

**ANALISIS PENGARUH FAKTOR PENGOTOR TERHADAP KEBUTUHAN
PANAS *BRINE* PADA *HEATER DESALINATION PLANT*
DENGAN METODE *FOULING FACTOR***



UNIVERSITAS
MERCU BUANA
ANDIKA AJI RINDARKO
NIM: 41318120024

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2020

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENGARUH FAKTOR PENGOTOR TERHADAP KEBUTUHAN
PANAS *BRINE* PADA *HEATER DESALINATION PLANT*
DENGAN METODE *FOULING FACTOR*



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Andika Aji Rindarko
NIM : 41318120024
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA SRATA SATU (S1)
AGUSTUS 2020

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH FAKTOR PENGOTOR TERHADAP KEBUTUHAN
PANAS *BRINE* PADA *HEATER DESALINATION PLANT*
DENGAN METODE *FOULING FACTOR*



Disusun Oleh:

Nama : Andika Aji Rindarko

NIM : 41318120024

Program Studi : Teknik Mesin

MERCU BUANA

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing

Pada tanggal: 08 Agustus 2020

Mengetahui

Dosen Pembimbing

(Dr. Nanang Kuhyat, MT.)

Koordinator Tugas Akhir
(Alief Avicenna Luthfie, ST, M.Eng)

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Andika Aji Rindarko

NIM : 41318120024

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Analisis Pengaruh Faktor Pengotor Terhadap Kebutuhan Panas *Brine* Pada *Heater Desalination Plant* dengan Metode *Fouling Factor*

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana

MERCU BUANA

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Jakarta, 08 Agustus 2020



(Andika Aji Rindarko)

PENGHARGAAN

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat dan rahmatNya yang telah memberikan kesempatan, pengetahuan, pengalaman, kekuatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tepat pada waktunya. Tugas Akhir ini yang berjudul “**Analisis Pengaruh Faktor Pengotor Terhadap Kebutuhan Panas Brine Pada Heater Desalination Plant Dengan Metode Fouling Factor**” sebagai persyaratan dalam mencapai gelar Sarjana Strata satu (S1) Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana.

Dalam proses pembuatan Tugas Akhir ini, penulis telah mendapat banyak bimbingan dan arahan dari berbagai pihak, baik berupa materil, spiritual dan informasi. Oleh karena itu, sudah selayaknya penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dekan FT-UMB sebagai pemimpin Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Nanang Ruhyat selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir;
3. Bapak Alief Avicenna Luthfie selaku Koordinator Tugas Akhir;
4. Staf, Dosen Pengajar dan juga Tata Usaha Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercubuana.
5. Kedua Orang Tua dan seluruh keluarga tercinta yang terus memberi semangat dan memberikan dukungan materi, semangat dan doa sehingga laporan ini bisa diselesaikan;
6. Rekan-rekan kerja di PT. Indonesia Power yang telah memberikan toleransi dalam bekerja sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman seperjuangan jurusan teknik mesin yang telah memberikan masukan juga semangat.

Penulis menyadari bahwa isi Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca untuk kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini dan juga sebagai masukan bagi penulis kelak.

Akhir kata Penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Jakarta, 08 Agustus 2020

Penulis



ABSTRAK

Desalination plant merupakan sistem pengolahan air laut untuk menghasilkan kualitas air murni. Adapun komponen penting yang ada dalam sistem tersebut adalah *brine heater*. *Brine heater* memiliki peranan penting dalam melakukan proses perpindahan panas, memiliki konstruksi *shell and tube* dengan fluida yang mengalir berupa uap pada sisi *shell* dan air laut pada sisi *tube*. Salah satu faktor yang mempengaruhi laju perpindahan panas *brine heater* adalah pengotoran pada *tube-tube brine heater*. Penelitian ini menganalisis akibat dari pengotoran terhadap kebutuhan panas pada *brine heater desalination plant*. Metode yang digunakan untuk menganalisis pengaruh pengotoran *brine heater* terhadap kebutuhan panas uap adalah dengan metode *fouling factor*. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diketahui bahwa laju perpindahan panas yang diserap air *brine* akan berkurang seiring dengan penebalan pengotor karena adanya deposit yang mengurangi laju perpindahan panas. Diketahui bahwa nilai laju perpindahan panas maksimum adalah 6,061 MW dengan nilai pengotor sebesar $3,22 \times 10^{-5} \text{ m}^2\text{K/W}$ dan nilai laju perpindahan minimum adalah 5,521 MW dengan nilai pengotor terbesar adalah $3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2\text{K/W}$. Hubungan antara terjadinya pengotoran terhadap kebutuhan panas pada *brine heater* adalah linier yaitu semakin tebal deposit yang terjadi maka akan menyebabkan kebutuhan uap yang dibutuhkan akan semakin meningkat, yaitu dengan pengotoran sebesar $3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2\text{K/W}$ dibutuhkan uap sebanyak 2,114 kg/s dan jika pengotoran sebesar $3,22 \times 10^{-5} \text{ m}^2\text{K/W}$ dibutuhkan uap sebanyak 2,069 kg/s.

Kata kunci: *brine heater*, *fouling factor*, uap, laju perpindahan panas



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

**ANALYSIS OF THE EFFECTS OF DIRTY FACTORS ON BRINE HEAT
NEEDS IN HEATER DESALINATION PLANT WITH
THE FOULING FACTOR METHOD**

ABSTRACT

Desalination plant is a sea water treatment system to produce pure water quality. The important component in the system is the brine heater. Brine heater has an important role in the process of heat transfer, has the construction of a shell and tube with fluid that flows in the form of steam on the side of the shell and sea water on the side of the tube. One of the factors that influence the rate of heat transfer of the brine heater is impurities in the brine heater tubes. This study analyzes the effects of impurities on the heat requirements of the brine heater desalination plant. The method used to analyze the effect of brine heater fouling on steam heat requirements is the fouling factor method. Based on the analysis that has been done, it is known that the rate of heat transfer absorbed by brine water will decrease along with the thickening of impurities due to deposits that reduce the rate of heat transfer. It is known that the maximum heat transfer rate is 6.061 MW with an fouling value of $3.22 \times 10^{-5} \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$ and the minimum transfer rate value is 5.521 MW with the largest impurity value being $3.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2\text{K} / \text{W}$. The relationship between the occurrence of fouling on the heat requirements of the brine heater is linear ie the thicker the deposit that occurs will cause the demand for steam that is needed will increase, namely with the impurity of $3.5 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{WK}$ needed steam as much as 2,114 kg / s and if the impurities amount to $3.22 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{WK}$, a steam of 2,069 kg / s is needed.

Keywords: *brine heater, fouling factor, steam, heat transfer*

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SIMBOL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENULISAN	2
1.4 BATASAN MASALAH	2
1.5 SISTEMATIKA PENULISAN	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 PENDAHULUAN	4
2.2 SISTEM <i>DESALINATION PLANT MSF RECIRCULATING</i> DI SURALAYA PGU	4
2.3 <i>HEAT EXCHANGER</i>	7
2.3.1 <i>Shell and tube</i>	8
2.4 PARAMETER EVALUASI KINERJA <i>BRINE HEATER</i>	11
2.4.1 Laju Perpindahan Panas yang Terjadi	11
2.4.2 Perbedaan Suhu Rata-rata Logaritma (LMTD)	13
2.4.3 Faktor Koreksi LMTD	16
2.4.4 Koefisien Perpindahan Panas dalam Tube	17
2.4.5 Faktor Pengotor	20
BAB III METODOLOGI	22
3.1 DIAGRAM ALIR	22
3.1.1 Studi Literatur	23

3.1.2	Pengumpulan dan Pengambilan Data	23
3.2	ALAT DAN BAHAN	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	DATA PENGUKURAN DAN HASIL PERHITUNGAN	29
4.2	PEMBAHASAN	37
BAB V PENUTUP		42
5.1	KESIMPULAN	42
5.2	SARAN	42
DAFTAR PUSTAKA		44
LAMPIRAN		47



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema <i>Multi Stage Flash Evaporator Tipe Recirculating</i>	5
Gambar 2.2 Konstruksi <i>Heat Exchanger</i>	9
Gambar 2.3 Standar TEMA Berdasarkan Tipe Bagian Alat Penukar Kalor	10
Gambar 2.4 Distribusi Temperature Parallel Flow	13
Gambar 2.5 Distribusi Temperature Counter Flow	14
Gambar 2.6 Distribusi Temperature Cross Flow	15
Gambar 2.7 Faktor Koreksi (a). <i>One Shell Pass</i> (b). <i>Two Shell Pass</i>	16
Gambar 2.8 Faktor Koreksi (a). <i>Single Pass Cross Flow</i> Fluida Tidak Bercampur (b). <i>Single Pass Crossflow</i> Fluida Bercampur	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	22
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengumpulan Data	24
Gambar 3.3 <i>Flow Brine Recirculation Pump</i>	25
Gambar 3.4 <i>Brine Heater Inlet Temperature</i>	25
Gambar 3.5 <i>Brine Heater Outlet temperature (BHOT)</i>	25
Gambar 3.6 <i>Flow Condensate Water</i>	25
Gambar 3.7 <i>Temperature Condensate Water</i>	26
Gambar 3.8 <i>Brine Heater</i> pada sistem <i>Desalination Plant</i>	26
Gambar 4.1 Faktor Koreksi <i>One Shell Pass</i>	32
Gambar 4.2 Hubungan Pengotor terhadap Temperature Rerata Logaritmik	37
Gambar 4.3 Hubungan Pengotor dengan Laju Perpindahan Panas	38
Gambar 4.4 Hubungan Pengotor terhadap <i>Flow Rate Brine</i>	39
Gambar 4.5 Hubungan Pengotor dan Kecepatan (V_m)	40
Gambar 4.6 Hubungan Pengotor terhadap Kebutuhan Uap	41

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan Titik Didih dan Tekanan	5
Tabel 2.2 Keterangan Konstruksi <i>Heat Exchanger Tube and Shell</i>	9
Tabel 2.3 Rentang Umum Bilangan Prandlt untuk Fluida	19
Tabel 3.1 Spesifikasi <i>Desalination Plant</i>	27
Tabel 3.2 Spesifikasi <i>Brine Heater</i>	28
Tabel 4.1 Parameter Operasi <i>Brine Heater</i>	29
Tabel 4.2 Data <i>Properties of Water</i> pada Temperature Rata-rata	36
Tabel 4.3 Data Hasil Perhitungan	37



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Satuan
\dot{m}_b	Laju air umpan(brine)	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
\dot{m}_c	Laju air condensate	$\frac{\text{kg}}{\text{s}}$
D_o	Diameter luar tube	mm
D_i	Diameter dalam tube	mm
L	Panjang Tube	m
N	Jumlah Tube	buah
A_o	Luas permukaan sisi luar tube	m^2
A_i	Luas permukaan sisi dalam tube	m^2
A_{si}	Luas aliran tube	m^2
$T_{h.in}$ atau $T_{h.1}$	Temperatur fluida panas masuk	$^{\circ}\text{C}$
$T_{h.out}$ atau $T_{h.2}$	Temperature fluida panas keluar	$^{\circ}\text{C}$
$T_{c.in}$ atau $T_{c.1}$	Temperature fluida dingin masuk	$^{\circ}\text{C}$
$T_{c.out}$ atau $T_{c.2}$	Temperature fluida dingin keluar	$^{\circ}\text{C}$
ΔT_{fc}	Temperature rerata fluida dingin	$^{\circ}\text{C}$
f_i	Faktor interpolasi	
C_p	Spesific heat	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
ρ	Density	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
k	Thermal Conductivity	$\frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$
μ	Dinamic viscosity	$\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$
ν	Kinematic viscosity	$\frac{\text{m}^2}{\text{s}}$
Pr	Bilangan Prandl	
Q_{bh}	Laju panas yang diserap brine heater	W
ΔT_{LMTD}	Selisih suhu rata-rata logaritmik	$^{\circ}\text{C}$
CF	Faktor koreksi suhu rata-rata logaritmik	
$\Delta T_{LMTD,cf}$	Selisih suhu rata-rata logaritmik dengan faktor koreksi	$^{\circ}\text{C}$
U	Koefisien perpindahan panas keseluruhan	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}}$
h_i	Koefisien perpindahan panas dalam tube	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}}$
h_o	Koefisien perpindahan panas luar tube	$\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{C}}$

v_m	Kecepatan aliran fluida dalam tube	$\frac{m}{s}$
Re	Bilangan Reynold	
N_u	Bilangan Nusselt	
R_f	Fouling Factor	$\frac{m^2 \cdot K}{W}$

