

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xvi
INTISARI	xix
 BAB 1. PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	5
 BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	 6
 BAB 3. LANDASAN TEORI	 12
3.1. <i>Heat Exchanger</i>	12
1.3.1. Definisi <i>Heat Exchanger</i>	12
1.3.2. Klasifikasi <i>Heat Exchanger</i>	12
1.3.3. Komponen-Komponen <i>Heat Exchanger Shell</i> dan <i>Tube</i>	21
3.2. <i>Vent Scrubber</i>	24
3.3. Prinsip-Prinsip Perpindahan Kalor	26
3.3.1. Konduksi	26
3.3.2. Konveksi	27
3.3.3. Radiasi	27
3.4. Perhitungan <i>Heat Exchanger</i> Dengan Metode Kern	28
3.4.1. Neraca Kalor	28
3.4.2. <i>Logarithmic Mean Temperature Difference (LMTD)</i>	28
3.4.3. Suhu Kalorik	29
3.4.4. Luas Aliran	29
3.4.5. Kecepatan Massa Aliran	30
3.4.6. Diameter Ekuivalen <i>Shell</i>	31
3.4.7. Bilangan Reynolds	31
3.4.8. Bilangan Prandtl	32
3.4.9. Koefisien Perpindahan Kalor	33
3.4.10. Suhu Pada Dinding <i>Tube</i>	34

3.4.11.	Rasio Viskositas Fluida Pada Suhu Dinding <i>Tube</i>	35
3.4.12.	Faktor Pengotoran (<i>Fouling Factor</i>)	35
3.4.13.	Koefisien Perpindahan kalor Keseluruhan (U)	36
3.4.14.	Luas Perpindahan Kalor	37
3.4.15.	Efektifitas <i>Heat Exchanger</i>	37
3.4.16.	Penurunan Tekanan (<i>Pressure drop</i>)	38
3.5.	Perhitungan Aliran Dalam Pipa Penampang Bundar	39
3.5.1.	<i>Mass Flow Rate</i>	39
3.5.2.	<i>Weight Flow Rate</i>	39
3.5.3.	Persamaan Energi Aliran Dalam Pipa	39
3.5.4.	Persamaan Darcy-Weisbach	40
3.5.5.	Rerugi Minor	40
 BAB 4. ANALISIS UNJUK KERJA OFF GAS HEAT EXCHANGER BE 1811		42
4.1.	Metode Penelitian	42
4.2.	Proses <i>Plant</i> PT. Amoco Mitsui Indonesia	44
4.3.	Data Spesifikasi <i>Heat exchanger</i> BE 1811	47
4.3.1.	Data Spesifikasi Berdasarkan Desain <i>Vendor</i>	47
4.3.2.	Data Spesifikasi Aktual Saat Operasi Normal	48
4.3.3.	Data Spesifikasi Aktual Saat Kondisi <i>Tube</i> Bocor	50
4.4.	Perhitungan <i>Heat exchanger</i> BE 1811 Dengan Metode Kern	51
4.4.1.	Perhitungan Neraca Kalor	51
4.4.2.	Perhitungan <i>Logarithmic Mean Temperature Difference</i> (LMTD)	51
4.4.3.	Perhitungan Suhu Kalorik	51
4.4.4.	Perhitungan Luas Aliran	52
4.4.5.	Perhitungan Kecepatan Massa Aliran	52
4.4.6.	Perhitungan Diameter Ekuivalen <i>Shell</i>	53
4.4.7.	Perhitungan Bilangan Reynolds	53
4.4.8.	Perhitungan Bilangan Prandtl	54
4.4.9.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor	54
4.4.10.	Perhitungan Suhu Pada Dinding <i>Tube</i>	55
4.4.11.	Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan	56
4.4.12.	Perhitungan Luas Perpindahan Kalor	57
4.4.13.	Kefektifitasan <i>Heat Exchanger</i>	58
4.4.14.	Perhitungan Penurunan Tekanan	58
 BAB 5. ANALISIS KEBOCORAN TUBE PADA OFF GAS HEAT EXCHANGER BE 1811		59
5.1.	Proses Terjadinya Kebocoran <i>Tube</i> Pada <i>Off Gas Heat Exchanger</i> BE 1811	59
5.2.	Data Spesifikasi Pipa Penghubung	62
5.3.	Perhitungan Rerugi Energi Pada Fluida yang Mengalir	63
5.3.1.	Perhitungan <i>Mass Flow Rate</i>	63
5.3.2.	Perhitungan <i>Weight Flow Rate</i>	63

5.3.3.	Perhitungan Bilangan Reynolds	64
5.3.4.	Perhitungan Rerugi <i>Head</i>	64
5.3.5.	Perhitungan Rerugi Energi Pada Aliran	64
5.3.6.	Perhitungan <i>Pressure Drop</i>	65
BAB 6.	HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN	66
6.1.	Hasil Perhitungan <i>Off Gas Heat Exchanger</i> BE 1811	66
6.1.1.	Analisis Suhu dan <i>Flow Rate</i>	68
6.1.2.	Analisis <i>Actual Heat Transfer Rate</i> dan Keefektifitasan	70
6.1.3.	Analisis Penurunan Tekanan	72
6.2.	Hasil Perhitungan Pipa Penghubung	73
6.3.	Analisis Kerugian Biaya Pada <i>Off Gas Heat Exchanger</i> BE 1811	74
6.4.	Analisis Kerugian Biaya Pada Pipa Penghubung	76
BAB 7.	KESIMPULAN DAN SARAN	78
7.1.	Kesimpulan	78
7.2.	Saran	79
7.2.1.	Saran Bagi Perusahaan	79
7.2.2.	Saran Bagi Mahasiswa	79
DAFTAR PUSTAKA		80
LAMPIRAN		82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Grafik perbandingan U dengan <i>volumetric flow rate</i> pada fluida dingin	7
Gambar 2.2.	Bagian kebocoran <i>shell & tube heat exchanger</i> yang dianalisis	8
Gambar 2.3.	Grafik hubungan antara <i>longitudinal tube pitch</i> (S_1) dengan nilai koefisien perpindahan kalor keseluruhan (U) pada susunan <i>in-line</i>	10
Gambar 2.4.	Grafik hubungan antara <i>transverse tube pitch</i> (S_2) dengan koefisien perpindahan kalor keseluruhan pada susunan <i>in-line</i>	10
Gambar 2.5.	Grafik hubungan antara <i>longitudinal tube pitch</i> (S_1) dengan nilai koefisien perpindahan kalor keseluruhan (U) pada susunan <i>staggered</i>	11
Gambar 2.6.	Grafik hubungan antara <i>transverse tube pitch</i> (S_2) dengan koefisien perpindahan kalor keseluruhan pada susunan <i>staggered</i>	11
Gambar 3.1.	Jenis-jenis <i>shell, front</i> dan <i>rear-end head</i>	15
Gambar 3.2.	<i>Fixed tubesheet design</i>	16
Gambar 3.3.	<i>U-tube heat exchanger</i>	17
Gambar 3.4.	Aliran parallel pada <i>heat exchanger</i>	18
Gambar 3.5.	Aliran berlawanan pada <i>heat exchanger</i>	19
Gambar 3.6.	Aliran menyilang pada <i>heat exchanger</i>	19
Gambar 3.7.	Klasifikasi lengkap <i>heat exchanger</i>	20
Gambar 3.8.	Susunan <i>tube in-line</i> dan <i>staggered</i>	21
Gambar 3.9.	<i>Baffle transversal</i> dan <i>longitudinal</i>	23
Gambar 3.10.	<i>Tie rod</i>	24
Gambar 3.11.	<i>Vent scrubber</i>	25
Gambar 4.1.	Diagram alir penelitian	43
Gambar 4.2.	Proses <i>plant</i> PT. AMI	44
Gambar 5.1.	<i>Tube</i> yang mengalami kebocoran	58
Gambar 5.2.	<i>Heat exchanger</i> BE 1811 yang telah mengalami proses <i>tubing</i> (penyumbatan <i>tube</i>)	59
Gambar 5.3.	Skema pipa penghubung kondisi normal	60
Gambar 5.4.	Skema pipa penghubung dengan <i>seal leg</i>	60
Gambar 6.1.	Grafik penurunan suhu pada sisi <i>tube</i>	67
Gambar 6.2.	Grafik penurunan suhu pada sisi <i>shell</i>	67
Gambar 6.3.	Grafik penurunan <i>mass flow rate</i> pada <i>heat exchanger</i> BE 1811	68

Gambar 6.4.	Skema aliran <i>bypass</i> dari <i>shell</i> ke <i>tube</i> pada <i>heat exchanger</i> BE 1811	69
Gambar 6.5.	Grafik penurunan <i>actual heat transfer rate</i>	69
Gambar 6.6.	Grafik penurunan <i>effectiveness heat exchanger</i> BE 1811	70
Gambar 6.7.	Grafik penurunan tekanan yang terjadi pada <i>heat exchanger</i> BE 1811	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Hasil analisis perhitungan	7
Tabel 4.1.	Komponen <i>off gas</i> yang masuk ke dalam HPA BT 111	45
Tabel 4.2.	Komponen <i>off gas</i> yang keluar dari HPA BT 111	45
Tabel 4.3.	Komponen <i>off gas</i> yang masuk ke dalam reaktor CATOX	46
Tabel 4.4.	Komponen <i>off gas</i> yang keluar dari reaktor CATOX	46
Tabel 4.5.	Data spesifikasi desain <i>heat exchanger</i> BE 1811	47
Tabel 4.6.	Data spesifikasi operasi pada kondisi normal	49
Tabel 4.7.	Data spesifikasi operasi pada kondisi <i>tube</i> bocor	50
Tabel 5.1.	Data spesifikasi operasional pada pipa penghubung	62
Tabel 6.1.	Penurunan tekanan <i>off gas heat exchanger</i> BE 1811	66
Tabel 6.2.	Performa <i>off gas heat exchanger</i> BE 1811	67
Tabel 6.3.	Perhitungan rerugi <i>head</i> dan energi pipa penghubung	73
Tabel 6.4.	Perhitungan kerugian biaya pada <i>off gas heat exchanger</i> BE 1811	75
Tabel 6.5.	Perhitungan biaya pada pipa penghubung	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	<i>Datasheet Off Gas Heat Exchanger BE 1811</i>	82
Lampiran 2.	<i>Gambar Teknik Off Gas Heat Exchanger BE 1811</i>	84
Lampiran 3.	<i>Gambar Teknik Jalur Pipa Penghubung</i>	88
Lampiran 4.	<i>Data Penurunan Flow Rate dan Temperatur Fluida Pada Off Gas Heat Exchanger BE 1811 Saat Kondisi Bocor</i>	91
Lampiran 5.	<i>Tube Side Heat Transfer Curve</i>	95
Lampiran 6.	<i>tube side friction factor</i>	96
Lampiran 7.	<i>Shell Side Heat Transfer Curve</i>	97
Lampiran 8.	<i>Shell Side Friction Factor</i>	98
Lampiran 9.	<i>Data Tube Untuk Penukar Kalor dan Kondensor</i>	99
Lampiran 10.	<i>Koefisien Hambatan Pada Pipa</i>	100
Lampiran 11.	<i>Data Ukuran Pipa</i>	101
Lampiran 12.	<i>Hasil Perhitungan Kinerja Off Gas Heat Exhcnager BE 1811</i>	103
Lampiran 13.	<i>Hasil Perhitungan Pipa Penghubung</i>	116

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Perhitungan *Heat Exchanger* BE 1811 dengan Metode Kern

a	=	Luas daerah aliran
μ	=	Viskositas
a''	=	Luas permukaan luar <i>tube</i>
a_t'	=	Luas aliran tiap <i>tube</i>
B	=	Jarak antar <i>baffle</i>
C	=	Kalor spesifik <i>tube</i>
c	=	Kalor spesifik <i>shell</i>
C'	=	<i>Tube clearance</i>
D	=	Diameter dalam <i>tube</i>
D_e	=	Diameter ekuivalen <i>shell</i>
d_o	=	Diameter luar <i>tube</i>
ϵ	=	Keefektifitasan (<i>Effectiveness</i>)
f	=	Koefisien gesek
G	=	Kecepatan aliran massa
h_i	=	koefisien perpindahan kalor pada <i>tube</i>
h_{io}	=	Koefisien perpindahan kalor pada lapisan film keseluruhan di dinding <i>tube</i>
h_o	=	koefisien perpindahan kalor pada <i>shell</i>
ID	=	Diameter sebelah dalam <i>shell</i>
J_h	=	Faktor perpindahan kalor
K	=	Konduktivitas termal
L	=	Panjang <i>tube</i>
n	=	Jumlah laluan aliran
N	=	Jumlah <i>baffle</i>
N_t	=	Jumlah <i>tube</i>
P_D	=	Jarak antar <i>tube (pitch)</i> diagonal
P_L	=	Jarak antar <i>tube (pitch)</i> longitudinal
Pr	=	Bilangan Prandtl
P_T	=	Jarak antar <i>tube (pitch)</i> transversal
Q	=	Neraca Panas
Q_{act}	=	<i>Actual heat transfer rate</i>
Q_{loss}	=	<i>Loss heat transfer rate</i>
Q_{max}	=	<i>Maximum heat transfer rate</i>

R_d	=	Tahanan pengotoran (<i>Fouling resistance</i>)
Re	=	Bilangan Reynolds
S	=	<i>Specific gravity</i>
T_1	=	Temperatur masuk <i>tube</i>
t_1	=	Temperatur masuk <i>shell</i>
T_2	=	Temperatur keluar <i>tube</i>
t_2	=	Temperatur keluar <i>shell</i>
T_c	=	Suhu kalorik <i>tube</i>
t_c	=	Suhu kalorik <i>shell</i>
T_k	=	Tebal <i>tube</i>
t_w	=	Temperatur dinding <i>tube</i>
U_a	=	<i>Actual overall heat transfer coefficient</i>
U_c	=	<i>Clean overall heat transfer coefficient</i>
W	=	<i>Mass flow rate tube</i>
w	=	<i>Mass flow rate shell</i>
ΔP	=	Penurunan tekanan
ΔT_{ln}	=	<i>Logarithmic Mean Temperature Difference</i>
ρ	=	Densitas
Φ	=	Rasio viskositas

Perhitungan rerugi energi aliran pada pipa penghubung

A	=	Luas penampang pipa
D	=	Diameter dalam pipa
f	=	Faktor gesekan Darcy
g	=	Percepatan gravitasi
h_f	=	Rerugi hulu pipa
h_m	=	Rerugi minor
K	=	Koefisien kerugian karena hambatan pada pipa
$\dot{m}$	=	<i>Mass flow rate</i>
P_1, P_2	=	Tekanan dititik 1 dan 2
V	=	Kecepatan rata-rata aliran
$\dot{W}$	=	<i>Weight flow rate</i>
ρ	=	Densitas fluida

Daftar Singkatan

AMI	=	Amoco Mitsui Indonesia
BWG	=	<i>Birmingham Wire Gauge</i>
CATOX	=	<i>Catalytic Oxidation</i>
HPA	=	<i>High Pressure Absorber</i>
LMTD	=	<i>Logarithmic Mean Temperature Difference</i>