

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	ii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	iii
<b>NASKAH SOAL TUGAS AKHIR</b>	iv
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	v
<b>INTISARI</b>	vi
<b>KATA PENGANTAR</b>	vii
<b>DAFTAR ISI</b>	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	xv
<b>DAFTAR TABEL</b>	xvii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	xviii
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b>	xx

## BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penulisan	4
1.4.1. Tujuan Umum	4
1.4.2. Tujuan Khusus	4
1.5. Metode Penulisan	4
1.6. Manfaat Penulisan	5

## BAB II TINJAUAN MASALAH

2.1. Teori Dasar Mesin Refrigerasi	6
2.1.1. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	7



2.2. Cold Storage Tembakau	10
2.2.1. Perancangan Dimensi Ruang Cold Storage	11
2.2.2. Menentukan Tebal Pelat untuk Konstruksi Lantai, Dinding dan Langit-langit	17

### **BAB III BEBAN PENDINGINAN**

3.1. Kondisi Perencanaan Cold Storage	38
3.2. Perhitungan Beban Pendinginan	41
3.2.1. Transmisi Panas Melalui Dinding, Langit-langit dan Lantai	41
3.2.2. Beban Oleh Panas Sensibel daun Tembakau	71
3.2.3. Beban Oleh Panas Pekerja	74
3.2.4. Beban Panas Oleh Lampu Penerangan	75
3.2.5. Beban Infiltrasi Udara	76
3.2.6. Beban Panas Motor <i>Fan</i> Evaporator	79
3.2.7. Beban Pendinginan Total	79
3.3. Analisa Psikrometris Sistem Refrigerasi	80
3.3.1. <i>Room Sensible Heat Factor</i> (RSHF)	81
3.3.2. Kondisi Udara pada Evaporator	82
3.3.3. Laju Aliran Udara Suplai	84
3.3.4. <i>Bypass Factor</i>	85
3.3.5. Kapasitas Koil Pendingin ( <i>cooling coil</i> )	86

### **BAB IV REFRIGERAN DAN ANALISA SISTEM REFRIGERASI**

4.1. Refrigeran	87
4.1.1. Persyaratan Refrigeran	87
4.1.2. Jenis-jenis Refrigeran	90
4.1.3. Pemilihan Refrigeran	95
4.2. Analisa Sistem Refrigerasi	95
4.2.1. Parameter-parameter Perencanaan Sistem Refrigerasi	97



## BAB V EVAPORATOR

5.1. Pengelompokkan Evaporator	110
5.2. Perpindahan Panas pada Fin	111
5.3. Pemilihan dan Geometri Evaporator	113
5.3.1. Pemilihan Evaporator dan Dimensi serta Material Komponen-komponennya	113
5.3.2. Pengaturan dan Perhitungan Geometri Evaporator	115
5.4. Pengecekan Kekuatan Pipa Evaporator	116
5.5. Perpindahan Panas pada Evaporator	117
5.5.1. Perpindahan Panas dari Udara ke Permukaan Luar Pipa dan Fin	117
5.5.2. Perpindahan Panas dari Pipa-pipa Evaporator ke Refrigeran	123
5.5.3. Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan pada Pipa-pipa Evaporator	125
5.6. Dimensi Evaporator Hasil Rancangan	126
5.7. Penurunan Tekanan dalam Evaporator	128
5.7.1. Penurunan Tekanan pada Aliran Udara	128
5.7.2. Penurunan Tekanan pada Aliran Refrigeran	129
5.8. Perencanaan <i>Fan</i> Evaporator	132
5.8.1. Rugi-rugi Tekanan Udara yang Diatasi <i>Fan</i>	132
5.8.2. Motor <i>Fan</i>	134
5.8.3. Dimensi Ruang untuk <i>Fan</i>	135

## BAB VI KOMPRESOR

6.1. Jenis-jenis Kompresor	136
6.2. Pemilihan Kompresor	140
6.3. Prinsip Kerja Kompresor Torak	142
6.4. Kompresor Tekanan Rendah	144
6.4.1. Perhitungan Dimensi Utama	144
6.4.2. Daya Poros dan Daya Motor	148



6.5.	Kompresor Tekanan Tinggi	150
6.5.1.	Perhitungan Dimensi Utama	150
6.5.2.	Daya Poros dan Daya Motor	152
6.6.	Pelumasan Kompresor	153
6.6.1.	Sistem Pelumasan	153
6.6.2.	Jenis Pelumas	154

## **BAB VII KONDENSOR**

7.1.	Pengelompokkan Kondensor	156
7.2.	Pemilihan dan Geometri Kondensor	156
7.2.1.	Pemilihan Kondensor dan Dimensi dan Material Komponen-komponennya	156
7.2.2.	Pengaturan dan Perhitungan Geometri Kondensor	157
7.3.	Pengecekan Kekuatan Pipa Kondensor	160
7.4.	Kapasitas Kondensor	161
7.5.	Perpindahan Panas pada Kondensor	162
7.5.1.	Perpindahan Panas dari Refrigeran ke Pipa-pipa Kondensor	162
7.5.2.	Perpindahan Panas dari Pipa dan Fin ke Udara	163
7.5.3.	Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan pada Pipa-pipa Kondensor	168
7.6.	Dimensi Kondensor Hasil Rancangan	169
7.7.	Penurunan Tekanan pada Kondensor	171
7.7.1.	Penurunan Tekanan pada Aliran Udara	171
7.7.2.	Penurunan Tekanan pada Aliran Refrigeran	172
7.8.	Perencanaan <i>Fan</i> Kondensor	175
7.8.1.	Rugi-rugi Tekanan Udara dan Kerja Motor <i>Fan</i>	176
7.8.2.	Dimensi Ruang untuk <i>Fan</i>	179

## **BAB VIII REGENERATIVE HEAT EXCHANGER**

8.1. Pemilihan Dimensi dan Bahan Konstruksi <i>Heat Exchanger</i>	181
8.2. Pengecekan Kekuatan Pipa <i>Tube</i> dan Pipa <i>Shell</i>	182
8.2.1. Tebal Minimum Dinding <i>Tube</i>	182
8.2.2. Tebal Minimum Dinding <i>Shell</i>	182
8.3. Beda Temperatur Logaritmik	184
8.4. Perpindahan Panas pada <i>Heat Exchanger</i>	187
8.4.1. Perpindahan Panas dari Refrigeran ke Permukaan Dalam dari <i>Tube</i>	187
8.4.2. Perpindahan Panas dari <i>Tube</i> ke Refrigeran Dalam Annulus	189
8.4.3. Analisa Fin pada <i>Tube</i>	192
8.4.4. Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan Antar Aliran Refrigeran	195
8.5. Panjang <i>Heat Exchanger</i>	196
8.6. Penurunan Tekanan Aliran Refrigeran Dalam <i>Heat Exchanger</i>	197
8.6.1. Penurunan Tekanan pada Aliran Refrigeran Dalam <i>Tube</i>	197
8.6.2. Penurunan Tekanan pada Aliran Refrigeran Dalam Annulus	199

## **BAB IX KATUP EKSPANSI DAN ALAT-ALAT PENDUKUNG DAN PENGONTROL SISTEM**

9.1. Katup Ekspansi	201
9.1.1. Macam Katup Ekspansi	202
9.1.2. Pemilihan Katup Untuk Proses Ekspansi Tingkat II	205
9.1.3. Pemilihan Katup Untuk Proses Ekspansi Tingkat I	207
9.1. Alat-alat Pendukung	208
9.2.1. <i>Oil Separator</i>	208
9.2.2. <i>Filter Drier</i>	209
9.2.3. Motor Listrik Kompresor	209
9.3. Alat-alat Pengontrol Lainnya	210



9.3.2. Kontrol Motor Listrik dan Termostat	211
9.3.3. Motor Listrik Kompresor	209

## **BAB X PENUTUP**

10.1. Analisa Kerja Alat	212
10.2. Perawatan Komponen-komponen Sistem Refrigerasi	214
10.3. <i>Defrosting</i>	215
10.4. Kesimpulan	217

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Diagram Kompresi Uap	8
Gambar 2.2.	Daun Tembakau yang Sebagian Telah Dimakan Ulat	11
Gambar 2.3.	Contoh Daun Tembakau Sebelum Panen	13
Gambar 2.4.	Bak Untuk 5 Kg Daun Tembakau Kering	13
Gambar 2.5.	Pandangan Samping Bak Daun Tembakau	14
Gambar 2.6.	Skema Penempatan Rak dan Celah Aliran Udara	17
Gambar 2.7.	Dimensi dan Susunan Slab-slab pada Lantai	19
Gambar 2.8.	Skema Posisi Kritis Kaki Rak pada Lantai	20
Gambar 2.9.	Gaya-gaya Tekanan Kaki-kaki Rak dan Koordinatnya pada Slab Lantai	21
Gambar 2.10.	Koordinat Titik-titik Kritis pada Slab Oleh Beban Pekerja dan Bawaannya	23
Gambar 2.11.	Diagram Benda Bebas Untuk <i>Simply Supported Plate</i> yang Menerima Gaya Terpusat ( $F_5$ )	24
Gambar 2.12.	Sisi-sisi yang Dapat Mengalami Tekuk pada Slab Lantai	34
Gambar 2.13.	Hubungan Antara $a/b$ , $m$ , dan $k$	35
Gambar 2.14.	Rangka Batang Untuk Slab	36
Gambar 3.1.	Dimensi Cold Storage	40
Gambar 3.2.	Skema Perpindahan Panas Melalui Bahan-bahan Slab	42
Gambar 3.3.	Diagram Psikrometrik Perubahan Keadaan Udara Infiltrasi	78
Gambar 3.4.	Penggambaran Proses Pengkondisian Udara pada Diagram Psikrometrik	83
Gambar 3.5.	Penggambaran Arah Proses Pengkondisian Udara	86
Gambar 4.1.	Komponen-komponen Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	95
Gambar 4.2.	Daur Sistem Refrigerasi Kompresi Uap dan Penggambarannya pada Diagram P-h Berdasarkan Siklus Ideal	96
Gambar 4.3.	Skema Sistem Refrigerasi Kompresi Uap Dua Tingkat	99



Gambar 4.4.	Proses Pendinginan Ruangan Cold Storage pada Diagram P-h Refrigeran	101
Gambar 4.5.	Diagram P-h R – 134A	109
Gambar 5.1.	Geometri Susunan Pipa-pipa Evaporator	115
Gambar 5.2.	Konstruksi dan Dimensi <i>Fan</i>	133
Gambar 5.3.	Skema Penempatan <i>Fan</i> pada Evaporator	135
Gambar 6.1.	Kompresor Torak	137
Gambar 6.2.	Kompresor <i>Scroll</i>	137
Gambar 6.3.	Kompresor Sekrup	137
Gambar 6.4.	Kompresor Sentrifugal	138
Gambar 6.5.	Pemakaian Berbagai Jenis Kompresor Berdasarkan Perbandingan Tekanan dan Laju Aliran Fluida	141
Gambar 6.6.	Prinsip Kerja Kompresor Torak pada Diagram P-v	143
Gambar 7.1.	Geometri Susunan Pipa-pipa Kondensor	158
Gambar 7.2.	Konstruksi dan Dimensi <i>Fan</i>	177
Gambar 7.3.	Skema Penempatan <i>Fan</i> pada Kondensor	179
Gambar 8.1.	<i>Heat Exchanger</i> Aliran Paralel	185
Gambar 8.2.	<i>Heat Exchanger</i> Aliran Berlawanan Arah	186
Gambar 9.1.	Katup Ekspansi Manual	202
Gambar 9.2.	Instalasi <i>Thermostatic Expansion Valve</i> pada Sistem Refrigerasi	203
Gambar 9.3.	Katup Ekspansi Tekanan Konstan	204
Gambar 9.4.	Skema Kerja <i>TXV</i>	206
Gambar 9.6.	Saklar Pemutus Tekanan	210



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Beban Maksimum pada Tinggi Pengangkatan Tertentu	12
Tabel 2.2. Susunan Tinggi Rak	16
Tabel 2.3. Baja AISI 304 L	19
Tabel 2.4. Hasil Perhitungan Momen-momen Oleh $F_2$	30
Tabel 2.5. Hasil Perhitungan Momen-momen Oleh $F_1$	30
Tabel 2.6. Hasil Perhitungan Momen-momen Oleh $F_3$	31
Tabel 2.7. Hasil Perhitungan Momen-momen Oleh $F_4$	31
Tabel 2.8. Hasil Perhitungan Momen-momen Oleh $F_5$	32
Tabel 2.9. Resultan Momen Akibat Pembebanan Bersamaan	33
Tabel 3.1. Data Perencanaan	40
Tabel 3.2. Bahan Penyusun Dinding, Lantai dan Langit-langit	41
Tabel 3.3. Hasil Iterasi Temperatur Permukaan Dinding	49
Tabel 3.4. Material Dinding Ruang Produksi	50
Tabel 3.5. Hasil Iterasi Temperatur Dinding Luar Bangunan dan Dinding Dalam Cold Storage	56
Tabel 3.6. Hasil Iterasi Temperatur Permukaan Atas dan Bawah Langit-langit	64
Tabel 3.7. Hasil Iterasi Temperatur Permukaan Lantai	70
Tabel 3.8. Data Termodinamis Daun Tembakau	72
Tabel 3.9. Beban-beban Pendinginan	80
Tabel 4.1. Jenis dan Penggunaan Refrigeran	92
Tabel 4.2. Perbandingan R-134A Terhadap R-404A dan R-507	94



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	<i>Materials Physical Properties</i>	222
Lampiran 2	Dimensi Standar Pelat	222
Lampiran 3	<i>Steel Bars - Dimensions and Weight</i>	223
Lampiran 4	<i>ASTM Mechanical Properties</i>	224
Lampiran 5	<i>Maximum Allowable Stress Values (ksi) for Plates</i>	225
Lampiran 6	Data Klimatologi Yogyakarta	226
Lampiran 7	<i>Air Physical Properties</i>	228
Lampiran 8	Beda Suhu Untuk Beban Pendinginan (CLTD) Untuk Dinding yang Terkena Cahaya Matahari	229
Lampiran 9	<i>Thermal Properties of Typical Building and Insulating Materials – Design Values</i>	231
Lampiran 10	<i>Physical Properties of Nonmetals</i>	233
Lampiran 11	<i>Minimum Insulation Thickness</i>	234
Lampiran 12	<i>Heat Equivalent to Occupancy</i>	234
Lampiran 13	Jumlah Kalor Sensibel, Kalor Laten dari Orang dan Faktor Kelompok	235
Lampiran 14	<i>Average Air Infiltration Rates in L/s Due to Door Openings</i>	236
Lampiran 15	<i>Heat Equivalent of Electrics Motors</i>	236
Lampiran 16	Tabel <i>Appratus Dew Points</i>	237
Lampiran 17	<i>R-134A Physical Properties</i>	239
Lampiran 18	<i>Properties of 134A – Saturated Liquid and Vapor in SI Units</i>	240
Lampiran 19	<i>Refrigerant 134A – Properties of Saturated Liquid Saturated Vapor</i>	243
Lampiran 20	<i>Refrigerant 134A – Properties of Superheated Vapor</i>	244
Lampiran 21	<i>Geometry of Finned Tubes</i>	247
Lampiran 22	<i>Tube Pitch Arrangements</i>	247
Lampiran 23	<i>Katalog H/F Trufin Tube</i>	248



Lampiran 25	<i>Correction Factors <math>c_1</math></i>	251
Lampiran 26	<i>Heat Rejection Factors</i>	251
Lampiran 27	<i>Thermophysical Properties of Selected Metallics Solids</i>	252
Lampiran 28	<i>Unit Fouling Resistance <math>F</math></i>	253
Lampiran 29	<i>Square-Shaped Axial Ventilators</i>	254
Lampiran 30	<i>Cilindrical Shaped Axial Ventilators</i>	255
Lampiran 31	<i>Plenum Dimentions</i>	256
Lampiran 32	<i>Tabel 1/1 Double Pipe Units Dimensuins</i>	257
Lampiran 33	<i>Tabel Longitudinally Finned Tube Surface Area</i>	257
Lampiran 34	<i>AEG Electrics Motors – 4 Poles</i>	258
Lampiran 35	<i>AEG Electrics Motors – 6 Poles</i>	259
Lampiran 36	<i>Thermostatic Expansion Valve – B5 Series</i>	260
Lampiran 37	<i>Katalog High-side Float Valve with Flash Tank Applicaton</i>	262
Lampiran 38	<i>Katalog Filter – Drier</i>	263
Lampiran 39	Gambar-gambar Evaporator yang melayani Cold Storage	264
Lampiran 40	Gambar Cold Storage milik KP4 UGM	264
Lampiran 41	Gambar Kompresor Torak <i>Hermetic</i>	265



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- A = Luas permukaan ( $m^2$ )
- a = Eksponen perhitungan faktor gesekan pada permukaan pipa.
- a = Panjang bentangan pelat (m).
- b = Lebar bentangan pelat (m).
- B, C = Lambang dimensi *fan* dan motornya (mm).
- BF = *Bypass Factor*.
- c = Konstanta perhitungan koefisien konveksi.
- CLTD = *Cooling Load Temperature Difference* ( $^{\circ}C$ ).
- COP = *Coefficient of Performance*.
- Cp = Panas jenis daun tembakau kering ( $kJ/kg.^{\circ}K$ ).
- C<sub>m</sub> = Kecepatan piston rata-rata (m/s).
- cmm = *Cubic Metre per Minute* ( $m^3$ /menit).
- D = Diameter piston (m).
- D = Kekuatan lentur pelat (*Flexural Rigidity*).
- d = Diameter (mm).
- E = Modulus Elastisitas material (GPa).
- F = Beban/ gaya (N).
- FA = *Face Area* ( $m^2$ ).
- f = Faktor gesek aliran refrigeran dengan permukaan pipa.
- G = Kecepatan aliran massa ( $kg/m^2.s$ ).
- g = Percepatan gravitasi bumi ( $m/s^2$ )
- H = Jarak antara *impeller fan* dengan susunan pipa-pipa (mm).
- H = Tinggi (m).
- h = Entalpi (kJ/kg).
- h = Koefisien konveksi ( $W/m^2.^{\circ}C$ ).
- h = Panas jenis material (J/Kg.K).
- HB = Kekerasan Brinell (*Brinell Hardness*).
- HE = Heat Equivalent(Watt).



- HP = *Horse Power* (hp).
- K = Keliling penampang (m).
- K = Konstanta *plennum losses* pada instalasi *fan*.
- k = Konduktivitas termal bahan (W/m .°C)
- L = Lebar (m).
- L = Panjang permukaan perpindahan panas (m).
- M = Momen lentur murni (Nm).
- m = Eksponen politropis.
- m = Massa (kg).
- m = Koefisien analisa tekuk pada pelat.
- m = Laju aliran massa (kg/s).
- N = Jumlah.
- N = Putaran poros engkol (rpm).
- n = Jumlah pipa dalam satu lintasan aliran.
- N<sub>f</sub> = Jumlah fin (fin/m).
- Nu = *Nusselt Number*
- P = Daya (kW).
- P = Gaya/ beban yang dialami pelat (N).
- P = Keliling permukaan (m).
- P = Panjang (m).
- P = Tekanan (kPa).
- Pr = *Prandtl Number* .
- Q = Besar panas (W).
- Q = Laju aliran/ debit (m<sup>3</sup>/s)
- R = Tahanan termal (m<sup>2</sup> °C/W).
- R = *Refrigerant*.
- r = *Ratio*.
- Ra = *Rayleigh Number*.



- RH = *Relative Humidity* (%).
- RLH = *Room Latent Heat* (Watt).
- RPK = Rasio Pelepasan Kalor.
- RSH = *Room Sensible Heat* (Watt).
- RSHF = *Room Sensible Heat Factor*.
- RTH = *Room Total Heat* (Watt).
- S = Jarak antar fin (mm).
- S = Tegangan ijin material pipa/ *tube* (psi).
- S = *Tube pitch* (mm).
- s = Entropi (kJ/kg.K).
- s = *Spesific gravity* refrigeran.
- Shp = *Shaft horse power*/ daya poros (kW).
- T = Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ ).
- t = Tebal (m).
- t = Waktu (s).
- U = Koefisien perpindahan panas keseluruhan ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- UTS = *Ultimate Tensile Strength* (MPa).
- v = Kecepatan (m/s).
- W = Gaya berat (kgf).
- w = Lenturan murni (mm).
- x = Titik koordinat kerja momen pada pelat, searah sumbu 'x'.
- y = Titik koordinat kerja momen pada pelat, searah sumbu 'y'.
- $\Delta P$  = Penurunan Tekanan (kPa).
- $\Delta T$  = Beda temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $\beta$  = Balikan besaran temperatur film ( $\text{K}^{-1}$ ).
- $\theta$  = *Satisfactory ratio*, yaitu perbandingan antara panjang langkah torak
- $\varepsilon$  = Rasio antara volume sisa (*clearance volume*) dengan volume langkah piston (%).
- $\gamma$  = Eksponen adiabatik.
- $\eta$  = Effisiensi (%).



- $\eta$  = Titik koordinat beban pada pelat, searah sumbu 'y'.
- $\phi$  = Faktor koreksi viskositas refrigeran.
- $\mu$  = Viskositas dinamis (kg/m.s).
- $\nu$  = Viskositas kinematis (m<sup>2</sup>/s).
- $\nu$  = Volume spesifik refrigeran (m<sup>3</sup>/kg).
- $\theta$  = Sudut dispersi maksimum aliran udara dari ujung-ujung *impeller fan*.
- $\rho$  = Massa jenis (kg/m<sup>3</sup>).
- $\sigma$  = Tegangan tarik (MPa).
- $\nu$  = *Poisson ratio*.
- $\omega$  = Kelembaban absolut udara ( kg<sub>uap air</sub>/kg<sub>udara kering</sub>).
- $\xi$  = Titik koordinat beban pada pelat, searah sumbu 'x'.  
dengan besarnya diameter silinder.



### *Subscript*

ad	=	adiabatis
b	=	<i>bulk mean</i>
adp	=	apparatus dew point
anl	=	<i>annulus</i>
C	=	kondensor
c	=	<i>correction</i>
c	=	<i>clearance</i>
cs	=	Cold Storage
D	=	Diagonal
D	=	dinding
d	=	<i>discharge</i>
e	=	ekivalen
e	=	evaporator
f	=	<i>fan</i>
f	=	fin
f	=	kondisi cair jenuh, lapisan film
fg	=	berproses antara cair dan uap
g	=	kondisi uap jenuh
HE	=	<i>Heat Exchanger</i>
i	=	lingkungan dalam ruangan
i	=	<i>intermediate</i>
ii	=	laten infiltrasi udara.
imp	=	<i>impeller</i>
ins	=	insulasi
is	=	sensibel infiltrasi udara.
k	=	kompresor
L	=	keseluruhan panjang
L	=	Longitudinal



<i>l</i>	= laten
<i>m</i>	= mekanis, <i>mean</i> (rata-rata)
<i>maks</i>	= maksimum
<i>o</i>	= lingkungan luar, permukaan luar, mula-mula.
<i>oad</i>	= <i>overall adiabatic</i>
<i>ov</i>	= <i>overall volumetric</i>
<i>p</i>	= pelat
<i>p</i>	= <i>pressure</i>
<i>p</i>	= <i>plenum</i>
<i>pl</i>	= panas laten
<i>ps</i>	= panas sensibel
<i>r</i>	= <i>root</i> (kaki)
<i>r,e</i>	= refrigeran dalam evaporator
<i>r,s</i>	= kondisi termodinamis dan fisis refrigeran pada temperatur surface
<i>s</i>	= permukaan, sensibel
<i>s</i>	= <i>suction</i>
<i>sa</i>	= udara suplai
<i>sp</i>	= susunan pipa
<i>T</i>	= Transversal
<i>t</i>	= total
<i>u</i>	= udara
<i>u</i>	= <i>unfinned surface</i>
<i>ua</i>	= uap air
<i>uk</i>	= udara kering
<i>v</i>	= volumetris
<i>x,y</i>	= Titik koordinat kerja momen.
<i>y</i>	= luluh
$\infty$	= udara bebas
<i>p</i>	= pipa