

**ANALISA LAJU PERPINDAHAN KALOR
PADA ALAT PENUKAR KALOR
TIPE SPIRAL PLAT
DI PT. SINAR ALAM PERMAI MARIANA-MURA**

**TUGAS AKHIR
KONVERSI ENERGI**



SKRIPSI

**Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**CHRISTHOPER PURBA
03023150054**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

1908

621. 402 507

Pur

a
2008

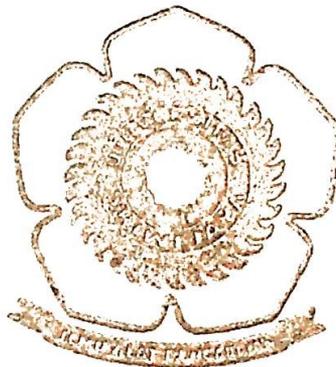
**ANALISA LAJU PERPINDAHAN KALOR
PADA ALAT PENUKAR KALOR
TIPE SPIRAL PLAT
DI PT. SINAR ALAM PERMAI MARIANA-MUBA**



**TUGAS AKHIR
KONVERSI ENERGI**

R. 1209

I. 17041



SKRIPSI

**Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

**CHRISTHOPER PURBA
03023150054**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2008**

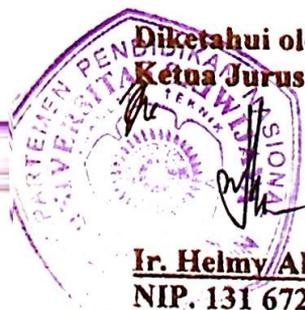
**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

**TUGAS AKHIR
KONVERSI ENERGI**

**ANALISA LAJU PERPINDAHAN KALOR
PADA ALAT PENUKAR KALOR
TIPE SPIRAL PLAT
DI PT. SINAR ALAM PERMAI MARIANA-MUBA**

Oleh

**CHRISTHOPER PURBA
03023150054**



**Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Mesin**

**Ir. Helmy Alian, MT.
NIP. 131 672 077**

**Palembang, Maret 2008
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing Utama**

**Ir. Firmansyah Burlian, MT.
NIP. 131 804 348**

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda Nomor : 1724/TA/IA/2008
Diterima Tanggal : 18 Maret 2008
Paraf : 

TUGAS AKHIR

NAMA : CHRISTHOFER PURBA
NIM : 03023180054
MATA KULIAH : TEKNIK PENUKAR KALOR
SPESIFIKASI : ANALISA LAJU PERPINDAHAN KALOR PADA
ALAT PENUKAR KALOR TIPE SPIRAL PLAT DI
PT. SINAR ALAM PERMAI MARIANA-MUBA.

DIBERIKAN TGL : NOPEMBER 2007

SELESAI : FEBRUARI 2008

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Mesin


Ir. Helmy Alian, MT.
NIP. 131 672 077

Palembang Maret 2008
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing Utama


Ir. Firmansyah Burlian, MT.
NIP. 131 804 348

NOMENKLATUR

$A_{s,p}$	Luas total permukaan dinding tabung, pelat, m^2
$C_{c,h}$	Laju kapasitas fluida dingin, panas, W/K
$c_{p,c}$	Kalor spesifik fluida dingin, J/kg K
ϵ	Efektifitas
h	Koefisien perpindahan kalor, $W/m^2 k$
$h_{i,o}$	Koefisien perpindahan panas bagian dalam, luar fluida, $W/m^2 K$
k	Konduktifitas termal, W/m K
L	Panjang tabung (spiral), m
T_s	Tinggi spiral, m
LMTD	Beda suhu rata-rata logaritmik, K
M	Berat molekul
$\dot{m}_{c,h}$	Laju aliran massa fluida dingin, panas, kg/s
N_u	Angka Nusselt
NTU	Jumlah satuan perpindahan
q	Laju perpindahan kalor, W
q_c, q_k, q_r	Laju perpindahan kalor konveksi, konduksi, radiasi, W
q_{maks}	Laju perpindahan kalor maksimum, W
Re	Bilangan Reynold
R_f	Faktor pengotoran, m^2K/W
$T_{c,i}, T_{c,o}$	Temperatur masuk, keluar fluida dingin, K
$T_{h,i}, T_{h,o}$	Temperatur masuk, keluar fluida panas, K
T_m, \bar{T}	Temperatur rata-rata, K
t_s	Tebal plat spiral (spiral), m
t_b	Tebal sekat (baffle), m
U	Koefisien perpindahan kalor menyeluruh, $W/m^2 K$
ρ	Massa jenis, kg/m^3
μ	Viskositas dinamis, kg/ms

ABSTRAK

Pada alat penukar kalor tipe spiral plat atau dapat juga disebut sebagai alat penukar kalor pemanas mengalir minyak dingin BPO (Bleaching Palm Oil) dan minyak panas RPO (Refined Palm Oil) yang masing - masing dipompakan dengan pompa jenis pompa sentrifugal untuk masuk kedalam alat penukar kalor tipe spiral heat exchanger C1 – TV1.

Terjadinya pertukaran kalor dalam alat penukar kalor tipe spiral heat exchanger ini bertujuan agar dapat memanfaatkan panas yang ada pada minyak RPO (Refined Palm Oil) dapat bertukar dengan minyak dingin BPO (Bleaching Palm Oil). Sehingga suhu pada minyak dingin akan naik selain itu dengan hasil yang dilakukan dapat menghilangkan kotoran yang berada pada minyak dingin dan minyak panas dapat berkurang dari temperatur masuknya. Yang masing-masing minyak tersebut berasal dari tangki yakni, untuk minyak dingin BPO dari D701 dan untuk minyak panas RPO berasal dari Deo701.

Dalam menganalisa laju perpindahan kalor pada alat penukar kalor tipe spiral ini dilakukan di PT.SAP (Sinar Alam Permai)-Mariana yang terletak di Sungai Gerong. Dalam analisa ini dilakukan perhitungan agar dapat mengetahui laju perpindahan kalor yang terjadi pada alat penukar kalor tipe spiral serta membandingkan dengan data desainnya.

Dalam hal ini fluida yang mengalir dalam alat penukar kalor ini mempunyai suhu masuk pada fluida panas pada data aktualnya (RPO) temperatur masuknya 250°C dan temperatur keluar 130°C dan untuk fluida dingin (BPO) untuk temperatur masuk 90°C dengan temperatur keluarannya sebesar 200°C , sehingga laju perpindahan kalor yang terjadi pada alat penukar kalor ini sebesar $1084339,018\text{ W}$, dan mempunyai efektifitas sebesar 78% . Sedangkan data desainnya dengan temperatur masuknya untuk fluida panas 255°C dan keluarnya 124°C dan untuk fluida dinginnya temperatur masuknya 90°C dan keluarnya sebesar 220°C dan perpindahan kalor yang terjadi sebesar $1182866,324\text{ W}$ dan efektifitas dari alat penukar kalor ini sebesar 83% sehingga terdapat perbedaan yang cukup besar dalam hal efektifitasnya yakni sebesar 5% sehingga penulis menganggap perlu dilakukan perawatan agar efektifitas penukar kalor aktual dapat mendekati efektifitas desainnya dalam hal ini faktor perpindahan kalornya diperlambat oleh adanya faktor kotoran yang menempel pada alat penukar kalor.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur yang sebesar-besarnya saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan pertolongan-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini dibuat bertujuan untuk mempelajari dan menganalisa Laju Perpindahan Kalor yang terjadi pada alat penukar kalor tipe Spiral Plat dan juga sebagai syarat untuk menyelesaikan studi saya di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Firmansyah Burlian, M.T, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak memberikan saran dan meluangkan waktu untuk membimbing penulis. .
2. Bapak Dr. Ir. H. Hasan Basri, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Helmy Alian, M.T. dan Bapak Ir. M. Zahri kadir, M.T. selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Mesin.
4. Bapak Dr.Ir. Riman Sipahutar, Msc, selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin khususnya dan Universitas Sriwijaya umumnya, yang telah memberikan ilmu selama penulis menjalani kuliah.

6. Kedua Orang Tua dan Saudara-saudara kandung saya yang sangat saya cintai, atas semua pengorbanan dan kesabaran yang tiada batasnya terhadapku.
7. Teman-temanku Teknik Mesin khususnya Angkatan 2002, Makasri (Mahasiswa karo Sriwijaya), Si-RO (Appara, ito n' bere) dan Gg lampoeng yang kucintai dan Teman-temanku yang tidak dapat ku sebut satu persatu semoga persahabatan kita kekal untuk selamanya.
8. Seluruh Staf PT. SAP (Sinar Alam Permai) Mariana-Muba.

Dan masih banyak lagi yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu, yang telah banyak membantu dan mendorong saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

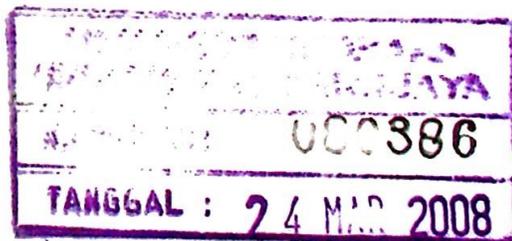
Akhir kata, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangan-kekurangan, untuk itu dengan rendah hati penulis menerima saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Inderalaya, Maret 2008

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
NOMENKLATUR	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB	
I. PENDAHULUAN	
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Batasan Masalah.....	I-2
I.3. Tujuan dan Manfaat	I-2
I.4. Metode Pembahasan.....	I-3
I.5. Sistematika Penulisan.....	I-4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
II.1. Alat Penukar Kalor	II-1
II.2. Klasifikasi Alat Penukar Kalor.....	II-2
II.2.1. Aliran Sejajar (Pararel Flow)	II-2
II.2.2. Aliran Berlawanan (<i>Counter Flow</i>).....	II-5
II.2.3. Aliran silang (<i>Cross Flow</i>)	II-7
II.3. Perpindahan Kalor.....	II-8
II.3.1. Perpindahan Kalor Konduksi	II-8
II.3.2. Perpindahan Kalor Radiasi.....	II-11
II.3.3. Perpindahan Kalor konveksi	II-12
II.3.3.1. Konveksi Bebas	II-13
II.3.3.2. Konveksi Paksa.....	II-15
II.4. Analisis Penukar Kalor Dengan Metode LMTD.....	II-17
II.5. Analisa Penukar Kalor dengan Metode NTU – Efektivitas	II-21



III. PROSEDUR PEMBUATAN ALAT DAN DATA SURVEI

III.1. Prosedur pembuatan alat penukar kalor	III-1
III.2. Sistem Kerja Alat	III-2
III.3. Data Survei	III-3

IV. PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

IV.1. Perhitungan Data Aktual	IV-1
IV.1.1. Menentukan laju aliran massa	IV-1
IV.1.2. Beda rata-rata temperatur logaritma	IV-2
IV.1.3. Menentukan laju perpindahan kalor aktual	IV-3
IV.1.4. Menentukan laju perpindahan kalor menyeluruh	IV-4
IV.1.5. Laju kapasitas panas	IV-4
IV.1.6. Laju perpindahan maksimum yang mungkin terjadi	IV-5
IV.1.7. Menentukan efektifitas	IV-6
VI.1.8. Menentukan number of transfer unit	IV-7
IV.2. Perhitungan Data Desain	IV-9
IV.3. Faktor Pengotoran	IV-16
IV.4. Analisa Hasil Perhitungan	IV-17

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.I. Kesimpulan	V-1
V.2. Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
2.1. Distribusi temperatur alat penukar kalor tipe aliran sejajar	II-3
2.2. Distribusi temperatur alat penukar kalor tipe aliran berlawanan arah	II-6
2.3. Alat penukar kalor aliran silang	II-7
2.4. Distribusi suhu melalui dinding datar dalam keadaan stedi	II-10
2.5. Aliran kalor pada silinder berlubang	II-11
2.6. Perpindahan kalor konveksi dari suatu plat.....	II-13
2.7. Perpindahan kalor konveksi alamiah pada plat rata vertikal	II-14
2.8. Perpindahan kalor konveksi paksa pada silinder	II-16
2.9. Perpindahan kalor menyeluruh untuk dinding datar	II-18
2.10. Keseimbangan energi keseluruhan untuk fluida panas dan dingin	II-17
3.1. Proses pembuatan dari alat penukar kalor tipe spiral plat.....	III-1
3.2. Instalasi sistem pemipaan	III-2
3.3. Geometri alat penukar kalor	III-3
3.4. Posisi titik untuk fluida masuk dan keluar	III-6
4.1. Gambar distribusi aliran minyak.....	IV-8



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN

1. Gambar tampak dalam alat penukar kalor spiral
2. Gambar tampak samping alat penukar kalor spiral
3. Faktor Resistance fluid
4. Tabel harga berat jenis dan kalor spesifik dari minyak
5. Faktor konversi
6. Konduktivitas Termal logam
7. Proses Flowsheet dari plant1

DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
1. Data hasil perhitungan	IV- 15

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Alat penukar kalor merupakan alat yang banyak digunakan di industri untuk pengolahan bahan-bahan, misalnya mendinginkan hasil suatu proses ke suhu yang lebih rendah. Penukar kalor digunakan untuk memindahkan energi dalam bentuk panas antara dua fluida yang berbeda temperaturnya. Fluida yang saling bertukar energi tersebut dapat merupakan dua fluida yang berbeda fasanya (cair, gas) atau mempunyai fasa yang sama (cair-cair atau gas-gas). Perpindahan energi yang biasanya terjadi pada alat penukar kalor, fluidanya tidak berkontak secara langsung.

Alat penukar kalor di industri-industri dapat digunakan sebagai *cooler* (alat pendingin), *heater* (alat pemanas), *condensor* (alat pengembun), *vaporizer* serta *reboiler* (alat penguap).

1. Alat Pendingin, alat penukar kalor ini digunakan untuk mendinginkan cairan atau gas dengan mempergunakan air sebagai media pendingin akhirnya.
2. Alat Pemanas, alat penukar kalor ini bertujuan memanaskan suatu fluida proses dengan menggunakan uap atau fluida panas lain sebagai zat pemanas.
3. Alat pengembun, alat penukar kalor ini digunakan untuk mendinginkan atau mengembunkan uap atau campuran uap, sehingga berubah fase



menjadi cairan. Media pendingin yang dipakai biasanya air, uap atau campuran uap.

4. Alat penguap, alat penukar kalor ini bertujuan untuk mendidihkan kembali serta menguapkan sebagian cairan yang diproses.

Dalam alat penukar kalor tipe spiral plat ini dinyatakan alat penukar kalor tipe *heater* yakni alat penukar kalor yang memanfaatkan panas fluida dari minyak panas untuk memanaskan minyak dingin.

I.2. Batasan Masalah

Batasan masalah yang diangkat disini adalah analisa laju perpindahan kalor pada Alat Penukar Kalor tipe Spiral Plat di PT. Sinar Alam Permai Palembang, dimana dalam alat penukar kalor tipe spiral ini mengalir minyak panas RPO (Refined Palm Oil) dan minyak dingin BPO (Bleaching Palm Oil). Serta mengolah data yang didapat dari survey yang dilakukan pada PT. SAP (Sinar Alam Permai) Mariana-Muba. Selanjutnya penulis akan melakukan analisa teknik terhadap alat penukar kalor tipe spiral perhitungan yang dilakukan sebelumnya.



I.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan manfaat yang diharapkan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui laju perpindahan kalor pada alat penukar kalor tipe Spiral Plat.
2. Meningkatkan sumber daya manusia dengan penerapan ilmu yang didapat secara teori dalam prakteknya di lapangan

I.4. Metode Pembahasan

1. Sumber Data

a Data Primer

Dengan mengadakan observasi dan pengambilan data pendukung secara langsung ke lokasi di PT. Sinar Alam Permai.

b Data Sekunder

Literatur, Karangan Ilmiah, dan berbagai Diktat Kuliah yang berhubungan dengan Tugas Akhir ini

2. Pengolahan Data

Mengolah data yang diperoleh yang didapat pada survey data dilapangan.



I.5. Sistematika Penulisan

Secara sistematis, penulisan skripsi ini terdiri atas lima bab, yang dijelaskan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini diuraikan Latar Belakang Penulisan, Batasan Masalah, Tujuan dan Manfaat Penulisan, Metode Pembahasan, dan Sistematika Penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini terlebih dahulu dibahas mengenai teori-teori perpindahan kalor dan penjelasan singkat tentang alat penukar kalor

BAB III DATA SURVEI

Dalam bab ini diuraikan proses pembuatan alat penukar kalor tipe spiral plat serta data-data yang diperoleh dari hasil observasi

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

Dalam bab ini akan dijelaskan tentang perhitungan penukar kalor secara aktual dan membandingkannya dengan data desainnya terhadap alat penukar kalor tipe spiral plat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini merupakan akhir dari penulisan skripsi, yang berisi kesimpulan berdasarkan hasil perhitungan dan saran-saran yang dapat dilaksanakan terhadap alat penukar kalor tersebut

DAFTAR PUSTAKA

- Holman, J. P. dan Jasfi E., "Perpindahan Kalor", Edisi Keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991
- Incropera, Frank P., dan Dewitt, David P., "Fundamentals of Heat and Mass Transfer", Third Edition, John Willey & Sons, Singapore, 1990
- Kern, Donald Q., "Process Heat Transfer", International Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore 1965
- Steeter, Victor L., dan Wylie E. Benjamin "Mekanika Fluida", Edisi Delapan, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1991
- White, Frank M., "Heat and Mass Transfer", Addison-Wesley Publishing Company Incorporation, Canada, 1988
- Ketaren, S., 1986. Teknologi Minyak dan Lemak Pangan, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta & Robert H. Perry-Don Green, Chemical Engineers Handbook Mc Graw Hill, Singapore.