

***Jurnal Material Manufaktur Energi Berkelanjutan  
(JMMEB)***

<http://ejournal.uki.ac.id/index.php/jmmeb>

ISSN : xxxx-xxxx e-ISSN : xxxx-xxxx

Vol. 1 No. 2 ( Desember 2024 ) Hal. 93-103

---

## **ANALISA KEGAGALAN PERPATAHAN KOMPONEN *DRIVE SHAFT* PADA LOKOMOTIF DIESEL**

Rusdi Dahlan, Sri Hanto

Institut Teknologi Budi Utomo, Indonesia

Diterima: 9 September 2024 Disetujui: 7 Nopember 2024 Diterbitkan: 30 Desember 2024

\*Penulis yang sesuai: [rusdidahlan@itbu.ac.id](mailto:rusdidahlan@itbu.ac.id)

### **Abstrak**

Analisa kegagalan merupakan metode investigasi secara sistematis untuk mencari penyebab mekanisme kegagalan suatu komponen atau peralatan. Penelitian ini menjelaskan tentang analisa perpatahan komponen *drive shaft* pada lokomotif diesel. *Drive shaft* yang merupakan komponen penghubung didalam mesin lokomotif kereta diesel mengalami kerusakan yaitu putus pada daerah dekat kompresor. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini antara lain studi literatur, pengamatan visual serta pengumpulan data, karakteristik material melalui uji komposisi kimia, uji kekerasan, uji tarik, pengamatan struktur mikro, dan pengamatan *fraktografi*, pengolahan data dan analisa hasil pengujian. Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia dan pengujian mekanis menunjukan bahwa *drive shaft* tergolong *plain carbon steel* yaitu baja AISI 1025. Hasil pengamatan visual dan pengamatan struktur mikro menunjukan bahwa *drive shaft* patah pada bagian sambungan yaitu sambungan pada metode *welding*. Dari hasil *fraktografi* terlihat adanya pola patahan *deformasi* plastis yang menunjukan bahwa sambungan tidak dapat menahan beban yang diberikan sehingga terjadi perpatahan

**Kata kunci** : perpatahan, *drive shaft* lokomotif, beban berlebih, welding

### **ABSTRAC**

Failure analysis is a systematic method of investigation to find the cause of the failure mechanism of a component or equipment. This research describes the fracture analysis of driveshaft components in a diesel locomotive. The drive shaft which is a connecting component around the compressor in the locomotive engine has failed. The methods used in this study include literature studies, visual observations, data collection, material characteristics through chemical composition tests, hardness tests, tensile tests, microstructure observations, fractographic observation, data processing, and analysis of test results. Based on the results of chemical composition testing and mechanical testing shows that the drive shaft is classified as plain carbon steel, specifically AISI 1025 steel. Visual observations and microstructure observations show that the driveshaft failure occurred at the connection part, which is the connection around the welded region. From the fractography results show a visible pattern of deformation plastic that showing the fracture occurred since the connection cannot bear the load given.

**Keywords** : Fracture, *drive shaft* locomotive, overload, welding

## 1. PENDAHULUAN

Analisa kegagalan merupakan metode investigasi secara sistematis untuk mencari penyebab mekanisme kegagalan suatu komponen/peralatan. Serta menawarkan atau merekomendasikan suatu solusi untuk mengatasi masalah yang timbul. Untuk menganalisa kegagalan suatu komponen/peralatan pada umumnya dilakukan beberapa pendekatan yaitu pendekatan dari segi material, segi operasional dan dari segi lingkungan. Untuk pendekatan dari segi material, komposisi bahan, sifat fisis dan sifat mekanis akan menentukan ketahanan suatu material dalam menerima suatu beban sehingga tidak mengalami kerusakan secara prematur. Dari segi proses, kondisi operasional yang tidak sesuai akan menyebabkan terjadinya kerusakan prematur suatu komponen/peralatan misalnya beban yang berlebih, temperatur operasional yang melebihi batas dan jadwal *maintenance* yang tidak mengikuti prosedur. Dari segi lingkungan, pada umumnya kerusakan akibat korosi banyak terjadi apabila kondisi lingkungan tidak terkontrol sehingga kerusakan prematur dapat terjadi.

Kegagalan atau kerusakan suatu produk masih sering terjadi yang disebabkan oleh insiden dan bukan insiden[1]. Kegagalan karena insiden umumnya terjadi karena beban yang melebihi kekuatan komponen atau struktur, misalnya beban kejut (shock) karena benturan, beban berlebih (*over load*), dan lain sebagainya. Sedangkan kegagalan yang bukan insiden disebabkan karena umur operasi yang telah melampaui kalkulasi disain (M.Syahril)

Suatu struktur tanpa konsentrasi tegangan, patah lelah dapat terjadi pada tegangan yang besarnya kurang dari sepertiga kekuatan tarik statiknya. Sedangkan pada struktur dengan konsentrasi tegangan, maka patah lelah akan terjadi pada tegangan yang jauh lebih rendah, Surdia (1992). Patah akibat dilampauinya tegangan tarik biasanya menunjukkan patah ulet, yaitu terjadinya deformasi plastis yang cukup besar disekitar potongan patah. Saat ini kita telah memasuki fase perancangan gagal aman fail save design dimana diizinkan adanya retak, namun harus memperhitungkan batas waktu untuk beroperasinya suatu komponen hingga kondisi dimana komponen harus diganti (Broek, 1987).

Nendi Suhendi Syaferi, (2015) *Stress Corrosion Cracking (SCC)* adalah peristiwa pembentukan dan perambatan retak dalam logam yang terjadi secara simultan antara tegangan yang bekerja pada bahan dengan lingkungan korosif.

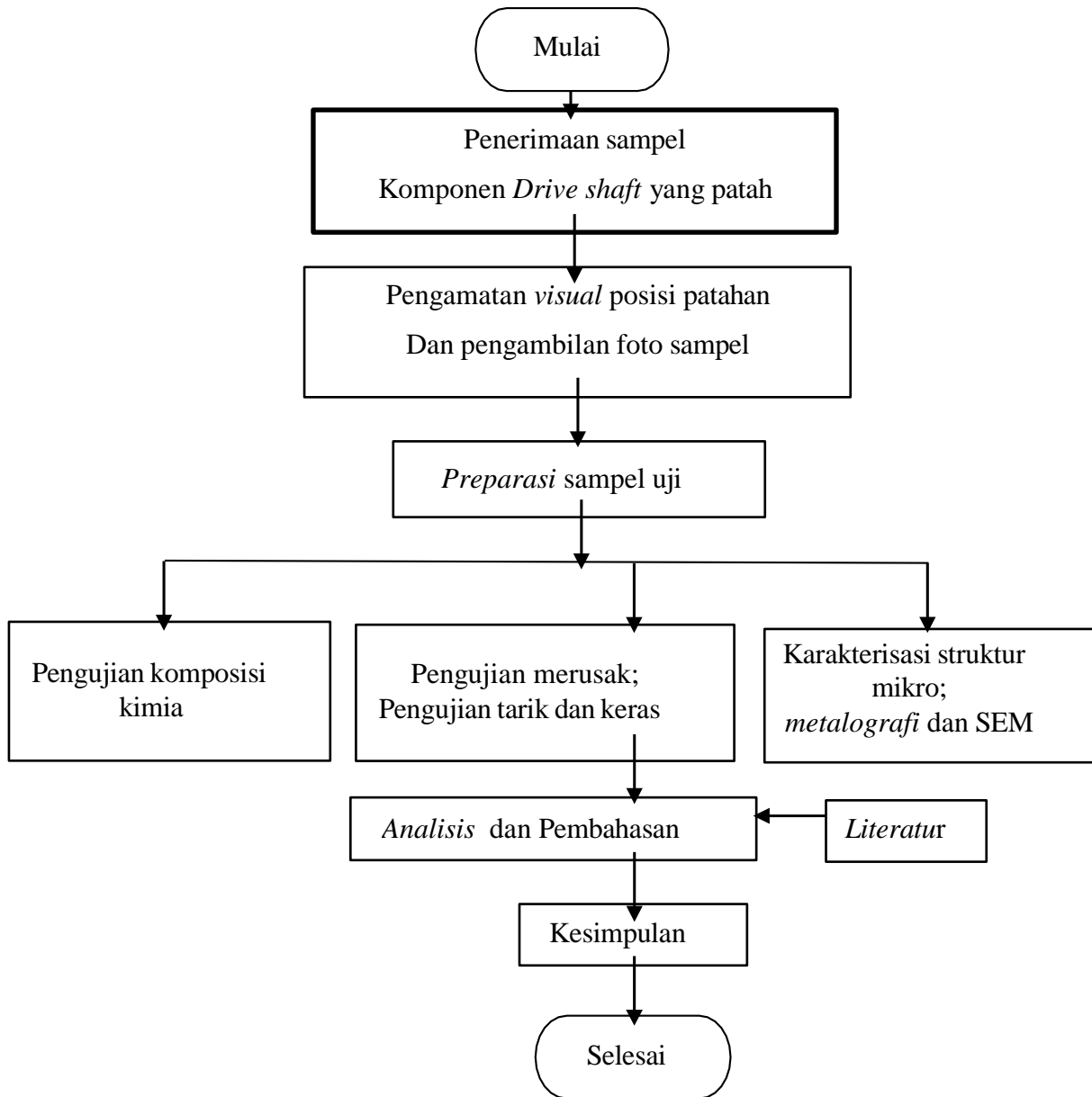
Salah satu bentuk kegagalan adalah terjadinya perpatahan pada *Drive Shaft* komponen lokomotif mesin diesel. Lokomotif adalah bagian dari rangkaian kereta api dimana terdapat mesin untuk menggerakkan kereta api. Biasanya Lokomotif terletak paling depan dari rangkaian kereta api. *Drive shaft* adalah salah komponen mekanis untuk mengirimkan torsi dan rotasi, biasanya digunakan untuk menghubungkan komponen lain dari *drive train* yang tidak dapat dihubungkan secara langsung karena jarak atau kebutuhan untuk memungkinkan pergerakan relatif diantara mereka.

Namun yang akan penulis analisa dalam hal ini adalah dari segi material, apa yang menyebabkan *drive shaft* itu mengalami perpatahan. *Drive shaft* yang merupakan komponen penghubung didalam mesin lokomotif kereta diesel mengalami kerusakan yaitu putus pada daerah dekat dengan kompresor. Dugaan awal bahwa pada daerah yang patah tersebut merupakan daerah sambungan dengan proses metode *welding* karena terlihat pada dalam terlihat sebagai hasil *machining* sedangkan pada bagian luar terlihat sbagai hasil lasan. Lebih detail mengenai

hasil pengujian metalurgi dan analisa perpatahan akan dijelaskan lebih lanjut pada bab pembahasan. Untuk mengkarakterisasi material *drive shaft* dan mengidentifikasi perpatahan, berikut ini beberapa pengujian yang akan dilakukan :

- a. Pengamatan/*Visual*
- b. Pengujian komposisi kimia
- c. Pengujian kekerasan
- d. Pengujian tarik
- e. Pengamatan struktur mikro
- f. Pengamatan fraktografi (SEM)

## 2. METODOLOGI PENELITIAN



**Gambar 1.** Diagram alir penelitian

### Pengamatan Visual

Pengamatan visual bertujuan untuk melihat indikasi awal dari penyebab terjadinya kegagalan/perpatahan pada komponen *drive shaft* lokomotif diesel, seperti bentuk area perpatahan, area perpatahan.

### **Pengujian Komposisi Kimia**

Pengujian komposisi kimia dilakukan mengacu pada standar ASTM E415 dan A751, dengan menggunakan mesin Waslab foundry master, tujuannya untuk mengetahui unsur-unsur kimia dari material yang di uji.

### **Pengujian kekerasan**

Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan mengacu pada standar ASTM E18, dengan menggunakan mesin hardness tester "*Rocky*", dengan tujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan material yang diuji.

### **Pengujian Tarik**

Pengujian ini mengacu pada standar ASTM E8, dengan menggunakan mesin uji tarik Gotech AL-7000 LA 10, tujuannya untuk mengetahui nilai kuat tarik sampel yang diuji dan mengetahui perilaku mekanis material dan karakteristik perpatahan material tersebut

### **Pengamatan mikro**

Pengamatan mikro dilakukan dengan mikroskop optic mengacu pada standar ASTM E407- 07 (*metals and alloy*), dengan tujuan mengetahui fasa-fasa pada material/sampel yang diuji

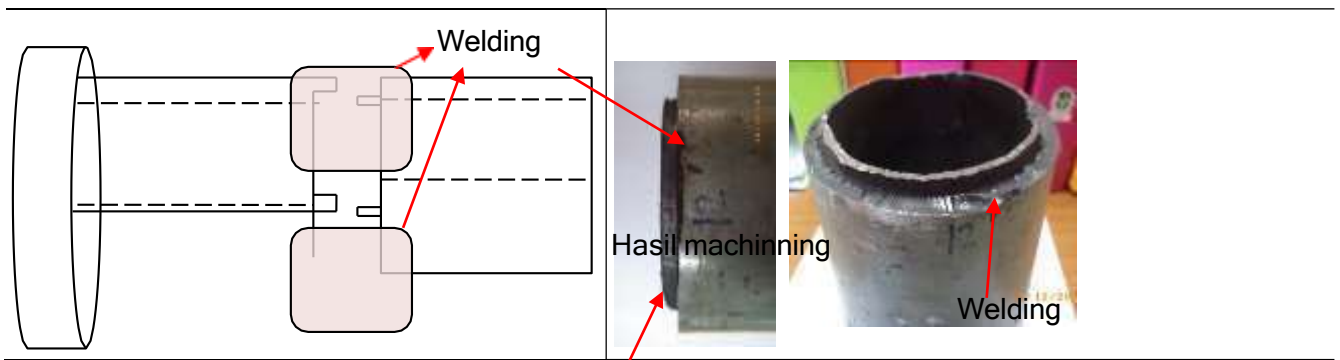
### **Pengamatan Fraktografi dengan SEM**

Pengamatan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) digunakan untuk mengidentifikasi jenis perpatahan yang terjadi, dengan memindainya menggunakan sinar electron berenergi tinggi, dengan perbesaran dalam micron

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Pengamatan Visual**

Hasil pengamatan visual mengindikasikan bahwa pada daerah patahan merupakan hasil proses penyambungan dengan metode welding yakni dengan adanya perbedaan patahan pada permukaan dalam dan luar. Proses penyambungan dilakukan dengan melakukan machining pada bagian luar pada salah satu sisinya dan kemudian dilakukan welding seperti terlihat pada gambar 2.



**Gambar 2.** Ilustrasi pada daerah patahan yang menunjukkan pada daerah yang patah merupakan hasil penyambungan welding

### Analisa Pengujian Komposisi Kimia

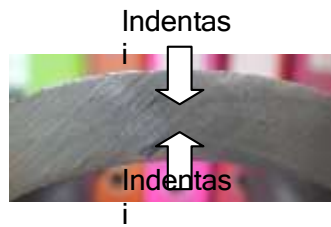
Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan metode *optical emission spectrometer* (OES) pada bagian dalam dan bagian luar *drive shaft* yang mengacu ke standar pengujian ASTM E415 dan A751. Dilakukanya pengujian komposisi kimia pada kedua daerah tersebut dilakukan untuk mengkonfirmasi kembali bahwa *drive shaft* merupakan satu logam yang solid. Hasil pengujian komposisi kimia tertera pada tabel 4.1 yang menunjukkan bahwa *drive shaft* tidak memiliki unsur paduan Cr dan Ni, sehingga dapat dikategorikan sebagai plain carbon steel. Berdasarkan kandungan unsur karbon, komposisi komponen *drive shaft* dapat dikategorikan sebagai baja AISI 1025. Baja AISI 1025 pada umumnya digunakan sebagai komponen mesin, komponen konstruksi, rangka serta perkakas dan cetakan. Baja AISI 1025 memiliki *machinability* yang baik akan tetapi tidak cocok untuk komponen yang harus menerima beban tinggi. Untuk aplikasi beban tinggi, pada umumnya digunakan baja HSLA (*high strength low alloy*).

**Tabel 1.** hasil pengujian komposisi kimia

% Elements	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Bagian Atas	0.248	0.04	0.65	0.01	0.003	0.04	0.005
Bagian Bawah	0.253	0.04	0.65	0.01	0.003	0.04	0.006
AISI 1025 (referensi)	0.22- 0.28	-	0.3-0.60	0.04 max	0.05 max	-	-

### Analisa Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode *Rockwell B* sesuai standar ASTM E18. Pengujian kekerasan dilakukan pada bagian atas dan pada bagian dalam dari *drive shaft* sebagai perbandingan. Hasil pengujian tertera pada tabel 4.2 Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara permukaan dalam dan permukaan luar *drive shaft*. Hasil Pengujian kekerasan juga menunjukkan bahwa kekerasan material sesuai dengan standar AISI 1025.



**Tabel 2.** Hasil pengujian kekerasan Rockwell skala B

Area	Indentasi					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Atas	94.0	94.5	94.5	94.8	94.9	94.54
Bawah	95.0	95.1	95.3	95.5	95.8	95.34
AISI 1025 (referensi)	71 min					

### Analisa Pengujian Tarik

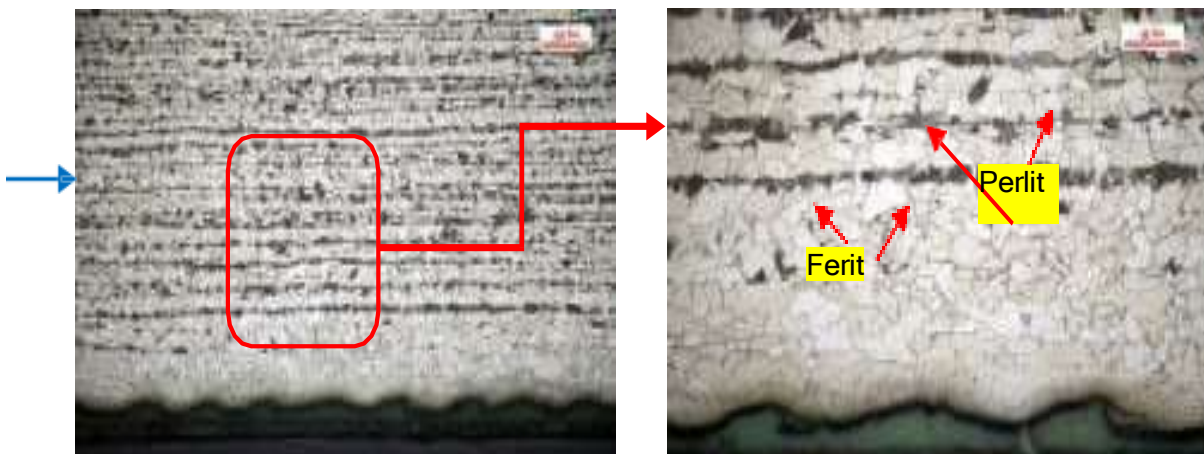
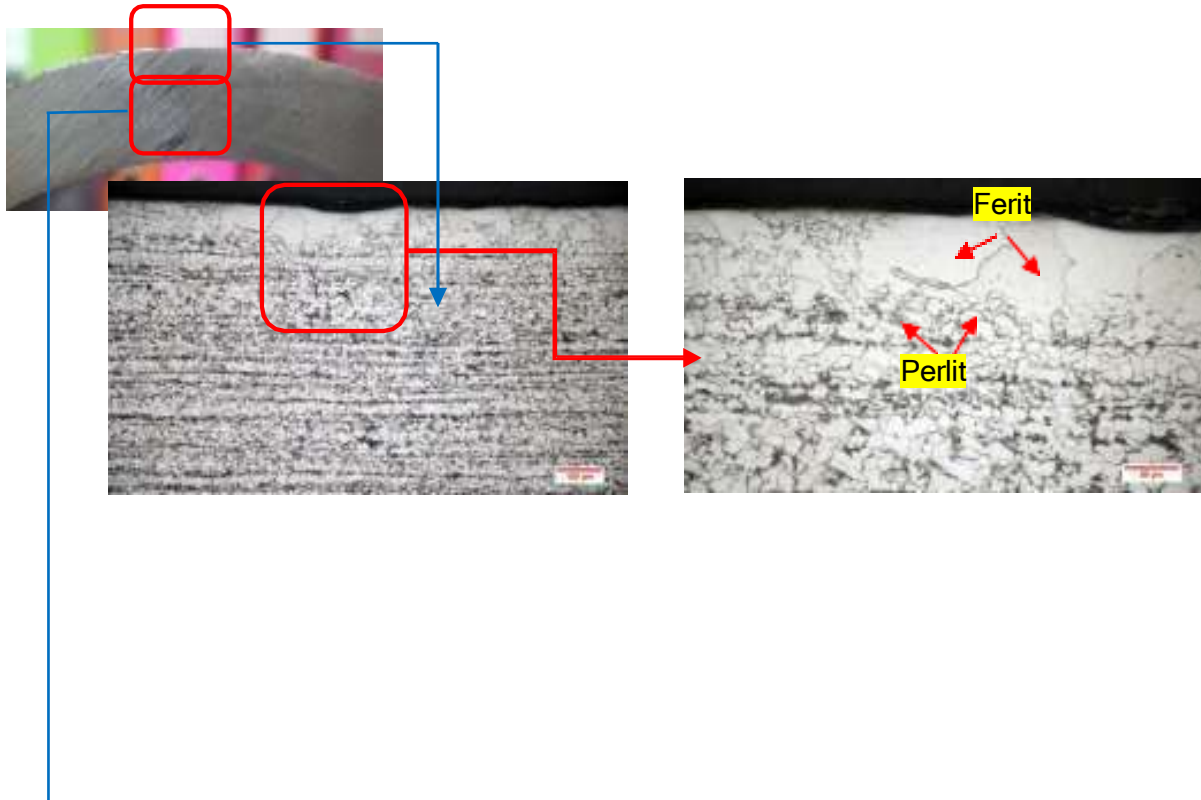
Pengujian tarik dilakukan dengan mengambil sampel sebanyak 2 buah dengan arah pengambilan longitudinal. Pengujian tarik dilakukan sesuai standar ASTM E8 yang hasilnya tertera pada Tabel 3. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik drive shaft memenuhi spesifikasi AISI 1025. Nilai kekuatan tarik dan kekuatan luluh berada sekitar 60% diatas batas minimum yang menunjukkan bahwa kondisi material masih sangat baik, akan tetapi untuk nilai regangan sedikit dibawah batas minimum yang dipertimbangkan tidak signifikan mempengaruhi sifat mekanis.

**Tabel 3.** Hasil pengujian tarik

Sampel	Kuat Tarik (MPa)	Batas Luluh (MPa)	Regangan (%)	
Drive Shaft	1	696	657	14.11
	2	706	666	14.08
	Rata-rata	701	662	14.10
AISI 1025	440 min	370 min	15 min	

### Analisa Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan pada daerah yang jauh dari patahan dan pada daerah patahan. Hasil pengamatan struktur mikro pada daerah yang jauh dari patahan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan struktur mikro pada bagian atas dan bagian bawah, yaitu struktur mikro terdiri dari fasa *ferit-perlit* seperti terlihat pada Gambar 3. Fasa perlit terihat sebagai daerah yang hitam dan bentuknya memanjang. Bentuk memanjang tersebut merupakan efek dari proses *rolling* untuk mendapatkan kebelan yang diinginkan. Sedangkan fasa *ferit* terlihat sebagai daerah yang berwarna putih. Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia, material *drive shaft* tergolong sebagai *low carbon steel* yang seharusnya memiliki mayoritas fasa ferit. Hasil pengamatan struktur mikro memperlihatkan bahwa fasa *ferit* yang dominan dibandingkan fasa perlit sehingga mengkonfirmasi hasil pengujian komposisi kimia.



Gambar 3. Struktur mikro pada daerah yang jauh dari patahan

Pengamatan struktur mikro kemudian dilakukan pada daerah patahan. Posisi pengambilan sampel yaitu pada daerah jam 12 dan jam 6 dengan arah pengambiln gambar melintang yang hasilnya dapat terlihat pada Gambar 4. Hasil pengamatan struktur mikro kembali mengkonfirmasi bahwa pada daerah patahan merupakan sambungan welding, yaitu terlihat dari adanya perbedaan ukuran butir dan keberadaan *weld metal*. Hasil pengamatan struktur mikro juga memperlihatkan bahwa patah pada weld metal mengindikasikan bahwa *weld metal* tidak dapat menahan beban yang diberikan.

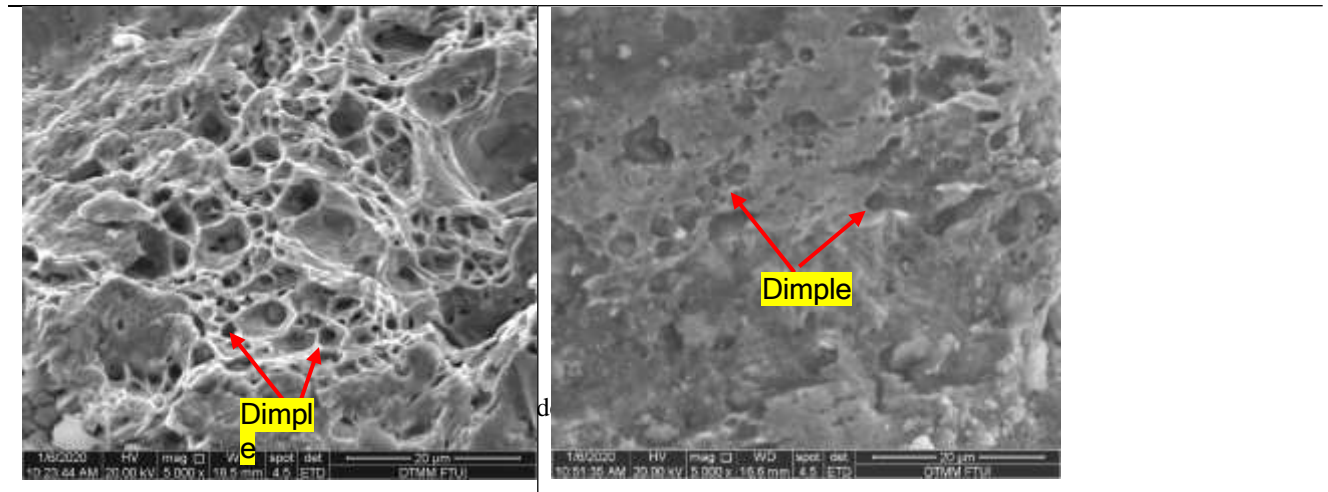


Gambar 4. Struktur mikro pada daerah patahan

### Analisa Pengamatan Permukaan Patahan

Pengamatan permukaan patahan kemudian dilakukan pada daerah jam 12 dan jam 6 dengan menggunakan SEM yang hasilnya terlihat pada Gambar 4.5 Hasil pengamatan permukaan patahan menunjukkan bahwa terjadi terjadi deformasi plastis yaitu ditandai dengan keberadaan struktur *dimple*. *Dimple* merupakan gabungan *microvoid* pada saat deformasi plastis. Pada saat deformasi elastis, jarak antar atom-atom logam masih dapat merenngang dan kembali ke posisi semula apabila beban dilepaskan, akan tetapi pada saat deformasi plastis, atom-atom logam tidak dapat kembali ke posisi semula dan pada saat beban kembali ditingkatkan maka akan terbentuk *microvoid* akibat logam tidak dapat mengkompensasi pertambahan volume akibat regangan yang terbentuk. Keberadaan *dimple* pada permukaan patahan tersebut menunjukkan bahwa sambung lasan tidak dapat menahan beban yang diberikan sehingga terjadi deformasi dan akhirnya putus





### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian komposisi kimia dan pengujian mekanis menunjukkan bahwa :

1. Hasil pengamatan visual menunjukkan bahwa *drive shaft* patah pada bagian sambungan yaitu sambungan dengan metode *welding*.
2. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa *drive shaft* merupakan baja AISI 1025.
3. Hasil pengujian tarik dan kekerasan menunjukkan bahwa sifat mekanis *drive shaft* sesuai dengan standar material AISI 1025
4. Hasil pengamatan struktur mikro mengkonfirmasi hasil pengamatan visual yaitu patahnya *drive shaft* terjadi pada daerah lasan. Struktur mikro daerah lasan terdiri dari fasa *ferit* dan *perlit*, tidak ditemukan fasa keras seperti martensit yang bersifat getas.
5. Dari hasil pengamatan fraktografi terlihat pola patahan akibat deformasi plastis yang menunjukkan bahwa sambungan tidak dapat menahan beban yang diberikan sehingga terjadi perpatahan.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. ASM Metal Handbook Vol. 01 - Properties and Selection Irons Steels and High Performance Alloys, ASM International
2. ASM Metal Handbook Vol. 09. Metallography and Microstructures, ASM International
3. ASM Metal Handbook Vol. 12. Fractography, ASM International
4. ASTM International (2004), Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell superficial Hardness of Metallic Material
5. George E. Dieter, 1992, alih bahasa Djaprie, Sriati, Metalurgi Mekanik, Erlangga, Jakarta
6. Anonymous.2012. **MikroskopElektron**.  
[http://id.wikipedia.org/wiki/Mikroskop\\_elektron](http://id.wikipedia.org/wiki/Mikroskop_elektron) Tanggal akses 19 Maret 2012.
7. IA State 2009. **Microscopy**.  
<http://mse.iastate.edu/microscopy/college.html> Tanggal akses 19 Maret 2012.
8. Material Cerdas. 2009.  
**Teori Dasar ScanningElectron  
Microscopy**.  
<http://materialcerdas.com/teori-dasar/scanning-electron-microscopy/> Tanggal akses 19 Maret 2012.
9. Prasetyo, Y. 2011. **Scanning Electron Microscope dan Optical Emission Spectroscopy**. <http://yudiprasetyo53.wordpress.com/2011/11/07/scanning-electron-microscope-sem-dan-optical-emission-spectroscopy-oes/> Tanggal akses 19 Maret 2012.
10. Hadi Sunandio, "Analisa Kegagalan: Pelatihan Dasar Metalurgi dan Analisa Kerusakan", LUK- BPPT, Jakarta, 2000
11. Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 2, No. 4, Tahun 2014 Online: <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jtm>
12. Broek, D., (1 987). "Elementary Engineering Fracture Mechanics", 4 ed, Martinus Nijhoff Publishers, Dorcht, Netherlands.
13. Analisa Kegagalan Sambungan Las Pipeline Carbon Steel A106 Grade B Ø 6" Di Sumur Neb#46 Petrochina International Jabung Sugiyanto1, Muhammad Wahyu Darojad1, Wijoyo