KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul : *Perancangan Menara Pendingin Berkapasitas 300 TR Tipe Aliran Berlawanan.* Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memenuhi persyaratan kurikulum pada Fakultas Teknik Institut Sains dan Teknologi Nasional dalam menempuh gelar sarjana.

Penulis menyadari akan akan segala keterbatasan dalam penyajian Tugas Akhir ini, oleh karena itu penulis mengharap kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak, Ibunda, dan Siti Choiriyah tecinta, serta Rizki dan Naufal tersayang yang telah memberikan banyak dukungan baik dalam moril maupun spirituil.
2. Ir. Yuriadi Kusuma,M.Sc, yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing penyusunan tugas akhir ini.
3. Para Dosen yang telah memberi bekal ilmu pengetahuan tanpa adanya suatu bentuk pamrih.
4. PT. SUMCO Indonesia, Catur P, Saefudin dan rekan-rekan , serta semua pihak yang telah membantu terselesainya Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

ABSTRAKSI

Pada unit pendingin yang berkapasitas besar, biasanya menggunakan kondensor dengan pendinginan air. Hal ini disebabkan karena air mempunyai konduktivitas termal yang tinggi selain juga karena faktor ekonomis. Untuk itu diperlukan alat bantu sirkulasi air yang disebut Menara Pendingin (Cooling Tower). Alat ini berfungsi untuk mendinginkan air panas yang berasal dari kondensor unit pendingin dan mensirkulasikan kembali air ke kondensor.

Ada dua metode analisa terhadap kondisi termal menara pendingin, yaitu analisa perpindahan panas dan massa serta analisa kesetimbangan energi (kalor). Dengan melakukan dua hal tersebut akan didapatkan nilai karakteristik menara pendingin, yaitu acuan dasar dalam merencanakan bagian-bagian menara pendingin seperti *packing*, *lover* dan *drift eleininator*. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya nilai karekateristik menara pendingin antara lain temperatur air masuk ($T_{i,\ in}$), temperatur air keluar ($T_{l,\ out}$), temperatur web bulb (T_{wb}) dan laju aliran volume air (L).

Dalam pelaksanaannya menara pendingin ini digunakan untuk melayani unit pendingin di pabrik, dimana terdapat keterbatasan tempat dan persediaan air. Untuk itu pemilihan terhadap type dari menara pendingin yang akan digunakan dengan mempertimbangkan beban pendinginan akan menentukan tingkat keefesienan dari sistem tersebut.

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....i

Pengesahan Dosen.....ii

Lembar pernyataan.....iii

Kata Pengantar.....iv

Abstraksi v

Daftar Isi vi

Daftar Gambar.....x

Daftar Tabel.....xii

Daftar Lampiran.....xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....1

1.2 Pembatasan Masalah.....2

1.3 Maksud dan Tujuan.....3

1.4 Metodologi Penelitian.....3

1.5 Sistematika Penulisan.....4

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Tipe Sistem Pendinginan Air.....6

2.2 Menara Pendingin (Cooling Tower).....8

2.2.1 Klasifikasi Menara Pendingin..... 12

2.2.1.1 *Atmospheric Cooling Tower* 13

2.2.1.2 *Natural Draft Cooling Tower..... 13*

2.2.1.3 *Mechanical Draft Cooling Tower.....14*

2.2.2 Spesifikasi Menara Pendingin Aliran Berlawanan.....17

2.2.2.1 Sistem Distribusi Air Panas.....17

2.2.2.2 *Packing* (*Fill*).....18

2.2.2.3 *Drift Eliminator..... 20*

2.2.2.4 *Louver.....21*

2.2.3 Analisa Menara Pendingin Aliran Berlawanan... 22

2.2.3.1 Analisa Perpindahan Panas dan Massa.....22

2.2.3.2 Analisa Kesetimbangan Kalor (Energi).....25

2.2.4 Nilai Karakteristik Menara Pendingin..... 27

2.2.5 Analisa Make Up Water.....32

2.2.5.1 Kehilangan Air karena Evaporasi.....33

2.2.5.2 Kehilangan Air karena Drift..... 34

2.2.5.3 Kehilangan Air karena Blow Dow.....34

BAB III ANALISA PERHITUNGAN PERANCANGAN..... 35

3.1 Perhitungan Beban Panas dan Kebutuahan Air Pendingin Pada Kondensor Unit Pendingin..... 35

3.1.1 Kondisi Proses.....36

3.1.2 Perhitungan Beban Panas Pada Kondensor.....38

3.1.3 Perhitungan Kebutuhan Air Pada Kondensor.....40

3.2 Analisa Perencanaan Menara Pendingin Aliran Berlawanan.....41

3.2.1 Data-data Perancangan.....42

3.2.2 Perhitungan Nilai Karakteristik Menara Pendingin.

3.2.2.1 Perhitungan dengan Metode Numerik... 43

3.2.2.2 Perhitungan dengan Metode Steven 46

3.2.3 Perancangan Fill (*Packing*) dan Tinggi *Packed* Menara.....48

3.2.3.1 Jumlah *Packing*..... *48*

3.2.3.2 Tinggi *Packed* Menara Pendingin.....49

3.2.4 Penentuan Luasan Dasar 50

3.2.5 Perhitungan Kerugian Tekanan (*Pressure Drop*)... 51

3.2.5.1 *Pressure Drop* pada *Packing* *51*

3.2.5.2 *Pressure Drop* pada *Drift Eliminator*..... *52*

3.2.5.3 *Pressure Drop* pada *Louver*..... *53*

3.2.6 Perhitungan Daya dan Diameter Fan..... 55

3.2.6.1 Daya Fan..... 55

3.2.6.2 Diamter Fan..... 56

3.2.7 Analisa Make Up Water..... 57

3.2.7.1 Kehilangan Air karena Evaporasi..... 58

3.2.7.2 Kehilangan Air karna Drift..... 58

3.2.7.3 Kehilangan Air karena Blow Down..... 58

3.2.7.4 Total Make Up Water yang Diperlukan.. 59

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMILIHAN MENARA PENDINGIN

4.1 Data Hasil Perancangan.....60

4.2 Pemilihan Menara Pendingin.....60

4.3 Pengontrolan Kualitas Air.....63

4.4 Analisa Beban Kalor.....65

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....66

5.2 Saran.....67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sistem Instalasi Menara Pendingin..... 2

Gambar 2.1 Sistem Resirkulasi Tertutup..... 7

Gambar 2.2 Sistem Resirkulasi Terbuka..... 8

Gambar 2.3 Menara Pendingin Aliran Berlawanan..... 9

Gambar 2.4 *Natural Draft Cooling Tower.....13*

Gambar 2.5 *Induced Draft Counterflow Tower.....15*

Gambar 2.6 *Induced Draft Crossflow Tower.....16*

Gambar 2.7 Sistem Distribusi Air.....13

Gambar 2.8 Nilai Aliran Massa Udara Ekuivalen..... 19

Gambar 2.9 Berbagai Tipe Deck Packing..... 20

Gambar 2.10 Perpindahan Kalor dan Massa antara Udara dan Muka Basah Air..... 23

Gambar 2.11 Profil Perpindahan Kalor Sensibel dan Kalor Laten Pada Interface..... 24

Gambar 2.12 Pertukaran Energi dan Volume Deferensial Aliran Berlawanan.....26

Gambar 2.13 Diagram Aliran Kerja Udara dan Air..... 30

Gambar 2.14 Gambar *Driving Force* (hi-ha).....31

Gambar 2.15 Diagram Stevens..... 32

Gambar 3.1 Sistem Menara Pendingin dan Chiller..... 35

Gambar 3.2 Diagram P-H..... 37

Gambar 3.3 Diagram Perhitungan Faktor $\frac{K_{\alpha} \cdot V}{L}$ 43

Gambar 3.4 Distribusi Temperatur dalam Volume..... 44

Gambar 3.5 Skema Variasi (hi-ha)..... 46

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor Konstanta dari Berbagai Tipe Deck (*packing*)..... 20

Tabel 3.1 Kondisi Proses Tiap Titik Diagram P-h.....38

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan *Entalpi Driving Force* Untuk Setiap Volume Bagian..... 45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Grafik Psikometri..... 68

Lampiran 2 Sifat-sifat Termodinamika Udara Lembab.....69

Lampiran 3 Diagram Tekanan-Entalphi untuk R-11..... 70

Lampiran 4 Diagram Tekanan-Entalphi untuk R-11 Lanjutan..... 71

Lampiran 5 Tbel Sifat-sifat R-11.....72

Lampiran 6 Tabel Sifat-sifat Air (Cair Jenuh)..... 73

Lampiran 7 Tabel Pemilihan Laju Aliran Air dan Temperatur..... 74

Lampiran 8 Tabel Spesifikasi dan Ukuran *Cooling Tower..... 75*

Lampiran 9 *Induced Draft Cooling Tower Model* LBC-500..... 76

DAFTAR PUSTAKA

1. Ernest Ludwig, Applied Process Design For Chemical and Petrochemocal Plant, Volume 2, London 1984
2. Nicholas P.Cheremissinof, Cooling Tower, Selection, Design, and Practice, Michigan 1983
3. Rosaler, Robert C, The Standard Handbook of plant Engineering, 2nd Edition, New York, 1995
4. Liang Chii Cooling Towerr, Buku Petunjuk , Jakarta 1994.