_i	panjang pipa tiap lintasan, m
L	Stroke, m
L	panjang langkah torak, m
L_t	panjang torak, m
L_{bt}	Panjang batang torak, m
m	massa produk, kg
n	jumlah baris, buah
N_f	jumlah fin per-meter, m^{-1}
N_v	jumlah pipa dalam arah vertikal
N	jumlah putaran permenit (rpm)
P	jumlah pintu.

DAFTAR SIMBOL
Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/
UNIVERSITAS
GADJAH MADA

P	panjang penampang, m
P	tekanan, N/m^2
P_d	tekanan buang (*discharge*), N/m^2
P_s	tekanan isap (*suction*), N/m^2
P_d	Daya pada poros, HP
Pr	bilangan Prandlt
P_{st}	Tekanan spesifik torak, N/m^2
Q	perpindahan kalor, W
Q_k	kalor yang dibuang kondensor, W
Q_o	kalor yang diserap evaporator, W
Q_p	panas yang dibuang tiap pipa perdetik, J/s
q_o	Effek Refrigerasi, W
q_k	Panas yang dilepas kondenser, W
R	jari-jari luar fin, m
R	jari-jari dalam *tube*,m
r	ratio kompresi
Re	bilangan Reynolds
S	entropi, kJ/kg K
S	spesifik gravitasi
Ss	jarak horizontal antara titik pusat keliling *tube*, mm
S	tegangan bahan yang diijinkan, kg/cm^2
S_T	*pitch* , ft
S_L	*pitch*, ft
T_k	Temperatur kondenser, °C
T_o	Temperatur evapotor, °C
T_s	temperatur permukaan, °C
T_f	temperatur fluida, °C
t	tebal silinder, mm
t_k	tebal kepala silinder, mm
t_{kt}	tebal torak, mm
t_f	tebal fin, mm
Δt_m	beda termperatur rata-rata logaritmis (LMTD), °C
Δt	beda suhu, °C
u_∞	kecepatan bidang, m/s
U	koefisien perpindahan kalor, $W/(m^2 K)$
u_{max}	kecepatan maksimum,m/s

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram mesin kalor..... 7
Gambar 1.2 Diagram mesin pendingin 8
Gambar 1. 3 Siklus Carnot dengan uap sebagai refrigeran..... .15
Gambar 1. 4 Proses komprresi basah dan proses kompresi kering ..... .16
Gambar 1. 5 Siklus kompresi uap pada diagram T – s.....18
Gambar 1. 6 Siklus sebenarnya pada diagram p – h..... 19
Gambar 1. 7 Diagram sistem pendingin dengan siklus kompresi uap..... 21
Gambar (2.1) Konstruksi Dinding , Atap dan Lantai.....24
Gambar (2.2) Konstruksi pintu.....25
Gambar (2.3) Sistem dengan dua evaporator dan satu kompresor, dengan katup ekspansi untuk masing-masing evaporator.....27
Gambar (2.5) Pola perbandingan PT diagram 34
Gambar (4.1) Sistem refrigerasi dengan dua evaporator dan satu *condensing unit* dengan katup ekspansi untuk masing-masing evaporator..... 57
Gambar (4.2) Siklus termodinamika untuk sistem refrigerasi gambar (4.1)..... 59
Gambar (4.3) Diagram P-h Rossy 22.....61
Gambar (5.1) Tube dengan fin 68
Gambar (5.2) Susunan tube evaporator 69
Gambar (6.1) Tube dengan fin 115
Gambar (6.2) Susunan tube evaporator 116
Gambar (8.1) Katup ekspansi Termostatik.....171
Gambar (8.2) Katup Solenoid.....174
Gambar (8.3) *Back-pressure Valve*.....175
Gambar (8.4) Sight glass produksi DANFOSS.....176
Gambar (8.5) Filter Drier.....177
Gambar (8.6) Temostat Mekanik.....179
Gambar (8.7) Akumulator.....180
Gambar (8.8) Liquid Receiver.....180
Gambar (8.9) *Check Valve*.....181

Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar (8.10) *Shut-off Valve*.....182

Gambar (8.11) *Hot-gas defrost-multiple evaporator System*.....183

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel (2.1) Desain Beda Temperatur *(Evaporator Design TD)*.....28
Tabel (2.2) Parameter Lingkungan Refrigeran.....32
Tabel (2.3) Sifat Fisika dan Thermodinamika.....34
Tabel (2.4) Perbandingan Kinerja.....34
Tabel 3.1 Beban Pendinginan Total.....55

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Perancangan Cold Storage Untuk Produk Daging
Asep Dedih , Dr. Ir. Suhanan, DEA.
Universitas Gadjah Mada, 2002 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : *Table Thermal Conductivity of Material.*

Lampiran 2 : *Table Storage Requitments & Properties of Perishable Products*

Lampiran 3 : *Table Heat Equivalent to Occupancy.*

Lampiran 4 : *Table Heat Equivalent of Electric Motor.*

Lampiran 5 : *Table ThermodynamicProperties of Moist Air.*

Lampiran 6 : *Table Physical Properties o f Air*

Lampiran 7 : *Table Physical Properties o f Refrigeran Rossy-22*

Lampiran 8 : Diagram P-h Rossy-22.

Lampiran 9 : Effisiensi Mekanik Kompresor.

Lampiran 10 : Harga Koefesien k_1 dan k_2

Lampiran 11 : *Tube-Side Friction Factors*

Lampiran 12 : *Conversion Factors*

Lampiran 13 : Spesifikasi Data Teknis Komponen-Komponen Refrigerasi