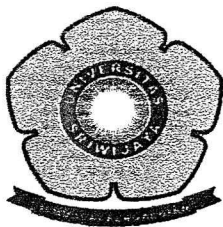
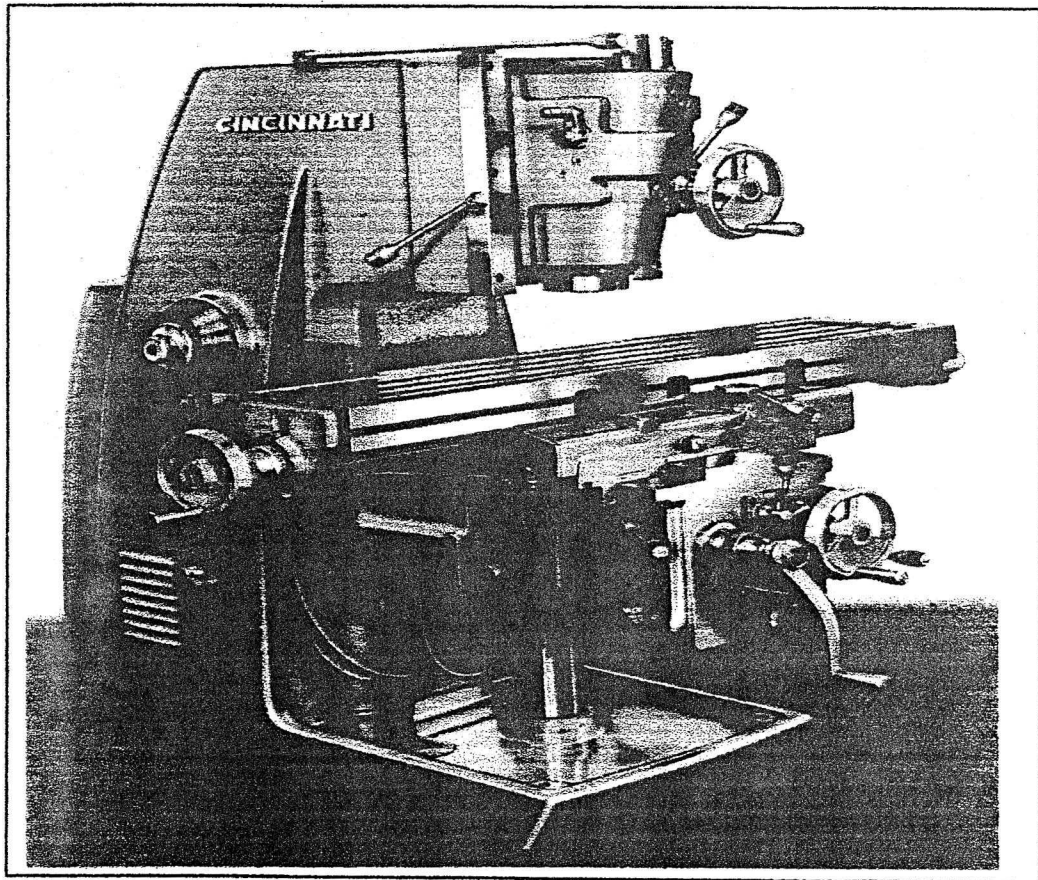


ISSN 1411-6553

Jurnal Rekayasa Mesin

Vol. 6 – No. 2 September 2006



*Universitas Sriwijaya
Fakultas Teknik
Jurusan Teknik Mesin*

ANALISA KEGAGALAN *TUBE HEAT EXCHANGER* 3A-115-C DI PABRIK AMONIA

Hendri Chandra⁽¹⁾, Dian Afrizal⁽²⁾

⁽¹⁾ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri

⁽²⁾ Alumni Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Unsri

Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km-32 Inderalaya, Ogan Ilir, 30662

E-mail : ⁽¹⁾hendri-cyber@yahoo.com, ⁽²⁾ujabae.31559@plasa.com

Ringkasan

Kegagalan atau kerusakan komponen mesin pada suatu perusahaan akan mempengaruhi kinerja perusahaan tersebut karena dapat mengganggu proses produksi. Kasus kerusakan yang terjadi pada *heat exchanger* 3A-115-C di pabrik Amonia adalah berupa bocornya *tube* pada *heat exchanger* tersebut. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui dan menganalisis penyebab terjadinya kegagalan *tube heat exchanger* 3A-115-C di pabrik Amonia sehingga didapatkan informasi penting sebagai landasan untuk meminimalisir atau bahkan mencegah kegagalan serupa terjadi. Penelitian yang penulis ambil dalam rangka penulisan Tugas Akhir ini menitikberatkan pada bidang metallurgi, berdasarkan pengkajian dari literatur, observasi lapangan, pengujian laboratorium, analisa data dan kesimpulan. Dari pemeriksaan visual pada *tube* yang bocor ditemukan banyaknya deposit yang menempel pada dinding luar *tube*. Perhitungan sifat korosif air dengan metode RI (Ryznar Stability Index) didapatkan nilai 7,56. Dari hasil uji kekerasan didapatkan nilai kekerasan pada daerah yang dekat bocor sebesar $R_A = 43,5$ sedangkan nilai kekerasan pada daerah yang jauh dari bocor sebesar $R_A = 44,4$. Uji komposisi kimia pada material *tube* yaitu SA 179 memiliki komposisi karbon sebesar 0,079. Hasil uji komposisi karat menunjukkan bahwa terdapat unsur $CaCO_3$ yang menempel pada dinding luar *tube*.

Abstract

Failure of engine component in a factory will effect the productivity of that factory because it can disturb production process. Failure case happening to heat exchanger 3A-115-C in Amonia factory is tube leak to this heat exchanger. Purpose of this research is to know and analyze what cause the failure of tube heat exchanger 3A-115-C at Amonia factory so it can be gotten important information as a basic to minimize or even prevent the same case happen. Research taking by the writer is prioritied to metallurgy sector, based on study of literature, observation, laboratorium inspection, data analyse and conclusion. From visual inspection, founded there are a lot of deposit patch in the outside wall. Calculation of water corrosivity by RI method is 7,56. Hardness test near to leak area $R_A = 43,5$, whereas hardness test far from leak area $R_A = 44,4$. Chemical composition inspection for tube material SA 179 has carbon composition 0,07. Rust composition inspection shows that $CaCO_3$ patch in the outer side tube.

Keywords: failure analysis, heat exchanger, rust composition inspection

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini efisiensi dan produktivitas yang tinggi dari suatu komponen mesin merupakan syarat utama dalam mendukung perkembangan teknologi industri. Kegagalan suatu komponen selain berisiko terhadap keselamatan manusia juga sangat merugikan dalam segi ekonomi. Kegagalan tidak hanya membutuhkan biaya untuk penggantian atau perbaikan peralatan tetapi juga dapat menghambat proses produksi. Namun suatu kegagalan dapat dianalisis dan disusun suatu kesimpulan, sehingga didapatkan informasi

penting sebagai landasan untuk meminimalisir atau bahkan mencegah kegagalan serupa terjadi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Masalah yang sering terjadi pada air pendingin dapat dikategorikan menjadi tiga bagian, yaitu : korosi, *scale*, *biofouling*. Tabel 2.1 berikut ini merupakan masalah yang sering terjadi pada sistem pendingin.

Tabel 2.1 : Masalah pada Sistem Air Pendingin

Kasus	Penyebab
Penurunan efisiensi Heat Exchanger dan umur yang pendek	Korosi dan deposit
Penurunan efisiensi termal heat exchanger	Adhesi produk korosi dan endapan kotoran
Penurunan rata-rata sirkulasi air yang mengakibatkan konsumsi listrik pada pompa yang tinggi	- Adhesi produk korosi dan endapan kotoran - Tube terganggu oleh benda asing
Merusak dan kontaminasi produk pendingin cooling water	Penetrasi terhadap tube heat exchanger oleh korosi dan deposit
Caran akibat water treatment secara kimia	Akibat produk korosi dan unsur padat yang terperangkap pada air

2.1 Korosi

Korosi adalah penurunan mutu (*degradasi*) logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Kasus korosi yang sering terjadi pada air pendingin adalah korosi sumuran (*pitting corrosion*). Berikut ini merupakan pembahasan mengenai korosi sumuran.

2.2 Korosi Sumuran (Pitting Corrosion)

Korosi sumuran terjadi karena suatu serangan intensif setempat. Umumnya diameter sumuran ini relatif kecil, dan tumbuh mengikuti arah gravitasi, dengan diameternya lebih kecil daripada kedalamanannya. Korosi jenis ini menyerang permukaan logam yang : selaput pelindungnya terganggu atau retak akibat perlakuan mekanik; mempunyai tonjolan akibat dislokasi atau *slip* yang disebabkan oleh tegangan tarik yang dialami atau logam mempunyai komposisi heterogen dengan adanya inklusi, segregasi atau presipitasi.

2.3 Scale

Scale adalah yang sering ditemukan pada air pendingin yang komposisi : kalsium karbonat, kalsium posfat, magnesium sulfat, dan magnesium silikat. Komponen-komponen scale ini berubah menjadi deposit akibat kenaikan temperatur dan pH air. Dengan kenaikan temperatur maka tingkat kelarutan pada scale menurun.

2.4 Biofouling

Biofouling didefinisikan sebagai bentuk pertumbuhan organisme pada lapisan film akibat terjadinya kontak dengan air yang memiliki karakteristik tertentu. Biofouling disebabkan oleh adhesi dan akumulasi slime dan sludge akibat aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, alga, fungi, dan bahan organik seperti pasir, kotoran dan lain-lain. Biofouling pada heat exchanger tidak hanya menurunkan efisiensi termal tapi juga menyebabkan

korosi lokal. Masalah *biofouling* diklasifikasikan menjadi tipe adhesi *slime* dan tipe akumulasi *sludge*.

2.5 Prediksi dan Analisa Sifat Korosif Air

W. F. Langelier mempelajari faktor utama yang berpengaruh terhadap kecenderungan air untuk membentuk deposit pada peralatan *heat transfer*. Sebagai hasil kerjanya, Langelier indeks tercipta. Indeks ini berdasarkan nilai angka yang berpengaruh terhadap deposit. Indeks itu kemudian dikenal dengan nama *Langelier Saturation Index (LSI)*. Berikut ini merupakan rumus LSI, yaitu:

$$LSI = pH - pHs \tag{1}$$

dimana: LSI = *Langelier Saturation Index*
 pH = nilai derajat keasaman air
 pHs = nilai kejenuhan pH

Selain menggunakan persamaan LSI, persamaan lain untuk memprediksi kecenderungan terbentuknya *scale* pada air yaitu : RI (*Ryznar Stability Index*) dan *Aggressiveness Index (AI)*.

Untuk mendapatkan nilai pHs digunakan rumus sebagai berikut :

$$pHs = (9,3 + A + B) - (C + D) \tag{2}$$

dimana : A = *Total Dissolved Solid (TDS)*
 B = Temperatur
 C = *Total Hardness*
 D = *Alkalinity M*.

Adapun persamaan RI yaitu:

$$RI = 2pHs - pH \tag{3}$$

Berikut ini merupakan prediksi kecenderungan air dengan indeks Ryznar

Tabel 2.2 Prediksi Kecendrungan Air dengan Indeks Ryznar

Ryznar Index	Kecendrungan Air
4,0 – 5,0	Scale berat
5,0 – 6,0	Scale ringan
6,0 – 7,0	Scale sedikit dan korosi
7,0 – 7,5	Korosi menengah
7,5 – 9,0	Korosi berat
9,0 dan lebih tinggi	Korosi yang tidak bisa ditoleransi

Nilai angka untuk mendapatkan pHs dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Nilai angka untuk mendapatkan pHs

Total Leached Solid	A	Total Hardness	C	Alkalinity	D
50-530	0,1	10-11	0,6	10-11	1,0
40-1000	0,2	12-13	0,7	12-13	1,1
Temperatur	B	14-17	0,8	14-17	1,2
0-1	2,6	18-21	0,9	18-22	1,3
2-3	2,5	23-27	1,0	23-27	1,4
6-9	2,4	28-34	1,1	28-35	1,5
10-13	2,3	35-43	1,2	36-44	1,6
14-17	2,2	44-45	1,3	45-55	1,7
18-21	2,1	56-60	1,4	56-60	1,8
22-27	2,0	70-87	1,5	70-88	1,9
28-31	1,9	88-110	1,6	89-110	2,0
32-37	1,8	111-132	1,7	111-139	2,1
38-43	1,7	138-174	1,8	140-176	2,2
44-50	1,6	175-220	1,9	177-220	2,3
51-56	1,5	230-270	2,0	230-270	2,4
57-63	1,4	280-340	2,1	280-340	2,5
64-71	1,3	350-430	2,2	350-440	2,6
72-78	1,2	440-550	2,3	450-550	2,7
79-85	1,1	560-690	2,4	560-690	2,8
		700-870	2,5	700-880	2,9

2.6 Analisa Kegagalan

Secara umum mesin ataupun komponennya dinyatakan rusak/gagal apabila :

1. Masih bisa beroperasi namun tidak dapat lagi menjalankan fungsinya dengan baik.
2. Masih bisa beroperasi namun tidak aman lagi untuk dijalankan
3. Tidak dapat lagi beroperasi.

Secara umum kerusakan pada mesin disebabkan oleh beberapa kesalahan, yaitu :

1. Kesalahan dalam desain
2. Kesalahan dalam memilih material
3. Kesalahan dalam perawatan
4. Kesalahan dalam pengiriman
5. Kesalahan dalam operasi
6. Kesalahan dalam fabrikasi
7. Kesalahan dalam pemasangan

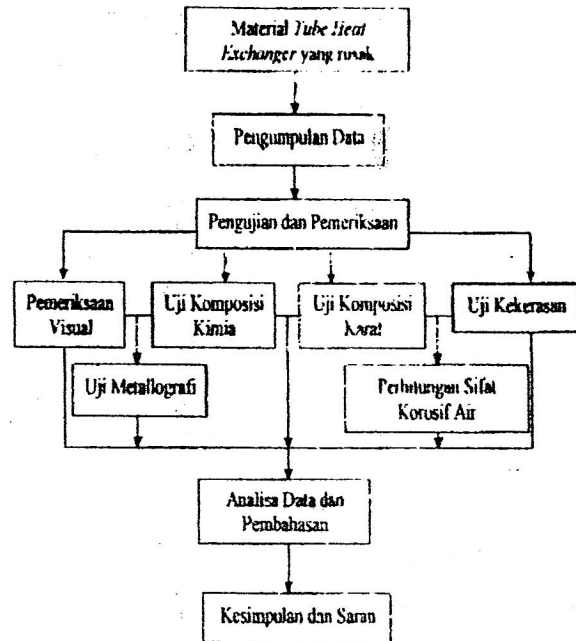
Dalam melakukan suatu analisa terhadap modus kerusakan yang timbul terdapat langkah-langkah sebagai berikut :

1. Survey
2. Pengujian tak merusak
3. Pengujian merusak
4. Analisa Data
5. Merumuskan mekanisme kerusakan
6. Laporan dan rekomendasi

Di akhir penelitian dibuat laporan tentang semua kegiatan yang telah dilakukan dan merumuskan rekomendasi yang akan diberikan agar kerusakan yang sama tidak terulang lagi.

3. METODE PENELITIAN

Prosedur pelaksanaan penelitian digambarkan dengan diagram alir sebagai berikut :



Gambar III. 1 Diagram Alir Penelitian

3.1 Pengumpulan Data

a. Spesifikasi Heat Exchanger

Nama Unit	: Methanator Effluent Cooler 3A - 115 - C	
Tipe	: BFU	
Fluida	- Shell	: Cooling Water
	- Tube	: Methanator Effluent
Material	- Shell	: SA 285 C
	- Tube	: SA 179
Temperatur desain	- Shell	: 60°C
	- Tube	: 160°C
Tekanan desain	- Shell	: 10,55 kg/cm ²
	- Tube	: 29,9 kg/cm ²

b. Data Material Tube^[9]

Material tube yang dianalisa memiliki spesifikasi 19,05 OD x 2,16 T. Tabel berikut ini merupakan data material tube SA 179.

Tabel 3.1 Komposisi Kimia Tube (% Berat)

Unsur	Karbon (C)	Mangan (Mn)	Fosfor (P)	Sulfur (S)
Komposisi	0,06 - 0,18	0,27 - 0,65	0,0035	0,0035

Tabel 3.2 Sifat Mekanik Tube

Sifat Mekanik	Kekuatan Tarik (MPa)	Kekuatan Luluh (MPa)	Regangan (%)	Kekerasan (RB)
Nilai	525	180	35	72

B. Data Operasi Tube¹⁹⁾

<u>Waktu</u>	: 3 Maret 2004
<u>Waktu</u>	: 22 Agustus 2006
<u>Waktu efektif</u>	: 2 1/2 tahun
<u>Tekanan operasi</u>	: 25,8 kg/cm ²
<u>Temperatur operasi masuk/ keluar</u>	: 149 ^o C/ 33 ^o C
<u>Media yang dipindahkan</u>	: Methanator Effluent

C. Data Cooling Water

Waktu	pH	TDS (ppm)	Total Hardness (ppm)	Total Alkalinity (ppm)	Temperatur (°C)
14/03/04	8,4	858,6	151,24	89,91	25 ^o C
14/03/06	7,6	620,7	151,12	127,2	25 ^o C
14/03/06	7,9	751,4	129,92	102,82	25 ^o C
14/03/06	8	1006,9	143,84	97,52	25 ^o C
14/03/06	7,3	1057,3	180,96	49,82	25 ^o C
14/03/06	7,54	858,98	151,816	93,454	25 ^o C

C. Mekanisme Kerja Alat

Secara garis besar pembuatan amoniak dibagi menjadi 4 tahap:

A. Feed Treating Unit

Gas alam yang masih mengandung kotoran (*impurities*), terutama senyawa belerang sebelum masuk ke *Reforming*. Unit harus dibersihkan terlebih dahulu di Unit ini, agar tidak menimbulkan keracunan pada Katalisator di *Reforming Unit*.

Untuk menghilangkan senyawa belerang yang terkandung dalam gas alam, maka gas alam tersebut dilewatkan dalam suatu bejana yang disebut *Desulfurizer*. Gas alam yang bebas sulfur ini selanjutnya dikirim ke *Reforming Unit*.

B. Reforming Unit

Di *Reforming Unit* gas alam yang sudah bersih dicampur dengan uap air, dipanaskan, kemudian direaksikan di *Primary Reformer*, hasil reaksi yang berupa gas-gas hidrogen dan karbondioksida dikirim ke *Secondary Reformer* dan direaksikan dengan udara sehingga dihasilkan gas-gas sebagai berikut:

a) Hidrogen

b) Nitrogen

c) Karbondioksida

Gas-gas hasil reaksi ini dikirim ke Unit *Purifikasi dan Methanasi* untuk dipisahkan gas karbondioksida.

3). Purification & Methanation

Gas karbondioksida yang ada dalam gas hasil reaksi *Reforming Unit* dipisahkan dahulu di *Unit Purification*, karbondioksida yang telah dipisahkan dikirim sebagai bahan baku Pabrik Urea. Sisa karbondioksida yang terbawa dalam gas proses, akan menimbulkan racun pada *Katalisator Amonia Converter*, oleh karena itu sebelum gas proses ini dikirim ke *Unit Synloop & Refrigeration* terlebih dahulu sebelum masuk ke *Methanator*.

4). Compression Synloop & Refrigeration Unit

Gas proses yang keluar dari *Methanator* dengan perbandingan gas Hidrogen dan Nitrogen = 3/1, ditekan atau dimampatkan untuk mencapai tekanan yang diinginkan oleh *Ammonia Converter* agar terjadi reaksi pembentukan, uap ini kemudian masuk ke *Unit Refrigerasi* sehingga didapatkan ammonia dalam fasa cair yang selanjutnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan Urea.

Hasil pada proses diatas adalah gas ammonia cair serta karbondioksida yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan Urea.

f. Kronologis Kerusakan

Indikasi adanya kerusakan pada tube berupa lubang yang terdapat disekitar *U-Bend*. Lubang ini mengakibatkan kebocoran gas yang mengalir didalam tube. Adapun lubang yang terbentuk ini akibat dari banyaknya deposit yang menempel pada dinding luar tube.

g. History Record

Dari catatan sejarah pemeriksaan, unit ini mulai mengalami bocor tube pada 23 Januari 2006, sebanyak 6 *U-tube* bocor. Kegagalan kedua terjadi 1 April 2006, 1 *U-tube* bocor. Pada shutdown 22 Agustus 2006, ditemukan 4 *U-tube* bocor, karena itu diganti dengan unit bekas Pusri-IV yang kondisinya relatif baik.

h. Data Perawatan

Khusus untuk *heat exchanger* 3A-115-C tidak ada *schedule* perawatan berjangka yang tetap. Tindakan perawatan adalah pembersihan bagian luar tube dan pembersihan *inside tube* dengan cara dibersihkan dengan sikat kawat dan disemprot dengan *Hydrolaser* dengan tekanan air 50 kg/cm².

i. Hipotesa Awal Kerusakan

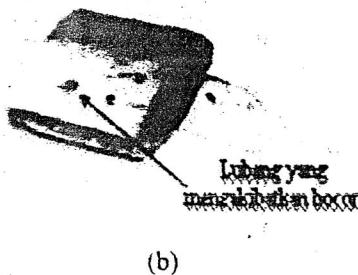
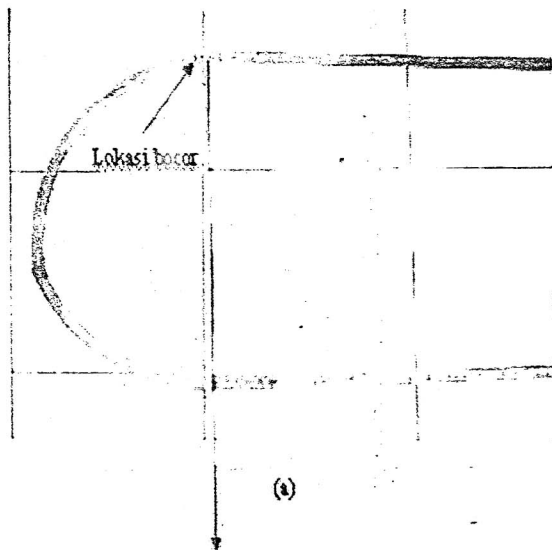
Tube yang bocor berada pada posisi disekitar *U-Bend*. Hal ini diduga akibat banyaknya deposit yang menempel pada dinding luar tube. Salah

satu penyebabnya karena *cooling water* yang bersifat korosif dan tidak adanya pembersihan rutin terhadap *tube*. Daerah yang tertutup deposit inilah yang kemudian memicu terjadinya korosi.

3.2 Pengujian dan Pemeriksaan

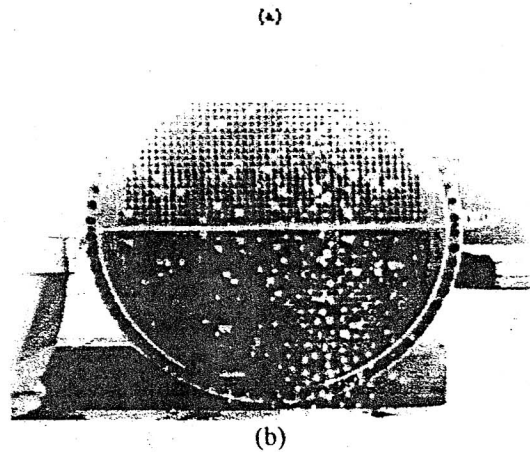
3.2.1 Pemeriksaan Visual

Pengambilan spesimen sebagai sampel yang akan dianalisis adalah pada *tube* no.8-36 karena mudah diambil tanpa merusak *tube* disebelahnya. Kebetulan *tube* ini mengalami bocor. Pemeriksaan visual dilakukan pada daerah bocor yang tertutup deposit dengan cara dibersihkan dengan menggunakan amplas. Setelah benar-benar bersih maka terlihat jelas lubang yang tembus hingga ke dinding bagian dalam *tube*. Hasil pemeriksaan visual dapat dilihat pada Gambar 3.2 (a) dan Gambar 3.2 (b). Sedangkan *layout* kondisi *tube* dapat dilihat pada Gambar 3.3 (a) dan Gambar 3.3 (b).



Gambar 3. 2

- (a) *Tube* yang mengalami bocor
- (b) *Tube* bocor yang sudah dipotong



Gambar 3.3

- (a) *Layout* kondisi *tube* setelah *leak test* (2 Agustus 2006)
- (b) *Tube* 3A-115-C setelah *leak test* (25 Agustus 2006)

3.2.2 Hasil Uji Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan di laboratorium terhadap material *tube* yang mengalami rusak. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali. Adapun data yang didapatkan sebagai berikut:

Tabel 3.4 Hasil Uji Komposisi Kimia (% Berat)

No Pengujian	Posfor (P)	Sulfur (S)	Karbon (C)	Silikon (Si)	Mangan (Mn)	Chromium (Cr)	Besi (Fe)
1	0,0045	0,0038	0,0930	0,2165	0,3753	0,1021	98,77
2	0,0056	0,0037	0,0676	0,1799	0,3750	0,1026	98,77
3	0,0076	0,0039	0,0670	0,1773	0,3672	0,1015	98,77
Rata-rata	0,0059	0,0038	0,0759	0,1912	0,3727	0,1021	98,77

3.2.3 Hasil Uji Kekerasan

Metode yang dipakai penulis pada pengujian material *tube* ini menggunakan alat uji Rockwell dengan indenter kerucut intan. Beban yang digunakan ada sebesar 60 kg. Spesimen yang digunakan ada bagian luar *tube* yang dipotong, kemudian diampas untuk membersihkan kotoran dan kerak yang menempel pada *tube* tersebut. Pengujian kekerasan dilakukan pada dua daerah/ sisi, daerah pertama

Daerah yang mendekati bocor dan kedua yaitu yang jauh dari bocor. Adapun pengujian sebanyak 10 kali dan didapatkan data sebagai berikut :

3.5 Hasil Uji Kekerasan Tube

	Daerah Tube Dekat bocor	Daerah Tube Jauh dari Bocor
	Nilai Kekerasan (R _A)	Nilai Kekerasan (R _A)
1	43,0	45,0
2	44,0	44,0
3	42,5	45,0
4	43,0	43,0
5	44,0	45,0
6	43,0	44,5
7	44,0	44,0
8	44,5	45,0
9	43,0	43,5
10	44,0	45,0
11	435	444

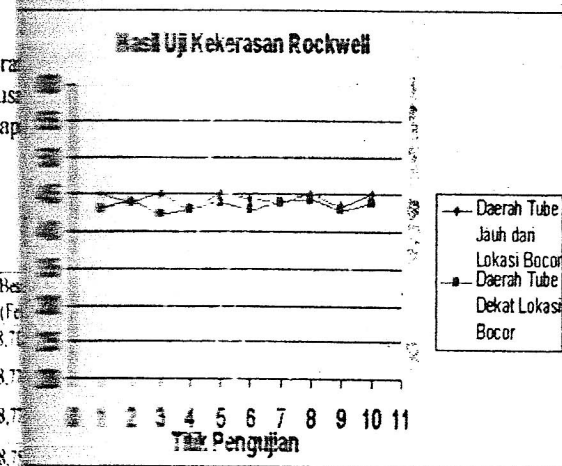
perhitungan data diatas dipeoleh rata-rata Kekerasan Rockwell (R_A) pada daerah dekat bocor =

43,5 dan dikonversikan menjadi R_B = 66,243.

rata-rata kekerasan Rockwell (R_A) pada

jauh dari bocor = $\frac{444}{10} = 44,4$ dan dikonver-

menjadi R_B = 68,7.



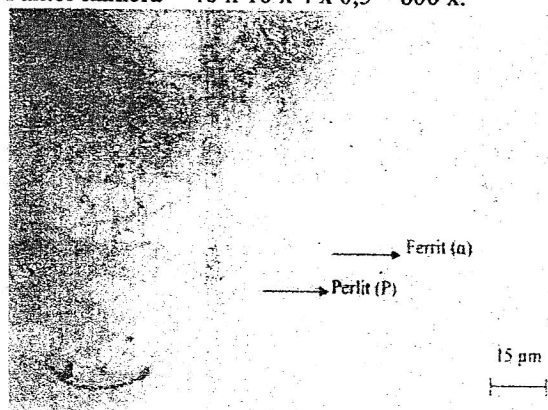
Gambar 3.4 Grafik Hasil Uji Kekerasan Rockwell

Uji Metallografi

yang akan diuji struktur mikro terlebih dahulu disesuaikan dengan bagian dari material yang akan diuji struktur mikronya. Proses pengamplasan dengan menggunakan kertas amplas dengan nomor dari 100 - 1500. Setelah diadakan amplasan sampai grade amplas yang halus, selanjutnya adalah proses pemolesan.

Proses pemolesan dilakukan dengan menggunakan pasta atau alumina dengan memakai kain beludru sebagai media pemoles. Setelah spesimen diampelas dan dipoles maka spesimen tersebut dapat dietsa dengan menggunakan larutan nital 3 % (3% HNO₃ + 97% etanol). Spesimen tersebut dicelup dalam larutan nital 3 %, lalu diangkat, disiram dengan alkohol kemudian dicuci dengan air sabun. Kemudian disiram kembali dengan menggunakan air biasa. Setelah disiram dengan air biasa kemudian dikeringkan dengan menggunakan alat pengering atau *dryer*, untuk selanjutnya spesimen siap dilakukan pengujian struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik. Pengujian kali ini menggunakan pembesaran 800x. Adapun hasil pembesaran 800x tersebut didapatkan dengan perhitungan sebagai berikut :

Lensa Objektif x Lensa Okuler x Ukuran Foto x Faktor kamera = 40 x 10 x 4 x 0,5 = 800 x.



Gambar 3.5 Struktur Mikro Tube dengan Pembesaran 800x Etsa Nital 3%

Berdasarkan gambar III.5 maka dapat digunakan metode garis untuk menghitung jumlah persentase (%) karbon (C) yang terdapat pada material tube tersebut.

$$\begin{aligned} \%P &= \frac{\sum \text{Perlit}}{\sum \text{PanjangFoto}} \\ &= \frac{29}{250} \\ &= 0,116 = 11,6\% \quad \% \alpha = 100\% - 11,6\% = 88,4\% \end{aligned}$$

Dari diagram fase Fe-Fe₃C didapat :

$$\% \alpha = \frac{0,83 - C}{0,83 - 0,008} \times 100\%$$

$$88,4\% = \frac{0,83 - C}{0,822} \times 100\%$$

$$0,884 = \frac{0,83 - C}{0,822} \times 100\%$$

$$C = 0,83 - (0,884 - 0,822)$$

$$= 0,1\%$$

Dimana :

$$\alpha = \text{Ferrit}$$

$$x = \text{jumlah \%C}$$

$$P = \text{Perlit}$$

3.2.5 Perhitungan Sifat Korosif Air

Dengan melihat Tabel 2.5 BAB 2 maka akan didapatkan nilai A, B, C, D. kemudian nilai tersebut disubstitusikan ke persamaan Langelier.

Nilai Rata-rata TDS = 858,98 dari Tabel didapatkan nilai A = 0,2. Nilai Rata-rata temperatur = 25, dari Tabel didapatkan nilai B = 2,0

Nilai rata-rata total hardness = 151,816, dari Tabel didapatkan nilai C = 1,8.

Nilai rata-rata total alkalinity = 93,454, dari Tabel didapatkan nilai D = 2,0.

$$\begin{aligned} \text{Maka nilai pHs} &= (9,3 + A + B) - (C + D) \\ &= (9,3 + 0,2 + 2,0) - (1,8 + 2,0) \\ &= (11,5) - (3,8) \\ &= 7,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai LSI} &= 2\text{pHs} - \text{pH} \\ &= 2(7,7) - 7,84 \\ &= 7,56 \end{aligned}$$

3.2.6 Hasil Uji Komposisi Karat

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui komposisi deposit yang menempel pada dinding luar *tube*. Tabel 3.7 di bawah ini merupakan hasil uji komposisi karat yang dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Tabel 3.6 Hasil Uji Komposisi Karat (% Berat)

Senyawa	Persentase Berat	Kadar (mg/L)
CaCO ₃	12,20 %	61,6896

4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Pengamatan Visual

Setelah dilakukan pengamatan visual pada *tube* yang mengalami bocor ditemukan banyak terdapat deposit yang menempel pada dinding luar *tube* tersebut. Deposit yang menempel ini berupa endapan keras atau tonjolan-tonjolan bundar terutama pada bagian di sekitar *U-Bend* yang mengalami bocor.

Pengamatan yang dilakukan setelah pembersihan *tube* dengan sikat kawat dan *hydrolaser* (*waterjet*) bahwa bagian yang semula tertutup deposit tersebut terdapat lubang halus yang mengakibatkan terjadinya bocor sehingga gas yang melewati daerah ini akan keluar. Sedangkan daerah di sekitar lubang tersebut banyak terdapat endapan keras berwarna kecoklatan. Daerah yang berada di bawah deposit ini kekurangan pasokan oksigen sehingga menjadi lebih anodik.

Sedangkan pendeteksian lokasi bocor dilakukan dengan memberikan tekanan udara sebesar 120 psi. *Tube* yang akan diuji sebelumnya diisi air sabun terlebih dahulu sehingga saat udara bertekanan

tersebut melewati daerah bocor akan keluar gelembung busa yang menunjukkan lokasi terjadinya bocor pada *tube*.

4.2 Analisa Hasil Uji Komposisi dan Metallogra

Dari data komposisi kimia *tube heat exchanger* 3A-115-C pada Tabel 3.4 BAB 3 ternyata komposisi utama yang ada sesuai dengan spesifikasi awal *tube* ini yaitu SA 179 yang tergolong baja karbon. Yang kandungan Mangan hasil uji komposisi kimia sebesar 0,3727 memenuhi standar komposisi awal antara 0,3 – 0,63. Berdasarkan kandungan komposisi C yaitu 0,0759 maka material *tube* ini tergolong dalam baja karbon rendah.

Berdasarkan hasil pemeriksaan struktur mikro *tube* dengan pembesaran 800x, struktur mikronya tersusun atas ferit dan perlit. Metode uji garis yang dilakukan untuk menghitung persentase (%) karbon (C) didapatkan kadar karbonnya sebesar 0,1. Hal ini menunjukkan bahwa material *tube* adalah baja karbon rendah.

4.3 Analisa Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan pada material *tube* menunjukkan bahwa daerah yang dekat dengan lokasi bocor hanya mengalami sedikit penurunan kekerasan akibat pengaruh korosi. Nilai kekerasan *tube* pada daerah dekat lokasi bocor sebesar $R_A = 43,5$ sedangkan nilai kekerasan *tube* pada daerah yang jauh dari lokasi bocor sebesar $R_A = 44,4$. Korosi yang terjadi pada *tube* bersifat menyerang bagian logam pada daerah tertentu secara intensif sehingga korosi ini hanya berpengaruh terhadap penurunan kekerasan di daerah yang terserang korosi tersebut.

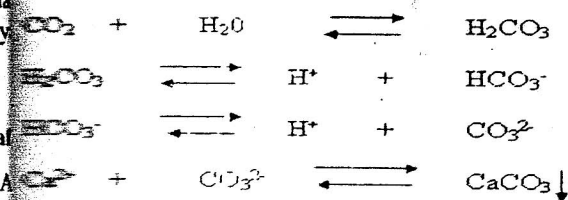
4.4 Analisa Perhitungan Sifat Korosif Cooling Water

Dari perhitungan sifat korosif *cooling water* yang dilakukan dengan metode RI didapatkan nilai 7. Berdasarkan prediksi indeks *Ryznar* pada Tabel BAB II maka air ini tergolong korosi berat.

4.5 Analisa Kerusakan

Indikasi awal terjadinya bocor pada *tube heat exchanger* 3A-115-C, yaitu diawali dengan adanya deposit yang menempel pada permukaan *tube*. Deposit ini timbul karena reaksi antara CO₂ dengan unsur Kalsium *cooling water*. Reaksi tersebut kemudian membentuk Kalsium Karbonat (CaCO₃).

Adapun reaksi terbentuknya CaCO₃ adalah sebagai berikut:



menghindari banyaknya deposit yang menempel pada dinding luar tube.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Hardiansah Pili, "Studi Kasus Korosi Pipa Seamless DN 100 ASTM 53 Grade B, Schedule 40 pada Instalasi Water Treatment Plant di PT. SPF", UNSRI, Indralaya, 2006.
- [2.] Hironobu Nisitani, Dr. Eng. Prof., "Failure Analysis In Engineering Applications", Shin-Ichi Nishida, Kyushu University, 1986.
- [3.] K.R. Trethewey & J. Chamberlain, "Korosi Untuk Mahasiswa dan Rekayasawan", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1991.
- [4.] Michael Frankel, CIPE, CPD, "Facility Piping Systems Handbook", Second Edition, McGraw-Hill, USA, 1996.
- [5.] _____, "Kurita Handbook Of Water Treatment", Second English Edition, Kurita Water Industries, LTD., Japan, 1999.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil pelaksanaan penelitian penyebab kerusakan tube, yang diawali dengan survey, pengumpulan data, pemeriksaan visual, pengujian kekerasan, pengujian komposisi, pengujian mikroskopis dan perhitungan sifat korosif cooling water yang diperoleh analisa dan pembahasan, dapat ditarik beberapa kesimpulan :

Berdasarkan hasil pengujian dan pemeriksaan yang telah dilakukan maka ditarik kesimpulan bahwa penyebab utama kerusakan tube terjadi karena korosi pitting yang merupakan akibat dari banyaknya deposit yang menempel pada dinding luar tube.

Proses yang terjadi pada tube heat exchanger 3A-115-C tergolong tipe I.

Berdasarkan perhitungan analisa Ryznar Stability Index cooling water yang mengalir pada shell bersifat korosif.

5.2 Saran

Hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat memberikan saran sebagai berikut :

Memeriksa dan analisa rutin terhadap komposisi cooling water karena sangat berpengaruh terhadap terjadinya korosi.

Dianjurkan untuk melakukan pengolahan cooling water secara teliti agar tidak bersifat korosif.

Harusnya dilakukan pembersihan rutin terhadap tube heat exchanger 3A-115-C untuk