

## STUDI ANALISA KEGAGALAN MIX FEED COIL

Harius<sup>1)</sup> Suhardan<sup>2)</sup>

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang

### Abstrak

*Kegagalan material merupakan hal yang sering dialami oleh suatu komponen mesin. Kerusakan dapat saja terjadi di semua bidang teknik, termasuk kerusakan pada suatu pabrik, konstruksi bangunan maupun komponen-komponen mesin dari elemen kecil hingga komponen yang sangat vital.*

*Mixed Feed Coil adalah bagian dari reformer di daerah convection section, pada Mixed Feed Coil terjadi proses pencampuran antara gas alam dengan steam dan dipanaskan oleh flue gas yang mengalir dari radiant section. Penelitian ini dilakukan terhadap Mixed Feed Coil Ammonia yang mengalami kegagalan.*

*Penelitian ini dilakukan karena terjadinya peristiwa shutdown pabrik Ammonia beberapa waktu yang lalu. Hasil pemeriksaan visual menunjukkan adanya kegagalan pada Mixed Feed Coil. Beberapa Tube Mixed Feed mengalami kegagalan berupa bulging, crack dan ada beberapa yang pecah. Untuk mengetahui penyebab terjadinya kegagalan tersebut dilakukan penelitian terhadap tube yang mengalami kegagalan. Tahapan Penelitian dilakukan dengan pengumpulan data-data, Pengamatan proses Operasi, pengukuran circum dan ketebalan tube, Analisa komposisi kimia tube, dan Pemeriksaan metallografi yang bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur mikro pada daerah yang mengalami kerusakan. Dari analisa data dan hasil-hasil pengujian pada komponen tube mixed feed coil yang rusak/pecah diketahui penyebab kegagalan adalah overheating karena adanya deposit di bagian dalam tube.*

*Kata Kunci: Mixed feed coil, bulging, crack, overheating*

### Abstract

*Material failure is often experienced by a machine component. Damage can occur in all areas of engineering, including damage to a factory, construction and machine components from a small element to a vital component.*

*Mixed Feed Coil is part of the reformer convection section area, the Mixed Feed Coil mixing process occurs between natural gas with steam and heated by the flue gas flowing from the radiant section. The research was conducted on the Mixed Feed Ammonia Coil failure.*

*The research was conducted by the Ammonia plant shutdown event some time ago. Visual inspection results indicate a failure of the Mixed Feed Coil. Some Mixed Feed Tube failures such as bulging, crack and some broken. To determine the cause of the failure was performed research on a tube failure. Stages study was conducted with data collection, observation process operations, and the thickness of the tube circum measurement, analysis of the chemical composition of the tube, and the examination metallografi aimed to assess changes in the microstructure of the area damaged. From the analysis of the data and the results of tests on components mixed feed coil tube damaged / broken known cause of failure is overheating due to a deposit on the inside of the tube.*

*Keyword: Mixed feed coil, bulging, crack, overheating*

<sup>1)</sup> Alumni Fakultas Teknik Mesin Universitas Tridianti Palembang

<sup>2)</sup> Dosen Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang

## A. PENDAHULUAN

Pada industri petrokimia material logam memegang peran penting dan banyak digunakan untuk peralatan – peralatan seperti bejana tekan, poros, pipa, tube dan lain-lain. Kegagalan material peralatan logam di suatu industri tidak dapat dihindarkan, banyak faktor yang mempengaruhi kegagalan peralatan – peralatan di dalam suatu industri antara lain faktor lingkungan, proses industri, manusia dan lain-lain.

Analisa kegagalan adalah suatu cabang dari metalurgi yang digunakan untuk mengetahui kegagalan yang terjadi pada suatu bahan atau peralatan sehingga kejadian tersebut tidak terulang lagi. Akibat dari suatu kegagalan, tidak hanya dikaitkan dengan adanya resiko terhadap keselamatan manusia tetapi menyangkut aspek ekonomi.

Untuk mengetahui kerusakan yang mungkin terjadi secara tiba-tiba terutama pada komponen yang sangat kritis, maka pemantauan terhadap kondisi kerja secara rutin mutlak dilakukan. Oleh karena itu kegagalan merupakan suatu kegiatan yang dapat digolongkan sebagai kegiatan perawatan yang disebut sebagai perawatan perbaikan (*Corrective Maintenance*). Dengan sendirinya kegagalan yang dimaksud akan menjadi sangat berarti bila dikaitkan dengan tidak tercapainya umur pakai yang sering disebut sebagai kegagalan yang terjadi secara dini.

Banyak industri-industri besar mengalami kegagalan material peralatan. Dalam hal ini penulis mengangkat kasus analisa kegagalan material peralatan *Mixed Feed Coil*. Dengan analisa kegagalan diharapkan dapat memberikan rekomendasi atau perbaikan sehingga kegagalan berulang dapat dihindari.

### Tujuan Penulisan

1. Mengetahui penyebab kegagalan yang terjadi pada material *Mixed Feed Coil* dengan mengetahui karakteristiknya.
2. Mencari pemecahan masalah terhadap kegagalan tersebut.

## Pembatasan Masalah

Pada studi kasus ini peneliti membatasi masalah yang dibahas yaitu memeriksa dan mempelajari kegagalan berupa pecahnya *Mixed Feed Coil*.

## A. LANDASAN TEORI

Dibeberapa industri dan lembaga penelitian seringkali gagal dalam menekankan perlunya pengembangan pengetahuan yang berkaitan dengan analisa kegagalan dan menyebarkan informasi yang diperoleh dari hasil analisa tersebut. Sulitnya untuk memperoleh informasi berkaitan dengan hasil analisa kegagalan karena keterbatasan media yang ada dan seringkali apabila analisa kegagalan dilakukan pihak manufacture (pabrikasi), biasanya tidak bersedia mengungkapkan atau mempublikasikan hasil dari analisa tersebut. Akibat dari ini semua data analisa kegagalan serta kesimpulannya sulit dikomunikasikan kepada para perancang, sehingga para perancang tidak dapat melakukan modifikasi atau memperbaiki produknya untuk dapat memperkecil persoalan-persoalan yang terjadi dan meningkatkan kontrol kualitas.

Rusak adalah suatu bentuk kegagalan yang terjadi akibat operasi, misalnya keausan. Suatu roda gigi yang mengalami keausan akan mengakibatkan fungsinya terganggu seperti efisiensi transmisi daya akan menurun, timbulnya suara berisik karena terjadinya tumbukan-tumbukan pada roda gigi saat mesin sedang bekerja, bahkan akan membawa kepada jenis kegagalan yang lebih fatal, misalnya patah atau rusaknya bagian-bagian mesin yang lain karena pengaruh dari getaran yang tinggi. (*LAPI-ITB, 1995, Modul Pelatihan Ahli Korosi, hal : 8.1*)

Patah adalah terlepasnya bagian bahan dari bagian lainnya sehingga tidak dapat dipergunakan sama sekali. Jenis kegagalan yang lain adalah terdefomasinya suatu bahan akibat bekerjanya suatu beban mekanis yang melebihi kekuatan luluh dari bahan tersebut.

Penyebab kegagalan ada 8 jenis kesemuanya berkaitan dengan sejarah penggunaan material, (*LAPI-ITB, 1995*). Secara terperinci penyebab terjadinya kegagalan ditunjukkan pada table di bawah ini.

Tabel 1. Tabel Penyebab Kegagalan

WAKTU	PENYEBAB KEGAGALAN
↓	Kesalahan <i>Design</i>
	Kesalahan Pemilihan Material
	Kesalahan Proses Pembuatan
	Kesalahan Perakitan
	Kesalahan Pemakaian
	Kesalahan Perawatan
	Kesalahan Pengiriman
	Kesalahan Manusia

**Sumber : *Material Teknik – LAPI ITB-1995***

1. Penyebab Kegagalan di Tinjau Dari Kesalahan *Design*

Kesalahan *design* merupakan suatu langkah awal dari sejarah penggunaan suatu komponen. Sebenarnya *design* ini dilakukan di atas kertas untuk mendapatkan suatu bentuk komponen atau peralatan yang dapat digunakan untuk keperluan tertentu. Tetapi semua aspek yang berkaitan dengan realisasi *design* tersebut harus sudah dipertimbangkan. Hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam *design* misalnya kondisi operasi, pemilihan material, proses pembuatan dan lain-lain. Oleh karena itu kerjasama dari para ahli konstruksi, ahli bahan dan ahli proses produksi sangat diperlukan. Setiap kesalahan yang terjadi pada *design* ini akan mengakibatkan kegagalan pada peralatan yang dibuat.

2. Penyebab Kegagalan di Tinjau Dari Kesalahan Pemilihan Material

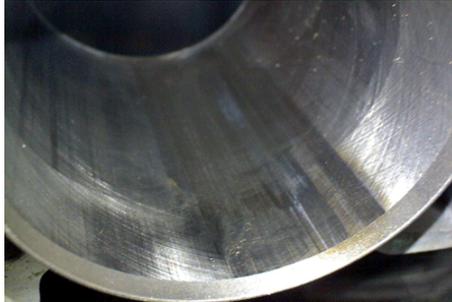
Kesalahan pemilihan material dengan sendirinya akan berakibat fatal pada kualitas produk. Karena kesalahan ini, maka material akan rusak sebelum waktunya, karena faktor-faktor kondisi kerja seperti beban, temperatur dan kondisi lingkungan. Kesalahan ini sering terjadi karena kurangnya informasi terhadap sifat material dan material yang akan dipergunakan tanpa melakukan pengujian dan pemeriksaan yang telah di standarkan.

3. Penyebab Kegagalan di Tinjau Dari Kesalahan Proses Pembuatan

Kegagalan karena proses pembuatan dapat terjadi karena kesalahan gambar, dimana gambar ini merupakan pedoman bagi operator dalam melakukan pekerjaannya. Apabila gambar yang dipergunakan salah, maka produk yang dihasilkan pasti akan salah. Kesalahan yang sama akan dapat juga terjadi karena kecerobohan dalam pengerjaan atau ketidak mampuan operator dalam melakukan pengerjaan tugasnya. Kesalahan pembuatan dapat pula terjadi pada pemilihan proses produksi. Sebagai contoh suatu komponen yang seharusnya mengalami perlakuan panas setelah dilas, ternyata tidak dilakukan hal ini akan mengakibatkan terjadinya kegagalan dari material tersebut.

4. Penyebab Kegagalan di Tinjau Dari Kesalahan Pemakaian

Penggunaan kendaraan dengan kecepatan tinggi dalam keadaan yang masih baru, merupakan penyebab kegagalan yang diakibatkan dari kesalahan pemakaian. Penggunaan komponen mesin yang bergerak tanpa pelumasan yang sesuai juga merupakan kesalahan dalam pemakaian. Oleh karena itu pemakaian setiap peralatan harus selalu mengacu pada manual penggunaannya, agar tidak terjadi kegagalan pada peralatan tersebut.



Sumber : Workshop PT.Pusri 2001

Gambar 1. Liner Motor yang Mengalami Kerusakan Akibat Kesalahan Pemasangan

#### 5. Penyebab Kegagalan di Tinjau Dari Kesalahan Perakitan

Kesalahan pemasangan dari suatu peralatan dapat menghasilkan cacat dan tidak berfungsi sebagaimana mestinya. Misalnya pemasangan baut pada beberapa peralatan harus dilakukan dengan mempergunakan *torsimeter* agar kekuatan ikatan dapat diketahui dengan pasti dan tegangan pada baut dapat dibatasi. Suatu sambungan kerut, harus dilakukan dengan cara memanaskan lubang atau mendinginkan poros agar penyambungan dapat dilakukan dengan mudah dan aman. Kadangkala, oleh karena kurangnya peralatan, maka sambungan dilakukan dengan cara paksa hal tersebut akan menyebabkan bahan menjadi cacat dan sambungan tidak bekerja dengan baik.

#### 6. Penyebab Kegagalan di Tinjau Dari Kesalahan Pengiriman

Dalam proses produksi terkadang masalah pengiriman ini dianggap kurang penting, padahal jika kurang berhati-hati dalam hal pengiriman ini akan menimbulkan kerusakan pada peralatan. Kerusakan yang sering terjadi dari kesalahan pengiriman ini antara lain terjadinya goresan pada lapisan cat, poros yang tidak lurus bisa diakibatkan dari pengiriman yang tidak sempurna atau tidak berfungsinya alat instrumentasi juga

bisa diakibatkan oleh guncangan yang terlalu keras yang diterima peralatan sewaktu pengiriman dan lain sebagainya

#### 7. Penyebab Kegagalan di Tinjau Dari Kesalahan Dalam Perawatan

Kegiatan perawatan ini sangat penting untuk menghindari kegagalan pada waktu operasi. Suatu peralatan yang tidak pernah dibersihkan dapat gagal karena korosi atau macet pada waktu dioperasikan. Dengan kegiatan perawatan yang terencana, maka setiap kondisi yang menimbulkan kerusakan dapat dihindarkan dan komponen yang mengalami kerusakan yang kecil dapat diusahakan untuk diperbaiki. Salah satu kegiatan yang penting dalam ruang lingkup perawatan ini adalah pemeriksaan, hal ini bertujuan untuk mengetahui keadaan atau kondisi dari suatu komponen. Contoh dari kegagalan karena kesalahan perawatan ini dapat dilihat pada gambar 2.



Sumber : Workshop PT. Pusri 2010

Gambar 2. Linear Poros yang aus karena kurangnya perawatan pelumas

#### 8. Penyebab Kegagalan di Tinjau Dari Kesalahan Manusia

Penyebab kegagalan akibat kesalahan dari manusia atau yang sering disebut human error ini adalah kesalahan yang paling sering terjadi. Kegagalan ini sering diakibatkan karena kecerobohan individu itu sendiri, kurangnya konsentrasi dalam melakukan pekerjaan atau senda gurau yang berlebihan bisa mengakibatkan terjadinya kegagalan dari peralatan. Untuk meminimalisir terjadinya hal ini suatu

perusahaan akan menerapkan persyaratan khusus dalam penerimaan karyawannya dan biasanya akan menerapkan peraturan yang bersifat hukuman bila karyawannya melanggar suatu aturan dan akan memberikan hadiah apabila karyawannya berprestasi dalam hal-hal tertentu.

## B. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam adalah:

### 1. Studi Referensi

Metode yang digunakan adalah membaca literatur-literatur yang berhubungan dengan penelitian yang penulis lakukan.

### 2. Studi Observasi

Metode penelitian yang digunakan yaitu dengan melakukan pengamatan di lapangan kondisi *Mixed Feed Coil* dalam kegagalan berupa pecah, r<sup>Pengukuran</sup> dan data yang sudah r<sup>Circume</sup> atau dilakukan sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan.

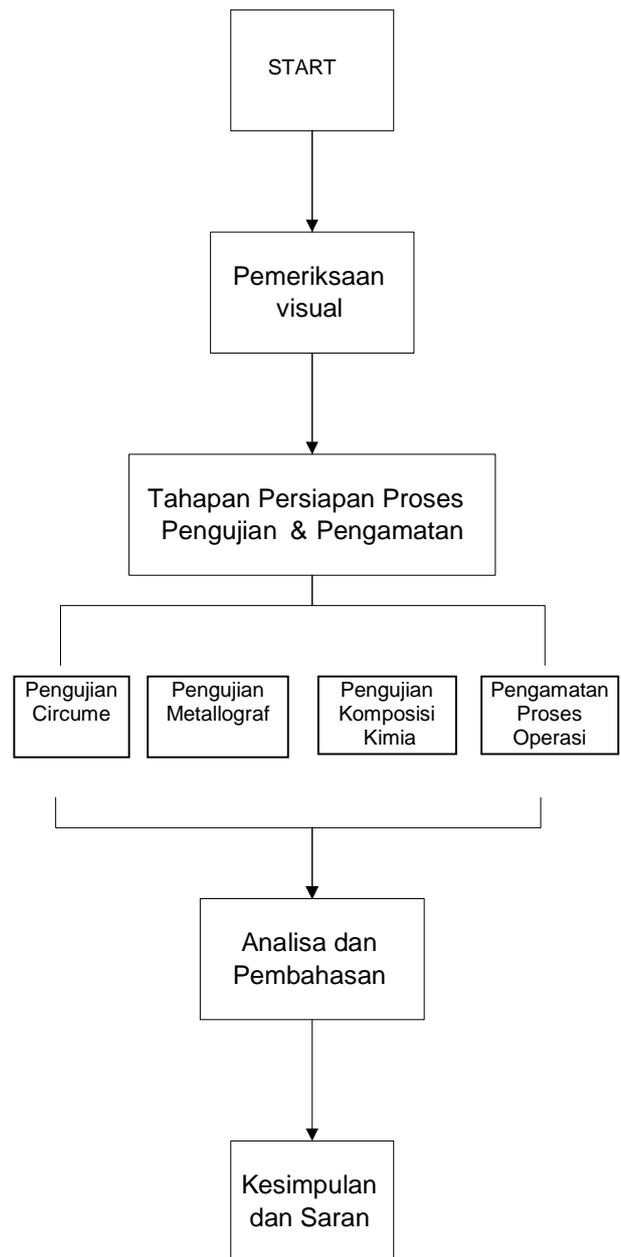
### 3. Kajian Eksperimental

Metode yang dilakukan adalah melakukan pengamatan dan pengujian pada *Mixed Feed Coil* yang mengalami kerusakan untuk mengetahui struktur mikro yang ada pada material benda uji.



Gambar 3. Koil Mixed Feed Yang Pecah

*Mixed Feed Coil* yang pecah/ rupture seperti yang terlihat pada gambar di atas, mengalami pecah memanjang dan pecah pada bagian bawah *Return Bend*.



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian Mixed Feed Coil

## Pengumpulan Data

### 1. Komponen *Mixed Feed Coil*

*Tube Mixed Feed Coil* pada bagian rupture terbuat dari seamless tube baja paduan rendah 1,25 Cr – 0,25 Mo, standart ASTM A 200 atau A 213 Grade T11. Secara lengkap komponen *Mixed Feed Coil* dapat dilihat pada tabel berikut. ( Tabel 2).

Tabel 2 . Komponen *Mixed Feed Coil*

KOMPONEN	P/N	SPESIFIKASI		Qt Y
		MATERIAL	SIZE	
Tube Row- 1	P31	A213T11 Bare	5"OD x 0,4"MW x 46'-11"L	9
Tube Row – 2, 3	P12	A213T11 Bare	5 9/16"OD x 0,4"MW x 46'-7"L	18
Tube Row - 4	P11	A213T11 Bare	5 9/16"OD x 0,4"MW x 46'-5"L	9
Inlet Header	P24	A106Gr.B Bare	12" Sch 60 x 9'L	1
Inlet Header Cap	F15	A234WPB/A181	12" Sch 40 Pipe Cap	1
Outlet Header	P25	A106Gr. B Bare	12" Sch 140 x 9'L	1
Outlet Header Cap	F16	A234WPB/A181	12" Sch 140 Pipe Cap	1
Return Bend	F12	A182 Gr.F11	5 9/16"OD x 0,463"MW	27
Weddolet Outlet	F21	A181	12"XXS x 5"XXS	9

### 2. Komposisi Kimia

Komposisi kimia material *Mixed Feed Coil* yang mengalami kegagalan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kimia

C	Cr	Mn	P	S	Si	Mo
1-1,5	0,15	0,3-0,6	0,003	0,003	0,5	0,44-0,65

*Mixed Feed* adalah campuran gas proses dan steam dengan perbandingan 1:3 atau 1:4 yang akan dikirim ke tube catalyst di Reformer. Di dalam *Mixed Feed* campuran gas steam ini dipanaskan dari suhu awal

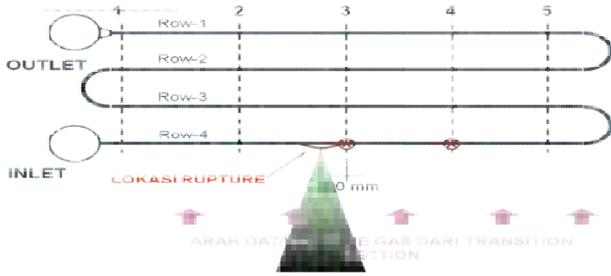
285<sup>0</sup>C menjadi 459<sup>0</sup> C pada tekanan 38 kg/cm<sup>2</sup>. *Mixed Feed Coil* terdiri atas 36 tube disusun horizontal dalam 4 baris (row), setiap

barisnya terdiri atas 9 tube. Campuran gas steam masuk melalui *inlet header* yang terletak di baris paling bawah, kemudian mengalir coil dan keluar melalui *outlet header* yang berada di bagian atas.

*Flue gas* yang berasal dari radiant section dengan suhu 1015<sup>0</sup> C mengalir di sisi luar tube memanaskan coil secara *Cross Flow* selanjutnya naik ke atas HT section. *Flue gas* pertama kali

memanaskan *Mixed Feed Coil* row-4 yang masih dingin (suhu 285<sup>0</sup>C). Makin ke atas suhu flue gas akan makin dingin, sedang suhu *Mixed Feed Coil* makin ke atas makin panas.

Untuk menjaga suhu *Coil* tetap dalam kondisi aman, aliran *Mixed Feed* harus dijaga cukup sesuai laju pembakaran. Aliran gas di kontrol melalui FRC-1 dilengkapi alarm *Low Flow* dan sebelum masuk *Mixed Feed Coil* gas tersebut dicampur steam yang bersuhu 325<sup>0</sup>C melalui control aliran FRC-2 yang juga dilengkapi alarm *Low Flow*. Jadi secara operasional pengaman *Mixed Feed Coil* dan sistem downstreamnya terhadap kemungkinan mengalami suhu berlebih (overheating) hanya terdiri atas indikator suhu flue gas dari transition section, flow gas proses yang masuk *Mixed Feed Coil* serta suhu gas poses yang keluar dari *Mixed Feed Coil*. Skema flue gas pada mixed feed coil tersebut dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Skema Mixed Feed Coil

Design operasional temperatur dan tekanan yang terjadi pada mixed feed coil tersebut dapat dilihat pada table 4.

Tabel 4. Design Operasi Mixed Feed Coil

	Fluida	Suhu, °C		Tekanan Kg/cm <sup>2</sup>
		Inlet	Outlet	
Tube Inside	Mixed Feed Gas	285	459	38
Tube Out side	Flue Gas	1015	-	Vac.
Tube Metal Temperature		610		-

### Pemeriksaan Visual Bagian Rupture pada Tube

Mengamati dan memeriksa benda kerja dengan mata adalah cara pengamatan yang paling tua, namun hingga kini tetap efektif. Cacat permukaan dan perubahan bentuk yang dialami yang relatif besar akan mudah dilihat dengan mata. Pada pemeriksaan visual, jika ukuran material relatif kecil maka memerlukan alat bantu misalnya kaca pembesar. Prosedur pemeriksaan visual yang dilakukan adalah:

1. Pengambilan specimen.
2. Mengamati specimen dengan mata.
3. Pengambilan gambar specimen.

Melalui pemeriksaan visual, semua informasi harus didapat atau difoto sehingga informasi-informasi tersebut dapat ditunjukkan kesemua pihak yang terlibat. Foto berwarna kadang-kadang diperlukan untuk menggambarkan kontaminasi. Dari material yang terkorosi, yang terbakar atau dengan yang mengalami pemanasan.

### Pengukuran Circumference dan Ketebalan tube

Salah satu kegagalan yang sering terjadi pada material yang beroperasi pada suhu tinggi adalah terjadinya *creep rupture*, dan terjadinya *creep rupture* ini sering ditandai dengan berubahnya ukuran keliling dari material tersebut. Creep adalah perubahan ikatan struktur atom metal terhadap waktu, pada tekanan dan temperatur konstan. (Robert D. Port, Havey M. Herro, 1991). Untuk metode pengukuran keliling pada tube digunakan alat circum, dari alat ini bisa diketahui keliling tube yang sekarang dan nantinya bisa dikorelasikan dengan keliling dari tube semula.

Untuk mendapatkan ketebalan tube yang akurat pengukuran ketebalan tube menggunakan alat Ultrasonic Thikness Meter (UTM). Dari hasil pengukuran ini dapat dilihat kondisi ketebalan tube terhadap tube standard.



Gambar 6. Alat Ukur Circumference

### Pengujian Struktur Mikro (Metallografi)

Tahap persiapan dilakukan untuk mempermudah dan memperlancar pelaksanaan penelitian. Tahapan ini meliputi persiapan

spesimen, peralatan uji dan larutan kimia uji metallografi.

Pengujian metallografi bertujuan untuk mengamati dan mengetahui perubahan struktur mikro pada logam. Alat yang digunakan pada proses *metallografi* adalah mikroskop optik atau mikroskop elektron.

### Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia ini bertujuan untuk mengetahui apakah spesifikasi material memenuhi standard yang ditetapkan atau tidak. Untuk pengujian komposisi kimia pada analisa ini menggunakan mesin *Applied Research Laboratories (ARL) Spectrometer Model 3560*. Tahapan menggunakan mesin ARL adalah:

## C. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

Analisa dari data yang diperoleh sehingga faktor kegagalan utama dapat diketahui dan dicari pemecahannya. Pada umumnya kegagalan disebabkan oleh lebih dari satu faktor, meskipun seringkali satu faktor mendominasi penyebab terjadinya kegagalan. Terkadang berdasarkan data yang ada atau tingkat pengetahuan teoritik tentang mekanisme penyebab kegagalan, kesimpulan akhir biasanya merupakan hasil pertimbangan terbaik sebagai faktor yang terpenting.

### Analisa Proses Peralatan

Dari informasi yang didapat dari operator dan log book data history perbaikan peralatan, ditemukan indikasi *local overheating* pada dinding *convection* sebelah barat. Karena *hot spot* ini mirip dengan yang sering terjadi pada dinding *reformer* maka diatasi dengan cara memasang *insulation box*.

Selanjutnya didapat informasi berkembang dari dinding pindah ke lantai *convection section* sisi barat. Berdasarkan indikasi *hot spot* ini didukung analisa komposisi kimia flue gas yang keluar melalui stack diyakini terjadinya kebocoran tube di area *Convection Section* tersebut.

Hasil pemeriksaan setelah kondisi aman dan cover penutup dinding dibuka sejumlah tube *mixed feed coil* mengalami retak dan bocor. Ini bisa diketahui dari semburan steam yang keluar melalui dinding tube selama proses *shutdown*.

### Pemeriksaan Visual

Pada kegagalan *Mixed Feed Coil* ini pemeriksaan visual menunjukkan sebanyak delapan tube bocor. Lokasi bocor umumnya pada bagian bawah tube (arah jam 6) berhadapan langsung dengan arah *flue gas* dari *radiant section*.



Gambar 7. Tube yang mengalami kegagalan

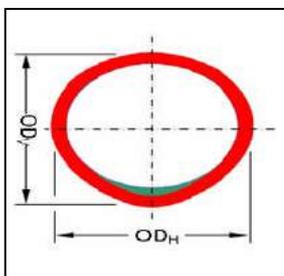
Dari tube yang dipotong pada gambar 8, terlihat adanya *deposit* atau kerak pada bagian bawah *tube mixed feed*, Analisa kimia lebih lanjut menunjukkan adanya kandungan *vanadium* dan *potassium* tinggi pada *deposit* tersebut. Dua bahan kimia ini biasanya digunakan untuk pemurnian CO<sub>2</sub> di area purifikasi, dari pemeriksaan lebih lanjut diketahui dua bahan kimia tersebut berasal dari *benfield* yang *carryover*.



Gambar 8. Deposit di dalam Tube

### Pengukuran Circum & Ketebalan tube

Dari hasil pengukuran *circumference*, pada tube yang mengalami kegagalan pada table 5, menunjukkan bahwa telah terjadi pengembangan tube yang significant dan orientasi *bulging* yang terjadi menunjukkan berada pada posisi bagian bawah tube (batasan maksimum pengembangan/creep berdasarkan standart API 530 sebesar 2,5%). Dari data design tube Circumference maksimum yang diijinkan untuk tube paling bawah adalah: 454,95 mm.



Tabel 5. Hasil pengukuran circumference tube setelah kegagalan

No.	Circum. (mm)	Expd. (%)	OD <sub>V</sub> (mm)	OD <sub>H</sub> (mm)	Dev. (%)
1	466	<b>5,0</b>	152,8	143,0	<b>8,15</b>
2	464	<b>4,5</b>	151,0	142,5	<b>6,87</b>
3	465	<b>4,8</b>	155,1	143,0	<b>9,77</b>
4	465	<b>4,8</b>	151,5	143,0	<b>7,23</b>
5	469	<b>5,7</b>	152,5	143,0	<b>7,93</b>

Dari data table di atas Overheating dapat dipertimbangkan menjadi salah satu penyebab terjadinya kegagalan / rupture.

Dari data Pengukuran sebelumnya yakni saat Turn Around, didapati bahwa hasil pengukuran menunjukkan pengembangan yang terjadi pada tube mixed feed Coil tersebut belum terdapat kondisi tube yang melewati batasan pengembangan maksimum yang diijinkan. Dapat dilihat pada Tabel 6.

Dengan Asumsi Pipa merupakan bejana bertekanan dalam, tekanan mekanik paling dominan yang timbul adalah hoop stresses. Menurut standard ANSI B31.3, sebagai dasar perhitungan tebal minimum yang diijinkan dirumuskan sebagai berikut:

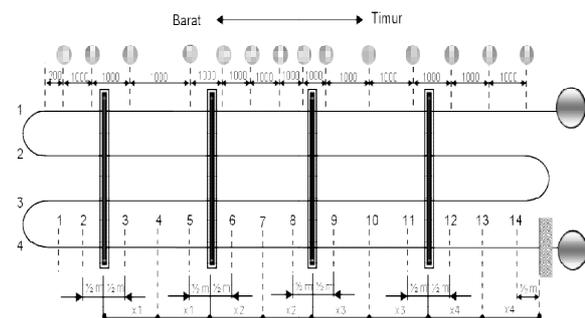
$$T_m = \frac{P \times D_o}{2(SE + y)}$$

$$T_m = \frac{545 \times 5,56}{2\{(11597 \times 1) + 0,385\}}$$

$$T_m = \frac{3319,32}{23194,77}$$

$$T_m = 0,143 \text{ "}$$

Dimana: Outside diameter ( D<sub>o</sub> ) = 5,56 “  
 Design Pressure ( P ) = 545 psi  
 Allowable Stress ( S ) = 11.597 psi  
 Efficiency Factor ( E ) = 1  
 Coefficient faktor ( Y ) = 0,385



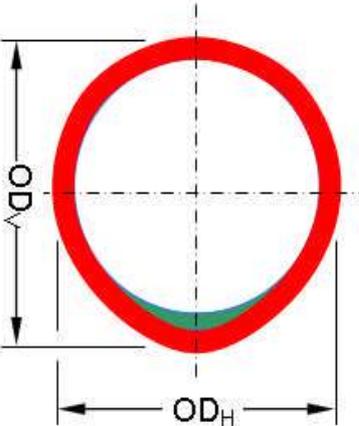
Coil No.1 dihitung dari arah selatan

Baris / titik	COI L 1	COI L 2	CO IL 3	COI L 4	COI L 5	COI L 6	COI L 7	COI L 8	COI L 9	
4	1	449	452	450	448	450	453	450	451	449
	2	450	449	450	449	453	450	453	452	452
	3	449	449	449	450	455	451	449	453	451
	4	447	450	445	449	454	452	450	448	444
	5	448	450	449	450	452	450	449	449	448
	6	454	449	447	449	451	450	452	449	450
	7	453	447	448	447	464	456	450	448	449
	8	449	448	449	448	453	454	449	447	448
	9	448	454	450	447	449	448	447	449	448
	10	447	453	453	447	452	452	449	450	449
	11	449	449	448	449	448	450	450	450	448
	12	450	447	449	448	450	451	449	451	448
	13	450	446	440	450	449	452	450	450	454
	14	448	447	450	450	450	452	452	452	450

Tabel. 6. Hasil Pengukuran Circumference Coil Mix Feed

Keterangan:

- Coil Baris No.1 = 5" atau standar circum = 398,78 mm (yang diizinkan Max. 408,74 mm)
- Coil Baris No. 2, 3 dan 4 = 5 9/16" atau Standard circum = 443,64 mm (yang diizinkan Max. 454,95 mm)



Tube Nr	Circum- (mm)	Expd %	OD <sub>v</sub> (mm)	OD <sub>H</sub> (mm)	Dev. %
4-1			-	-	-
4-2	456	2,7%	-	-	-
4-3	455	2,5%	-	-	-
4-4	450	1,4%	-	-	-
4-5	464	4,5%	151,0	142,5	6,87%
4-6	465	4,8%	155,1	143,0	9,77%
4-7	465	4,8%	151,5	143,0	7,23%
4-8	469	5,7%	152,5	143,0	7,93%
4-9	466	5,0%	152,8	143,0	8,15%

Dari hasil hitungan diperoleh *minimum thickness* yang diijinkan adalah 0,143 inchi / 3,63 mm, sedangkan ketebalan rata-rata hasil pengukuran actual tube mixed feed yang kondisinya tidak terjadi kegagalan 0,4 inchi / 10,16 mm. Jadi tebal dinding tube yang digunakan sudah memenuhi standard yang diijinkan. Sedangkan pada daerah yang mengalami kegagalan ketebalan tube rata-rata 0,2 inchi (5,08 mm), masih diatas ketebalan minimum yang diijinkan (Table 7), sehingga dapat disimpulkan ketebalan tube bukan merupakan penyebab terjadinya kegagalan.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Ketebalan pada Sample ( A ) dan Sample ( B )

No. Sample	Hasil Pengukuran ( mm )				
	a	b	c	d	e
Sample A	5,7	5,4	10,2	10,4	10,0
Sample B	9,1	9,3	10,4	10,4	10,3

#### Analisa Komposisi Kimia

Sample *Tube Mixed Feed* yang mengalami kerusakan dianalisa komposisi kimianya untuk mengetahui dan membandingkan spesifikasi material tersebut terpenuhi sesuai dengan design. Perlu diketahui sejumlah kecil terjadinya kegagalan disebabkan oleh salahnya pemilihan material.

Berdasarkan pemeriksaan komposisi kimia diperoleh hasil bahwa material *Tube Mixed Feed* adalah sesuai dengan spesifikasi design standard ASTM A213 Gr. T11.

Tabel 8. Komposisi Kimia Material Mixed Feed Coil

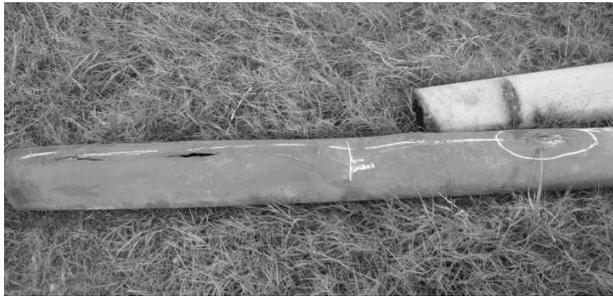
Unsur-Unsur	Tube Mixed Feed Hasil Pengujian	Standard (ASTM A213 Gr. T11)
	Nilai Kandungan Unsur ( % )	Nilai Kandungan Unsur ( % )
Fe	98,26	98,44
C	0,0	0,15
Si	0,64	0,5
Mn	0,47	0,3 – 0,6
Cr	1,2	1 – 1,5
Ni	0,0053	-
Mo	0,5	0,44 – 0,65
Cu	0,014	-
Al	0,43	-
V	0,003	-
W	0,0063	-
Ti	0,0014	-
Nb	0,0013	-
S	0,007	0,003
P	0,009	0,003

Sumber Hasil uji Lab.logam NDT PT.Pusri Palembang.

#### Pengujian Metalografi

Pengujian Metalografi ini bertujuan untuk melihat perubahan yang terjadi terhadap struktur makro dan mikro *Tube Mixed Feed* yang mengalami kerusakan. Perubahan struktur makro dan mikro juga dapat menyebabkan perubahan sifat mekanik dari suatu material.

Perubahan struktur makro dan mikro yang diamati menjadi dua bagian yaitu pada daerah diameter dalam *Tube Mixed Feed* dan daerah diameter luar *Tube Mixed Feed*. Gambar di bawah ini menunjukkan struktur makro dan mikro benda uji yang digunakan.



Gambar. 9. Foto Benda Uji *Tube Mixed Feed* yang Rusak

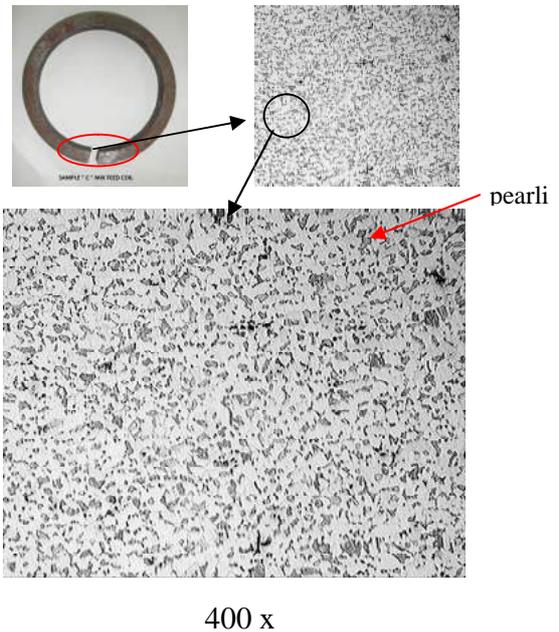
Pada Gambar 9, di atas terlihat kerusakan pada tube dengan terjadinya retak arah memanjang.



Gambar 10. Potongan Melintang Tube

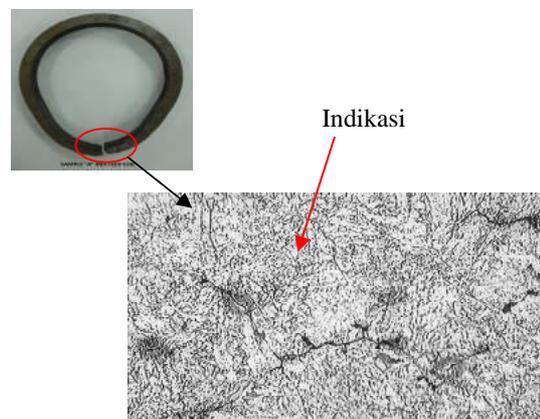
Pada gambar 10, potongan melintang tube dapat terlihat terjadinya pemuluran di bagian bawah tube dan terlihat adanya perbedaan ketebalan antara bagian atas dan bagian bawah dari benda uji, dari gambar ini dapat diidentifikasi terjadinya *creep rupture* / *local overheating*.

Hasil dari metallography pada bagian tube yang tidak terjadi kegagalan dan pada daerah tube yang terjadi kegagalan dapat dilihat pada gambar 11 dan gambar 12.

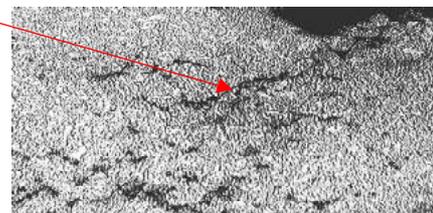


400 x

Gambar 11. Struktur Mikro Tube Yang tidak terjadi Kegagalan.



Adanya Deposite



400 x

Gambar 12. Stuktur Mikro Bagian Dekat Dengan yang Retak.

### Analisa Pemeriksaan Struktur Mikro

Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro dan struktur makro pada permukaan retakan di dapatkan hasil sebagai berikut:

1. Ketebalan tube tidak sama antara bagian atas dan bagian bawah tube. Hal ini disebabkan karena adanya pemuluran.
2. Tube pecah akibat adanya *local overheating* hal ini bisa dilihat dengan pembengkakan tube yang hanya terjadi pada bagian bawah tube.
3. Struktur mikro di daerah tube yang jauh dari kegagalan (tidak terjadi kegagalan) berupa pearlite.
4. Struktur mikro pada daerah dekat dengan kegagalan/pecah berupa bainite, hal tersebut mengindikasikan terjadinya overheating pada daerah tersebut dan terjadi pendinginan yang relatif cepat.
5. Struktur mikro pada daerah akhir retakan terlihat adanya produk deposit, hal mendukung data pada saat tube dipotong banyak terdapat kerak/deposit pada inside tube/coil.

### Analisa Pengaruh Suhu Terhadap Terjadinya Kegagalan

Karena Mixed Feed Coil ini beroperasi pada suhu tinggi sehingga faktor suhu sangat berpengaruh terhadap terjadinya kerusakan. Sebagai perkiraan pengaruh suhu terhadap terjadinya kegagalan bisa digunakan kurva *Larsson Miller Parameter* (LMP Curve).

Untuk mencari nilai pada kuva LMP digunakan perhitungan sebagai berikut.

Dengan menggunakan persamaan dari API 530 seperti dibawah ini,

$$S = \frac{P}{2} \left( \frac{Do}{t} - 1 \right)$$

Sesuai dengan data dari design mix feed coil dapat diketahui:

Do = Diameter Luar Tube = 5,56 inch  
(data dari drawing mix feed coil)

t = Tebal Tube = 0,4 inch  
(data drawing mix feed coil)

P = Tekanan Desain = 527 psi (3,63 MPa)

Perhitungan :

$$S = \frac{P}{2} \left( \frac{Do}{0,4} - 1 \right)$$

$$S = \frac{3,63}{2} \left( \frac{5,56}{0,4} - 1 \right)$$

$$S = 46,8$$

$$S = 23,4 \text{ MPa}$$

Dari kurva Larson Miller Parameter (LMP) untuk material 1,25 Cr – 0,5 Mo pada tekanan 23,4 MPa bila menggunakan kurva maksimum adalah 21,9 yang ditunjukkan dengan garis warna biru pada kurva. Waktu kegagalan yang terjadi pada Mixed Feed Coil bila dihitung dari waktu Start Up setelah terjadinya shut down lebih kurang 36 jam. Dengan memasukkan kedua parameter di atas pada rumus Larson-Miller yang dinyatakan dalam persamaan:

$$Q/R = (Td + 273) (20 + \log Ld) 10^{-3}$$

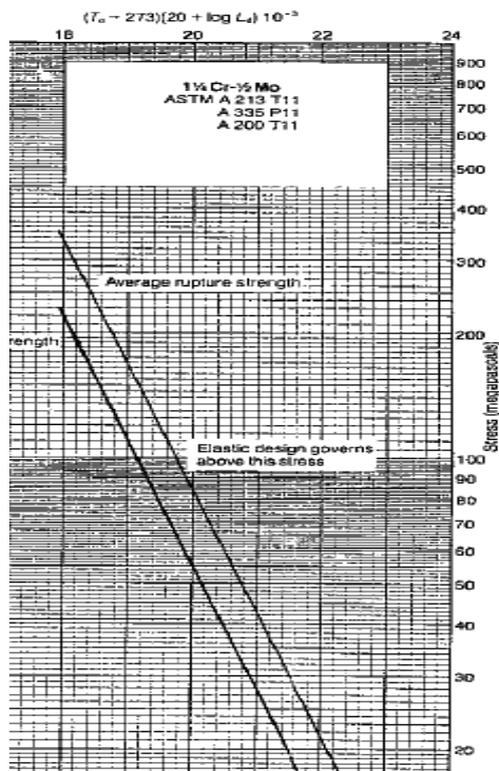
Dimana  $Q/R = LMP$ , Td adalah temperatur desain dalam satuan °K, Ld waktu operasi dalam jam, maka Nilai LMP adalah:

$$Q/R = LMP = (Td + 273) (20 + \log Ld) 10^{-3}$$

$$21.9 = (Td + 273) (20 + \log 36) 10^{-3}$$

$$Td = 743 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Dari hitungan di atas bisa diambil kesimpulan bahwasanya material Mixed Feed Coil akan mengalami kerusakan pada waktu 36 jam bila dioperasikan pada suhu 743°C dan mendapatkan tekanan 3,63 Mpa. Bila kita menggunakan kurva minimum dimana,  $Q/R = LMP$  adalah 21,18 seperti ditunjukkan dengan garis merah pada kurva, dengan menggunakan persamaan yang sama didapat suhu 710°C pada kurun waktu 36 jam tube akan mengalami kerusakan. Dari perhitungan ini bisa diambil kesimpulan tube akan mengalami kerusakan dalam waktu 36 jam pada suhu antara 710°C dan 743°C.



Gambar 13. Kurva LMP untuk Tekanan 23,4 MPa

Perhitungan di atas merupakan gambaran bagaimana waktu dan suhu yang mempengaruhi terhadap terjadinya kerusakan bila dihubungkan dengan *Larson Miller Parameter Curve*. Perlu diingat bahwa hitungan ini bersifat estimasi bukan hitungan matematika yang bersifat pasti, untuk perhitungan pasti digunakan untuk material tube yang baru.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan penyebab kegagalan *Tube Mixed Feed* adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisa di atas cukup jelas kegagalan *Tube Mixed Feed* ini mengikuti fenomena *local overheating*, yaitu adanya suhu yang melebihi desain  $610^{\circ}\text{C}$ , hal ini dapat dilihat dari perubahan struktur mikro, di mana pada daerah yang jauh dari lokasi

kegagalan struktur mikronya berupa Pearlite dan pada daerah yang terjadi kegagalan berupa struktur Bainite.

2. Tingginya temperatur metal tube dapat terjadi oleh beberapa faktor antara lain: sumber panas berlebih, kurangnya aliran pendingin di dalam tube dan adanya lapisan kerak di permukaan dalam tube sehingga menghambat laju perpindahan panas. Dalam kasus ini faktor penyebab dominan kegagalan adalah adanya lapisan kerak di dalam tube.

### Saran

Adapun saran yang dapat diberikan sehubungan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Fenomena rupture akibat overheating umumnya terjadi ketika pabrik beroperasi normal. Berbeda dengan rupture short-term overheating yang umumnya terjadi saat pabrik sedang start-up atau saat kondisi operasi abnormal. Karena itu, saat operasi normal perlu mencegah carryover benfield karena dapat membentuk lapisan deposit di dalam tube.
2. Perlu dilakukannya pemeriksaan secara berkala untuk mengetahui kondisi peralatan (*Mixed feed Coil*) secara dini.
3. Semua fungsi control peralatan di area Purifikasi (area pemurnian gas dan  $\text{CO}_2$ ) yang menggunakan media Benfield dalam proses tersebut, harus selalu dalam kondisi baik, sehingga kemungkinan terjadinya carryover akibat kesalahan peralatan tidak terjadi.
4. Sebelum proses start-up, drain system line N2, LP, dan HP harus selalu diyakinkan tidak ada sisa benfield di dalam line N2 tersebut.

### DAFTAR PUSTAKA

- ANSI B31.3, 2000. *ASME Code for Pressure Piping*. USA: ASME.
- API-530, 2000. *Recommended Practice for Calculation of Heater Tube Thickness in*

- Petroleum Refineries*. U.S.A: API Standard.
- ASM Handbook , 2004. *Metallography & Microstructures*,Vol.9. Ohio: ASM International.
- ASM Handbook,Vol.11,2002. *Failure Analysis and Prevention*. Ohio: ASM International.
- D.R.H. Jones, 2001. *Failure Analysis Case Studies II*. Uk: Elsevier Science Ltd.
- DR. Edgar C. Bain,1945. *Function of The Alloying Elements In Steel*, U.S: Steel Corporation Pittsburgh.
- Herbert H. Uhlig,1971. *Corrosion and Corrosion Control*, Second Edition. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- H.K.D.H. Bhadesia, 2001. *Bainite in Steels Transformations Microstructure and Properties*, Second edition. London: IOM Communications Ltd.
- LAPI-ITB,1995. *Material Teknik, Korosi & Failure Analysis*, Bandung, Indonesia: Hand Book Pelatihan Ahli Korosi.
- Michael F. Ashby, David R.H. Jones, 1996. *Engineering Material I. An Introduction to Their Properties and Application*, second edition, Oxford:
- M.W. Kellog,1975. *Operating Instruction Manual Ammonia Plant*. Palembang,Indonesia: Team-Pusri.
- Pierre R. Roberge,2000. *Handbook of Corrosion Engineering*. New York: The Mc Graw – Hill Companies, Inc.
- Robert D. Port, Harvey M.Hero, 1991. *The Nalco Guide To Boiler Failure Analysis*. Singapore: Mc Graw-Hill, Inc.
- Robert D. Port, Harvey M. Hero, 1993. *The Nalco Guide To Cooling Water System Failure Analysis*. Singapore: Mc Graw-Hill,Inc.
- V.J.Colangelo,F.A.Heiser,1974. *Analysis of Metallurgical Failures*, New York: Jhon Wiley & Sons, Inc.