



**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIT PENELITIAN DAN PENGABDIAN
PADA MASYARAKAT
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SRIWIJAYA**



Jln. Raya Prabumulih KM. 32 Inderalaya (306620) Telp. (0711) 580739-580741 Fax (0711) 580062
e-mail : ftunsri@plasa.com

REGISTRASI JURNAL PENELITIAN

Sesuai dengan data yang ada pada kami, maka tulisan dengan judul :

- ***Analisa kegagalan pada alat penukaran kalor***

ISSN : 1411 – 6553

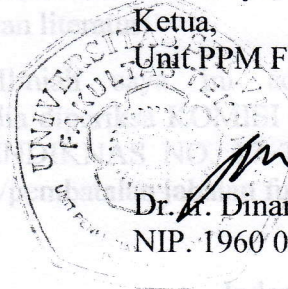
Penulis : Dr. Ir Riman Sipahutar, M.Sc

Telah teregistrasi dengan No.

NOMOR REGISTRASI															
0	3	0	5	0	6	0	1	0	7	0	1	0	2	4	5
Kode Fakultas	Kode PS/Jurusan	Kode Publikasi	Kode Penulis	Tahun Publikasi	Kode Sumber Tulisan	Sumber Dana	Nomor urut Publikasi dan Fakultas								

Inderalaya, 04 Maret 2010

Ketua,
Unit PPM FT. UNSRI



(Signature)
Dr. Ir. Dinar Dwi Amugerah Putranto, M.SPj
NIP. 1960 0630 198603 1 004

Inderalaya, 23 Maret 2011
Yang Menyatakan

Mengetahui,
Tehnik Fakultas Teknik Unsri



Dr. DENEM M. Toha, DEA
NIP. 19530614 198503 1 002

Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc
NIP. 19560604 198602 1 001

SURAT PERNYATAAN INTEGRITAS KARYA ILMIAH

(Permendiknas No. 17 tahun 2010, Pasal 7)

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.

NIP : 19560604 198602 1 001

Jenis Kelamin : Laki-laki

Fakultas : Teknik

Jurusan : Teknik Mesin

Kedudukan dalam Karya Ilmiah: Penulis Utama

Dengan ini menyatakan bahwa Karya Ilmiah saya:

Judul : Analisa Kegagalan pada Alat Penukar Kalor

No. Registrasi :

0	3	0	5	0	6	0	1	0	7	0	1	0	1	0	2	4	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Diregister tanggal : 4 Maret 2010

Bentuk : Publikasi Ilmiah dan diterbitkan pada:
Jurnal Rekayasa Mesin, Vol. 7, No. 1, Maret 2007, ISSN 1411-6553,
halaman 6-11.

1. Adalah Karya Ilmiah yang belum pernah dimintakan angka kreditnya pada kegiatan sebelumnya.
2. Adalah Karya Ilmiah yang BEBAS PLAGIAT/AUTO PLAGIAT dalam berbagai bentuk termasuk data, fakta, informasi, serta rujukan literatur.
3. Apabila ditemukan bahwa Karya Ilmiah saya ini adalah merupakan karya PLAGIAT/AUTO PLAGIAT, saya bersedia diperiksa KOMISI ETIKA AKADEMIK dan menerima sanksi sesuai dengan PERMENDIKNAS NO. 17 Tahun 2010 dan/atau dan Plagiat/Auto Plagiat, termasuk pencabutan/pembatalan jabatan fungsionalnya (pendidik).

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik Unsri



Prof. Dr. Ir. H.M. Taufik Toha, DEA
NIP. 19530814 198503 1 002

Inderalaya, 23 Maret 2011
Yang Menyatakan



Dr. Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.
NIP. 19560604 198602 1 001

Jurnal Rekayasa Mesin

PELINDUNG/PENASEHAT
Dekan FT. Universitas Sriwijaya

KETUA PENGARAH
Ketua Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENYUNTING
Riman Sipahutar (Ketua)
Irwin Bizzy (Wk. Ketua)
Amrifan Saladin M. (Sekretaris)

PENYUNTING AHLI
Masanori Kikuchi (SUT, Japan)
H. Abdurrachim (ITB)
Raldi A. Koestoer (UI)
A.I. Mahyuddin (ITB)
Yatna Yuwana M. (ITB)
Bambang Suharno (UI)
Hasan Basri (Unsri)
Riman Sipahutar (Unsri)
Kaprawi (Unsri)

PENYUNTING PELAKSANA
M. Zahri Kadir
Darmawi Bayin
Hendri Chandra
Diah Kusuma P.
Nukman
Helmy Alian
Muhammad Yanis

PELAKSANA TATA USAHA
Ellyanie
Dewi Puspitasari
Irsyadi Yani

ALAMAT REDAKSI
Jurusan teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km-32,
Inderalaya, Ogan Ilir, 30662
Telp. 0711-580272
Fax: 0711-580272
E-Mail:
Mohruni_a_s@palembang.wasantara.net.id

CARA BERLANGGANAN
Permintaan berlangganan dapat dikirimkan ke
alamat redaksi di atas.

EDITORIAL

Pada penerbitan Jurnal Rekayasa Mesin edisi Maret 2007 ini, jumlah makalah sebanyak 9 buah yang terdiri dari berbagai Kelompok Bidang Keahlian (KBK). Dari jumlah makalah yang diterbitkan pada edisi ini, terlihat adanya peningkatan minat para staf pengajar untuk mempublikasikan hasil penelitiannya melalui Jurnal rekayasa Mesin ini.

Komitmen dan keseriusan dari para staf pengajar untuk terus meneliti dan mempublikasikan hasil penelitiannya merupakan modal utama dalam menjaga kelangsungan jurnal ini yang sudah terjadwal secara berkala 2 (dua) kali setahun yaitu pada setiap bulan Maret dan September. Semoga niat tulus dari semua pihak yang terlibat langsung maupun tidak langsung dalam penerbitan jurnal ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Kritik dan saran dari para pembaca yang budiman sangat diharapkan demi untuk meningkatkan mutu dan penampilan Jurnal Rekayasa Mesin ini.

Redaksi

Jurnal Rekayasa Mesin

Diterbitkan oleh: Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

DAFTAR ISI

- Pembuatan perangkat lunak untuk pembentukan retakan permukaan pada pemodelan metode elemen hingga
Irsyadi Yani 1
- Analisa kegagalan pada alat penukar kalor
Riman Sipahutar 6
- Perbandingan biaya operasional total pada turbin gas dengan sistem kogenerasi dan sistem konvensional di PT. Pusri II
Aneka Firdaus 12
- Pengaruh holding time proses karburisasi pada baja karbon rendah terhadap laju korosi
Darmawi 20
- Pengaruh turbo cyclone terhadap aliran jet
Kaprawi 29
- Kaji eksperimental pengaruh perubahan diameter pipa dan konsentrasi larutan gula terhadap koefisien gesekan aliran
Dewi Puspitasari 34
- Perhitungan laju pengeringan kemplang menggunakan kompor berbahan bakar briket batubara
Ismail Thamrin 39
- Visualisasi analisis metode elemen hingga dengan AutoGL_Library Post Processing
Teguh Budi S A 45
- Analisa lubrikasi bantalan bola akibat getaran dengan metode elemen hingga dan modifikasi struktur mesin penyeimbang mini
Hasan Basri 49

Jurnal

Rekayasa Mesin

Vol. 7 – No. 1 Maret 2007

ANALISA KEGAGALAN PADA ALAT PENUKAR KALOR

Riman Sipahutar

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri
Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km-32 Inderalaya, Ogan Ilir, 30662

Ringkasan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa kerusakan-kerusakan yang terjadi pada alat penukar kalor. Alat penukar kalor adalah peralatan yang memfasilitasi pertukaran kalor antara dua fluida dengan temperatur yang berbeda sambil menjaga tidak terjadi pencampuran antara kedua fluida tersebut. Alat penukar kalor umumnya digunakan secara luas dalam aplikasinya, dari sistem-sistem pemanasan dan pendinginan udara di rumah-rumah hingga ke proses kimia dan produksi tenaga di pabrik-pabrik besar. Kegagalan-kegagalan pada alat penukar kalor umumnya berkaitan dengan metoda-metoda pembuatan pipa atau "tube", metoda "handling" selama pembuatan, metoda pengujian di pabrik dan di lapangan, dan juga lingkungan secara keseluruhan pada mana alat penukar kalor tersebut ditempatkan setelah pembuatan, termasuk kondisi-kondisi selama pengapalan, penyimpanan, dan operasi-operasi awal, normal dan berhenti.

Kata Kunci: Alat penukar kalor, kegagalan, pembuatan, pengujian, operasi awal, operasi berhenti

Abstract

The aim of this research is to analyse the failures occurred on heat exchangers. Heat exchangers are devices that facilitate the exchange of heat between two fluids that are at different temperatures while keeping them from mixing with each other. Heat exchangers are commonly used in practice in a wide range of applications, from heating and air-conditioning systems in a household, to chemical processing and power production in large plants. Failures occurred on heat exchangers, generally, are connected with methods of pipe or tube fabrications, methods of handling during fabrication, methods of testing in the factory and in the field and also global environment in which the heat exchangers located after fabrication, including conditions during shipping, storage, and start-up, normal and shutdown operations.

Keywords: Heat exchanger, failure, fabrication, testing, start-up operation, shutdown operation

1. PENDAHULUAN

Pada umumnya Alat Penukar Kalor (Heat Exchanger) digunakan sebagai alat penukar kalor dari gas-gas pembakar, uap atau air ke berbagai jenis gas, vapor atau cairan lainnya.

Heat Exchanger (HE) adalah merupakan suatu rangkaian atau konstruksi dari pipa (tube) dan pelat. Heat Exchanger tipe tubular umumnya digunakan untuk suatu sistem fluida yang besar sedangkan HE yang berbentuk pelat atau sheet sering dipilih untuk aliran fluida yang lebih kecil.

Dalam pemilihan bahan untuk suatu Heat Exchanger, tahanan korosi, kekuatan (strength), konduksi termal dan biaya harus diperhitungkan. Kebutuhan untuk ketahanan terhadap korosi sulit untuk dipenuhi karena bahan tersebut berhubungan dengan serangan korosi dari dua jenis media yang berbeda. Dengan alasan tersebut, kerusakan pada suatu Heat Exchanger sering sulit untuk dihindari.

2. KARAKTERISTIK PIPA

Fungsi utama pipa-pipa dalam suatu Heat exchanger adalah untuk memindahkan kalor dari sisi selongsong (shell side) dari unit tersebut ke fluida dalam pipa, atau sebaliknya. Dengan kata lain, suatu alat penukar kalor berfungsi untuk memindahkan kalor dari fluida panas ke fluida dingin. Oleh sebab itu, konduktivitas termal, tebal dinding dan tahanan terhadap terak adalah sangat penting. Dalam banyak hal, tegangan tarik dan kekuatan "yield" dari pipa-pipa tidak merupakan faktor yang berarti; pembebanan, karena dilawan oleh tekanan dalam, adalah sangat kecil sehingga pipa-pipa dengan tegangan izin yang tinggi tidak begitu diperlukan.

Kekakuan (stiffness) dan ketahanan terhadap "kepenyotan" adalah merupakan sifat-sifat pipa yang penting dalam pembuatan suatu Heat Exchanger. Kekakuan dari suatu pipa (tube) adalah sebanding dengan ketebalan dinding, diameter dan modulus elastisitas. Tahanan kepenyotan dikaitkan

dengan faktor yang sama ditambah dengan dengan kekuatan yield dari bahan.

Pipa bersirip (finned tubing) kadang-kadang digunakan untuk memberikan konduktivitas termal yang lebih tepat untuk perpindahan kalor yang efektif dari gas ke cairan atau dari cairan ke cairan. Sirip pada kebanyakan pipa yang digunakan dalam alat pendingin udara (air cooler) dan hidrogen dengan penyolderan, "brazing", atau pengelasan tahanan, sehingga kemampuan bahan pipa untuk menerima proses-proses tersebut adalah penting. Pipa bersirip juga sering digunakan pada alat pendingin minyak (oil cooler). Jenis pipa ini membutuhkan suatu bahan dengan daktilitas yang tinggi agar supaya permukaan yang diperluas dapat dicetak dengan baik.

2.1 TAHANAN KOROSI

Untuk memenuhi persyaratan korosi, pipa harus tahan terhadap korosi umum, retak korosi tegangan, serangan sel-sel oksigen pada lingkungan apa saja yang dihadapi sebelum operasi, selama operasi dan selama periode dimana peralatan tidak beroperasi.

Lingkungan pada mana pipa-pipa akan dioperasikan sering sulit untuk diprediksi. Banyak alat penukar kalor beroperasi dengan air sungai, air laut, air rawa (brackish water) atau air menara pendingin (cooling tower) yang disirkulasikan dalam pipa-pipa. Komposisi dari air-air tersebut yang digunakan untuk pendinginan dapat berubah selama suatu periode waktu tertentu melalui perubahan-perubahan musim atau dari suatu kecelakaan yang tidak terduga. Suatu pabrik yang berdiri tegak untuk suatu jangka waktu yang lama dapat mengalami pengaruh yang berarti pada pipa-pipa. Suatu alat penukar kalor (HE) yang telah selesai dibuat dapat saja baru dikirim ke lapangan setelah bertahun-tahun sebelum peralatan pabrik lainnya selesai dibangun dan dioperasikan. Pada kondisi yang demikian, heat Exchanger harus dilindungi dengan cukup dari korosi yang mungkin terjadi sebelum dioperasikan. Penyimpanan basah dengan penahan yang sesuai atau larutan pencegah dapat digunakan untuk memperlambat korosi. Metoda lain adalah dengan menyimpan alat tersebut kering, dan jika perlu, mengisinya dengan gas "inert". Alat penukar kalor tersebut dapat dibungkus hingga digunakan nanti.

Setelah dioperasikan, harus diperhatikan akan banyaknya penghentian (shutdown) yang tidak terencana yang umumnya mempengaruhi umur dari setiap pabrik baru sehingga menjadi lebih dini. Perhatian yang sesuai harus dilakukan untuk melindungi peralatan yang terkadang tidak beroperasi jika kita ingin menghindari kerusakan saat tidak beroperasi tersebut.

2.2 KOROSI

Korosi umum yang mengakibatkan penipisan dinding secara merata menyebabkan kerusakan yang berarti terhadap pipa-pipa HE. Meskipun demikian, kerusakan korosi yang utama pada HE biasanya berasal dari serangan lokal. Arus listrik "stray" (menyimpang) dapat juga memberikan kontribusi terhadap korosi yang berarti pada suatu HE. Serangan karat lokal dapat terjadi sebagai "pitting", impingement, thinning, atau dealloying.

Korosi umum dapat merupakan hasil dari rancangan HE yang sengaja dengan suatu umur yang terbatas. Tetapi, korosi dapat juga merupakan hasil dari suatu pilihan yang salah atau bahan yang salah, atau salah perhitungan, atau dampak media yang digunakan dalam HE.

3. PENGUJIAN BAGIAN-BAGIAN YANG RUSAK/GAGAL

Informasi asal-usul atau latar belakang yang komplis pada suatu bagian/komponen adalah penting untuk mendapatkan analisa kegagalan yang tepat. Informasi tersebut harus menjelaskan kondisi/ keadaan kegagalan, operasi atau rincian terkait lainnya. Kekurangan informasi mengenai kondisi sekitar kegagalan sering mengakibatkan investigasi tidak dilakukan pada daerah kegagalan dan sampel dari daerah yang salah tersebut dikirim ke laboratorium untuk pengujian.

Suatu daftar jenis informasi asal usul yang berguna untuk suatu analisa kegagalan yang benar pada suatu Heat Exchanger (HE) dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1 Data yang dibutuhkan untuk analisa kegagalan pada suatu HE

No.	Data yang dibutuhkan
1.	Nama proses dan fungsinya
2.	Nama unit dan fungsinya
3.	Ukuran material, kelas dan spesifikasi
4.	Bagan-bagan unit, kegagalan atau hal lainnya
5.	Lingkungan (di dalam dan di luar): <ul style="list-style-type: none"> ➤ Temperatur maksimum dan minimum ➤ Zat-zat yang berhubungan (kontak langsung) dengan pipa-pipa ➤ Komposisi kimia ➤ Konsentrasi ➤ Ketidakhayuan ➤ pH ➤ Kecepatan ➤ Aerasi (proses sirkulasi udara untuk pemurnian)
6.	Rincian Kegagalan: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Jenis ➤ Lokasi ➤ Kondisi saat terjadi kegagalan

	➤ Umur operasi
7.	Sejarah: ➤ Perilaku pelayanan/operasi dari bahan-bahan yang lain ➤ Kondisi-kondisi yang aneh (tidak biasa) sebelum kegagalan ➤ Operasi fabrikasi (secara berurutan) ➤ Operasi pemeliharaan (secara berurutan) ➤ Operasi perlakuan panas (secara berurutan)

3.1 Seleksi / Pemilihan Sampel

Pemilihan sampel yang mewakili kegagalan adalah penting. Sampel harus diambil tidak hanya dari daerah kegagalan yang sebenarnya tetapi juga dari daerah yang jauh dari daerah kegagalan tersebut agar supaya perbandingan dapat dibuat.

Harus diperhatikan dalam pemilihan dan pengambilan/pemindahan sampel dari alat penukar kalor tersebut. Sampel-sampel yang terbakar atau babak belur dalam pengambilan atau yang sudah rusak ataupun yang sudah mengalami perubahan selama pengujian pendahuluan tidak cukup menggambarkan kegagalan dan tidak bisa dianggap sebagai mewakili atau jawaban atas suatu kegagalan.

3.2 Pengujian Visual

Banyak informasi berkaitan dengan suatu kegagalan dapat diperoleh dari suatu pengujian visual yang cermat. Perubahan-perubahan dimensi merefleksikan pembengkakan atau pengecilan. Pola, tingkat atau sifat korosi atau keretakan sering merupakan petunjuk penting terhadap penyebab kegagalan (akibatnya, pengujian dapat terhambat oleh suatu sampel yang terlalu kecil). Perubahan warna (discoloration) atau karat pada stainless steel dapat merupakan suatu tanda kontaminasi besi. Endapan yang tebal pada pipa-pipa (seperti terak atau produk korosi) dapat disebabkan oleh pemanasan berlebih.

Pengujian secara visual akan menunjukkan arah selanjutnya dari kerja yang akan dilakukan. Pengujian secara detil harus direncanakan pada tahap ini. Perhatian harus dilakukan sehingga bukti-bukti tidak akan tertukar atau rusak secara tidak sengaja. Kesepakatan harus dibuat untuk menjaga / menyimpan beberapa sampel-sampel yang aslisebagai persediaan untuk suatu langkah pengulangan yang baru jika suatu jawaban terhadap kegagalan belum ditemukan. Bagan-bagan dan gambar (photograph) yang dipersiapkan pada tahap ini akan sangat membantu untuk referensi kemudian dalam menginterpretasikan hasil-hasil yang diperoleh.

3.3 Pengujian Mikroskopik

Untuk penyelidikan, rincian struktur mikro akan memberikan banyak informasi mengenai riwayat perlakuan termal, temperatur-temperatur operasi, lingkungan kimia, dan perihal serangan atau retakan.

Pengujian struktur mikro dari suatu bagian / seksi melalui permukaan patahan akan membantu untuk menentukan apakah patahan tersebut lintas butir (transgranular) atau antar butir (intergranular). Juga, variasi-variasi dalam bahan antara daerah kegagalan dan daerah yang jauh dari daerah kegagalan tersebut dapat mengungkapkan pengaruh struktur mikro lokal spesifik, seperti decarburization, pengurangan campuran (alloy depletion), endapan zat-zat yang mengalami "embrittlement" pada daerah kegagalan. Kualitas dari sambungan solder atau braze, kedalaman penetrasi pengelasan, atau terjadinya porositas gas dapat diungkapkan dengan pembagian seksi yang tepat. Kadang-kadang suatu kombinasi regangan dan pemanasan dapat kemudian menyebabkan pertumbuhan butir yang berlebihan. Hal ini akan terjadi pada pipatembaga, pipacampuran aluminium atau pipa besi berlapis tembaga (copper-clad iron tube) yang digunakan untuk tugas-tugas tekanan menengah.

Identifikasi material dapat dilakukan dengan pengujian struktur mikro. Sebagai contoh, berbagai kelas pipa atau tube baja karbon dapat dibedakan berdasarkan "deoxidation practice" dan struktur mikro yang dihasilkan. Sama halnya, pipa-pipa atau tube tanpa sambungan dan dilas dapat dibedakan. Kesalahan besar dalam pemakaian bahan seperti penggunaan baja karbon rendah sebagai pengganti baja karbon menengah dapat diketahui secara cepat dengan pemeriksaan struktur mikro. Pada baja karbon rendah, baja berbingkai (rimmed steel) dapat dibedakan dari baja "killed" dari zona "rimmed" dengan butiran yang lebih besar pada permukaan dan konsentrasi karbon serta ketidakhurnian pada pusat sisi. Adanya atau tidak adanya pecahan/kepingan solid (inclusions) juga perlu diperiksa.

Pada kegagalan-kegagalan yang meliputi suatu lasan, evaluasi yang cermat terhadap zona yang dipengaruhi panas (Heated Affected Zone, HAZ) adalah penting. Pada baja karbon dan baja campuran, HAZ dapat mengeras secara tidak normal. Pada baja tahan karat austenitic, daerah yang dipengaruhi panas dapat merupakan sisi-sisi untuk karbida intergranular yang mengendap; daerah-daerah pengurangan campuran yang dihasilkan di sekitar endapan dapat menjadi penyebab korosi intergranular atau keretakan pengelasan.

3.4 Pengujian Mekanik

Pengujian tarik atau tegangan patah dapat digunakan untuk menentukan apakah logam mempunyai sifat-sifat kekuatan yang sesuai untuk kondisi operasi tertentu. Pengujian kekerasan dapat digunakan untuk memeriksa apakah perlakuan panas adalah benar atau seragam atau jika pengerasan terjadi akibat dari kerja berat, pemanasan lebih, karburisasi atau perubahan-perubahan fasa dalam operasi. Pengujian impak menunjukkan kecenderungan getas (brittle).

3.5 Analisa Kimia

Informasi mengenai zat-zat korosif biasanya diperoleh dengan analisa deposit korosi, terak, sisa-sisa (residues) atau analisa permukaan logam. Sebagai contoh, uji perak nitrat (silver nitrate test) dapat dilakukan pada sisa-sisa yang melekat pada permukaan baja tahan karat yang mengalami korosi "pitting", yang dinyatakan dengan adanya ion klorida yaitu penyebab umum "pitting". Metoda kimia basah sering ditambahkan dengan menggunakan x-ray diffraction, electron microprobe atau dispersive dan nondispersive spectrometers untuk identifikasi senyawa-senyawa yang pada gilirannya dapat mengidentifikasi korosi. Teknik-teknik ini sering digunakan untuk menganalisa adanya zat-zat pencemar (contaminants) pada permukaan retak atau pada akar lubang korosi pitting.

4. SEBAB-SEBAB KEGAGALAN PADA HE

Kegagalan-kegagalan yang terjadi pada HE umumnya berkaitan dengan metoda-metoda pembuatan pipa dan "tube", metoda "handling" selama pembuatan, metoda pengujian di perusahaan dan di lapangan, dan lingkungan secara keseluruhan dimana alat tersebut ditempatkan setelah fabrikasi, termasuk kondisi-kondisi selama pengapalan, penyimpanan, awal operasi (start-up), operasi normal dan berhenti (shutdown).

Suatu usaha yang besar telah dibuat oleh para pembuat dan penyalur (supplier) pipa dan tube untuk meminimalkan atau menghilangkan ketidaksempurnaan permukaan laten atau kerusakan permukaan yang terjadi selama pembuatan. Pemeriksaan tidak merusak seperti dengan pengujian elektromagnetik (eddy current), pengujian ultrasonik, pengujian udara bawah air (air-under-water test) dan juga pengujian hidrostatis digunakan untuk mendeteksi kerusakan-kerusakan tersebut. Setiap pengujian mempunyai batasan-batasannya. Pengujian hidrostatis dan pengujian udara berguna untuk mendeteksi ketidakkontinyuan (discontinuities) yang terdapat sepanjang dinding pipa, tetapi sangat sedikit digunakan dalam mendeteksi ketidakkontinyuan

yang terjadi hanya pada sebagian dari dinding. Dalam hal ini, metoda ultrasonik dan elektromagnetik akan lebih berguna. Metoda-metoda pengujian ini memungkinkan sensitivitas dari peralatan pengujian diatur pada suatu level yang sesuai dengan jenis dan ukuran kerusakan yang dicari.

Jika kerusakan meluas melalui dinding, tetapi sangat kecil dan rapat, pipa tidak akan bocor melalui pengujian hidrostatis tetapi mungkin bocor pada operasi selanjutnya. Pengujian udara di bawah air dapat digunakan untuk mengungkapkan ketidaksempurnaan jenis ini.

Untungnya sangat sedikit ketidaksempurnaan yang terjadi selama proses pembuatan yang luput dari pendeteksian yang mengakibatkan kegagalan selama operasi. Kombinasi pengujian elektromagnetik dan hidrostatis yang baik yang dilakukan oleh pabrik atau penyalur akan secara efektif meminimalkan kegagalan selama operasi sebagai akibat dari ketidaksempurnaan selama pembuatan.

Teknik-teknik pembuatan sekunder akan menghasilkan lebih banyak kegagalan-kegagalan dalam operasi dari pada ketidaksempurnaan permukaan dan bagian permukaan, yang dihasilkan selama pembuatan pipa.

Metoda yang digunakan untuk menarik, membersihkan, melakukan perlakuan panas, dan meluruskan pipa-pipa sangat berarti untuk unjuk kerja operasi, tetapi sering tidak diperhatikan dalam prosedur pemeriksaan dan dalam spesifikasi. Operasi-operasi penarikan, perlakuan panas dan pelurusan menentukan level simpai sisa dan tegangan-tegangan bengkok yang terdapat pada pipa. Dengan memvariasikan fokus dari operasi-operasi tersebut adalah mungkin untuk menghasilkan pipa-pipa dengan tegangan sisa yang sangat rendah atau tegangan-tegangan sisa yang sangat tinggi yang mendekati tegangan yield dari logam. Tegangan sisa yang rendah sangat penting terutama jika bahan pipa harus mempunyai tahanan maksimum terhadap keretakan korosi tegangan dalam operasi. Tegangan-tegangan sisa pada permukaan dalam dan luar pipa dan sepanjang dinding pipa harus rendah; lebih baik jika kita dapat menekan tegangan sisa pada permukaan.

Metoda pembersihan, pengontrolan atmosfer perlakuan panas, dan operasi sembarang akan mempengaruhi kondisi oksida-oksida pada permukaan dalam dari pipa. Oksida tersebut harus sangat tipis dan fleksibel, dan menutupi keseluruhan permukaan dalam dari pipa karena pecahan-pecahan pada lapisan oksida akan menghasilkan sisi anoda dan katoda yang

merupakan titik-titik awal untuk terjadinya korosi selama operasi. Permukaan dalam beberapa pipa dihembus dengan udara bercampur pasir (abrasive blasted) untuk menghilangkan oksida-oksida yang dihasilkan selama perlakuan panas dan dengan demikian akan mengeliminasi adanya sisi-sisi anoda dan katoda.

Pelurusan dan pelubangan "tube sheet" dan pelat penopang pipa dengan toleransi yang masuk akal akan memudahkan memasukkan pipa dan akan mengecilkan tegangan-tegangan yang disebabkan selama fabrikasi HE. Memutar-mutar pipa secara berlebihan (overrolling) melalui tube sheet juga akan menimbulkan tegangan-tegangan sisa. Pipa-pipa umumnya jarang gagal pada tube sheet, tetapi kegagalan di belakangnya akibat overrolling adalah yang lebih sering terjadi. Untuk meminimalkan overrolling adalah penting: (a). Tempatkan "tube expander cage" dengan benar, dan (b) Kontrol proses pengerolan.

4.1 Pengaruh Prosedur Pemeriksaan

Semua pipa alat penukar kalor (HE) yang dibeli berdasarkan spesifikasi ASTM telah diuji secara hidrostatik di pabrik, kadang-kadang pembeli menentukan bahwa suatu pengujian tidak merusak, juga digunakan. Pengujian hidrostatik juga dilakukan setelah HE difabrikasi. Satu keuntungan tidak dilakukannya pengujian hidrostatik di pabrik pipa adalah bahwa pipa-pipa tersebut dapat dijaga kering selama pengapalan dan disimpan di tempat kering sebelum penginstalasian HE. Adanya unsur-unsur korosi dalam air yang digunakan dalam pengujian hidrostatik, pengeringan yang tidak cukup setelah pengujian hidrostatik, pengepakan pipa yang tidak benar di pabrik dapat mengakibatkan korosi. Sebagian besar pabrik pipa sadar akan masalah-masalah yang berkaitan dengan pengujian hidrostatik dan proses pengeringan dan mengambil langkah-langkah untuk menjamin air yang digunakan untuk pengujian bebas zat-zat yang korosif dan pipa dalam keadaan kering sebelum dimasukkan dalam kotak/wadahnya.

Pengujian hidrostatik HE di pabrik harus dilakukan dengan menggunakan air yang bebas bahan-bahan yang dapat membusuk dan membentuk suatu karat yang akan merusak pipa atau menyebabkan retak korosi tegangan. Juga, adalah penting menguras, mencuci/menyemprot serta mengeringkan HE tersebut sebelum dikapalkan. Sering pula dilakukan pengisian HE dengan gas inert.

Kegagalan membuang/mengeluarkan air pengujian hidrostatik pabrik yang mengandung zat-zat pencemaran akan menyebabkan terjadinya kerusakan pipa sebelum dioperasikan. Jenis air yang digunakan untuk pengujian hidrostatik unit-unit di lapangan adalah juga penting, seperti juga

metoda yang digunakan untuk pengukurannya setelah pengujian hidrostatik di lapangan.

Beberapa paduan tembaga sangat sensitif terhadap kondisi-kondisi air yang mandek / tidak mengalir, terutama jika air mengandung bahan baku biologi atau zat-zat kimia yang dapat menimbulkan atau membusuk menjadi amonia. Prosedur pengujian hidrostatik yang memungkinkan air mandek di dalam pipa dapat mengakibatkan "pitting" yang serius dan keretakan korosi tegangan.

Pengepakan pipa untuk pengapalan harus dilakukan secara hati-hati. Semua pipa harus dibungkus dalam kertas / plastik tahan air untuk menahan zat-zat yang korosif yang mungkin terdapat di udara selama pengapalan, atau mungkin yang terdapat di tempat penyimpanan udara terbuka dan kemudian disiram melalui pipa-pipa oleh air hujan.

Suatu masalah dengan zat-zat korosi yang melayang-layang dapat terjadi misal pada kotak-kotak pengepakan yang menjadi terkontaminasi dengan kalsium klorida dari operasi-operasi pembebasan es pada jalan dan pengontrol debu Corrodent yang tersiram pada pipa kondensor tahan karat akan mengakibatkan "pitting" besi klorida yang merusak pipa-pipa sebelum dikeluarkan dari dalam kotak. Pembungkusan dengan kertas tahan air kemungkinan besar akan mencegah korosi dari pipa-pipa tersebut. Contoh lain, pengawet seng klorida kayu (zinc chlorida wood preservative) dialirkan melalui kotak kayu yang berisi pipa-pipa dan menyebabkan "pitting" pada pipa-pipa sebelum dipasang pada HE. Pemaparan ke amonia atau zat-zat kontaminasi yang terdapat di atmosfer daerah industri dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen yang disimpan.

5. KESIMPULAN

- 5.1 Informasi asal usul atau latar belakang yang komplit seperti nama proses dan fungsinya, spesifikasi bahan, bagan unit, kondisi lingkungan, urutan dalam proses fabrikasi, pemeliharaan dan perlakuan panas serta rincian kegagalan sangat penting untuk keberhasilan suatu analisa kegagalan pada suatu alat penukar kalor (HE).
- 5.2 Shutdown yang tidak terencana akan mempengaruhi umur dari suatu HE.
- 5.3 Pengujian hidrostatik pada suatu HE harus menggunakan air yang bebas dari zat-zat yang dapat membusuk dan membentuk suatu karat pada alat tersebut.
- 5.4 Kegagalan-kegagalan yang terjadi pada pipa atau tube suatu HE berkaitan dengan:
 - a. Metode pembuatan
 - b. Metode handling
 - c. Metode pengujian

- d. Lingkungan secara keseluruhan
- e. Pemeliharaan
- f. Kondisi operasi
- g. Pemilihan bahan

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] **Budinski, Kenneth G.**, "Engineering Material", 4th ed., Prentice Hall, Inc., New Jersey, 1992.
- [2] **Askeland, Donald R.**, "The Science and Engineering of Materials", 2nd ed., Chapman and Hall, London, 1990.
- [3] **Fraas, Arthur P.**, "Heat Exchanger Design", 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1989.
- [4] **Kakac, S., Bergles, A.E., and Mayinger, F.**, "Heat Exchanger", 1st ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1981.
- [5] **Saunders, E.A.D.**, "Heat Exchangers – Selektion, Design and Construction, 1st ed., Longman Scientific & Technical, UK, 1988.