

SERANGAN KOROSI SUMURAN (*PITTING CORROSION*) PADA *ROLL BEARING* PIPA DISTRIBUSI

Hadi Sunandrio dan Laili Novita Sari

Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS) - BPP Teknologi
Kawasan PUSPIPTEK - Serpong - Banten

Abstrak

Dalam instalasi eksplorasi minyak, peralatan yang digunakan untuk menyalurkan minyak mentah dari sumur minyak ke tangki - tangki penampungan melalui pipa distribusi. Dimana untuk membagi ke masing-masing tanki penampungan pada pipa distribusi unit penyaluran minyak yang dibuat dapat berputar dengan menggunakan *roll bearing*.

Pada penelitian ini telah diamati kerusakan yang terjadi pada *roll bearing* di suatu instalasi eksplorasi minyak yang mengakibatkan kebocoran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama kerusakan pada *roll bearing* karena adanya serangan korosi sumuran (*pitting corrosion*).

Pada bagian dalam *bearing* pada kondisi beroperasi selalu bersentuhan langsung dengan cairan / minyak secara terus menerus yang mengandung air dan elemen-elemen yang bersifat korosif. Dalam keadaan demikian maka *clearance* pada *bearing* akan membesar dan pada akhirnya akan timbul kebocoran.

Pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan terhadap *roll bearing*, meliputi : pemeriksaan *fraktografi* dan *metalografi*, uji kekerasan, analisa komposisi kimia, serta pemeriksaan dengan SEM dan EDAX. Data dari hasil pemeriksaan dan pengujian tersebut kemudian di analisa untuk mengetahui penyebab terjadinya kebocoran pada *roll bearing* tersebut.

Kata kunci : pipa distribusi, *roll bearing*, korosi sumuran, bocor

Abstract

Oil exploration in the installation, the equipment used to deliver crude oil from oil wells to storage tank through the distribution pipeline. Where to divide into their respective storage tanks in the distribution pipes are made of oil distribution unit can be spun using the *roll bearings*.

In this study it has been observed damage to the *roll bearings* in an oil exploration installation resulting in leakage. The results showed that the main cause of damage to the *roll bearings* due to *pitting corrosion* attack.

On the inside of the *bearing* operating condition is always in direct contact with the liquid / oil continuous and water containing elements which are corrosive. In the circumstances, the *clearance* in the *bearing* will enlarge and eventually there will be leakage.

Examination and tests performed on *roll bearings*, including : *fraktografi* and *metallographic* examination, chemical composition analysis, hardness testing and examination by SEM and EDAX. Data from the examination and test results are then analyzed to determine the cause of the leak at the *roll bearings*.

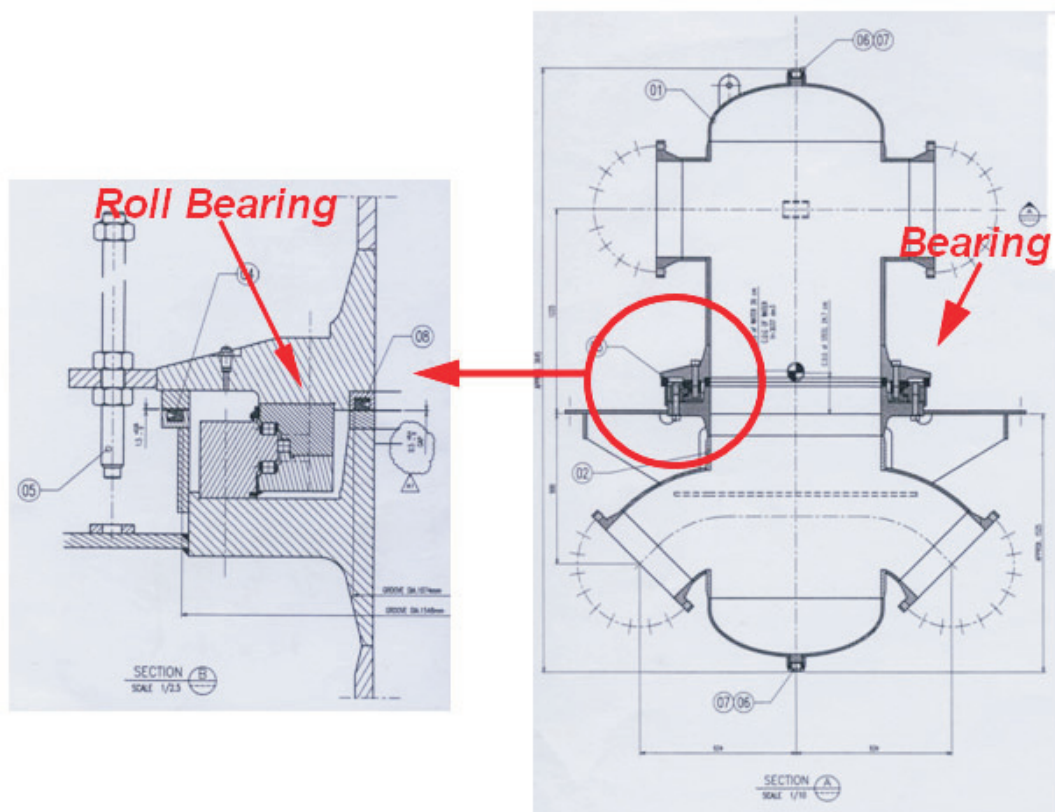
Keyword : distribution pipe, *roll bearing* , *pitting corrosion*, leak.

I. PENDAHULUAN

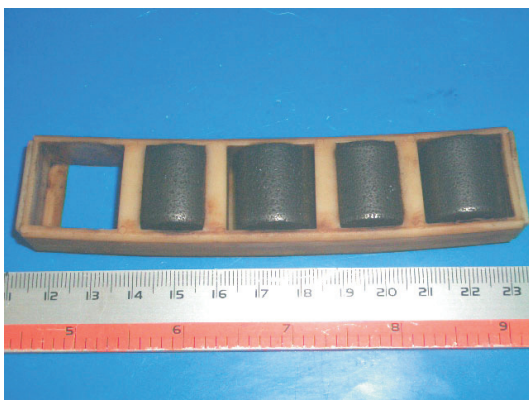
Dalam instalasi eksplorasi minyak, peralatan yang digunakan untuk menyalurkan minyak mentah dari sumur minyak ke tangki - tangki penampungan melalui pipa distribusi. Dimana untuk membagi ke masing-masing tanki penampungan pada pipa distribusi unit penyaluran minyak yang dibuat dapat berputar dengan menggunakan *roll bearing*

(gambar 1), pada pipa distribusi di salah satu instalasi eksplorasi minyak ditemukan adanya kebocoran yang diduga penyebabnya berada di daerah *bearing*. Setelah dilakukan pembongkaran ternyata pada *roll bearing* tersebut mengalami serangan korosi.

Pada penelitian ini akan diamati dan diambil tindakan untuk mencari penyebab kerusakan yang mengakibatkan kebocoran pada *bearing*.



Gambar 1 : Sketsa dan lokasi/posisi *Roll Bearing*



Gambar 2 : Photo beberapa *Roll Bearing* yang akan diperiksa

Roll bearing yang terserang korosi tersebut dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan dan pengujian, meliputi pemeriksaan fraktografi dan metalografi, pemeriksaan dengan SEM dan EDAX, uji kekerasan, serta analisa komposisi kimia.

Data dari hasil pemeriksaan dan pengujian tersebut kemudian dianalisa untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan pada *roll bearing* tersebut, sehingga dapat dicegah kerusakan lebih fatal yang mungkin terjadi serta diperoleh cara-cara penanggulangannya.

II. METODA PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN

Metoda pemeriksaan dan pengujian meliputi:

- Pemeriksaan Fraktografi (referensi ASTM E 340)
- Pemeriksaan Metalografi (referensi ASTM E 407)
- Analisa Komposisi Kimia (referensi ASTM A751)
- Pengujian Kekerasan (referensi SNI 19-0406)
- Pemeriksaan dengan SEM / EDAX

III. HASIL PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN

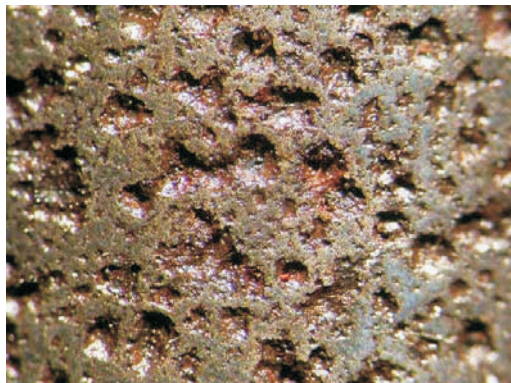
3.1. Pemeriksaan Fraktografi

Berdasarkan pemeriksaan secara makro fraktografi pada permukaan patahan “roll bearing” dapat diperoleh beberapa keterangan sebagai berikut :

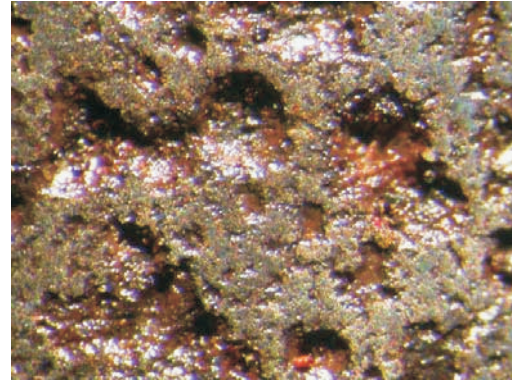
Pada permukaan luar roll bearing baik yang besar maupun kecil terlihat mengalami serangan korosi hingga membentuk sumuran-sumuran, gambar 3 s/d 5.



Gambar 3 : Photo makro Roll Bearing yang mengalami serangan korosi.



Gambar 4 : Photo permukaan Roll Bearing yang mengalami serangan korosi sumuran (pitting corrosion). Perbesaran : 12X.



Gambar 5 : Perbesaran 25X dari gambar 3.

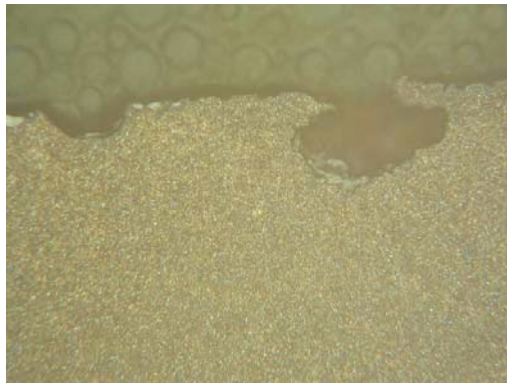
3.2. Pemeriksaan Metalografi

Berdasarkan pemeriksaan secara metalografi potongan melintang pada “roll bearing” dapat diperoleh beberapa keterangan sebagai berikut :

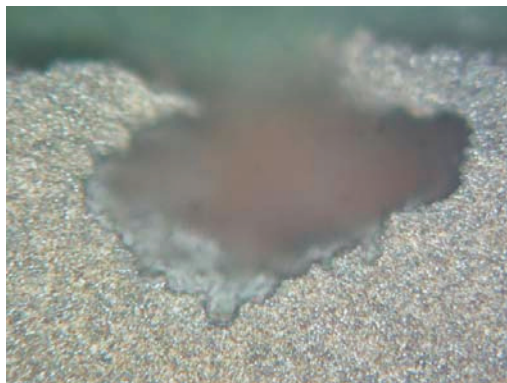
Struktur mikro potongan melintang pada permukaan roll bearing terlihat terserang korosi hingga membentuk sumuran - sumuran, gambar 6 s/d 9.



Gambar 6 : Strukturmikro potongan melintang permukaan Roll Bearing yang mengalami serangan korosi sumuran (pitting corrosion). Perbesaran : 100X. Etsa : Nital 2%.



Gambar 7 : Strukturmikro potongan melintang permukaan *Roll Bearing* pada lokasi yang lain juga memperlihatkan serangan *pitting corrosion*. Perbesaran : 200X. Etsa : Nital 2%.



Gambar 8. Perbesaran 500X dari gambar 7



Gambar 9 : Serupa dengan gambar 7 pada lokasi yang lain



Gambar 10. Perbesaran 500X dari gambar 9

Struktur mikro *roll bearing* adalah berupa martensit, gambar 11 dan 12.



Gambar 11 : Struktur mikro Roll Bearing adalah martensit. Perbesaran : 500X. Etsa : Nital 2 %.



Gambar 12 : Perbesaran 1000X dari gambar 11

3.3 Analisa Komposisi Kimia

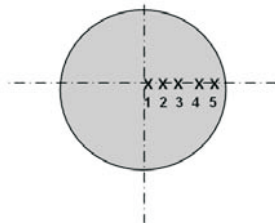
Hasil analisa komposisi kimia dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1. Analisa Komposisi Kimia

No.	Element	Result (wt %)	JIS G 4805 Grd. SUJ 2
1.	Fe	Rem	
2.	C	1.08	0.95 - 1.10
3.	Si	0.27	0.15 - 0.35
4.	Mn	0.37	0.50 Max.
5.	Cr	1.35	1.30 - 1.60
6.	Ni	0.057	
7.	Mo	0.0018	
8.	Cu	0.16	
9.	Al	0.052	
10.	V	0.013	
11.	W	0.022	
12.	Ti	0.00	
13.	Nb	0.0036	
14.	B	0.00	
15.	S	0.017	0.025
16. P	0.010	0.025	

3.4 Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan dapat dilihat pada table 2.

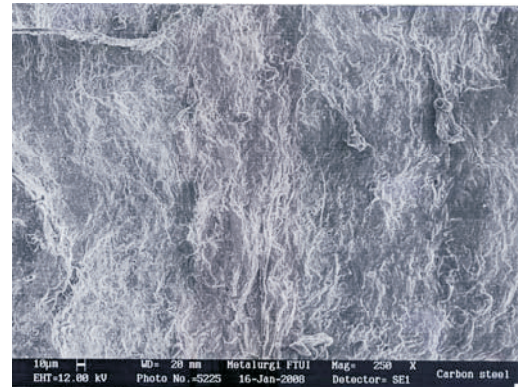


Tabel 2. Hasil uji kekerasan

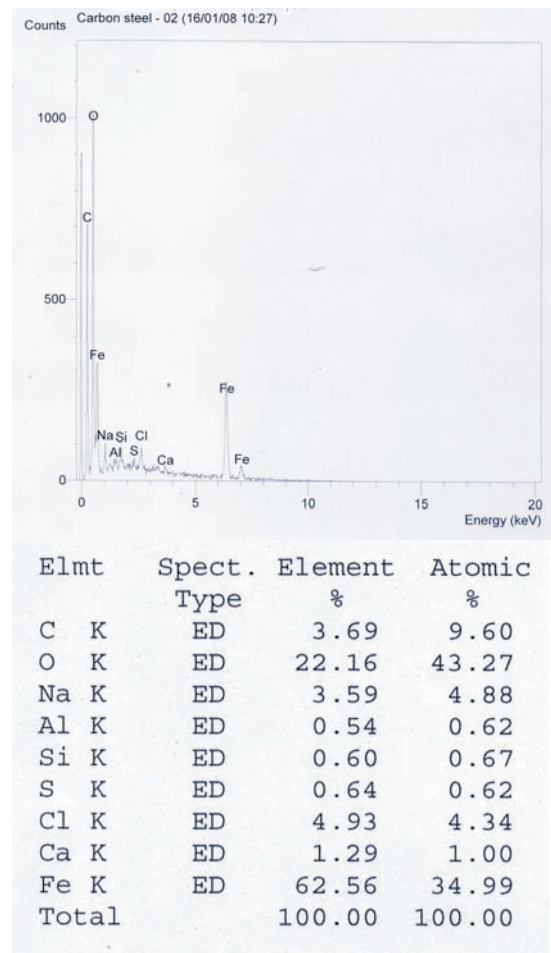
No.	Nilai Kekerasan dlm. HV pada Roll Bearing
1	712
2	712
3	712
4	712
5	712

3.5 Pemeriksaan Sem / Edax

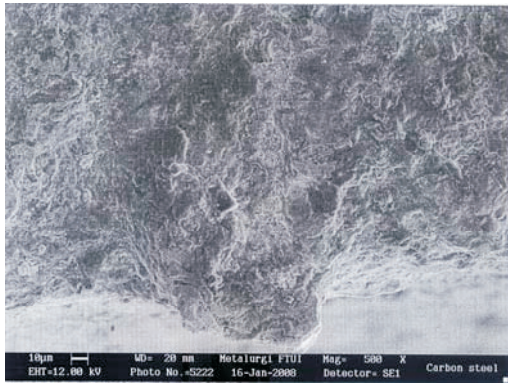
Hasil pemeriksaan dengan SEM dan EDAX pada "roll bearing" dapat dilihat pada gambar 13 dan 16.



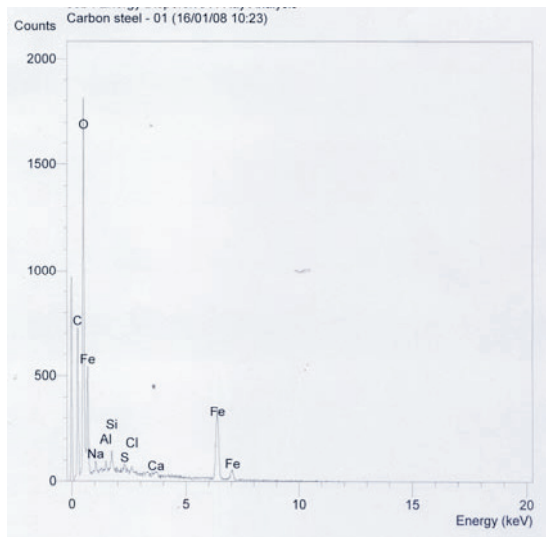
Gambar 13 : Photo SEM (Scanning Electron Microscope) pada roll bearing (lokasi 1). Perbesaran : 250X.



Gambar 14 : Hasil pemeriksaan dengan EDAX (Energy Dispersive X-Ray Analysis) pada roll bearing (lokasi 1).



Gambar 15 : Photo SEM (Scanning Electron Microscope) pada *roll bearing* (lokasi 2). Perbesaran : 500X.



Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %
C	K ED	2.76	6.90
O	K ED	27.76	52.16
Na	K ED	2.28	2.98
Al	K ED	0.50	0.56
Si	K ED	0.83	0.88
S	K ED	0.67	0.63
Cl	K ED	1.95	1.66
Ca	K ED	0.84	0.63
Fe	K ED	62.41	33.60
Total		100.00	100.00

Gambar 16 : Hasil pemeriksaan dengan EDAX (Energy Dispersive X-Ray Analysis) pada *roll bearing* (lokasi 2).

IV. PEMBAHASAN

Berdasarkan ciri-ciri kerusakan secara makro fraktografi dapat diketahui bahwa *roll bearing* telah mengalami serangan korosi (lihat gambar 3). Serangan korosi yang terjadi pada permukaan *roll bearing* adalah jenis korosi sumuran (*pitting corrosion*), yang memiliki ciri pada permukaan membentuk sumuran-sumuran atau lubang-lubang, (lihat gambar 4 dan 5).

Dari hasil pemeriksaan metalografi potongan melintang pada *roll bearing* dilihat dari bentuk terjadinya korosi, maka *roll bearing* telah mengalami serangan korosi sumuran (*pitting corrosion*), gambar 6 s/d 10. Struktur mikro *roll bearing* adalah berupa martensit, gambar 11 dan 12.

Dari hasil pemeriksaan deposit yang menempel pada permukaan *roll bearing* dengan metoda SEM dan EDX terindikasi mengandung unsur-unsur : Carbon (C), Oxygen (O), Natrium (Na), Aluminium (Al), Silicon (Si), Sulphur (S), Chlor (Cl), Calcium (Ca) dan Ferrous (Fe), lihat grafik dan tabel pada gambar 15 dan 16.

Minyak bumi adalah suatu senyawa Hidrokarbon yang terdiri dari Karbon (83 - 87%), Hidrogen (11 - 14%), Nitrogen (0,2 - 0,5%), Sulfur (0 - 6%), dan Oksigen (0 - 3,5%). Proses produksi minyak dari formasi tersebut mempunyai kandungan air yang sangat besar, bahkan bisa mencapai kadar lebih dari 90%. Selain air, juga terdapat komponen - komponen lain berupa pasir, garam - garam mineral, aspal, gas CO₂ dan H₂S. Komponen - komponen yang terbawa bersama minyak ini dapat menimbulkan permasalahan tersendiri pada proses produksi minyak bumi. Air yang terdapat dalam jumlah besar sebagian dapat menimbulkan emulsi dengan minyak akibat adanya *emulsifying agent* dan pengadukan. Selain itu hal lain yang tak kalah penting ialah adanya gas CO₂ dan H₂S yang dapat menyebabkan korosi dan dapat mengakibatkan kerusakan pada sistim pipa putar. Sedangkan ion-ion yang larut dalam air seperti Kalsium, Karbonat dan Sulfat dapat membentuk kerak (*scale*).

Kandungan oksida pada permukaan *roll bearing* cukup besar, pada umumnya oksida bersifat semikonduktor (antara insulator dan konduktor metalik). Konduktivitasnya akan naik apabila terjadi sedikit pergeseran proporsi *stoichiometer* antara metal dan zat asam, apabila suhu naik. Tipe oksida semi konduktor yang terjadi pada *roll bearing* adalah tipe *carrier positif*, dan senyawa yang terbentuk adalah

berupa FeO atau Cr₂O₃. Laju pembentukan oksida sangat dipengaruhi oleh keberadaan kotoran di dalam bahan metal (impurities).

Sedangkan kandungan oksigen yang terjadi pada permukaan *roll bearing* dapat disebabkan karena adanya kandungan air yang menyusup masuk di sela - sela *roll bearing*. Sehingga akan membentuk gelembung - gelembung udara yang menempel pada permukaan *roll bearing* dan menciptakan sel perbedaan konsentrasi oksigen, dimana pada bagian yang berhubungan langsung dengan gelembung oksigen menjadi katodik, sedangkan bagian yang tidak terkena oksigen menjadi anodik, maka terjadilah korosi pada perbatasan yang mengandung air dan oksigen yang mengelilingi daerah katoda. Ketika gelembung udara pecah tinggal tersisa produk korosi disekeliling katoda, dengan hilangnya gelembung udara justru daerah yang terkorosi menjadi katoda, dan daerah yang tadinya katoda menjadi anoda. Maka terjadilah sel korosi yang berbeda dengan yang awal, dan akhirnya menghasilkan sumuran atau biasa disebut *pitting corrosion*.

Kerak yang terbentuk pada permukaan luar *roll bearing* adalah berupa kerak oksida besi (*iron okside*). Selain itu lapisan kerak juga terbentuk karena kualitas air pada kondisi dibawah standar operasi seperti PH, konduktivitas dan alkali. Dengan adanya kualitas air demineralisasi yang kurang baik yaitu mengandung unsur *Chlor (Cl)* dan *Sulfur (S)* yang terbawa oleh air (lihat tabel pada gambar 14 dan 16), dengan kecepatan aliran fluida yang lambat sehingga akan memudahkan untuk terbentuknya lapisan kerak yang cukup tebal, sehingga korosi berkembang dan dapat merusak lapisan film pada permukaan *roll bearing*, dimana lapisan film tersebut berfungsi sebagai pelindung dari serangan korosi. Dengan rusaknya lapisan film yang berada dibawah lapisan deposit pada permukaan *roll bearing* maka daerah tersebut akan mudah terserang korosi. Dilihat dari bentuk dan fenomena terjadinya korosi, maka dapat dikatakan bahwa pada permukaan *roll bearing* telah mengalami serangan korosi sumuran (*pitting corrosion*). Proses korosi terus berlangsung hingga mengakibatkan permukaan *roll bearing* mengalami kerusakan berbentuk lubang-lubang.

Dengan terkorosinya permukaan luar *roll bearing*, maka gemuk (*grease*) yang berfungsi sebagai pelumas dan menutupi celah-celah *roll bearing* akan keluar.

Sehingga celah (*clearance*) diantara *roll bearing* akan terbuka dan fluida yang berada di dalam pipa akan menyembur keluar (bocor).

Hasil analisa komposisi kimia menunjukkan bahwa material *roll bearing* adalah berupa "*High Carbon Chromium Bearing Steels*" menurut standard sesuai dengan JIS G 4805 Grade SUJ 2.

Dari hasil uji kekerasan pada *roll bearing* baik yang besar maupun yang kecil didapat nilai yang hampir sama yaitu 712 HV dan 699 HV, hal ini juga menunjukkan bahwa material *roll bearing* mempunyai struktur martensite.

V. KESIMPULAN

Dari hasil pemeriksaan dan pengujian terhadap *Roll Bearing*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem pipa putar mengalami kebocoran karena pada permukaan *roll bearing* mengalami serangan korosi sumuran (*pitting corrosion*).
2. Serangan korosi terjadi karena adanya kandungan air yang menyusup masuk disela-sela *roll bearing*.
3. Dengan terkorosinya permukaan luar *roll bearing*, maka gemuk (*grease*) yang berfungsi sebagai pelumas dan menutupi celah - celah *roll bearing* terbuang. Sehingga celah (*clearance*) diantara *roll bearing* terbuka dan fluida yang berada di dalam pipa akan menyembur keluar (bocor).

DAFTAR PUSTAKA

1. ASM Handbook, Vol. 11, "*Failure Analysis*", ASM International, 2002.
2. ASTM Standards, Vol. 01.01, "*Steel-Piping, Tubing, Fittings*", ASTM, 2008.
3. Cowan Jack C., at al, "*Water Fanned Scale Deposit*", Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 2005.
4. Ridwan Fakhri, "*Basic Corrosion Engineering*", Petroleum Engineering PT CPI, Pekanbaru, 2006.
5. NACE, "*Basic Corrosion Course Ninth Printing*", Houston, Texas, 2006.
6. Halimatuddahlia, "*Pencegahan Korosi dan Scale pada Proses Produksi Minyak Bumi*", Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, 2010.

RIWAYAT PENULIS

Hadi Sunandrio, lahir di Jakarta, 06-11-1960. Menamatkan pendidikan S1 Jurusan Teknik Mesin di Universitas Indonesia. Menamatkan S2 Jurusan Teknik Mesin Bidang Manufaktur di ISTN.

Bekerja sebagai Peneliti bidang Material di B2TKS BPP Teknologi dari Tahun 1988 sampai sekarang. Mendalami keahlian di bidang Metalurgi, Analisis Kerusakan (*Failure Analysis*) dan Penentuan Sisa Umur (*Remaining Life Assessment*) komponen.