

# ANALISA KEGAGALAN KERETAKAN PERMUKAAN LUAR SUDUT ANTARA KEPALA DAN BADAN KOMPONEN YOKE ROTOR GF21

## FAILURE ANALYSIS OF SURFACE OUTSIDE CORNER RIFT BETWEEN THE HEAD AND BODY PART ROTOR YOKE GF21

Toni Agung Priambodo, Kuntari Adi Suhardjo

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Jl Sangkuriang 14, Bandung  
Email: toniagung@kemenperin.go.id

Diterima: 8 April 2014

Direvisi: 5 Mei 2014

Disetujui: 23 Juni 2014

### ABSTRAK

Terjadinya kegagalan komponen peralatan harus dicari penyebab kerusakan yang terjadi untuk mencegah kerusakan yang sama dimasa mendatang. Dengan mengetahui penyebab kerusakan tersebut maka dapat dilakukan pencegahan awal dan dapat dilakukan perbaikan dari produk yang dihasilkan. Analisa kegagalan ini dilakukan pada komponen Yoke Rotor GF21, yaitu kerusakan oleh terjadinya retakan pada permukaan luar sudut antara kepala dan badan. Pengujian yang dilakukan adalah makroskopis, mikroskopis, komposisi kimia, kekerasan, SEM dan EDS. Berdasarkan hasil analisa kegagalan dari bahan baku dan proses pembentukan disebabkan oleh desain proses tempa yang kurang baik khususnya pada desain *dies*, terjadinya dekarburisasi dan adanya inklusi di jalur retak sehingga retakan dapat menjalar dengan lebih mudah. Analisa ini didukung oleh hasil *stereography* retakan yang terlihat bahwa retakan tidak bercabang dan menandakan bahwa retakan ini terjadi ketika dilakukan proses pembentukan dengan *forging*.

**Kata kunci:** Yoke Rotor GF21, tempa, dekarburisasi, retak

### ABSTRACT

*To find the cause of equipment component failures to prevent the same failure happen in the future. Identifying the cause of the failure so that to make early precautions and to improve the product. Failure analysis made on the Yoke Rotor GF21 component, which happen cracks on the outer layer corner between the head and the body. To use these following tests to identify the failure: macroscopic, microscopic, chemical composition, hardness, SEM and EDS. The analysis result is based on material analysis and forming process, is caused by the defect on the forging process, especially on dies design. This coupled with the occurrence of decarburization and inclusion in the path of the crack so the crack spread easily. This analysis is supported by the result of stereography visible crack that unbranched crack and signifies that the crack occurred in the forging process.*

**Keywords:** Yoke Rotor GF21, forging, decarburization, crack

### PENDAHULUAN

Kegagalan atau kerusakan komponen dalam suatu peralatan yang harus ditangani secara serius yaitu harus dicari penyebab dari kerusakan yang terjadi, untuk mencegah kerusakan serupa yang dapat terjadi dimasa yang akan datang. Berdasarkan teori, analisis kerusakan atau kegagalan adalah kegiatan atau usaha untuk menyelidiki sebab-sebab kegagalan suatu komponen [1].

Penelitian terhadap penyebab kerusakan akan bermanfaat terutama untuk menghindari biaya kerugian yang ditanggung antara lain: berasal dari banyaknya barang hasil produksi yang cacat atau gagal, selain itu kerugian akibat menurunnya tingkat kepercayaan konsumen terhadap produk yang dihasilkan karena kualitas atau umur pakai yang menurun.

Dengan mengetahui penyebab kerusakan atau kegagalan maka akan dapat dilakukan tindakan pencegahan awal (preventive) yang dapat dilakukan. Dengan ditemukannya penyebab

kerusakan atau kegagalan yang terjadi, maka dapat dilakukan perbaikan, pengembangan (improvement) dari produk yang dihasilkan, sehingga dapat menaikkan kepercayaan konsumen terhadap kualitas barang yang dihasilkan.

Tujuan dari analisis kegagalan yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab terjadinya retakan pada permukaan luar bagian sudut antara kepala dan badan komponen Yoke Rotor GF 21. Sehingga dapat dijadikan referensi untuk melakukan tindakan pencegahan kerusakan serupa tidak terulang kembali.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Identitas barang Yoke Rotor GF21 material adalah S48C.

### Kronologis Kejadian Retakan

Proses terjadinya retakan pada Yoke Rotor GF21 adalah sebagai berikut:

1. Bahan baku berbentuk *Round Bar* diameter 65 mm hasil pemotongan (*shearing*).
2. Setelah dipotong dipanaskan pada temperatur 1200°C dan ditempa.
3. Dilakukan perlakuan panas (*heat treatment*) dengan pemanasan 860°C dan dicelup cepat pada media oli.
4. Dilakukan temper pada temperatur pemanasan 480°C.
5. Dilakukan proses permesinan.
6. Pemeriksaan visual dan dimensi.
7. Hasil pemeriksaan pada beberapa hasil proses permesinan Yoke Rotor GF 21 ditemukan retakan pada radius antara bagian kepala dan badan.

### Metode

Pemeriksaan dilakukan terhadap contoh material menggunakan beberapa metode, yaitu:

1. Visual dan dimensi.
2. Makroskopis dan stereografi untuk mengidentifikasi jenis retakan.
3. Pengujian kekerasan untuk mengetahui sifat mekanik.
4. Pengujian komposisi kimia untuk memastikan komposisi kimia bahan rotor.
5. Pemeriksaan struktur mikro untuk mengevaluasi struktur mikro.
6. SEM/EDS untuk mengetahui morfologi permukaan retak.

### Jenis Pengujian pada Contoh 1

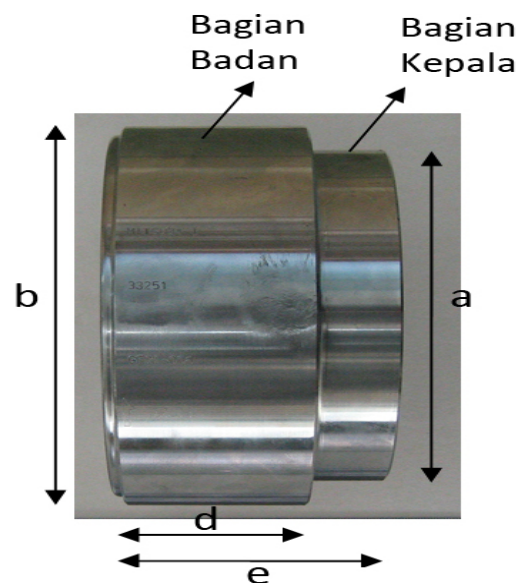
1. Uji makroskopis
2. Uji komposisi kimia
3. Uji kekerasan (*Hardness*)

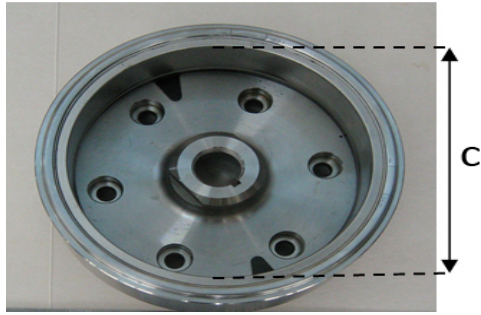
### Jenis Pengujian pada Contoh 2

1. Uji kekerasan (*Hardness*)
2. Uji makroskopis
3. Uji SEM/EDS



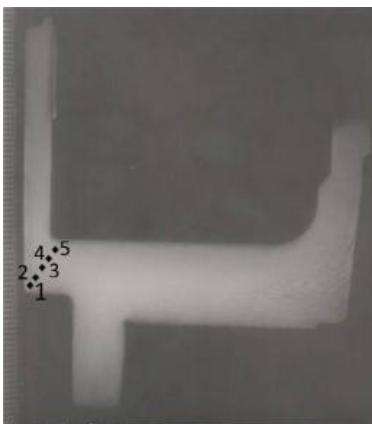
Gambar 1. Contoh 1, Bahan Baku Berbentuk *Round Bar*





a = 113 mm, b = 154 mm, c = 125,7 mm,  
d = 50,6 mm, e = 75,3 mm

Gambar 2. Contoh 2, Produk Yoke Rotor GF21



Gambar 3. Penampang Contoh 2



Gambar 4. Lokasi Retak dan Lokasi Pengambilan Uji Keras

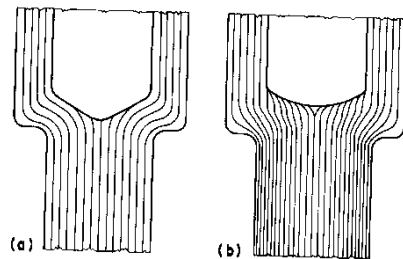
Secara keseluruhan visual dan dimensi Yoke Rotor dapat dilihat pada Gambar 2. Untuk mengetahui nilai kekerasan (hardness) material awal, dilakukan pengujian pada material bahan baku lihat Contoh 1 pada Gambar 1. Untuk mengetahui nilai kekerasan setelah proses permesinan dilakukan terhadap Contoh 2. Uji keras dilakukan pada bagian yang retak untuk mengetahui ada tidaknya tegangan yang menjadi penyebab retak. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Vickers pada beban 1 kg. Lokasi pengujian kekerasan lihat Gambar 4.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Proses Pembuatan

Bahan baku berupa *Round Bar* yang dihasilkan melalui proses pengerolan. Dengan proses pengerolan akan diperoleh arah butir yang memanjang searah dengan arah pengerolan.

Kemudian bahan baku tersebut dipotong dan ditempa pada temperatur 1200°C. Dari arah butir yang ada pada bahan baku dan arah tempa yang diberikan, ada kemungkinan terjadi keretakan pada bagian sudut jika desain penempaan yang dilakukan tidak tepat. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. (a) *Flowline* dari Arah Butir yang Diinginkan. (b) *Flowline* dari Arah Butir yang Tidak Diinginkan [1]

### Pemeriksaan Visual dan Dimensi

Pemeriksaan visual memperlihatkan retakan terjadi tepat di dekat radius antara bagian kepala dan bagian badan (Gambar 4).

Secara umum bahan baku yang berupa *Round Bar* diperoleh dengan proses pengerolan. Dari hasil proses pengerolan, akan diperoleh arah butir yang memanjang searah dengan arah pengerolan. Kemudian bahan baku tersebut dipotong dan diforging untuk menghasilkan produk Yoke rotor.

**Pengujian Kekerasan.**

Data pengujian kekerasan Vickers:

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan dengan Metode Vickers (HV 1 kgf/mm<sup>2</sup>)

| Uji ke | Contoh 1  |            | Contoh 2     |  |
|--------|-----------|------------|--------------|--|
|        | Round Bar | Yoke Rotor | Bagian Retak |  |
|        | Hv        | Hv         | Hv           |  |
| 1      | 255       | 226        | 293          |  |
| 2      | 244       | 209        | 290          |  |
| 3      | 269       | 203        | 290          |  |
| 4      | 235       | 194        | 274          |  |
| 5      | 228       | 181        | 271          |  |

Tabel 1 memperlihatkan nilai kekerasan pada Contoh 1 yaitu material bahan baku berbentuk *Round Bar*. Contoh 2 adalah produk Yoke Rotor, terbagi dua yaitu pada bagian retak dan bagian yang tidak retak.

Dari Tabel 1 terlihat adanya perbedaan antara Contoh 1 (material bahan baku), Contoh 2 (produk Yoke Rotor) dan daerah dekat retakan. Nilai keras pada Contoh 1 adalah 228 HV s.d 255 HV dan Contoh 2 181 HV s.d 226 HV sedangkan pada bagian retak adalah 271 HV s.d 293 HV. Dari data diatas terlihat bahwa Contoh 2 mempunyai nilai kekerasan yang sedikit lebih rendah daripada Contoh 1. Hal ini disebabkan oleh *quenching* media yang menggunakan oli sehingga nilai kekerasannya tidak naik, tetapi media *quenching* dengan oli lebih baik karena meningkatkan kekuatan dan ketangguhan. Sedangkan jika menggunakan media air, nilai kekerasannya akan naik [2].

Nilai kekerasan pada bagian retak relatif lebih besar daripada bagian yang tidak retak, hal ini merupakan indikasi bahwa retak terjadi pada saat proses tempa, sehingga pada bagian yang retak mengalami perubahan bentuk atau deformasi yang menyebabkan terjadinya *strain hardening*.

**Pengujian Komposisi Kimia**

Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan metoda spektro emisi terhadap material *Round Bar*.

Tabel 2. Nilai Komposisi Kimia Contoh 1

| Unsur            | <i>Round Bar Yoke Rotor GF21</i> |
|------------------|----------------------------------|
|                  | Persentase (%)                   |
| Karbon ( C )     | 0,5390                           |
| Silikon (Si)     | 0,2100                           |
| Mangan (Mn)      | 0,7780                           |
| Phospor (P)      | 0,0217                           |
| Sulfur (S)       | 0,0078                           |
| Krom (Cr)        | 0,1400                           |
| Nikel (Ni)       | 0,0860                           |
| Molibden (Mo)    | 0,0232                           |
| Aluminium ( Al ) | 0,0125                           |

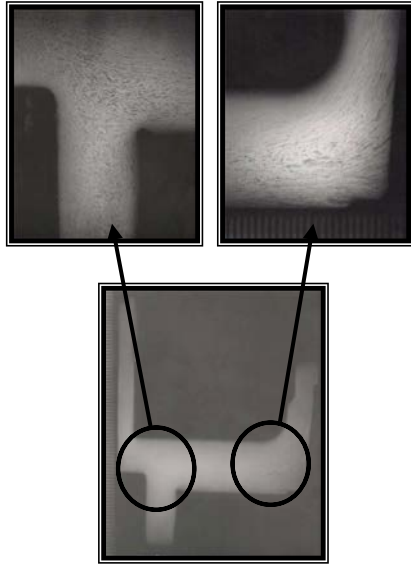
Dari hasil uji komposisi kimia material bahan baku yang dibandingkan dengan Standard JIS G4051 spesifikasi S48C, unsur karbon memiliki nilai yang lebih tinggi dari standar. Nilai perbedaannya adalah 0,029%. Hal ini menyebabkan bahan baku yang berupa *Round Bar* menjadi relatif lebih keras. Karena unsur karbon yang lebih tinggi dari standar ini juga bisa menjadi salah satu penyebab terjadinya retak pada produk yang dihasilkan karena semakin besar unsur karbon maka semakin besar nilai kekerasan yang mengakibatkan material bahan baku menjadi lebih getas. Hasil selengkapnya perbandingan komposisi kimia bahan baku Yoke Rotor (Contoh 1) dibandingkan dengan standar JIS G4051 spesifikasi S48C dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Komposisi Kimia

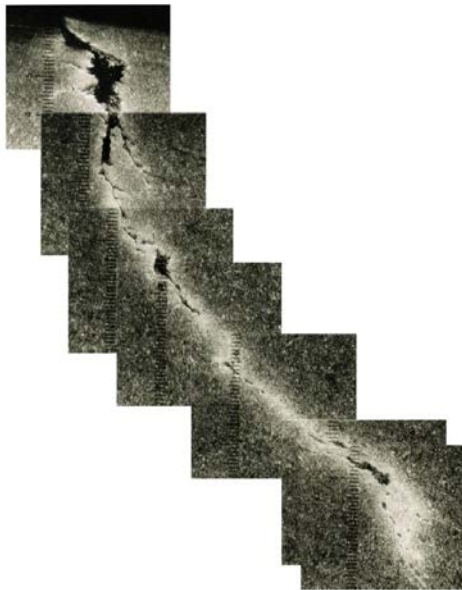
| Unsur          | Nilai Persentase (%) |                     |
|----------------|----------------------|---------------------|
|                | Contoh 1             | Standard G4051:2009 |
| Karbon ( C )   | 0,5390               | <b>0,45-0,51</b>    |
| Silikon (Si)   | 0,2100               | <b>0,15-0,35</b>    |
| Mangan (Mn)    | 0,7780               | <b>0,60-0,90</b>    |
| Phospor (P)    | 0,0217               | <b>0,030 Max</b>    |
| Sulfur (S)     | 0,0078               | <b>0,035 Max</b>    |
| Krom (Cr)      | 0,1400               | <b>&lt; 0,20</b>    |
| Nikel (Ni)     | 0,0860               | <b>&lt; 0,20</b>    |
| Molibden (Mo)  | 0,0232               | -                   |
| Aluminium (Al) | 0,0125               | -                   |

### Uji Makroskopis dan *Stereography* Retakan

Pengujian makroskopis dilakukan pada penampang melintang *Round Bar* dan penampang dari Yoke Rotor. Gambar 1 memperlihatkan penampang *Round Bar* secara keseluruhan, sedangkan Gambar 6 memperlihatkan penampang Yoke Rotor dan terdapat *flowline* yang memperlihatkan bahwa bagian ini telah mengalami *forging* dalam proses pembuatannya. Sedangkan bentuk retakan adalah seperti pada Gambar 7.



Gambar 6. Foto Makro pada Bagian Penampang Yoke Rotor

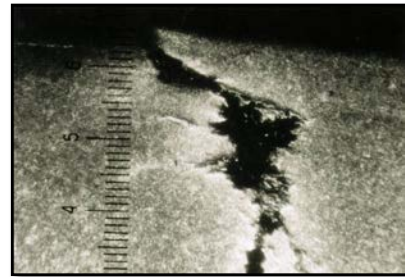


Gambar 7. Bentuk Retakan

Dari hasil pemeriksaan bentuk retakan terlihat retakan memanjang dan tidak bercabang, hal ini menandakan bahwa retakan terjadi akibat *forging* dan bukan akibat adanya perlakuan panas (*heat treatment*). Pada ujung retakan terlihat ada inklusi dan terlihat juga didekat retakan dengan bentuk memanjang.

Pada awal retakan terlihat cacat terbuka dengan indikasi seperti robek (Gambar 8) dan ketinggian sisi retak tidak sejajar, menandakan bahwa retak terjadi akibat adanya deformasi yang cukup besar. Sedangkan pada ujung retakan (Gambar 9) dan daerah dekat retakan terlihat adanya inklusi yang memanjang (Gambar 10).

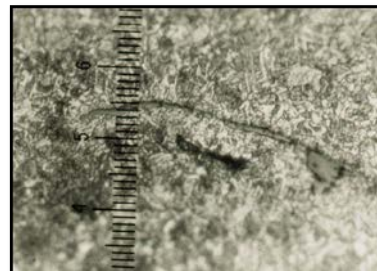
Dari Gambar 7 terlihat pada jalur retakan terlihat lebih putih daripada daerah sekitarnya. Hal ini menandakan pada daerah retakan mempunyai fasa ferit. Sedangkan yang berwarna hitam adalah fasa perlit. Hal ini mengindikasikan telah terjadi dekarburisasi. Dekarburisasi adalah berkurangnya atau hilangnya unsur karbon akibat pemanasan di atas temperatur kritis [3].



Gambar 8. Bentuk Awal Retakan



Gambar 9. Bentuk Ujung Retakan



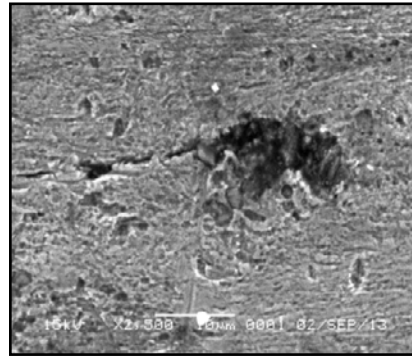
Gambar 10. Inklusi Dekat Retakan



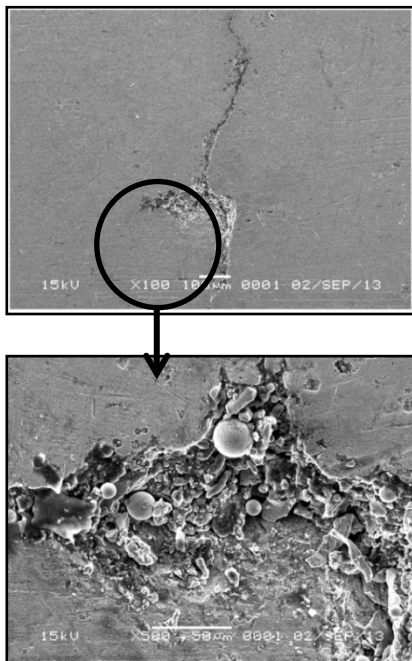
**Pengujian SEM dan EDS**

Pemeriksaan SEM dilakukan pada permukaan luar daerah retak dengan tujuan untuk mengetahui bentuk permukaan retakan dan kemungkinan bentuk penyusutan.

Dari hasil pemeriksaan EDS pada ujung retakan terdapat unsur Fe dengan kandungan berat 98,81% dan Mn dengan kandungan berat 1,16% sedangkan S dengan berat 0,04%. Dari data SEM dan EDS tersebut dapat dilihat bahwa jalur retak (Gambar 7) melewati inklusi, sehingga pada jalur retakan terdapat retak yang terbuka atau membesar. Data hasil pemeriksaan EDS lihat Gambar 13.



Gambar 12. Ujung Retakan Hasil SEM



Gambar 11. Retakan dari Hasil SEM

**KESIMPULAN**

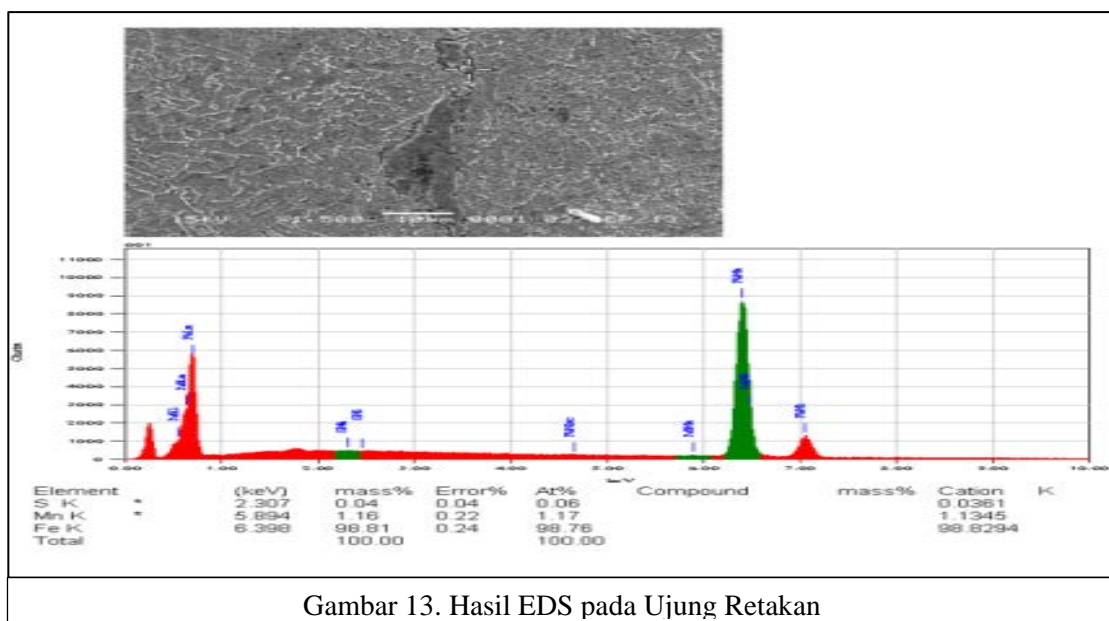
Dari hasil pengujian dan ditinjau dari proses pembuatannya, terdapat beberapa penyebab terjadinya retakan pada produk Yoke Rotor pada radius dekat bagian badan dan kepala.

Berdasarkan proses pembuatan retakan terjadi karena desain *dies* tempa yang kurang baik, sehingga menyebabkan awal mula retak terbentuk.

Proses tempa yang dilakukan pada temperatur 1200°C dapat terjadi dekarburisasi. Daerah yang mengalami dekarburisasi lebih lemah daripada daerah sekitarnya.

Hasil uji stereografi dilihat bahwa retakan tidak bercabang, hal ini indikasi bahwa retak terjadi ketika proses pembentukan.

Inklusi mempermudah proses menjalarnya retakan yang menjalar menjadi besar ketika melewati inklusi.



Gambar 13. Hasil EDS pada Ujung Retakan

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada Ir. Eko Budi Prakoso atas semua bantuan dan bimbingannya sebagai narasumber, sehingga terselesaikannya penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM, 1975, *Failure Analysis and Prevention* "Metal Hand Book Vol. 10, 8<sup>th</sup> Edition, American Society for Metal, 1975. Hal. 314–343.
- [2] Joshua T.O, Alao O.A, Oluyori R.T "Effects of Various Quenching Media on the Mechanical Properties of Inter - Critically Annealed 0.267%C - 0.83% Mn Steel" International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT) ISSN: 2249–8958, Vol. 3 Issue 6, August 2014. 121–127.
- [3] Forging Terminology [http://www.gerdaumacsteel.com/media-center/mdb/general\\_information/forging\\_terminology.shtml#o](http://www.gerdaumacsteel.com/media-center/mdb/general_information/forging_terminology.shtml#o), diakses tanggal 7 Januari 2015.

