

PENGARUH JACKETING PADA KELAYAKAN OPERASIONAL PROSES COLUMN DISTILASI

THE INFLUENCE OF JACKETING ON PROFICIENCY OF DESTILATION COULUMN PROCES

M. N. Setia Nusa

Peneliti Bidang Kajian Material
Balai Besar Teknologi Kekuatan dan Struktur – BPP Teknologi
e-mail: setia_nusa@yahoo.com

Abstrak

Column distilasi telah beroperasi selama 42 tahun, beberapa kali mengalami kebocoran di dinding tray bagian atas dan setiap kali repair dilakukan dengan *jacketing* dan *patching*. Pada saat ini masih ditemukan ada beberapa kerusakan/kebocoran juga pada tray atas, untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk tindakan repair dan mengetahui kondisi terkini column melalui pemeriksaan fraktografi, metalografi, uji kekerasan, komposisi kimia, ketebalan dan pundit sehingga secara keseluruhan hasilnya dapat mengetahui penyebab kerusakan dan mengetahui pengaruh *patching* dan *jacketing* pada material. Hasil penelitian ditemukan adanya unsur korosi serta kondisi *jacketing* yang sudah merata pada bagian atas coulumn destilasi.

Kata Kunci : Column, Korosi, Bocor, Jacketing

Abstract

A column distillation has been operated for 42 years , Leaking often happens in top of tray part. it has been repaired by jacketing and patching. Meantime there are still some leaks and damages happens in top tray. Some research and repair action were conducted to avoid the same problem in the future and to know the recent condition of the column using fractography examination, Metallography examination, hardness test, chemical composition analysis, thickness and pundit and the result will be deriving us to the caused of the failure and to the impact of the used of patching and jacketing on material. The research results reveal any corrosion and the elements that have been uneven jacketing conditions only at the top of the destilation column.

Key words : Column, Corrosive, Leak, Jacketing

Diterima (*received*) : 15 Desember 2015, Direvisi (*reviewed*) : 15 Februari 2016, Disetujui (*accepted*) : 23 Maret 2016

PENDAHULUAN

Column distilasi adalah sebuah unit peralatan yang berbentuk silinder terdiri dari sambungan pelat-pelat dan mempunyai ketinggian 24 meter dengan diameter 5 meter yang berfungsi sebagai *fluid service* / produk gas, naphta dan kerosene dan pada bagian bawahnya yang merupakan kaki-kaki berupa profile H yang dibungkus beton setinggi 4 meter dengan fondasi tertanam 8 meter.

Didalam Column terdapat 26 tray yang berfungsi sebagai pembatas dan dudukan, tray dan dinding column telah beberapa kali mengalami kebocoran terutama di dinding pada tray 12 keatas dan setiap kali repair dilakukan dengan *jacketing* dan *patching*, Pada saat ini diketahui ada beberapa kerusakan/ kebocoran pada tray bagian atas dan untuk tindakan *repair (corrective action)* perlu dilakukan *assessment fitness for service*. *Fitness for service* bertujuan untuk mengetahui kondisi terkini column dalam

kondisi apa adanya melalui pemeriksaan yang komprehensif sehingga secara keseluruhan hasilnya dapat diketahui penyebab kerusakan, kondisi column untuk dioperasikan/ kelayakan dengan melakukan *patching* dan *jacketing* di lokasi yang mengalami kebocoran/ kerusakan, repair sebagian (parsial) dengan atau tanpa pergantian material.

BAHAN DAN METODE

Pemeriksaan Visual dan makro fractografi

Pemeriksaan visual dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik kerusakan dan menentukan daerah awal penyebab kerusakan yang nantinya dipilih untuk pemeriksaan lebih mendalam, metode pemeriksaan visual ini dilakukan dengan mengamati kondisi area yang rusak secara cermat dan didokumentasikan dengan gambar menggunakan kamera.

Sedangkan pemeriksaan makrografi menggunakan mikroskop stereo untuk mengidentifikasi awal kerusakan di permukaan daerah yang rusak, sehingga area tersebut dapat diamati pada perbesaran yang lebih besar dibandingkan pemeriksaan visual dan didapatkan informasi lebih jelas dengan perbesaran sampai dengan 25X. Pemeriksaan makrografi mengacu pada standard ASTM E 340-00.

Pemeriksaan Metalografi

Pemeriksaan metalografi merupakan suatu metode pemeriksaan yang dilakukan untuk mengamati struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik pada area yang rusak lebih detail dan dianggap mewakili serta area sekitarnya untuk dilakukan analisis kerusakan. pemeriksaan metalografi dilakukan juga untuk memeriksa kemungkinan adanya *void*, retak mikro, ataupun cacat mikro lainnya yang mungkin berpengaruh sebagai penyebab kerusakan pada column distilasi. Hasilnya lalu didokumentasikan dengan kamera digital.

Persiapan benda uji metalografi mengacu pada standard ASTM E 3-01 yang meliputi beberapa tahapan antara lain :

Proses grinding atau pengampelasan menggunakan mesin grinding tangan dan kertas ampelas dengan kekasaran mulai dari 80,120, 220, 360, 500, 600, 800, 1000, dan 1200 mesh.

Proses pencucian menggunakan alkohol 95% kemudian dikeringkan dengan peralatan pengering (*hair dryer*).

Proses *polishing*/pemolesan sampel uji dengan menggunakan diamond pasta. Selanjutnya dilakukan proses mikroetsa sampel uji yang mengacu pada standard ASTM E 407-01 dimana larutan yang digunakan adalah Nital 2%.

Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui perbedaan nilai kekerasan di area yang dianggap normal dengan area sekitar patahan. Pengujian kekerasan dilakukan dengan alat Frank finotest dengan nilai kekerasan dalam skala *Vickers* dengan metode yang digunakan indentasi *Vickers microhardness* mengacu pada ASTM E92. Beban yang digunakan adalah 5 kgf dengan menggunakan indentor intan, kemudian hasil yang didapat diukur dengan mikroskop dan dihitung dengan menggunakan tabel nilai kekerasan VHN (*Vickers Hardness Number*).



Gambar 1.
Obyek Penelitian Column Distilasi

Memeriksa kondisi pondasi/tiang.

Dilakukan pemeriksaan kolom beton dengan hammer test, pile integrity test, dan PUNDIT (*portable ultrasonic non-destructive indicating tester*).

- Ketebalan dinding column (thickness)
- Mengukur ketebalan dinding column dengan ultrasonic test.
- Kondisi sambungan las dengan penetrant test

- Pile integrity test untuk mengetahui kedalaman / tinggi kolom.

HASIL PEMERIKSAAN

Pemeriksaan Visual

Hasil pemeriksaan visual menunjukkan: Column Distilasi diinsulasi (gambar. 1) Beton pada kolom (tinggi 3,91 m) mengalami retakan memanjang dari bawah ke atas yang mengindikasikan tulangan (rebar) telah terserang korosi setelah terekspos lingkungan yang didahului oleh beton yang rusak/pecah (gambar. 2).

Bottom head mengalami serangan korosi umum (tidak significant) akibat deposit yang terbentuk oleh genangan cairan service fluid di permukaan, dinding shell di tray 26 yang berada di atasnya masih dalam kondisi baik.

Dinding shell tray 1 dan top head telah terserang korosi (Gambar. 3)

Dinding shell tray 1 dan tray 12 luar telah bocor dan ditutup dengan plate patching, lokasi bocor di dekat welding joint.

Support tray 1, 2 dan 3 telah terserang korosi yang parah, demikian juga traynya (gambar 9)



Gambar 2. Profil H-Beam penyanggah column destilasi yang dilapisi beton

Pile Integrity.

Hasil pile integrity test menunjukkan kedalaman/tinggi kolom-kolom (tiang) support Column 101-T3 tabel 1.

Tabel 1.
Hasil Pile Integrity

No.	Pile/ Kolom	Kedalaman/ Tinggi (m)	Keterangan
1	K1	14,0	-
2	K2	1,7	-
3	K3	13,6	-
4	K4	12	Ada retak horisontal/diagonal pada kedalaman 1,9 m dari permukaan pile

Tinggi kolom adalah 12 m, kedalaman kolom dibawah permukaan lantai (pondasi) adalah 8 m dan diatas permukaan (tiang) adalah 4 m.

Pundit (Portable Ultrasonic Non-Destructive Indicating Tester)

Hasil Pundit menunjukkan tidak ada kolom yang berkriteria baik dengan kecepatan gelombang diatas 4 KM/s.



Gambar 3. Lokasi pemeriksaan metalografi pada top head

Lokasi pemeriksaan metalografi pada top head yang terserang korosi (A) terlihat pengaruh korosi pada dindingnya dan Shell bagian luar (B) materialnya sampai berubah warna (merah) karena korosi yang merata pada dinding shell.

Penetran Test.

Penetrant test dilakukan pada circumferential weld Tray 3-4 dan 11-12 untuk mengetahui jika terdapat retak-retak

pada permukaan material atau daerah weld, dengan hasil tidak ditemukan cacat (no defect).

Tabel 5.
Hasil pemeriksaan Deposit (corrodent) Top Head

Unsur	Pemeriksaan ke (% berat)			Rata-rata (% massa)
	1	2	3	
C	21,52	17,17	18,01	18,90
O	29,76	29,11	30,58	29,82
Al	1,14	1,39	1,50	1,34
Cl	4,45	4,44	4,26	4,38
Ti	3,20	2,36	2,94	4,25
Fe	10,88	14,28	12,65	12,60
Hg	29,06	31,26	30,06	30,13
Jumlah	100,00	100,00	100,00	

Metalografi dan Hardness
Hasil pemeriksaan metalografi pada beberapa lokasi, struktur mikro berupa ferrit

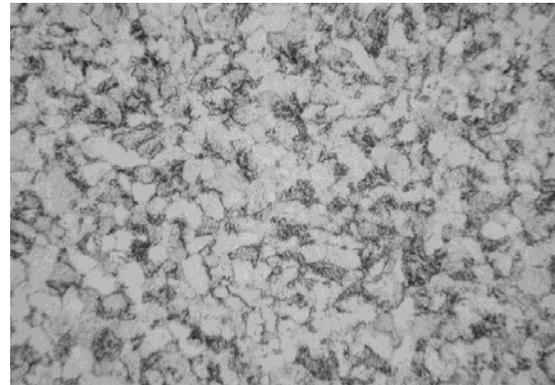
Thickness

Tabel 6.
Hasil pengukuran *thickness*

Part	Identifi cation	ORIENTATIONS OF MEASUREMENT (°)								Min Thick
		0	45	90	135	180	225	270	315	
Bottom Head		13.91		14.68		14.68				13.91
Shell										
Tray 26	26(in)	12.40		12.93		12.77				12.40
Under MH	26	13.29		13.72		13.60		13.48		13.29
Tray 26	26(out)	13.57		13.05		13.12		13.19		13.05
Window Tray 19				10.15						10.15
Window Tray 18				9.65						9.65
Tray 13		8.65		9.35						8.65
Tray 12		10.28	10.26	9.87	9.88	10.82	10.91	9.70	10.85	9.70
Tray 03		7.65	8.12	7.45	8.47	8.12	7.87	8.06	7.85	7.45
Tray 01		9.45	9.65	8.62	6.70	8.89	8.27			6.70
Top Head	1	10.88		11.81		9.85				9.85

dan pearlite tidak terlihat adanya pengaruh creep atau kerusakan lainnya.^[12] Hal ini mengindikasikan column dioperasikan pada temperature rendah dan tidak adanya pengaruh fatigue^[3].

Sedangkan hasil pengujian kekerasan, didapat hasil rata-rata 142 HB



Gambar 4.

Lokasi Bottom strukturmikro ferit sperioidisasi pearlit normal. Perbesaran 200X, etsa: Nital



Gambar 5.

Lokasi Top Head, pemeriksaan metalografi dan hasilnya strukturmikro ferit pearlit masih bagus, tidak terlihat indikasi pengaruh temperatur tinggi.

PEMBAHASAN

Konsep FFS (*Fitness for Service*)

Assesmen FFS adalah evaluasi engineering secara kuantitatif pada suatu struktur untuk mengetahui pengaruhnya setelah beroperasi beberapa lama, serta mengetahui adanya cacat / kerusakan pada material serta mengetahui umur sisanya dari material tersebut.^[9]

Ada 3 katagori umur sisa.^[9]

- Umur sisa dapat dilakukan dengan alasan – misalnya pada kasus serangan korosi umum, dapat dihitung umur sisanya berdasarkan laju penipisan yang terjadi akibat korosi umum itu.
- Umur sisa tidak dapat dilakukan dengan alasan – misalnya pada kasus SCC (*Stress Corrosion Cracking*) atau retak oleh Hidrogen dimana perambatan retaknya tidak bisa diprediksi, maka perhitungan umur sisa tidak dapat dilakukan.
- Tidak ada umur sisa – ketika struktur telah mengalami kerusakan (damage) dan diperbaiki, atau ada bagian/sektor yang disekat, atau beroperasi dibawah pengawasan ketat.

Aspek material column dan kondisi terkini

Material yang digunakan untuk shell column adalah ASTM A-285 [2] yang merupakan material carbon steel dengan komposisi kimia:

- 0.28% C max,
- 0.90% Mn max,
- 0.035% max. P dan
- 0,035% max S. dengan

Tensile strength 380-515 MPa (112-153 HB) dan Tebal 1/2" (bottom, tray 26-19), 3/8" (tray 18-1, top).

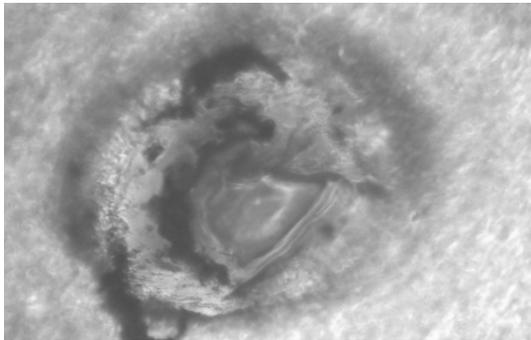
Material A-285 dipilih oleh manufacturer tentunya melalui tahapan desain yang memperhitungkan fluid service dan lingkungan. Column ini dibuat dan dioperasikan dari 1969 yang saat ini (2011) telah berumur 42 tahun. Kerusakan baru terjadi pada/sejak 2008, bila sebelumnya tidak terjadi (tidak ada data).

Dari catatan kerusakan/kebocoran pada column (distilasi 101-T3) itu sebenarnya sejak 2008 column berada pada katagori ke-3 menurut API RP579, yaitu tidak ada umur^[9]. Tapi kalau melihat pada hasil pengukuran tebal (Tabel 6) penipisan yang terjadi tidak significant, 6,70 mm pada dinding shell di tray 1 (tebal awal 9,5 mm) dan 10,15 mm di dinding shell di tray 19 (tebal awal 12,7 mm) diperoleh umur diatas 50 tahun (dari sekarang, 2011). Karena itu yang berperan atas kerusakan shell/ tray bukan korosi umum, tetapi unsur spesifik yang korosif yang terkandung dalam *fluid service*.^[5]

Pada saat desain, tentunya telah diperhitungkan aspek korosi pada lingkungan untuk ASTM A-285, yang artinya lingkungan/ fluid service tidak mengandung unsur korosif yang agresif, jadi aman/dapat ditahan oleh material itu. Lalu dengan berjalannya waktu, unsur-unsur korosif masuk dan terkandung dalam service fluid. Unsur-unsur itulah yang kini mempercepat kerusakan shell dan tray. Hal ini perlu diverifikasi dengan record kandungan unsur dalam *fluid service* dari tahun awal sampai sekarang untuk memastikan unsur korosif yang pada awalnya tidak ada.

Hasil pemeriksaan deposit *corrodent* yang diambil dari *bottom head, shell* (tray 19) dan *top head* dengan SEM-EDAX menunjukkan

hadirnya unsur Cl dengan jumlah rendah di bottom head dan shell dan sangat tinggi di top head, dan S dengan jumlah rendah di bottom dan shell (di top head tidak ada, namun ditemukan unsur *corrosive* lainnya yaitu Hg yang menyerang shell dan tray.



Gambar 6.

Pitting pada dinding luar shell di tray 18

Aspek Korosi

Pada column kemungkinan serangan korosi yang bisa terjadi adalah korosi umum, pitting (lokal) - CUI (*corrosion under insulation*, di luar shell), *galvanic* dan *crevice* [13]. Dari jejak yang ditemukan pada shell column terdapat korosi umum (tidak significant), CUI dan *crevice*.

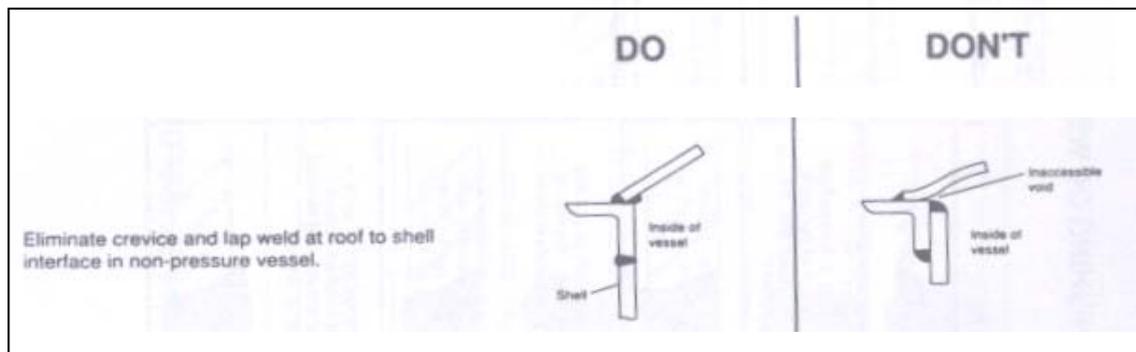
Korosi umum telah dibahas diatas. CUI ditemukan pada shell luar di tray 18.

Ini menunjukkan ada celah pada insulasi yang memungkinkan unsur seperti Cl dalam atmosfer masuk, dan/atau unsur yang berasal kebocoran dinding shell dari dalam yang mengandung Cl lalu mengendap dan menciptakan pitting di dinding luar shell di balik insulation sehingga menjadi CUI. Dibandingkan dengan korosi umum (O sebagai unsur kontributor), deposit yang mengandung Cl bisa menciptakan pitting dengan laju ratusan dari pada korosi umum (ASM 11, 1998, h. 183) [15]. Evaluasi bahaya dari serangan CUI bisa menggunakan API RP579 Section 4 atau 5 yang didasarkan pada kedalaman pitting (apabila belum terjadi kebocoran).

Dari jejak kerusakan yang terjadi pada shell (yang bocor), tray dan dudukannya menunjukkan serangan korosi *crevice*. Korosi *crevice* menyerang pada gap/celah yang terbuka yang memungkinkan kotoran (dirt) dan uap (moisture) mengendap yang lalu menyebabkan korosi celah/*crevice* (ASM 11, 1998, h. 535) [15].

NACE 0178 mengeluarkan kiat menghindari korosi *crevice* (gambar 7).

Pada Column support untuk tray dibuat dari cincin plate merupakan pemicu/ tempat mengendapnya partikel-partikel korosif yang berasal dari uap (moisture) dari service fluid.



Gambar 7.

Metoda menghindari korosi *crevice* dari NACE 0178

Aspek Operasi terhadap shell column.

Untuk keperluan asesmen column ini juga dilakukan pemeriksaan metalografi dan kekerasan [12]. Hasilnya menunjukkan kondisi struktur mikro ferit dan perlit yang masih normal dimana tidak ditemukan creep (karena dioperasikan pada temperatur dan tekanan yang rendah), cacat berupa retak seperti SCC (walau ditemukan Cl) dan cacat lainnya.

Dengan demikian kerusakan yang terjadi pada shell di bagian atas adalah karena adanya pembentukan *moisture* dari *fluid*

service. *Moisture* terbentuk oleh faktor temperatur dibantu oleh pengoperasian tekanan yang rendah sehingga *moisture* tertahan/ tinggal di support-support dan tray-tray. Shell dibagian bawah yang tidak terserang korosi *crevice* karena tidak ada pembentukan *moisture* dari *fluid service*.

Aspek lingkungan

Ada 2 kondisi mengenai *fluid service* yang diproses di column distilasi. Dugaan pertama kandungan unsur korosif dalam

fluid service sudah ada sejak awal column dioperasikan, namun karena temperatur dan tekanan desainnya *moisture* tidak terbentuk sehingga korosi *crevice* tidak terjadi. Ketika temperatur dan tekanan kemudian diturunkan dengan alasan tertentu, ini malah menciptakan kondisi pembentukan *moisture* [9].

Dugaan kedua pada awalnya *fluid service* tidak mengandung unsur-unsur yang korosif sehingga dipilih A-285. Ketika kemudian *fluid service* mengandung unsur yang korosif, maka material shell A-285 sudah tidak tahan lagi. Dalam hal ini inhibitor bisa membantu untuk mengurangi pengaruh unsur-unsur yang korosif pada *fluid service*.

Kondisi pondasi/kolom

Kolom penyangga column terdiri dari profil H yang diselimuti beton bertulang, tinggi kolom sekitar 12 meter, dimana 8 meter berada/tertutup lantai dan sekitar 4 meter sebagai tiang. Hasil pemeriksaan dengan hammer test dan PUNDIT (table 2 dan table 4) kekuatan beton telah banyak turun sehingga hanya masuk katagori jelek/kurang baik dan cukup/ sedang. Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh lingkungan yang mengandung sulfat. Ketika kekuatan/ kualitas beton menurun selanjutnya tulang beton bisa terserang korosi oleh chlor (Cl) yang berasal dari lingkungan lewat pori-pori beton dan atau tulangan yang terbuka oleh beton yang pecah. Ketika tulangan beton sudah terserang korosi maka beton akan retak memanjang seperti tampak pada gambar 8. Walaupun kekuatan utama support column adalah profil H, kondisi beton tetap perlu diperbaiki.



Gambar 8.

Tulangan beton sudah terserang korosi yang menyebabkan beton retak memanjang.

SIMPULAN

Selama 3 tahun (2008 sampai 2011) column beroperasi secara *patching* dan *jacketing*, dengan kebocoran yang terjadi pada shell column di bagian atas dan sudah dilakukan perbaikan dengan penambalan, umur column sejak 2008 tidak bisa di *Fitness For Service* (assesmen umur sisa).

Sedangkan kebocoran/ kerusakan terjadi pada shell secara lokal (bagian-atas) akibat konsentrasi unsur korosif di lokasi *protrude welding*, *support tray* dan tray yang berasal dari *moisture fluid service* (korosi *crevice*) dan *moisture* terbentuk akibat temperatur dan tekanan operasi

Terdapat unsur yang korosif dari *fluid service* adalah Cl dan S, sedangkan Hg yang ditemukan pada *top head* belum diketahui sumbernya.

Secara metalografi, tidak ada perubahan struktur material shell karena temperatur yang dioperasikan rendah dan tegangan maksimum yang terjadi di shell (sebagai struktur column) dengan berbagai permodelan (beratnya sendiri/dead load), *wind*, *earthquake*, *jacketing*, tekanan desain dan operasi, dan tebal minimum 3 mm) masih dibawah tegangan ijin

Dimana kondisi beton column saat ini ada yang pecah namun kekuatan dukung column ada pada profil H

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Rekan-rekan di B2TKS BPPT yang sangat membantu dalam kerjasama pengambilan data, terutama pengambilan data metalografi dan NDT yang tentunya menjadi kunci dalam penelitian dan analisa dari permasalahan ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASM Handbook Committe, Failure Analysis and Prevention. 2011. Ninth Edition.
2. ASM Handbook Volume – 9 Thn 1998 *Metallography and Microstructures*.
3. Heintz P. Bloch Fred K Geitner, 1997 “*Machinery Failure Analysis and Troubleshooting*”, Gulf Publishing Company, Houston, Texas,
4. N. FRENCH, Tahun 1993 Second Edition, *Metallurgical failures in fossil fired boilers*.
5. *Purchasers of API RP 579*, March 2000 first edition, *fitness for service*.

6. American Standart Testing of Material E 407. 1993. *Standard Practice for Microetching Metals and Alloys*
7. Mc Namara, J.F., O.Sullivan, Richard A. 1991. "Durability and Failure in Engineering Materials" *Proceeding of the 5th Irish Fracture Conference*.
8. ASM, American Society for Metals, Ohio. Vol. 11.
9. *ASTM Handbook Volume-13 Th 1998 Corrosion*. A 285/285M.
10. ASM-Metal Handbook.1992. *Metallography and Microstructures*. Vol. 9. American Society for Metal, Metals Park. Ohio.
11. Z. Szklarska Smialowska, "*Pitting Corrosion of Metals*", National Association of Corrosion Engineers, 2005.
12. Book of The Vocational Training, "*Corrosion of Oil and Gas Well Equipment*", Production Department American Petroleum Institute, 2002.
13. Mars Guy Fontana, "*Corrosion Engineering*", Mc. Graw-Hill Book Company, New York, 2005.
14. R. Winston Revie, "Uhlrig's Corrosion Handbook", John Wiley & Sons, United States of America, 2006.
15. Sundjono, " Fenomena Kegagalan Akibat Korosi Pada Pipa Economizer Dari Baja Carbon" volume 15 no 2, Korosi LIPI 2006
16. Nizamul Latif, " Kerusakan Korosi Pipa Saluran Kimia Akibat Kesalahan Material " Edisi V no 8 Material Komponen dan Konstruksi " Desember 2005.
17. DN. Adnyana " Stress Corrosion Cracking of Stainless Steel, Hose Bellows " volume 15 no 2, Korosi LIPI 2006
18. Laili Novita Sari "Transgranular Stress Corrosion Cracking Penyebab Kegagalan Poros Ulir, Volume 10 no 2, Material Komponen dan Konstruksi. 2010
19. M.Syahril " Fenomena Korosi Dibawah Isolasi Panas Pada Material TP 321 Pipa Uap Hidro Karbon " volume 16 no 2 KOROSI LIPI Oktober 2007.
20. Pengaruh Khromat Pada Korosi Tegang Baja Tahan Karat AISI 304 di Dalam Larutan 0.82M HCl. volume 18 no 1 KOROSI LIPI April 2009.
21. Hadi Sunandrio, Laili Novita Sari, "Serangan Korosi Sumuran Pada Roll Bearing Pipa Distribusi " volume 11 no 2 Material Komponen dan Konstruksi Desember 2011.