

ANALISIS KINERJA *HEAT EXCHANGER SHELL & TUBE* PADA SISTEM *COG
BOOSTER* DI *INTEGRATED STEEL MILL* KRAKATAU



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

JAJAT SUDRAJAT
41315120054

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA 2017

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS KINERJA *HEAT EXCHANGER SHELL & TUBE* PADA SISTEM *COG BOOSTER* DI *INTEGRATED STEEL MILL KRAKATAU*



UNIVERSITAS
MERCU BUANA



UNIVERSITAS

Disusun oleh:
MERCU BUANA

Nama : Jajat Sudrajat
NIM : 41315120054
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA 1 (S1)
JULI 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Jajat Sudrajat

NIM : 41315120054

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Fakultas Teknik

Judul Skripsi : Analisis Kinerja *Heat Exchanger Shell & Tube* Pada Sistem COG
Booster di Integrated Steel Mill Krakatau

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian 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.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak ada paksaan.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, Juli 2017



Jajat Sudrajat

LEMBAR PENGESAHAN

*Analisis Kinerja Heat Exchanger Shell & Tube Pada Sistem COG Booster di
Integrated Steel Mill Krakatau*



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

UNIVERSITAS
Disusun oleh:
MERCU BUANA

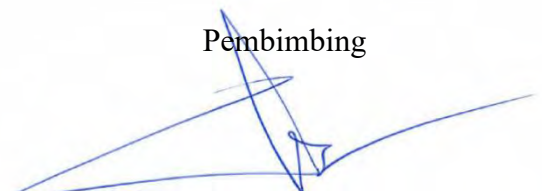
Nama : Jajat Sudrajat

NIM : 41315120054

Program Studi : Teknik Mesin

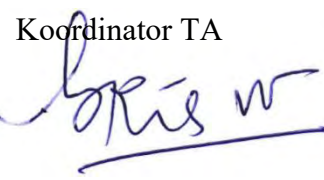
Mengetahui,

Pembimbing



(Prof. Dr. Ir. Chandrasa Soekardi, DEA)

Koordinator TA



(Haris Wahyudi, ST. M.Sc)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan ridhonya pembuatan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kinerja *Heat Exchanger Shell and Tube* pada Sistem COG *Booster* di *Integrated Steel Mill* Krakatau” dapat diselesaikan. Dan merupakan suatu perjuangan yang luar biasa, pengalaman yang berharga serta ilmu yang sangat bermanfaat atas terlaksana dan terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Mesin. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi dan ilmu yang diperoleh selama mengikuti kegiatan perkuliahan di Universitas Mercu Buana, penulis mencoba mempersembahkan sebuah penelitian mengenai kinerja *shell and tube* yang digunakan di industri tempat penulis bekerja.

Secara keseluruhan hasil penelitian ini tidak begitu sempurna, oleh karena itu penulis berharap sumbangsih kecil untuk perbaikan kedepannya agar penelitian ini dapat lebih bermanfaat.



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, Juli 2017



Penulis

PENGHARGAAN

Maha Suci Allah dan segala Puji bagi-Nya. Sebanyak bilangan ciptaan-Nya, dan sebanyak tinta kalimat-Nya, yang menukik ke kedalaman samudera, yang meluas kebalik cakrawala, dan membumbung ke alam semesta tak terhingga. Dialah Allah, Tuhan semesta alam yang Maha Perkasa, yang menguasai kerajaan (bumi, langit dan segala isinya), yang mengatur pergantian siang dan malam, yang mengatur setiap denyut nadi dan setiap detak jantung manusia, yang tanpa kenal lelah dan tanpa pernah letih walau sedetik pun.

Kemudian Shalawat serta Salam semoga selalu tercurah kepada teladan umat manusia, Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, kepada semua sahabatnya, sampai pada umatnya hingga hari akhir.

“Orang yang telah berhenti berterima kasih telah tertidur dalam kehidupannya,” demikian kata orang bijak. Karenanya, terima kasih setidaknya dapat menjadi bukti betapa kehidupan ini dapat dihargai sekecil apapun.

Walaupun ucapan terima kasih tidak sanggup membalas jasa-jasa yang telah diberikan, namun penulis tetap menyampaikan terima kasih dengan tulus kepada Ibunda dan Ayahanda tercinta atas kasih sayangnya yang tak pernah berhenti. Semoga Allah selalu memberi kasih sayang, limpahan rahmat dan barokah kepadanya.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Bapak Prof. Dr. Ir. Chandrasa Soekardi, DEA, selaku pembimbing, atas arahan, bimbingan, respon dan komentarnya yang berharga selama pembuatan tugas akhir ini.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih juga kepada pihak-pihak yang telah ikut serta membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yaitu kepada:

1. Bapak Sagir Alva, S.Si., M.Sc., Ph.D, selaku ketua Program Studi Teknik Mesin
2. Bapak Haris Wahyudi, ST. M.Sc, selaku koordinator tugas akhir

3. Para dosen dan staff program studi teknik mesin
4. Rekan-rekan mahasiswa teknik mesin reguler 2 angkatan 28
5. Rekan-rekan karyawan *Utility Supply Team* ISM Krakatau
6. Semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu, semoga Allah SWT membalasnya dengan kebaikan.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis, civitas akademika Universitas Mercu Buana, industri di mana penulis bekerja, serta umumnya bagi semua pihak.



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERNYATAAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan dan Ruang Lingkup Penelitian	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pendahuluan	6
2.2 Referensi Jurnal	6
2.3 Perpindahan Panas	8
2.3.1 Konduksi	8
2.3.2 Konveksi	9
2.3.3 Radiasi	10
2.4 <i>Heat Exchanger</i>	11
2.4.1 Tinjauan umum	11
2.4.2 Jenis <i>heat exchanger</i>	11
2.5 <i>Shell and Tube</i>	14
2.5.1 Tinjauan umum	14
2.5.2 Standardisasi TEMA	18
2.5.3 Perhitungan <i>shell and tube</i>	21

BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1	Pendahuluan	28
3.2	Diagram Alir Penelitian	28
3.3	Studi Pustaka	29
3.4	Pengumpulan Data Instalasi dan Data Operasi	29
3.5	Perhitungan Data	30
3.6	Analisis dan Evaluasi	30
3.7	Kesimpulan dan Saran	31
3.8	Pembuatan Laporan	31
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1	Pendahuluan	32
4.2	Pengumpulan Data	32
	4.2.1 Spesifikasi <i>shell and tube</i>	33
	4.2.2 Karakteristik fluida yang digunakan	33
	4.2.3 Temperatur kerja fluida	34
4.3	Perhitungan Kinerja	37
	4.3.1 Perhitungan data instalasi	38
	4.3.2 Perhitungan data operasi dan kinerja <i>shell and tube</i>	40
4.4	Analisis dan Evaluasi	51
	4.4.1 Analisis laju perpindahan panas aktual	51
	4.4.2 Analisis <i>fouling factor</i>	56
	4.4.3 Analisis efektivitas	59
BAB V	PENUTUP	62
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	63
	DAFTAR PUSTAKA	64
	LAMPIRAN	66
A	Tabel Perhitungan Kinerja <i>Shell and Tube</i> Periode Pertama	67
B	Tabel Perhitungan Kinerja <i>Shell and Tube</i> Periode Kedua	68
C	Tabel Karakteristik Air	69
D	Karakteristik Oli ISO VG46	71
E	Katalog Spesifikasi EKM-510-T-CN	72

F	HMI <i>Booster</i> Unit 1	74
G	PID <i>Booster</i> Unit 1	75
H	Sensor Temperatur <i>Booster</i> Unit 1	76



DAFTAR GAMBAR

No. Gambar	Halaman
2.1 Perpindahan panas konduksi pada dinding	8
2.2 Perpindahan panas konveksi pada plat	9
2.3 Perpindahan panas radiasi antar dinding	10
2.4 <i>Heat exchanger tipe single tube arrangement</i>	12
2.5 <i>Heat exchanger tipe shell and tube arrangement</i>	13
2.6 <i>Cross flow heat exchanger</i>	14
2.7 Konstruksi umum <i>shell and tube</i>	14
2.8 Penyusunan <i>tube</i>	15
2.9 Jenis <i>baffles</i>	17
2.10 <i>Tube sheet</i>	18
2.11 Standardisasi TEMA	19
2.12 <i>Fixed tubesheet heat exchanger</i>	20
2.13 <i>U-tube heat exchanger</i>	20
2.14 <i>Floating header heat exchanger</i>	20
2.15 <i>One shell pass</i> dengan 2, 4, 6, (kelipatan 2) <i>tube pass</i>	26
2.16 <i>Two shell pass</i> dengan 4, 8, 12, (kelipatan 4) <i>tube pass</i>	26
2.17 <i>Single pass cross flow</i> dengan kedua fluida <i>unmixed</i>	26
2.18 <i>Single pass cross flow</i> dengan salah satu fluida <i>mixed</i>	27
3.1 Diagram alir penelitian	28
4.1 <i>Oil supply unit</i>	32
4.2 <i>Shell and tube</i> EKM-510-T-CN	33
4.3 Contoh tampilan HMI untuk pengambilan data temperatur	34
4.4 Temperatur pengukuran periode pertama	36
4.5 Temperatur pengukuran periode kedua	36
4.6 Temperatur pengukuran periode pertama dan kedua	37
4.7 Proses perhitungan kinerja <i>shell and tube</i>	37
4.8 Perhitungan data instalasi	38
4.9 Perhitungan kondisi awal pengoperasian	40
4.10 Nilai F yang didapat	44
4.11 Grafik laju perpindahan panas aktual periode pertama	52

4.12	Grafik laju perpindahan panas aktual periode kedua	53
4.13	Grafik laju perpindahan panas aktual periode pertama dan kedua	53
4.14	Nilai laju perpindahan panas spesifikasi	54
4.15	Grafik <i>fouling factor</i> periode pertama	57
4.16	Grafik <i>fouling factor</i> periode kedua	57
4.17	Grafik <i>fouling factor</i> periode pertama dan kedua	58
4.18	Grafik efektivitas periode pertama	60
4.19	Grafik efektivitas periode kedua	60
4.20	Grafik efektivitas periode pertama dan kedua	61



DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
2.1 Nilai CTP untuk masing-masing aliran	16
2.2 Kombinasi <i>shell and tube</i> standardisasi TEMA	21
2.3 Nilai U untuk beberapa <i>heat exchanger</i> berdasarkan fluida nya	22
2.4 Nilai R_f untuk beberapa jenis fluida	23
4.1 Pengukuran temperatur fluida	35
4.2 Hasil perhitungan data instalasi	40
4.3 Nilai laju perpindahan panas aktual	52
4.4 Nilai <i>fouling factor</i>	56
4.5 Nilai efektivitas	59



DAFTAR SIMBOL

A_s	= luas permukaan perpindahan panas <i>heat exchanger</i> , m^2
C_c	= laju kapasitas panas fluida dingin, W/K
C_h	= laju kapasitas panas fluida panas, W/K
C_{min}	= laju kapasitas panas minimum, W/K
cp_c	= panas jenis fluida dingin, J/kg·K
cp_h	= panas jenis fluida panas, J/kg·K
F	= faktor koreksi <i>shell and tube</i>
\dot{m}_c	= laju aliran massa fluida dingin, kg/s
\dot{m}_h	= laju aliran massa fluida panas, kg/s
Q_{act}	= laju perpindahan panas aktual, W
q_c	= debit aliran fluida dingin, m^3/s
q_h	= debit aliran fluida panas, m^3/s
Q_{max}	= laju perpindahan panas maksimum, W
R_f	= <i>fouling factor</i> , $m^2 \cdot K/W$
T_{c1}	= temperatur fluida dingin masuk <i>heat exchanger</i> , K
T_{c2}	= temperatur fluida dingin keluar <i>heat exchanger</i> , K
T_{h1}	= temperatur fluida panas masuk <i>heat exchanger</i> , K
T_{h2}	= temperatur fluida panas keluar <i>heat exchanger</i> , K
U	= koefisien perpindahan panas global, $W/m^2 \cdot K$
$\Delta T_{lm,cf}$	= <i>log mean temperature difference counter flow</i> , K
$\Delta T_{lm,st}$	= <i>log mean temperature difference shell and tube</i> , K
ϵ	= efektivitas, %
ρ_c	= massa jenis fluida dingin, kg/m^3
ρ_h	= massa jenis fluida panas, kg/m^3