



UM Surabaya

**ANALISA PERPINDAHAN PANAS
PADA MODIFIKASI MBFP COOLER
(STUDI KASUS DI PLTU
PAITON UNIT 3)**

**TUGAS AKHIR
11133142**

**IVAN ADI PRAYOGO
NIM. 2014.1331.102**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SURABAYA
2015**



UM Surabaya

**HEAT TRANSFER ANALYSIS
ON MODIFICATION OF MBFP COOLER
(CASE STUDY IN PLTU PAITON
UNIT 3)**

**FINAL PROJECT
11133142**

**IVAN ADI PRAYOGO
NIM. 2014.1331.102**

**MECHANICAL ENGINEERING
DEPARTEMENT
ENGINEERING FACULTY
MUHAMMADIYAH UNIVERSITY
SURABAYA
2015**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini telah diuji dan dinyatakan sah oleh panitia ujian tingkat sarjana (S1) Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana pada tanggal

Disetujui dan disahkan oleh :

Dosen Penguji :

1. M. Arif Batutah, ST., MT. (.....)
2. Rizki Wibawaningrum, ST., MT. (.....)
3. Hadi Kusnanto, ST. (.....)

Dosen Pembimbing :

1. M. Arif Batutah, ST., MT. (.....)

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik

Menyetujui
Kaprodi Teknik Mesin

Ir. Gunawan, MT.
NIDN. 0707085902

Hadi Kusnanto, ST.
NIDN. 0717107701

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

1. Nama Mahasiswa : Ivan Adi Prayogo
2. NIM : 2014.1331.102
3. Jurusan : Teknik Mesin
4. Judul : *Analisa Perpindahan Panas Pada Modifikasi MBFP Cooler (Studi Kasus PLTU Paiton Unit 3)*
5. Tanggal Pengajuan Tugas Akhir :
6. Tanggal Selesai Tugas Akhir :

| TANGGAL | MATERI BIMBINGAN | PARAF PEMBIMBING | KETERANGAN |
|----------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Menyetujui,
Pembimbing

Mengetahui,
Kaprodi Teknik Mesin

M. Arif Batutah, ST., MT.
NIDN. 0707067407

Hadi Kusnanto, ST.
NIDN. 0717107701

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yg bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ivan Adi Prayogo
NIM : 2014.1331.102
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir ini saya tulis benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi saya ini hasil jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai peraturan UMS yang berlaku.

Surabaya, Agustus 2015
Yang membuat pernyataan

Ivan Adi Prayogo

ANALISA PERPINDAHAN PANAS PADA MODIFIKASI MBFP COOLER (STUDI KASUS DI PLTU PAITON UNIT 3)

Nama Mahasiswa : Ivan Adi Prayogo
NIM : 2014.1331.102
Jurusan : Teknik Mesin FT-UM Surabaya
Dosen Pembimbing : M. Arif Batutah, ST., MT.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui koefisien perpindahan kalor total dengan melakukan variasi jumlah dan jarak fin / sirip dan mengetahui seberapa besar penurunan tekanan yang terjadi pada variasi tersebut menggunakan analogi perpindahan kalor pada *heat exchanger* pipa ganda. Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari tembaga, *stainless steel*, dan aluminium yang digunakan sebagai struktur tambahan / material modifikasi pada *tube* dengan jarak dan jumlah tertentu. Spesimen ini berbentuk fin / sirip delta.

Air dingin dialirkan ke dalam *shell* dengan kecepatan tetap dan air panas dialirkan ke dalam *tube* dengan kecepatan tetap, ini dilakukan dalam jangka waktu 15 menit. Dengan mengukur perubahan suhu yang terjadi antara sisi masuk dan keluar *shell* dan *tube*, maka dapat dihitung koefisien perpindahan kalornya dan korelasi (persamaan) antara U vs jumlah fin / sirip atau jarak fin / sirip. Hasil eksperimen yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan hasil teoritik. Penelitian ini memberikan gambaran suatu hasil penelitian secara sistematis, dan faktual mengenai fenomena perubahan suhu di sisi *shell* dan *tube*, dan penurunan kecepatan pada saat dilakukan pengujian sehingga dapat diketahui pada variasi

jumlah dan jarak berapa fin / sirip *delta wing* paling efektif yang memberikan kontribusi. Data yang diperoleh dari eksperimen berupa penurunan tekanan, temperature masuk dan keluar pada sisi *shell* dan *tube*, debit fluida masuk pada sisi *shell* dan *tube*. Fenomena-fenomena yang didapat dalam penelitian digambarkan secara grafis untuk menggambarkan koefisien perpindahan kalor total.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh variasi jarak dan jumlah fin / sirip pada permukaan *tube* dapat meningkatkan koefisien perpindahan kalor dengan peningkatan 3% untuk variasi 4/10 terhadap 4/20 dan menaikkan penurunan tekanan.

Kata kunci : Koefisien perpindahan kalor, *heat exchanger*, *shell* and *tube*.

HEAT TRANSFER ANALYSIS ON MODIFICATION OF MBFP COOLER (CASE STUDY IN PLTU PAITON UNIT 3)

Name : Ivan Adi Prayogo
NIM : 2014.1331.102
Major : Mechanical Engineering FT-UM Surabaya
Supervisor : M. Arif Batutah, ST., MT.

ABSTRACT

This study aims to determine the total heat transfer coefficient by varying the amount and distance of fin, and know how big the pressure drop that occurs in these variations using the analogy of heat transfer in double-pipe heat exchanger. Specimens used in this study are made of copper, stainless steel, and aluminum which is used as an additional structure / material modifications to the tube by a distance and a certain amount. This specimen shaped fin delta.

Cold water flows into the shell at a steady pace and the hot water flowed into the tube at a constant speed, this is done within a period of 15 minutes. By measuring temperature changes that occur between the entry and exit of shell and tube, the calorific transfer coefficient and the correlation (similarity) between the U vs. the number of fin or fin spacing can be calculated. The experimental results obtained were then compared with theoretical results. The study provides an overview of the results of the systematic and factual study of

the phenomenon of temperature changes on the side of the shell and tube, and a decrease in speed at the time of testing that can be seen on the variation of the number and spacing of how delta fin / wing fins of the most effective contribution. Data are obtained from experiments such as pressure, temperature in and out on the side of the shell and tube, fluid flow in on the side of the shell and tube. Phenomena that obtained in the study depicted graphically to illustrate the total heat transfer coefficient.

The results showed that the influence of variations in the distance and number of fins on the tube surface can increase the heat transfer coefficient with a 3% increase for variation 4/10 to 4/20 and raise the pressure drop.

Keywords: coefficient of heat transfer, heat exchangers, shell and tube.

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat serta hidayah-Nya sehingga tugas akhir dengan judul “ANALISA PERPINDAHAN PANAS PADA MODIFIKASI MBFP COOLER (STUDI KASUS DI PLTU PAITON UNIT 3)”. Alhamdulillah dapat diselesaikan dengan baik oleh penulis. Tentunya hal tersebut tidak lepas dari dukungan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Gunawan, MT. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Bapak Hadi Kusnanto, ST Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Bapak Arif Batutih, ST. MT, selaku dosen Pembimbing yang telah membimbing dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
4. Keluarga besar jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surabaya yang secara tidak langsung membantu penelitian.
5. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan demi perbaikan dan kemajuan dalam tugas akhir ini. Akhir kata semoga Allah SWT melimpahkan berkah dan rahmatnya kepada kita semua. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya yang membaca. Amin.

Surabaya , Agustus 2015

Ivan Adi Prayogo

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN JUDUL | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR | iv |
| PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN | v |
| ABSTRAK | vi |
| ABSTRACT | viii |
| KATA PENGANTAR | x |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3. Batasan Masalah | 4 |
| 1.4. Maksud dan Tujuan | 5 |
| 1.5. Manfaat | 5 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1. Heat Exchanger..... | 7 |
| 2.2. Proses Perpindahan Panas..... | 13 |
| 2.3. Lapis Batas Thermal..... | 23 |
| 2.4. Tekanan | 24 |
| 2.5. Laju Perpindahan Kalor pada Alat Penukar Kalor Pipa Ganda (<i>Double Pipe Heat Exchanger</i>) | 26 |
| 2.6. Hipotesis | 36 |

| | |
|--|----|
| BAB III METODOLOGI | 37 |
| 3.1. Metodologi Penelitian | 37 |
| 3.2. Populasi dan Sampel Penelitian | 38 |
| 3.3. Variabel Penelitian | 38 |
| 3.4. Pengumpulan Data | 39 |
| 3.5. Analisis Data | 46 |
| | |
| BAB IV PERENCANAAN DAN PEMBAHASAN | 55 |
| 4.1. Nilai Koefisien Perpindahan Kalor Total | 55 |
| 4.2. Laju Perpindahan Kalor | 64 |
| | |
| BAB V PENUTUP..... | 67 |
| 5.1. Kesimpulan | 67 |
| 5.2. Saran | 69 |
| | |
| BAB VI DAFTAR PUSTAKA | 71 |
| | |
| BIODATA PENULIS | 72 |
| | |
| LAMPIRAN | 70 |

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

| | |
|---|----|
| 1.1. Diagram estimasi kebutuhan listrik nasional 2012 – 2021..... | 1 |
| 1.2. Diagram proses air dan uap pada PLTU paiton..... | 2 |
| 2.1. Perbedaan parallel flow dan counter flow menurut perhitungan Logarithmic Mean Temperature Difference or $LMTD$ or DT_{LM} | 8 |
| 2.2. Contoh beberapa standard dan spesifikasi Heat Exchanger yang ada dipasar industri dengan fin berbentuk <i>Fin Pack (Strip)</i> | 13 |
| 2.3. Perpindahan panas konduksi pada dinding (J.P. Holman, 2010 hal: 33)..... | 14 |
| 2.4. Perpindahan panas konveksi (J.P.Holman, 2010 hal: 253)..... | 18 |
| 2.5. Perpindahan Panas Konveksi..... | 20 |
| 2.6. perpindahan kalor secara konveksi pada suatu pelat rata..... | 20 |
| 2.7. Perpindahan panas radiasi (J.P.Holman, 2010 hal: 13).... | 22 |
| 2.8. manometer differential..... | 25 |
| 2.9. Perpindahan panas pada Double pipe heat exchanger.... | 26 |
| 2.10. Diameter hidrolik untuk jumlah fin 4..... | 29 |
| 2.11. Diameter hidrolik untuk jumlah fin 6..... | 30 |
| 2.12. Efisiensi Fin untuk cross-section konstan dengan parameter mL | 31 |
| 2.13. Penampang fin rectangular..... | 32 |
| 2.14. Penampang penukar kalor pipa ganda..... | 33 |
| 2.15. Distribusi temperatur untuk aliran berlawanan arah pada penukar kalor pipa ganda / <i>Counter Flow</i> | 34 |
| 2.16. counter flow menurut perhitungan Logarithmic Mean Temperature Difference or $LMTD$ or DT_{LM} | 35 |

| | |
|---|----|
| 3.1. Isometric Diagram..... | 38 |
| 3.2. Grafik kalibrasi Debit gelas ukur sebagai fungsi Debit flow meter pada tube..... | 41 |
| 3.3. Grafik kalibrasi debit gelas ukur sebagai fungsi flow meter pada shell..... | 42 |
| 4.1. Profil koefisien perpindahan kalor total (U_c) sebagai fungsi variasi jumlah fin dan jarak fin. (fin 4)..... | 56 |
| 4.2. Profil koefisien perpindahan kalor total (U_c) sebagai fungsi variasi jumlah fin (6 fin) dan jarak fin..... | 57 |
| 4.3. Profil penurunan tekanan (N/m^2) sebagai fungsi variasi jumlah fin (4 fin) dan jarak | 61 |
| 4.4. Profil penurunan tekanan (N/m^2) sebagai fungsi variasi jumlah fin (6 fin) dan jarak fin..... | 62 |
| 4.5. Profil koefisien perpindahan kalor total (W/m^2C) sebagai fungsi variasi jumlah fin dan jarak fin..... | 63 |
| 4.6. Profil koefisien perpindahan kalor total (W/m^2C) sebagai fungsi variasi jumlah fin dan jarak fin..... | 63 |
| 4.7. Profil laju perpindahan kalor (Q_c) sebagai fungsi variasi jumlah (4 fin) dan jarak fin..... | 65 |
| 4.8. Profil laju perpindahan kalor (Q_c) sebagai fungsi variasi jumlah (6 fin) dan jarak fin..... | 65 |

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

| | |
|---|----|
| 2.1. Konduktivitas Termal Berbagai Bahan pada 0°C | 17 |
| 3.1. Kalibrasi debit <i>tube</i> | 40 |
| 3.2. Kalibrasi debit <i>shell</i> | 41 |
| 3.3. Data penelitian untuk bahan stainless steel..... | 43 |
| 3.4. Data penelitian untuk bahan tembaga | 44 |
| 3.5. Data penelitian untuk aluminium..... | 45 |
| 4.1. Tabel koefisien perpindahan kalor total (U_c) dan penurunan tekanan (N/m^2). Terhadap variasi pengujian..... | 59 |
| 5.1. Tabel perbandingan koefisien perpindahan kalor total (U_c) dan penurunan tekanan (N/m^2). | 67 |

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran Halaman

| | |
|--|----|
| 1. Lampiran 1 Faktor Konversi | 73 |
| 2. Lampiran 2 Tabel sifat-sifat Air..... | 75 |
| 3. Lampiran 3 Daftar Simbol | 76 |
| 4. Lampiran 4 Hasil Perhitungan | 78 |