

# ANALISIS KEGAGALAN SHAFT POMPA *SUBMERSIBLE* PADA UNIT PENGEBORAN MINYAK BUMI *FAILURE ANALYSIS OF PUMP SHAFT SUBMERSIBLE ON OIL DRILLING UNIT*

Hadi Sunandrio<sup>a)</sup>, Sutarjo<sup>b)</sup>

<sup>a),b)</sup>Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur - BPPT  
Kawasan PUSPIPTEK Gd.220 Serpong, Tangerang 15314  
e-mail : [hadisunandrio@yahoo.com](mailto:hadisunandrio@yahoo.com), [sutarjodurahman@yahoo.com](mailto:sutarjodurahman@yahoo.com)

Tanggal masuk naskah : 04/03/2014 ; Tanggal revisi: 01/04/2014 ; Tanggal persetujuan cetak : 30/05/2014

## **Abstrak**

*Komponen vital dari sebuah pompa adalah shaft, yang berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan impeller dan bagian-bagian yang berputar lainnya.*

*Pada penelitian ini akan diamati dan diambil tindakan untuk mencari penyebab kerusakan yang mengakibatkan patahnya shaft pompa submersible pada unit pengeboran minyak bumi.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama kerusakan dari shaft pompa karena salah satu permukaan shaft yang berada di dalam bearing saling bergesekan hingga menimbulkan panas, akibatnya antara shaft dan bearing saling menempel, sehingga shaft terhenti secara tiba-tiba yang mengakibatkan shaft mengalami beban kejut (impact load) saat itu motor masih terus berputar, akibatnya shaft mengalami gaya puntir. Karena di daerah radius merupakan daerah yang mempunyai konsentrasi tegangan tinggi, maka shaft patah di daerah tersebut.*

*Pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan terhadap shaft pompa, meliputi : pemeriksaan fraktografi dan metalografi dan uji kekerasan. Data dari hasil pemeriksaan dan pengujian tersebut kemudian di analisa untuk mengetahui penyebab terjadinya patah pada shaft pompa tersebut.*

**Kata kunci** : shaft pompa, beban kejut, gaya puntir, patah

## **Abstract**

*Vital component of a pump is the shaft, which serves to continue the torque of the driving during the operation and the seat of the impeller and other rotating parts.*

*This research will be observed and taken action to find the cause of the damage that the sentence is not complete.*

*The results showed that the main cause of damage to the pump shaft submersible because one shaft surfaces that are in the bearings rub against each other to generate heat, consequently between the shaft and the bearing sticking together, so the shaft is stopped suddenly resulting in rows experiencing shock loads (impact load) then the motor continues to rotate, resulting in shaft having torsional force. Because the area is an area that has a radius concentrated high voltage, then the broken shaft in the arearesulted in the remaining of word is not clear a broken pump shaft on oil drilling unit.*

*Examinations and tests performed on the pump shaft, include: fraktografi and metallographic examination and hardness testing. Data from the results of examination and tests are then analyzed to determine the cause of the fracture on the pump shaft.*

**Keywords** : pump shaft, impact loads, torsional force, broken

## I. PENDAHULUAN

Energi merupakan salah satu kebutuhan utama dalam kehidupan masyarakat dunia saat ini. Terutama kebutuhan energi yang berasal dari sumber daya alam yang tidak terbarui. Energi yang banyak dibutuhkan dan dipergunakan saat ini adalah energi yang berasal dari minyak bumi, dimana konsumsi energi dari minyak bumi ini sangat dominan disegala aspek kehidupan masyarakat sehari-hari.

Seiring dengan bertambahnya kebutuhan minyak bumi ini, diharapkan eksplorasi terhadap minyak bumi dilakukan secara optimal.

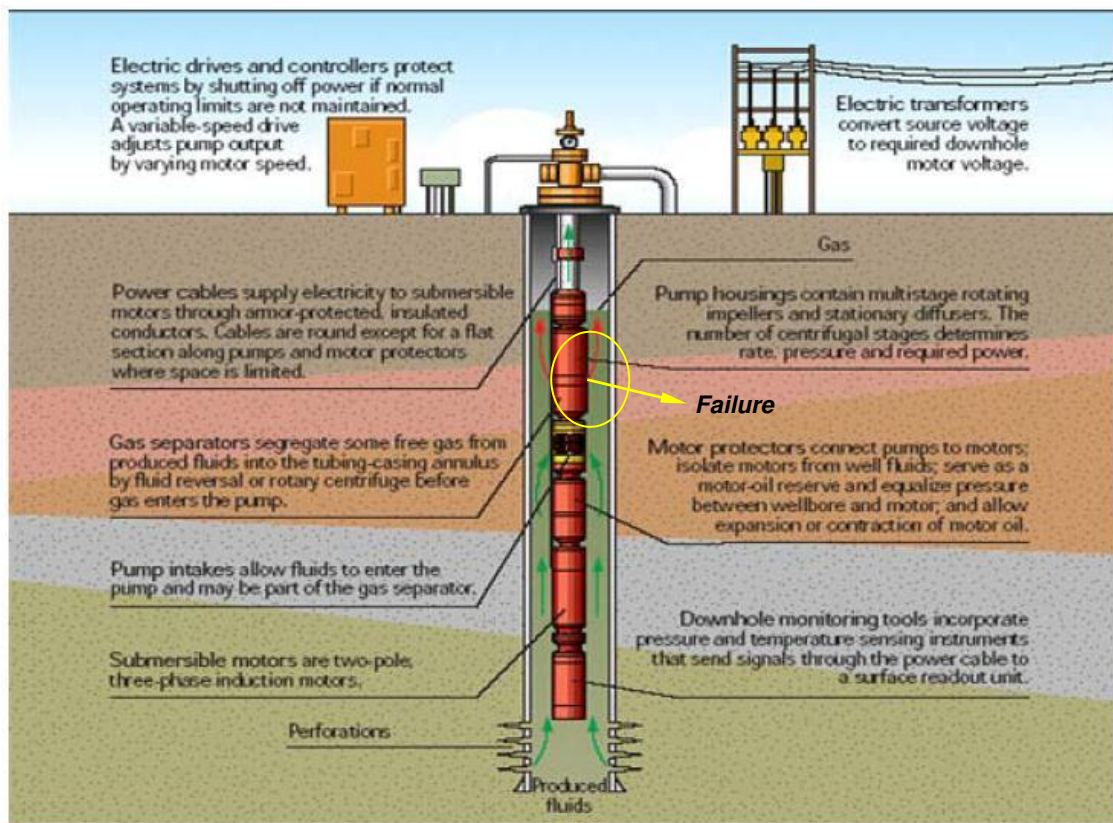
Metode yang digunakan untuk mengeluarkan minyak bumi dari dalam tanah adalah dengan cara memompa.

Diketahui bahwa pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang

dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Dengan kata lain, pompa berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetis (kecepatan), dimana tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada disepanjang pengaliran.

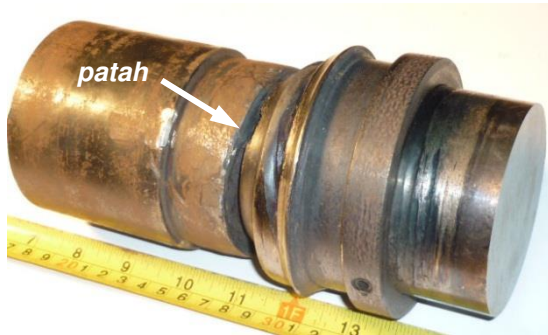
Pada industri minyak bumi, sebagian besar pompa yang digunakan adalah untuk fasilitas *gathering station*, yaitu suatu unit pengumpul fluida dari sumur produksi sebelum di olah dan dipasarkan.

Untuk memompa minyak bumi dari dalam tanah, dibutuhkan pompa yang memiliki head yang tinggi. Untuk kondisi sumur yang mempunyai kapasitas produk yang besar dan berada jauh di dalam tanah, digunakan instalasi pompa *submersible* atau *Electrical Submersible Pump (ESP)*.



Gambar 1 : Susunan Lengkap Peralatan *Electrical Submersible Pump*

Komponen vital dari sebuah pompa adalah shaft, yang berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan impeller dan bagian-bagian yang berputar lainnya.



Gambar 2 : Photo Shaft Pompa yang patah.

Pada penelitian ini akan diamati dan diambil tindakan untuk mencari penyebab kerusakan yang mengakibatkan patahnya shaft pompa. Shaft yang patah tersebut di laboratorium 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 di analisa untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan pada shaft pompa tersebut, sehingga dapat dicegah kerusakan lebih fatal yang mungkin terjadi serta diperoleh cara - cara penanggulangannya.

## 2. BAHAN DAN METODA

### 2.1. BAHAN

Metode penelitian ini meliputi pemeriksaa dan pengujian yang dilakukan terhadap Shaft Pompa, yang datanya digunakan untuk menganalisa penyebab terjadinya kerusakan pada Shaft Pompa tersebut, meliputi :

- Pemeriksaan Fraktografi (visual) menggunakan "Stereo Mikroskop" (mengacu pada ASTM E 340): Untuk memeriksa permukaan kerusakan

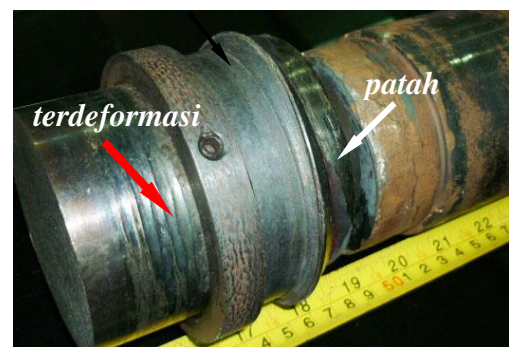
dan mendeteksi jenis kerusakan serta mencari awal dari kerusakan.

- Pemeriksaan Metalografi (struktur mikro) menggunakan mikroskop optik "Metalloplan" (mengacu pada ASTM E 407) : Untuk mengamati struktur makro dan mikro serta mengamati kemungkinan adanya cacat mikro yang tidak terdeteksi oleh alat lain.
- Pengujian Kekerasan menggunakan alat "Frank Finotest" (mengacu pada SNI 19-0406) : Untuk mengevaluasi perubahan nilai kekerasan yang terjadi setelah beroperasi.

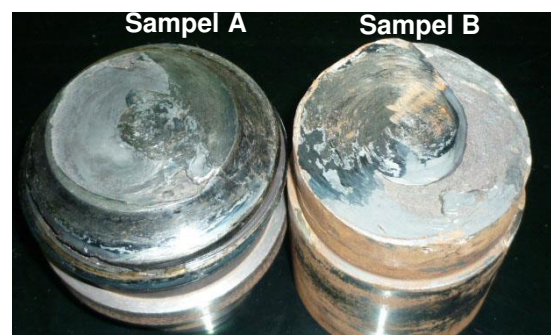
## 2.2. METODA

### 2.2.a. PEMERIKSAAN FRAKTOGRAFI DAN METALLOGRAFI

Pemeriksaan secara visual dan fraktografi pada permukaan shaft ditemukan adanya cacat berupa alur-alur akibat terdeformasi dengan jarak  $\pm 8$  cm dari lokasi patah (lihat tanda panah merah pada gambar 3).



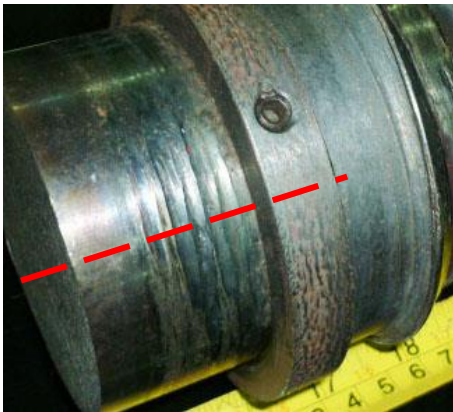
Gambar 3 : Pemeriksaan secara visual pada permukaan shaft ditemukan adanya cacat berupa alur-alur (tanda panah merah), tanda panah putih merupakan lokasi patah.



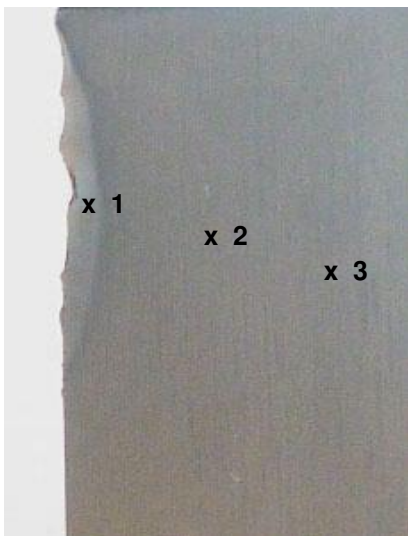


Gambar 4 : Kedua permukaan patahan shaft terlihat mengalami kerusakan akibat saling bergesekan,

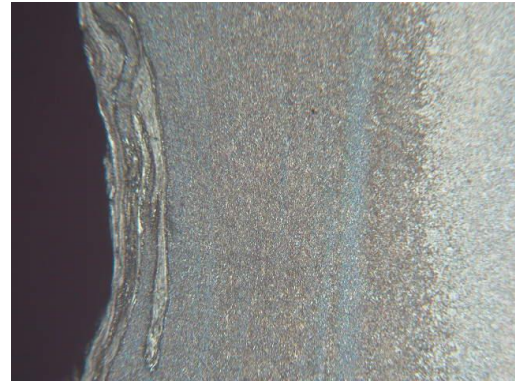
Pada kedua permukaan patahan shaft di atas terlihat mengalami kerusakan yang disebabkan oleh gesekan antara kedua bidang permukaan patahan (lihat gambar 4).



Gambar 5 : Shaft yang terdeformasi akibat gesekan dengan bearing (sample A - terdeformasi) dipotong arah memanjang untuk mengetahui kondisi struktur mikronya.



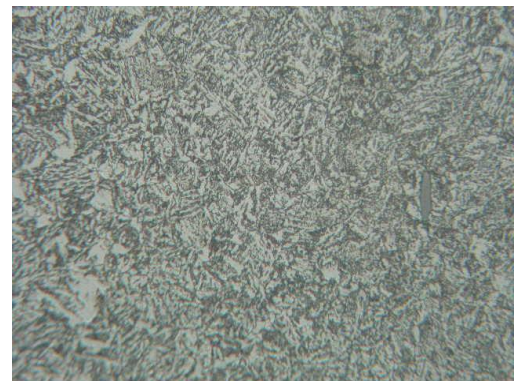
Gambar 6 : Photo makro etsa di daerah yang cacat (terdeformasi) akibat gesekan dengan bearing. Tanda silang (x) merupakan lokasi pemeriksaan metalografi.



Gambar 7 : Struktur mikro di daerah yang terdeformasi akibat bergesekan dengan bearing (lokasi 1). Perbesaran : 50X. Etsa : Kalling's Reagent.



Gambar 8 : Struktur mikro pada lokasi 2 berupa bainit dan ferit-perlit, serta mengandung unsur pengotor berupa sulfide. Perbesaran : 500X.



Gambar 9 : Struktur mikro berupa matrik bainit dan ferit - perlit. Perbesaran : 500X.

Pada permukaan patahan shaft yang masih utuh (belum rusak) terlihat bahwa shaft bersifat ulet yang ditunjukkan dengan adanya alur - alur

akibat terdeformasi karena puntiran (gambar. 5).

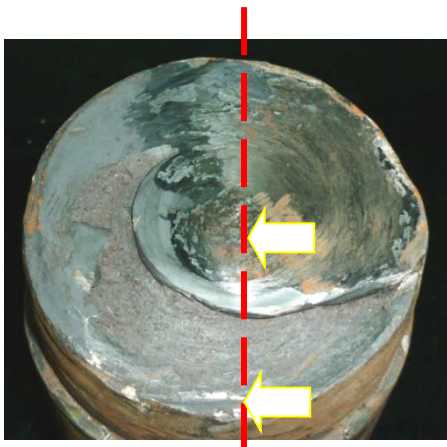


Gambar 10 : Permukaan patahan shaft yang masih utuh (sampel B), terlihat bahwa shaft bersifat ulet yang ditunjukkan dengan adanya alur-alur akibat terdeformasi karena terpuntir (lihat tanda panah merah).

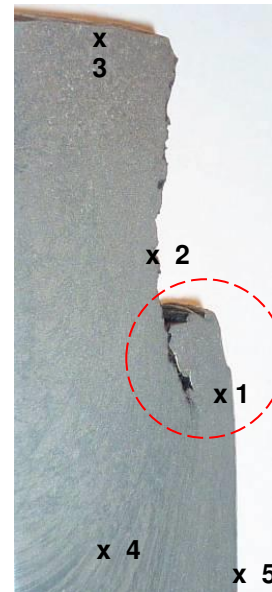


Gambar 11 : Perbesaran 6X dari gambar 10.

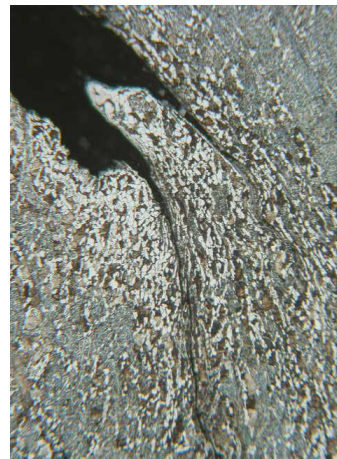
Untuk mengetahui kondisi struktur mikro nya maka shaft tersebut dipotong arah memanjang.



Gambar 12 : Sampel B dipotong arah memanjang shaft untuk mengetahui kondisi struktur mikronya.

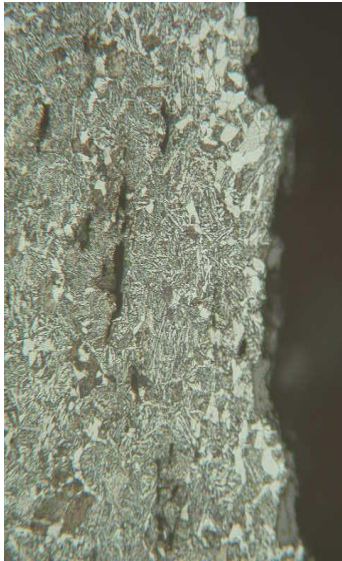


Gambar 13 : Photo makro etsa potongan memanjang di daerah patahan (sample B), terlihat strukturnya mengalami deformasi. Tanda silang (x) merupakan lokasi pemeriksaan metalografi.

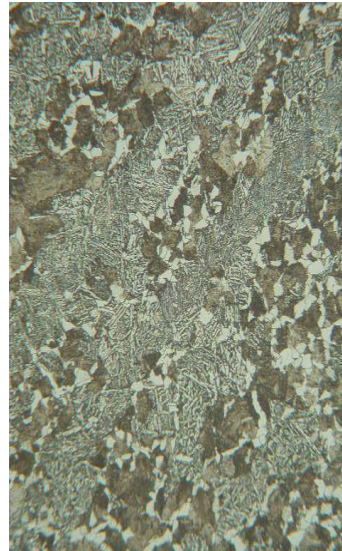


Gambar 14 : Struktur mikro pada lokasi 1 di daerah yang terdeformasi akibat puntiran dan mengalami pemanasan akibat gesekan (lihat lingkaran merah pada gambar 7) adalah berupa ferit-perlit halus dan bainit. Perbesaran : 100X.

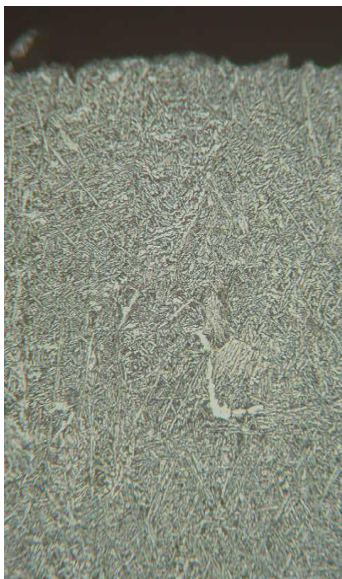




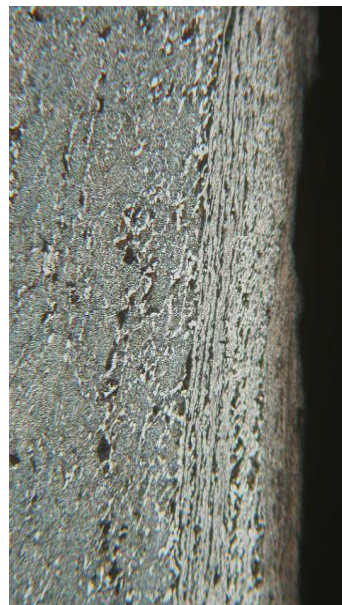
Gambar 15 : Struktur mikro di daerah tepi patahan (lokasi 2) terlihat terjadi perubahan struktur menjadi ferit dan bainit yang diakibatkan oleh gesekan, sehingga timbul panas yang cukup tinggi. Perbesaran : 200X.



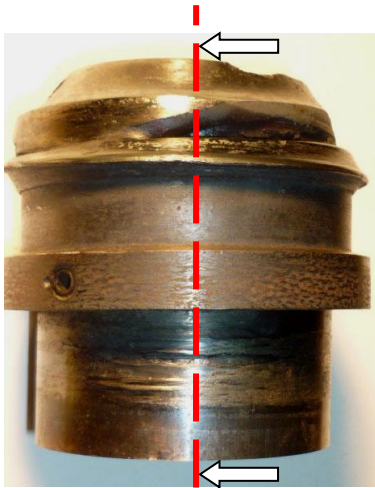
Gambar 17 : Struktur mikro pada lokasi 4 berupa ferit-perlit dan bainit, terlihat adanya alur struktur yang terdeformasi. Perbesaran : 500X.



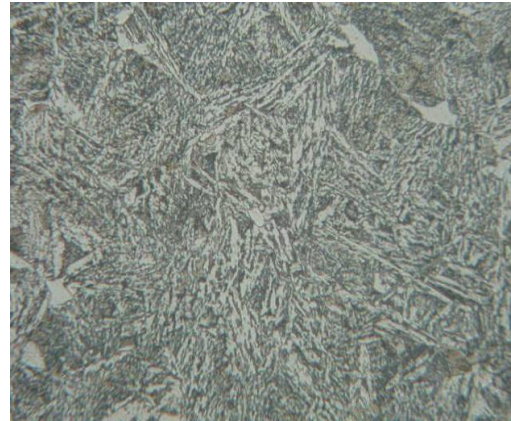
Gambar 16 : Struktur mikro didaerah ujung patahan (lokasi 3) telah mengalami perubahan struktur yang semula berupa ferit - perlit menjadi matrik bainit. Perbesaran : 50X.



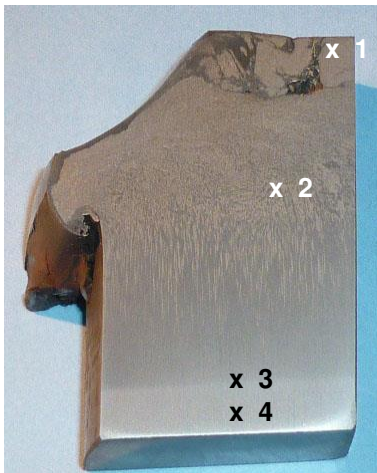
Gambar 18 : Struktur mikro pada lokasi 5 terlihat permukaannya terdeformasi akibat gesekan dengan shaft pasangannya pada saat shaft patah. Perbesaran : 100X.



Gambar 19 : Sampel A dipotong arah memanjang shaft untuk mengetahui kondisi struktur mikronya.



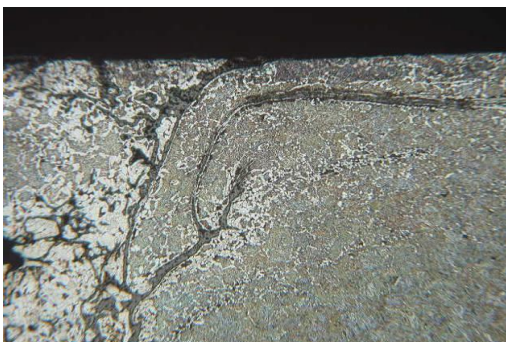
Gambar 22 : Struktur mikro pada lokasi 2 berupa matrik bainit dan ferit - perlit. Perbesaran : 500X



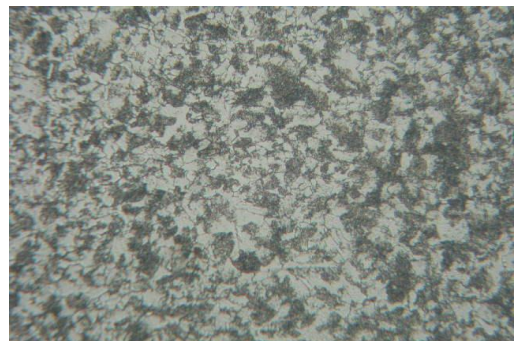
Gambar 20 : Photo makro etsa potongan memanjang di daerah patahan (sample A), terlihat strukturnya mengalami deformasi. Tanda silang (x) merupakan lokasi pemeriksaan metalografi..



Gambar 23 : Struktur mikro yang menunjukkan adanya batas perbedaan struktur antara yang mengalami panas akibat gesekan (lokasi 3) Perbesaran : 100X



Gambar 21 : Struktur mikro potongan memanjang yang memperlihatkan bahwa pada ujung patahan shaft telah mengalami pergesehan setelah terjadi patah (lokasi 1). Perbesaran : 100X.



Gambar 24 : Struktur mikro yang tidak terkena panas berupa ferit-perlit halus (lokasi 4). Perbesaran : 500X



### 2.2.b.Pengujian Kekerasan

Hasil uji kekerasan terhadap potongan memanjang shaft dapat dilihat pada table 1 dibawah ini :

Teb1. Hasil Uji Kekerasan Shaft.

No.	Nilai Kekerasan (HB)		
	Sampel A	Sampel A (deformasi)	Sampel B
1	309	386	286
2	362	310	286
3	296	309	286
4	243	293	284
5	223	291	286

Sumber Data :  
Hasil pengujian dengan menggunakan alat Frank Finotest

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Shaft Pompa yang rusak atau patah diperiksa secara visual dan fraktografi, dimana terlihat pada permukaan shaft tempat dudukan bearing ditemukan adanya cacat berupa alur-alur akibat terdeformasi dengan jarak  $\pm 8$  cm dari lokasi patah (lihat tanda panah merah pada gambar 3).

Dari hasil pemeriksaan metalografi pada potongan memanjang shaft di daerah yang terdeformasi (gambar 5) terlihat adanya perubahan struktur yang semula berupa ferit - perlit telah berubah menjadi bainit dan ferit-perlit, lihat gambar 6 s/d 9. Hal ini menunjukkan bahwa antara permukaan shaft dengan permukaan dalam bearing pada saat shaft berputar telah terjadi gesekan, sehingga timbul panas yang mengakibatkan kedua material mengalami pemuaihan hingga mengakibatkan kedua permukaan saling melekat dan secara tiba - tiba shaft terhenti menimbulkan beban kejut (*impact load*) pada shaft, yang mengakibatkan shaft terpuntir hingga patah.

Sedangkan pada permukaan patahan dikedunya (berpasangan) terlihat mengalami kerusakan (gambar 4) yang disebabkan pada saat shaft

patah, shaft tetap berputar akibatnya kedua bidang permukaan patahan saling bergesekan, padahal pada permukaan patahan tersebut dapat memberikan informasi mengenai penyebab patahnya shaft. Sehingga pemeriksaan hanya dapat dilakukan pada sisa permukaan patahan yang masih dapat teridentifikasi. Pada permukaan patahan shaft yang masih utuh (belum rusak) terlihat bahwa shaft bersifat ulet yang ditunjukkan dengan adanya alur-alur akibat terdeformasi karena putaran (gambar 10 dan 11).

Sedangkan struktur mikro pada potongan memanjang didaerah patahan (gambar 13), terlihat strukturnya telah mengalami deformasi akibat dari puntiran (gambar 14).

Begitu pula struktur mikro pada daerah dekat patahan telah mengalami perubahan yang semula berupa ferit - perlit berubah menjadi ferit - perlit halus dan bainit, sedangkan pada permukaan patahan strukturnya menjadi bainit akibat bergesekan dengan pasangannya, gambar 15 s/d 18. Pada gambar 19 s/d 24 dapat terlihat dengan jelas batas perbedaan struktur antara yang mengalami panas akibat gesekan dan yang tidak terkena panas strukturnya berupa ferit-perlit halus.

Jadi dapat dikatakan bahwa proses terjadinya perpatahan pada shaft pompa dikarenakan pada salah satu sisi shaf tempat dudukan bearing terhenti secara tiba-tiba hingga timbul beban kejut (*impact load*) pada shaft, sedangkan kondisi motor masih tetap bekerja memutar shaft sehingga timbul gaya puntir pada shaft, akibatnya shaft tidak mampu lagi menahan beban puntir yang bekerja hingga terjadi deformasi dan akhirnya shaft patah karena over load. Perpatahan terjadi pada daerah yang mengalami perubahan diameter poros (*radius*), karena didaerah radius merupakan daerah yang mempunyai konsentrasi tegangan (*stess concentration*) yang tinggi.

Pada saat shaft patah, motor masih tetap berputar akibatnya kedua permukaan patahan saling bergesekan dan berbenturan, sehingga



mengakibatkan permukaan patahan menjadi rusak dan menimbulkan panas yang cukup tinggi pada permukaan shaft, hingga dapat merubah struktur mikro dari shaft yang semula berupa ferit - perlit menjadi bainit.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pemeriksaan dan pengujian pada shaft pompa, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut ; shaft terhenti secara tiba-tiba karena salah satu permukaan shaft yang berada di dalam bearing saling bergesekan hingga menimbulkan panas, akibatnya antara shaft dan bearing saling menempel yang ditandai dengan adanya deformasi pada permukaan shaft, pada saat shaft terhenti secara tiba-tiba akan timbul beban kejut (*impact load*) pada shaft, saat itu motor masih terus berputar, akibatnya shaft mengalami gaya puntir. Karena di daerah radius merupakan daerah yang mempunyai konsentrasi tegangan tinggi, maka shaft patah di daerah tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Van Dyke, Kate, *"Fundamentals of Petroleum Engineering"*, 4th edition, University of Texas, 2009.
2. Sri Widharto, 1987, "Karat dan Pencegahannya", PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 67-71, 89-93.
3. Mohammad Aries Affandi, "Evaluasi dan Perencanaan Ulang Pompa Benam Listrik Untuk Sumur - Sumur Dengan GLR Tinggi Di Lapangan Atti dan South Zelda Repsol YPF - MAXUS SES", Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta, 2001.
4. ASM Metals Handbook, Volume 10, *"Failure Analysis and Prevention"*, American Society for Metals, 2007.
5. Annual Book of ASTM Standards, Vol. 01.01, *"Steel Piping, Tubing, Fitting"*, American Society for Testing and Material, Philadelphia, 2006.
6. Heinz P. Bloch, P.E. Diunduh 23 November 2011. Update Your Shaft-Alignment Knowledge . Pdf
7. Gasko Martin , Rosenberg Gejza, *"Correlation between hardness and tensile properties in ultra high strength dual phase steel - sort communication"*, Material Engineering 18. 2011. 155-159.
8. Hucinska Joanna, *"Influence of sulphur on high temperature degradation of steel structure in the refinery Industry"*, Advances In Materials Sciece vol 6, No 1(9), June 2009.
9. Fatemi Ali, Zouroufi Mehrdad, *Fatigue Performance evaluation of forge versus competing manufacturing process technology : A Comparative Analytical and experimental study*, AISI and FIERF. 2004.
10. Norsok Standard, *Material Selection*, Nourway, M001 Rev 4, August 2010.