

ANALISA PERFORMANSI ALAT PENTILAN KALOK TIFE
WELK AND TUBE TERHADAP KONDISI OPERASI YANG BERBEDA
UNTUK PENDINGINAN GAS CO₂ DI PABRIK PUSRI DI PALEMBANG



SKRIPSI

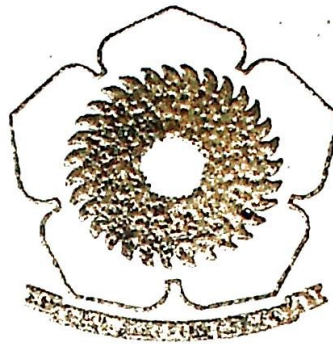
*Dibaca Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Menyelesaikan Gelar Sarjana
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sepuluh Nopember*

Oleh :
RIKA JULIANA
00000000

KEJURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEPULUH NOPEMBER
2007

S
536.135 07
Jun
a
2007

**ANALISA PERFORMANSI ALAT PENUKAR KALOR TIPE
SHELL AND TUBE TERHADAP KONDISI OPERASI YANG BERBEDA
UNTUK PENDINGINAN GAS CO₂ DI PABRIK PUSRI IB PALEMBANG**



SKRIPSI

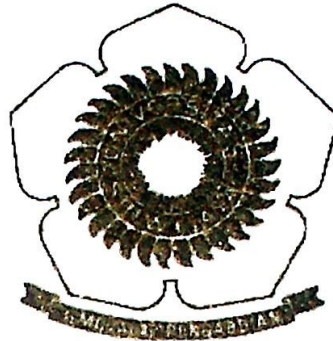
*Dibuat Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya*

R. 17262
1. 17845

Oleh :
EKA JUMIARSA
03023150069

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2007**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK MESIN**



SKRIPSI

**ANALISA PERFORMANSI ALAT PENUKAR KALOR TIPE
SHELL AND TUBE TERHADAP KONDISI OPERASI YANG BERBEDA
UNTUK PENDINGINAN GAS CO₂ DI PABRIK PUSRI 1B PALEMBANG**

Oleh :

**EKA JUMIARSA
03023150069**

Disetujui dan disahkan oleh



Diperiksa dan disetujui oleh
Dosen Pembimbing Skripsi

Ir. Marwani, MT
NIP: 131 933 012



UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda Nomor : 1704/TA/FA/2008
Diterima tanggal : 2-Januari-2008
Paraf :

Nama : Eka Jumiarsa

NIM : 03023150069

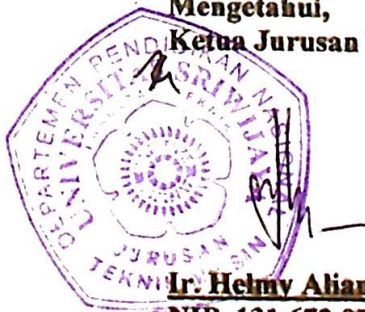
Mata Kuliah : Teknik Penukar Kalor

Spesifikasi : Analisa Performansi Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube*
Terhadap Kondisi Operasi Yang Berbeda Untuk Pendinginan
Gas CO₂ di Pabrik Pusri IB Palembang

Diberikan tgl : Mei 2007

Selesai tgl : November 2007

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Ir. Helmy Alian, MT
NIP. 131 672 077

Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing

Ir. Marwani, MT
NIP. 131 933 012

"Barang siapa yang mempermudah urusan seseorang dari kesulitan dunia niscaya Allah akan mempermudah urusannya di dunia dan akhirat."

(HR. Muslim, Abu Huraiah, Abu Daud)

"Tanamkanlah sifat jujur dalam hati kita karena kejujuran itu sangat berharga"

Kupersembahkan Untuk:

- *Kedua Orang Tuaku (ayah dan ibuku tercinta) yang membesarkanku, membiayaiiku, menyanggiku dengan penuh kasih sayang.*
- *Adik-adikku (Riza, Dhea, Edho)*
- *Seluruh keluarga yang selalu mendukungku*
- *Almamatarku*

ABSTRAK

Dalam sistem kompresi gas CO₂ di pabrik PUSRI 1B Palembang menggunakan alat penukar kalor tipe *shell and tube*. Alat penukar kalor ini berfungsi untuk pendinginan gas CO₂ dengan menggunakan fluida pendingin air dingin. Gas CO₂ melintas di dalam *tube* sedangkan air dingin melintas di dalam *shell*.

Untuk mengetahui unjuk kerja atau performansi dari sebuah alat penukar kalor dapat dilihat dari efektivitas alat penukar kalor tersebut. Untuk itu maka dilakukan perhitungan dengan cara membandingkan efektivitas yang didapat dari perhitungan pada kondisi operasi bulan oktober 2007 dari alat penukar kalor (data yang diperoleh dengan melihat alat ukur dilapangan) dengan efektivitas yang didapat perhitungan pada kondisi awal operasi alat penukar kalor. Lalu dicari besarnya nilai faktor pengotoran yang mempengaruhi perubahan efektivitas yang dihitung pada kondisi operasi bulan oktober 2007 dan pada kondisi awal operasi alat penukar kalor tersebut.

Dari perhitungan dan analisa data, alat penukar kalor mengalami penurunan efektivitas. Penurunan efektivitas terbesar terjadi pada HE III-a yaitu sebesar 12%, untuk HE III-b dan HE III-c terjadi penurunan efektivitas masing – masing sebesar 4% dan 9%. Dilihat dari besarnya nilai faktor pengotoran yang terjadi pada semua alat penukar kalor sudah perlu dilakukan perawatan karena nilai faktor pengotoran yang terjadi sudah diatas nilai faktor pengotoran izin. Penurunan laju perpindahan kalor terbesar terjadi pada HE III-a yaitu sebesar 653702,2 W, sedangkan untuk HE III-b dan HE III-c terjadi penurunan laju perpindahan kalor masing-masing sebesar 620746,08 W dan 231722,78 W.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan keghadirat Allah SWT karena atas berkat, rahmat, dan pertolongan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir (skripsi) ini.

Tugas Akhir (skripsi) ini dibuat untuk mempelajari dan menentukan performansi yang terjadi pada alat penukar kalor tipe Shell and Tube, dilihat dari besarnya efektivitas yang dihitung secara aktual dan teoritis dan juga sebagai syarat untuk menyelesaikan studi saya di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya serta memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST).

Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. H. Hasan Basri selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Helmy Alian, MT dan Bapak Ir. M. Zahri Kadir, MT selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Ir. Marwani, MT selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir saya ini.
4. Bapak Dr. Ir. Kaprawi, DEA selaku Dosen Pembimbing Akademik saya.
5. Pimpinan, seluruh staf, dan karyawan PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG.
6. Kedua orang tua, saudara, paman, bibi, sepupu, dan seluruh keluarga atas semua pemberian dan pengorbanan yang tiada batas terhadap saya.
7. Reka-rekan seperjuanganku : Kikin, Dodi Tf, Hardi, Akib, Edi, Coy, Kudri, Alfin, Yudi, Boni, Gugi, Arie, Firman,ST dan seluruh mahasiswa

jurusan teknik mesin angkatan '02 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

8. Unsur pimpinan, karyawan, dan civitas Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
9. Adek-adekku tersayang : Riza Oktami yang masih kuliah di SPRG DEPKES, Dea and Edo.

Dan masih banyak lagi yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dan mensupport saya selama saya kuliah serta dalam penyelesaian Tugas Akhir saya ini.

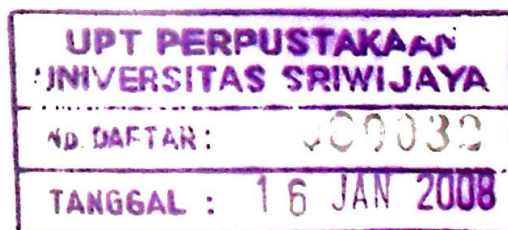
Kritik dan saran dari pembaca sekalian sangat saya harapkan untuk meningkatkan kualitas dari Tugas Akhir ini. Dan akhir kata saya mohon maaf yang sebesar-besarnya dan pada Allah SWT saya mohon ampun apabila terdapat kesalahan dan kekurangan dalam Tugas Akhir ini.

Indralaya, November 2007

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Batasan Masalah	I-2
I.3 Tujuan Penulisan	I-2
I.4 Metode Pembahasan	I-2
I.5 Sistematika Penulisan	I-3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
II.1 Penjelasan Singkat Tentang Alat Penukar Kalor	II-1
II.2 Perpindahan Kalor	II-5
II.2.1 Perpindahan Kalor Konduksi	II-6
II.2.2 Perpindahan Kalor radiasi	II-10
II.2.3 Perpindahan Kalor Konveksi	II-10
II.2.4 Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh	II-13
II.2.5 Aliran Fluida Viskos	II-16
II.2.6 Metode NTU – Efektivitas	II-17
II.2.7 Pendekatan Beda Temperatur Logaritma	II-18
II.2.8 Parameter Performansi Alat Penukar Kalor	II-19



BAB III DATA SURVEY

III.1 Mekanisme Kerja Alat Penukar Kalor	III-1
III.2 Data Hasil Survey	III-3

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

IV.1 Perhitungan Data Kondisi Operasi Bulan Oktober 2007...	IV-1
IV.1.1 Laju Aliran Volume Gas CO ₂	IV-1
IV.1.2 Luas Total Penampang Tube	IV-2
IV.1.3 Kecepatan Aliran Gas CO ₂ Dalam Tube	IV-2
IV.1.4 Bilangan Reynold Gas CO ₂	IV-3
IV.1.5 Laju Perpindahan Kalor Pada HE III-a	IV-4
IV.1.6 Laju Aliran Massa H ₂ O Pada HE III-a	IV-5
IV.1.7 Luas Total Permukaan Dinding Tube Bagian	
Dalam	IV-6
IV.1.8 Beda Temperatur Rata-Rata Logaritma	IV-6
IV.1.9 Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh	IV-8
IV.1.10 Laju Kapasitas Fluida	IV-8
IV.1.11 Laju Perpindahan Kalor Maksimum	IV-9
IV.1.12 Efektivitas Alat Penukar Kalor	IV-10
IV.2 Perhitungan Data Kondisi Awal Operasi	IV-11
IV.2.1 Laju Perpindahan Kalor	IV-11
IV.2.2 Laju Kapasitas fluida	IV-12
IV.2.3. Rasio laju Kapasitas Perpindahan Panas	IV-13
IV.2.4 Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh	IV-14
IV.2.4.1 Koefisien Perpindahan Kalor Untuk	
Fluida Pada Sisi Tube	IV-14
IV.2.4.2 Koefisien Perpindahan Kalor Pada	
Dinding Tube	IV-18
IV.2.4.3 Koefisien Perpindahan Kalor Untuk	
Fluida Pada Sisi Shell	IV-19
IV.2.4 Luas Total Permukaan Dinding Tube Bagian Dalam	IV-24
IV.2.5 Jumlah Satuan Perpindahan (NTU)	IV-25

IV.2.6 Efektivitas Alat penukar Kalor	IV-25
IV.3 Perhitungan Faktor Pengotoran	IV-25
IV.4 Analisa Data Hasil Perhitungan	IV-28
IV.4.1. Analisa Data Hasil Perhitungan Efektivitas	IV-28
IV.4.2. Analisa Data Hasil Perhitungan	
Faktor Pengotoran	IV-28
IV.4.3. Analisa Data Hasil Perhitungan Laju Perpindahan	
Kalor	IV-29
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran	V-1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
2.1 Alat Penukar Kalor Jenis Shell and Tube	II-3
2.2 Standar TEMA Berdasarkan Tipe Bagian Alat Penukar Kalor	II-5
2.3 Bagan Yang Menunjukkan Arah Aliran Kalor	II-7
2.4 Volume Unsur untuk Analisa Konduksi Kalor	II-8
2.5 Aliran Kalor Satu dimensi Melalui Silinder Bolong	II-9
2.6 Perpindahan Kalor Konveksi Pada Suatu Plat	II-11
2.7 Perpindahan Kalor Konveksi Paksa Pada Silinder	II-12
2.8 Perpindahan Kalor Menyeluruh Pada Dinding Datar	II-13
2.9 Perpindahan Kalor Menyeluruh Untuk Silinder Bolong	II-14
2.10 Berbagai Daerah Aliran Lapisan Batas di Atas Plat Rata	II-16
3.1 Diagram Kerja <i>Heat exchanger</i> Pada Sistem Kompresi Gas CO ₂ di Pabrik Pusri IB Palembang	III-2
3.2 Skema Laju Aliran Fluida Pada Alat Penukar Kalor	III-6
4.1 Distribusi Temperatur Fluida Pada Alat Penukar Kalor Pada Kondisi Operasi Bulan Oktober 2007	IV-4
4.2 Distribusi Temperatur Fluida Pada Kondisi Awal Operasi Alat Penukar Kalor	IV-11

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
4.1 Hasil Perhitungan Kondisi Operasi <i>HE</i> Pada Bulan Oktober 2007....	IV-27
4.2 Hasil Perhitungan Pada Kondisi Awal Operasi <i>HE</i>	IV-27

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN

1. Data Kondisi Awal Operasi Heat Exchanger U-EA111
2. Sifat-Sifat Gas CO₂
3. Sifat-Sifat Air (Zat cair jenuh)
4. Nilai Konduktivitas Termal Bahan
5. Grafik Faktor Koreksi (F)

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Penukar kalor atau yang lebih dikenal dengan *heat exchanger* merupakan suatu alat untuk memindahkan energi dalam bentuk panas (kalor) antara dua fluida yang berbeda temperaturnya. Pada alat penukar kalor ini perpindahan energi biasanya terjadi tanpa adanya kontak langsung antara kedua fluidanya. Fluida yang saling bertukar energi tersebut dapat merupakan dua fluida yang berbeda fasanya ataupun juga mempunyai fasa yang sama.

Di dalam industri masalah perpindahan kalor adalah hal yang sangat banyak terjadi, mekanisme perpindahan kalor ini dapat terjadi melalui 3 cara, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Untuk melakukan proses pertukaran kalor ini digunakan suatu alat penukar kalor. Disini alat penukar kalor yang digunakan adalah jenis *Shell and Tube* dengan kata lain fluida yang satu mengalir didalam *tube-tube* atau tabung-tabung dan fluida yang satunya lagi melintas didalam selongsong atau *shell*.

Alat penukar kalor merupakan peralatan yang amat penting dalam dunia industri seperti halnya pada pembuatan pupuk di PT. PUSRI Palembang. Pada proses pengolahan ini alat penukar kalor yang paling sering digunakan adalah sebagai pendingin (*cooler*). Alat penukar kalor yang digunakan sebagai pendingin tersebut atau *cooler* adalah U-EA111, U-EA112, dan U-EA113. Pendingin ini dimaksudkan untuk mendinginkan gas CO₂ yang berada didalam *tube* atau tabung dengan menggunakan air dingin yang berada didalam *shell* atau selongsong. Perpindahan kalor yang terjadi pada pendingin (*cooler*) ini adalah gas CO₂ yang bertemperatur tinggi dan air dingin yang bertemperatur rendah. Untuk mengetahui apakah suatu alat penukar kalor mampu melaksanakan suatu tugas tertentu maka diperlukan analisa performansi (unjuk kerja) dari alat penukar kalor tersebut.



I.2 Batasan Masalah

Dalam penulisan ini permasalahan dibatasi hanya menyangkut analisa teknik dari alat penukar kalor tipe *shell and tube* yang berupa perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi dan perhitungan parameter-parameter yang menunjukkan performansi atau unjuk kerja alat tersebut pada pabrik Pusri IB PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG.

I.3 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Mengetahui performansi atau unjuk kerja dari alat penukar kalor dengan mengetahui parameter-parameter yang berhubungan dengan unjuk kerja alat tersebut
2. Menghitung besarnya nilai faktor pengotor yang terjadi sehingga dapat dijadikan acuan dalam melakukan perawatan atau pembersihan terhadap alat penukar kalor apabila nilainya telah melebihi batas yang diizinkan
3. Menghitung laju perpindahan kalor dari gas karbondioksida (CO_2) ke cairan air dingin (H_2O).

I.4 Metode Pembahasan

Metode yang penulis gunakan dalam menganalisa performansi alat penukar kalor U-EA111, U-EA112, U-EA113 ini adalah :

1. Metode observasi/survey, yaitu dengan melihat langsung ke lokasi, khususnya mengenai alat penukar kalor U-EA111, U-EA112, U-EA113 di pabrik Pusri IB PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG.
 2. Metode pengumpulan data, yaitu dengan mengambil langsung ke lapangan yaitu di pabrik Pusri IB PT. PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG
 3. Studi pustaka, yaitu dengan membahas dan mengkaji aspek-aspek yang ada di lapangan, kemudian mencari literatur-literatur yang menunjang pembahasan dan pengkajian tersebut.
-



4. Analisa data dan pembuatan kesimpulan, dilakukan setelah adanya kajian yang mendalam berdasarkan literatur yang menunjang dan masukan dari berbagai pihak yang berhubungan.

I.5 Sistematika Penulisan

Pada Bab I, Pendahuluan berisi tentang Latar Belakang, Batasan Masalah, Tujuan dan Manfaat, dan Metode Pembahasan.

Pada Bab II, Tinjauan Pustaka berisi tentang Penjelasan singkat Alat Penukar kalor, Perpindahan Kalor dan Parameter-parameter Performansi.

Pada Bab III, Data Survey berisi tentang Sistem Kerja Alat dan Data Survey.

Pada Bab IV, Perhitungan dan Analisa Data berisi mengenai perhitungan pada kondisi operasi bulan oktober 2007 dan pada kondisi awal operasi untuk mendapatkan besarnya efektivitas dari alat penukar kalor serta menghitung nilai faktor pengotoran yang terjadi pada alat penukar kalor tersebut.

Pada Bab V, Kesimpulan dan saran berisi mengenai kesimpulan yang diambil dari perhitungan dan pembahasan serta saran-saran yang bisa dilaksanakan terhadap *heat exchanger* U-EA111, U-EA112, U-EA113 di pabrik Pusri IB Palembang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Holman, J.P., Jasjfi, E.: Perpindahan Kalor, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
2. Kern, D.Q. : Process Heat Transfer, Mc. Graw Hill Book Company, 1995.
3. Streeter. Victor.L, Wylie. E Benjamin, Prijono Arko. : Mekanika Fluida, Jilid I, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
4. Incopera Frank.P, Dewitt David P. : Fundamental of Heat and Mass Transfer, Third Edition, Jhon Wiley & Sons, Singapore, 1990.
5. Janna, S. Wiliam : Engineering Heat Transfer, S1 Edition, Van Nostrand Reinhold (International), USA, 1988.
6. Standar of Tubular Exchanger Manufacturers Association, TEMA, 7th edition, Standar of Tubular Exchanger Manufacturers Association Inc, New York, 1988.
7. Cengel, Yunus A, : Heat Transfer : A Practical Approach, Second Edition in S1 Units, Mc Graw - Hill, New York, 2004.
8. Stoecker. Wilbert F, Jones Jerold W, Hara Supratman, : Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Edisi kedua, Penerbit Erlangga, 1994.