

**ANALISA PERFORMANSI
ALAT PENUKAR KALOR RICH SOLUTION PREHEATER TYP E D.E.M
DI UNIT PORU PT.POPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG**



**SKRIPSI
KONVERSI JENJANG**

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

Oleh :

**ZECKY TANIMU
03013150003**

**JURISAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIDJAYA
2007**

620.10707

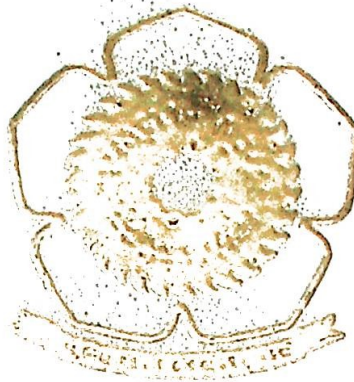
15603 / 15965

Tam

9

2007

**ANALISA PERFORMANSI
ALAT PENUKAR KALOR RICH SOLUTION PREHEATER TIPE B.E.M
DI UNIT FGRU PT.PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG**



**SKRIPSI
KONVERSI ENERGI**

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

Oleh :

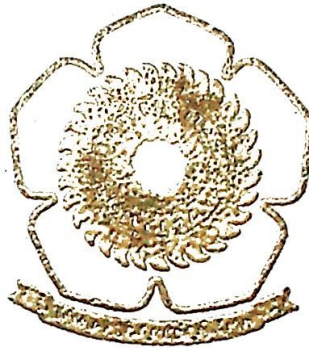
**ZECKY TAMIMI
03013150083**

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

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS SRIWIJAYA FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

SKRIPSI
KONVERSI ENERGI

ANALISA PERFORMANSI
ALAT PENUKAR KALOR RICH SOLUTION PREHEATER TIPE B.E.M
DI UNIT PGRU PT.PUPUK SRIWIDJAJA PALEMBANG



Oleh :

ZECKY TAMIMI
03013130083

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Mesin




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

Palembang, Maret 2007
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing Utama

Ellyanie, ST. MT.
NIP. 132 126 060

UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN

Agenda No : 1640/TA/IA/07
Diterima tgl : 20-03-07
Paraf : 

SKRIPSI

Nama : *Lesly Tarasani*

NIM : 03013150023

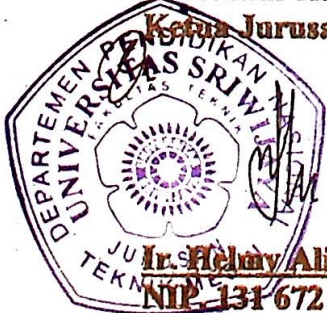
Mata Kuliah : Teknik Penukar Kalor

Spesifikasi : Analisis Performansi Alat Penukar Kalor Rich Solution
Preheater Tipe E.E.M Di Unit PGRU PT.Pupuk Sriwidjaja
Palembang

Dibagikan : September 2006

Selesai : Maret 2007

Diketahui oleh,
Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

Palembang, Maret 2007
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing Utama



Ellyanie, ST. MT.
NIP. 132 126 060



Rasulullah SAW stated the importance of changes in his hadith, "It's a suffer loses for those whose today is as same as yesterday. It's a misfortune for those whose today is worse than yesterday. And it's a fortune for those whose today is better than yesterday".

(HR. Kabirni)



Yakjutaki Allah SWT tidak akan pernah menimpakan suatu keanehan kepada seseorang, kecuali Dia juga menganugerahkan kekuatan untuk menghidu lagi dan mengatasinya. Maka, senantiasa berikhtiar dan bersabarlah, barang apapun bentuknya, keputusasaan, kekecewaan dan kesedihan yang menimpanya pasti akan hilang. Karena dari sana jualah kelak akan bisa peroleh buah atas rencana Allah SWT bagi hamba-Nya yang bersabar.



Cintailah apa yang kamu miliki.
Dan janganlah terlalu berambisi untuk memiliki
apa yang kamu cintai.



Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, akhirnya kupersembahkan karya ini sepenuhnya untuk:

- 1. Kekasih hidupku Ayahanda, Ibunda & kedua Nenekku yang senantiasa kuhormati dan cintai. Juga untuk Mbak & Adik-adikku tersayang (Ufi, Yayah, Daday) serta keponakanku, Indi yang selalu kuringinkan. Terima kasih yang sebesar-besarnya atas kepercayaan, motivasi, do'a dan pengorbanan kalian selama ini.
- 2. Almamaterku, Universitas Sriwijaya.

ABSTRAK

Rich Solution Preheater merupakan salah satu alat penukar kalor jenis *shell and tube* yang mempunyai jumlah *pass* pada *tube* dan *shell*-nya masing-masing adalah 1-1, serta mempunyai tipe aliran *counterflow*. Alat ini digunakan untuk memanaskan 12,5% *Aqueous Sol* yang berada dalam *shell* dengan mengalirkan 4% *Aqueous Sol* dalam *tube*. Berdasarkan pada hasil pengamatan yang dilakukan, temperatur dan tekanan operasi mengalami penurunan yang cukup besar terhadap kondisi desain. Akibat terjadinya penurunan tersebut, maka perlu diketahui dan dipelajari pengaruhnya terhadap parameter-parameter yang menunjukkan performansi *Rich Solution Preheater* melalui suatu analisa performansi alat penukar kalor.

Berdasarkan data hasil survei, *Rich Solution Preheater* mempunyai *tube* yang berjumlah 720 buah, panjang 5790 mm, tebal dinding 1,245 mm dan berdiameter luar 12,7 mm. Temperatur desain masuk/keluar pada *tube side* adalah sebesar 216/59,3 °C dan pada *shell side* 47,5/190 °C. Sedangkan temperatur operasi masuk/keluar pada *tube side* adalah sebesar 212/69,7 °C dan pada *shell side* adalah 37,9 /119 °C. Dari data-data yang diperoleh (desain dan operasi) maka dapat dianalisa suatu performansi dari *Rich Solution Preheater*.

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa diketahui bahwa kedua fluida tersebut (4% *Aqueous Sol* dan 12,5% *Aqueous Sol*) termasuk dalam jenis aliran laminar karena bilangan *Reynolds*-nya < 2300. Dalam hal ini juga diperoleh penurunan nilai dari kondisi desain ke kondisi operasi dimana penurunan terjadi pada laju perpindahan kalor (q), yaitu dari 769.373 W menjadi 599.950 W atau sebesar 22,02 %. Demikian juga pada efektivitas (ϵ) *Rich Solution Preheater* turun dari 93 % menjadi 82,3 % atau sebesar 10,7 %. Penurunan ini disebabkan oleh pengurangan laju aliran massa (\dot{m}) 4% *Aqueous Sol* dari 1,13 kg/s pada saat desain menjadi 0,72 kg/s pada saat operasi dan disebabkan oleh faktor pengotoran (R_f) yang terjadi yaitu sebesar $1,19 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C} / \text{W}$ serta akibat penurunan temperatur fluida panas.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Adapun tujuan penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi syarat yang telah ditentukan di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, dimana setiap mahasiswa diwajibkan untuk menyelesaikan skripsi sebagai syarat mengikuti sidang sarjana.

Dalam penulisan skripsi ini, Penulis menyadari bahwasannya tidak akan berjalan lancar tanpa adanya bantuan, bimbingan, saran dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, tidak ada kata yang lebih bijaksana selain mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Ellyanie, ST. MT. selaku pembimbing utama yang telah banyak memberikan bimbingan, saran serta dukungan untuk terselesaikannya tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. H. Hasan Basri, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Ir. Helmy Alian, MT., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri.
4. Bapak Ir. Zahri Kadir, MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri.
5. Ibu Ir. Marwani, MT, selaku Pembimbing Akademik.

6. Seluruh Staf dan Karyawan PT.Pupuk Sriwidjaja, khususnya Bapak Ir.Hut Yuli Priantoro dan Kak Ir. Wahyu yang telah banyak membantu dan membimbing selama melakukan penelitian dan survei data di lapangan.
7. Kedua Orang Tua, Kakak, Adik, Nenek yang sangat saya kasihi dan hormati, atas ketulusan, kesabaran, kepercayaan, do'a serta pengorbanannya yang tak terhingga selama ini.
8. Rekan-rekanku seperjuangan, Rian"Gha_lie", Boim, Robby, Okta, Thoole, Decha, Febri, Fedri, Jaka.K, Tabrani, Lian, Kiki dan juga adik-adik yang senantiasa kusayangi Fhito, Rama, A'i, Oki, Dian, Cici, Sri, Metha, terima kasih banyak atas bantuan dan dukungannya semoga kita semua selalu menjadi bagian bait cerita berkesan selamanya.
9. Segenap anggota Mapala "*Green Machine Spirit*" serta keluarga besar Teknik Mesin khususnya Angkatan 2001, terima kasih atas semangat dan dukungannya, maju terus , *Solidarity Forever* !

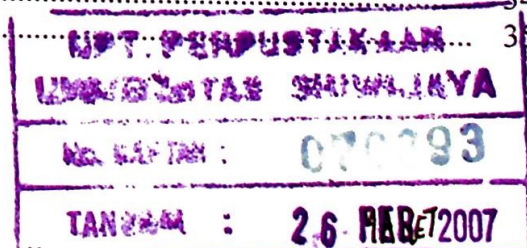
Akhirnya Penulis berharap agar karya tulis ini dapat berguna bagi kita semua dan tak lupa penulis tetap membuka diri atas saran dan kritik yang mengarah kepada perbaikan untuk masa yang akan datang. Akhir kata, saya mohon ma'af yang sebesar-besarnya apabila ada kesalahan dan kekurangan dalam skripsi ini.

Inderalaya, Maret 2007

Penulis,

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB	
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Maksud dan Tujuan	1
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Metode Penulisan	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
II. LANDASAN TEORI	
2.1. Proses Perpindahan Kalor	5
2.1.1. Perpindahan Kalor Konduksi	5
2.1.2. Perpindahan Kalor Konveksi	8
2.2. Aliran Fluida Viskos	10
2.3. Alat Penukar Kalor	12
2.3.1. Alat Penukar Kalor Tipe Shell dan Tube	13
2.3.2. 1-2 Shell and Tube Exchanger	15
2.3.3. Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh	16
2.3.4. Analisa Beda Temperatur Rata-rata Logaritma.....	18
2.3.5. Faktor Koreksi	24
2.4. Standarisasi Heat Exchanger Tipe Shell and Tube	25
2.5. Pertimbangan Dalam Perhitungan	31
III. RICH SOLUTION PREHEATER	
3.1. Spesifikasi dan Data Alat	34
3.1.1. Data Desain	34
3.1.2. Data Operasi	35



3.2. Mekanisme Kerja Rich Solution Preheater	38
IV. PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA	
4.1. Data Desain	41
4.1.1. Sifat-sifat Aqueous Sol.....	41
4.1.2. Laju Volumetrik Fluida	44
4.1.3. Luas Total Penampang Haluan	45
4.1.4. Kecepatan Aliran Fluida	47
4.1.5. Bilangan Reynolds Fluida	48
4.1.6. Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi dan Konduksi	49
4.1.7. Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh	52
4.1.8. Laju Perpindahan Kalor	54
4.1.9. Beda Temperatur Rata-rata Logaritma	55
4.1.10. Luas Permukaan Perpindahan Kalor	55
4.1.11. Faktor Koreksi	56
4.1.12. Laju Kapasitas Panas	56
4.1.13. Laju Perpindahan Kalor Maksimum yang mungkin	58
4.1.14. Efektivitas Rich Solution Preheater	58
4.2. Data Operasi	60
4.2.1. Sifat-sifat Aqueous Sol.....	60
4.2.2. Laju Perpindahan Kalor	63
4.2.3. Laju Volumetrik Fluida	65
4.2.4. Luas Total Penampang Haluan.....	66
4.2.5. Kecepatan Aliran Fluida.....	67
4.2.6. Bilangan Reynolds Fluida	68
4.2.7. Koefisien Perpindahan Kalor Konveksi dan Konduksi.....	70
4.2.8. Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh.....	73
4.2.9. Beda Temperatur Rata-rata Logaritma.....	74
4.1.10. Luas Permukaan Perpindahan Kalor	74
4.1.11. Faktor Koreksi	75
4.1.12. Laju Kapasitas Panas	75
4.1.13. Laju Perpindahan Kalor Maksimum yang mungkin	77
4.1.14. Efektivitas Rich Solution Preheater	77
4.1.14. Faktor Pengotoran	78
4.3. Analisa Data Hasil Perhitungan	80
4.3.1. Laju Kapasitas Panas 4% Aqueous Sol	80
4.3.2. Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh	81
4.3.3. Laju Perpindahan Kalor.....	81
4.3.4. Efektivitas	82

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	83
5.2. Saran	83

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar.	
2.1. Perpindahan kalor melalui dinding plat datar.....	6
2.2. Aliran kalor satu-dimensi melalui silinder berlubang dan analogi listriknya	7
2.3. Perpindahan kalor konveksi dari suatu plat.....	9
2.4. Berbagai daerah aliran lapisan-batas di atas plat rata.....	10
2.5. Profil kecepatan laminar di atas plat rata	10
2.6. 1-2 <i>Shell and Tube Exchanger</i>	15
2.7. Perpindahan kalor menyeluruh melalui dinding datar	16
2.8. Analogi tahanan untuk silinder bolong dengan kondisi batas konveksi	17
2.9. Keseimbangan energi untuk fluida panas dan fluida dingin ...	18
2.10. Distribusi temperatur pada alat penukar kalor aliran sejajar	20
2.11. Distribusi temperatur pada alat penukar kalor berlawanan	24
2.12. Bagian-bagian alat penukar kalor berdasarkan standar TEMA	27
3.1. <i>Rich Solution Preheater</i>	37
3.2. Blok diagram Unit PGRU (<i>Purge Gas Recovery Unit</i>)	38
4.1. Distribusi temperatur untuk data desain.....	41
4.2. Distribusi temperatur untuk data operasi.....	60

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel.	
4.1. Hasil perhitungan untuk data desain dan data operasi	80

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran.

1. Tabel A-1. Sifat-sifat Air (Zat cair-Jenuh)
2. Tabel A-2. Sifat-sifat Zat-cair Jenuh (Amonia)
3. *Data Sheet of Rich Solution Preheater*



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam dunia industri petrokimia seperti halnya pada PT.Pupuk Sriwidjaja Palembang banyak ditemukan alat penukar kalor dengan berbagai jenis dan fungsi yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Alat penukar kalor yang paling banyak ditemukan disini adalah tipe *shell and tube* Namun seiring dengan lamanya pemakaian, efektivitas alat tersebut sedikit demi sedikit mengalami penurunan. Hal ini dapat diketahui dengan kondisi temperatur, tekanan dan laju aliran massa yang semakin menurun terhadap kondisi awal pemakaian. Akibatnya, alat tersebut tidak lagi menjalani fungsinya dengan baik. Untuk memperpanjang umur pemakaian, salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah melakukan perawatan berkala seperti pembersihan pada sisi *tube* atau juga mengganti sebagian komponen yang sudah tidak layak pakai. Penurunan kinerja alat penukar kalor tersebut secara langsung dipengaruhi oleh parameter-parameter yang nantinya akan dapat diketahui melalui suatu analisa performansi.

1.2. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Untuk mempelajari parameter-parameter yang terjadi akibat pengaruh perbedaan temperatur, tekanan, dan laju aliran massa pada kondisi desain dan kondisi operasi.



2. Untuk membandingkan performansi *Rich Solution Preheater* pada kondisi desain dan operasi.
3. Untuk menghitung efektivitas *Rich Solution Preheater* secara aktual dan teoritis.

1.3. Pembatasan Masalah

Batasan masalah yang diangkat disini adalah analisa teknik dari alat penukar kalor *Rich Solution Preheater* tipe *shell and tube* untuk memanaskan *12,5% Aqueous Sol* dengan menggunakan fluida pemanas *4% Aqueous Sol*. Berdasarkan data hasil survei diperoleh suatu penurunan temperatur, tekanan, dan laju aliran massa *Rich Solution Preheater* pada kondisi operasi terhadap kondisi desain. Hal ini tentu berpengaruh terhadap parameter-paramater yang menunjukkan performansi alat penukar kalor tersebut. Bentuk analisa yang dilakukan adalah dengan menghitung parameter-parameter tersebut, dengan menggunakan *Metode LMTD* untuk data desain dan data operasi berdasarkan hasil survei.

1.4. Metode Penulisan

Metode yang digunakan dalam penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

1. Metode Observasi, yaitu melihat langsung ke lokasi mengenai alat penukar kalor untuk memanaskan *12,5% Aqueous Sol* pada Unit PGRU



Bab I. Pendahuluan

(Purge Gas Recovery Unit) pabrik Pusri PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang dari tanggal 11 September 2006 sampai 21 September 2006.

2. Metode pengumpulan data, yaitu dengan mengambil data langsung ke lapangan yaitu di Unit PGRU pabrik Pusri PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang.
3. Studi Kepustakaan, meliputi penelaahan literatur yang berkaitan dengan teori perpindahan panas, khususnya yang membahas tentang alat penukar kalor.
4. Studi analisa, yaitu menganalisa data-data yang diperoleh dan membandingkan dengan perhitungan eksak, untuk mengambil beberapa kesimpulan dari hasil perbandingan tersebut.
5. Studi diskusi, yaitu melakukan serangkaian konsultasi dengan dosen pembimbing dan orang-orang yang bergelut didalam dunia industri, khususnya mengenai alat penukar kalor.

1.5. Sistematika Penulisan

Secara sistematis, penulisan skripsi ini terdiri dari lima bab, dimana tiap-tiap bab membahas mengenai :

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisikan Latar belakang, tujuan penulisan, pembatasan masalah, metode penulisan, dan sistematika penulisan.



BAB II. LANDASAN TEORI

Dalam bab ini terlebih dahulu dibahas mengenai teori-teori perpindahan kalor, penjelasan singkat tentang alat penukar kalor serta parameter-parameter performansinya.

BAB III. RICH SOLUTION PREHEATER

Dalam bab ini akan dijelaskan tentang spesifikasi dan data alat, data operasi alat dan mekanisme kerja *Rich Solution Preheater*.

BAB IV. PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA.

Dalam bab ini akan dijelaskan tentang perhitungan penukar kalor secara aktual dan teoritik yang berbentuk analisis teknik berdasarkan data-data desain dan operasional peralatan untuk menghitung besarnya daya guna atau performansi alat penukar kalor tersebut.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.

Bab ini merupakan akhir dari penulisan skripsi, yang berisikan kesimpulan berdasarkan perhitungan dan pembahasan data pada bab-bab sebelumnya yang berkaitan dengan karakteristik dan performansi alat penukar kalor serta saran-saran yang dapat dilaksanakan terhadap alat penukar kalor tersebut

DAFTAR PUSTAKA

1. Holman, JP., Jasjfi E, MSc. Ir. "Perpindahan Kalor" Edisi keenam, Erlangga, Jakarta. 1994.
2. Incropera, Frank P., Dewitt David P., "*Introduction To Heat Transfer*", *Second Edition, John Willey and Sons, New York*, 1990.
3. Osizik, M. Necati., "*Heat Transfer a Basic Approach*". *McGraw-Hill, Inc. USA*. 1985.
4. Streeter, Victor L., Wylie, E. Benjamin dan Prijono, Arko "Mekanika Fluida", Jilid Satu, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1993.
5. Kern, Donald Q., "*Process Heat Transfer*"; *International Edition, McGraw_Hill Book Company Inc.Singapore*, 1965.
6. Parker, Jerald D., "*Introduction to Fluid Mechanics and Heat Transfer*", *Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Philippines*, 1996.
7. Reid, Robert C., "*The Properties of Gas and Liquids their Estimation and Correlations*", *Third Edition, McGraw-Hill, Inc., USA*, 1977.
8. Ross, Robert B., "*Metallic Materials Specification Handbook*", *Fourth Edition, Chapman and Hall*, 1992.
9. *Standards of Tubular Exchanger Manufacturers Association, TEMA, Seventh Edition, New York*, 1998.
10. Van Wylen, Gordon J., "*Fundamentals Of Classical Thermodynamics*", *Third Edition, English/SI Version, John Willey & Sons, Inc., USA*, 1986.