

ANALISA KEGAGALAN KOMPONEN *FRONT AXLE* PADA KENDARAAN BERMOTOR RODA EMPAT

Cahaya Sutowo^{1*}, Ika Kartika², Budi Priyono³

Pusat Penelitian Metalurgi dan Material - LIPI
Kawasan Puspiptek Serpong, Gedung 470, Tangerang 15314
E-mail : csutowo@yahoo.com

ABSTRAK

Kegagalan material berupa patahnya front axle bagian kanan dan bagian kiri pada komponen kendaraan bermotor roda empat jenis bus terjadi pada saat kendaraan sedang beroperasi. Analisa kegagalan ini dilakukan untuk mengetahui penyebab utama dan mekanisme kegagalan yang mengakibatkan patahnya front axle pada kedua bagian serta memberikan solusi agar kegagalan serupa dapat dihindari dikemudian hari. Pengujian telah dilakukan berupa fraktografi melalui pengamatan visual secara makro dan mikro, uji kekerasan mikro vickers dan metalografi diharapkan dari serangkaian pengujian dan evaluasi dapat diketahui faktor penyebab kegagalan. Material komponen front axle dapat dikelompokkan kedalam baja karbon paduan rendah, analog dengan standar JIS G5111 SCC5 (high tensile strength carbon steel and low alloys steel castings for structural purpose) dengan nilai kekerasan rata-rata 262,9 – 291,0 HV hasil proses quench & temper serta memiliki struktur mikro martensit temper. Jenis patahan yang terjadi adalah patah ulet terjadi pada bagian atas komponen di tandai dengan bentuk permukaan yang lebih halus akibat kegagalan akibat beban lebih (over load) sehingga melebihi batas luluh material pada saat operasi. Kegagalan akibat beban lebih pada kasus ini terjadi akibat adanya porositas pada material sehingga dapat menurunkan kekuatan material.

Kata kunci : *front axle, kegagalan material, porositas, baja paduan rendah.*

ABSTRACT

Material failure to broken front axle in the form of the right and left side of the vehicle component occurs when the vehicle is operating. Failure analysis is conducted to determine the root cause and failure mechanisms that lead to fracture of the front axle on both parts as well as provide solutions so that similar failures can be avoided in the future. Tests have been carried out in the form of fraktografi through visual observation of macro and micro, micro vickers hardness test and metallographic expected from a series of tests and evaluations can be known reasons of failure. Material components of the front axle can be grouped into a low alloy carbon steel, analogous to the standard of JIS G5111 SCC5 (high tensile strength and low carbon steel alloys steel castings for structural purpose) with an average hardness value from 262.9 to 291.0 HV quench process results & tempered and has a tempered martensite microstructure. The type of fault that occurred is a ductile fracture occurs at the top mark with a component in the form of a smoother surface due to failures due to overload (over load) thus exceeding the yield limit of the material at the time of surgery. Failures due to overload in this case were due to the porosity of the material so that it can decrease the strength of the material.

Keywords: *front axle, material failure, porosity, low alloy steel.*

PENDAHULUAN

Pendahuluan memuat tentang latar belakang, landasan teori, masalah, rencana pemecahan masalah dan tujuan penelitian. Pendahuluan ditulis menggunakan huruf Times New Roman, ukuran 11 dan spasi 1 dan fist line 0,38 inch.

Teks diketik di dalam sebuah luasan print dengan margin 1.2 inch dari atas, 1 inch dari bawah dan kiri kertas. Margin sisi kanan dibuat 0.8 inch. Ukuran paper A4, lebar 8,27 inch, tinggi 11,69 inch. Layout: header 0,5 inch, footer 0,5 inch. Teks tidak perlu diberi nomor halaman.

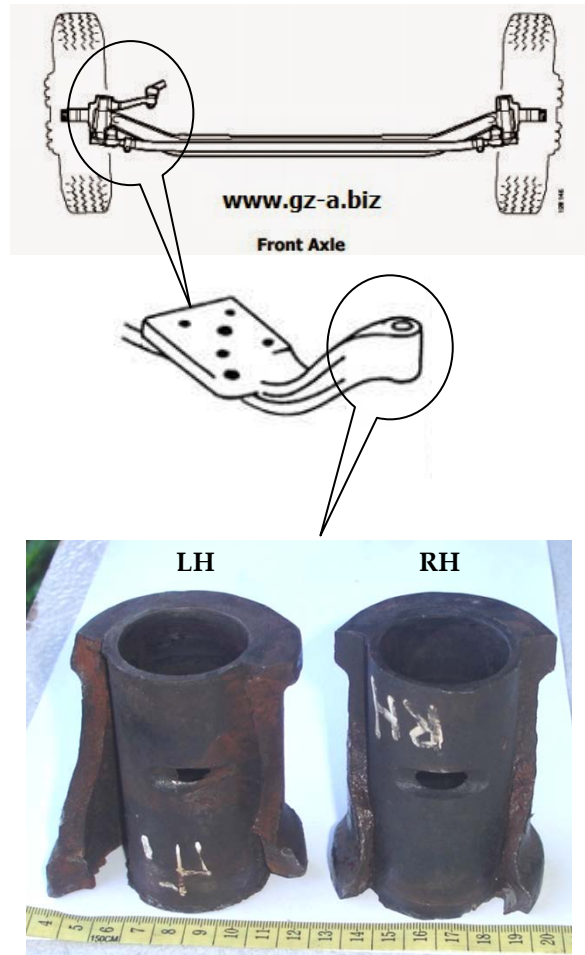
Isi artikel diketik dalam format dua kolom (lebar kolom = 2,98 inch dan spasi kolom = 0,5 inch).

Kegagalan material telah terjadi pada komponen *front axle* sebuah unit kendaraan roda empat, kegagalan berupa patahnya *front axle* bagian kanan dan bagian kiri. *Front axle* berfungsi untuk menyangga sebagian dari beban kendaraan pada roda depan (*front wheels*) dan untuk *steering* kendaraan. *Axle* merupakan poros atau *shaft* sebagai penyangga beban kendaraan dan padanya terpasang roda dan berputar. Secara fungsional *axle* dibagi menjadi dua yaitu *front axle* (depan) dan *rear axle* (belakang). Bagan dibawah ini menunjukkan *front axle* secara umum[1]. Dari bentuk komponen pada Gambar 1 dapat diperkirakan beberapa besaran kuantitatif yang berhubungan dengan pembebanan yang sebenarnya terjadi pada komponen ini dari keseluruhan sistem pembebanan.

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab utama dan mekanisme kegagalan yang mengakibatkan patahnya *front axle* pada kedua bagian sisi kanan dan kiri kendaraan roda empat jenis bus serta memberikan solusi agar kegagalan serupa dapat dihindari dikemudian hari.

Serangkaian pengujian yang dilakukan antara lain adalah fraktografi, uji keras mikro dan metalografi telah

dilakukan terhadap komponen tersebut. Diharapkan dari hasil pengujian dan evaluasi dapat diketahui faktor penyebab kegagalan. Bagian komponen yang mengalami kegagalan sebagaimana pada gambar 1.



Gambar 1. Foto komponen *front axle* bagian kiri (LH) dan bagian kanan (RH).

METODE

Dalam penelitian ini dilakukan investigasi terhadap komponen *front axle* kendaraan roda empat jenis bus yang mengalami kegagalan berupa patah, dimana kendaraan ini rutin beroperasi selama 2 tahun dengan rute jalan raya beraspal yang dilalui bervariasi dengan berat kendaraan berkisar antara 10 – 15 ton.

Permukaan patahan komponen *front axle* diamati secara visual untuk melihat adanya pola-pola khusus atau tanda-tanda khusus yang disebabkan oleh

tipe pembebanan tertentu yang diterima komponen sebelum terjadi kegagalan. Dari pengamatan visual dapat dilakukan prediksi jenis kegagalan yang dialami komponen untuk selanjutnya dapat dilakukan pengujian yang mengarah pada prediksi awal.

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan, pengujian metode *Vickers* menggunakan alat uji *micro vickers*, beban 200 gf dengan waktu pembebanan 30 detik. Standar yang digunakan ASTM E-384-85. Analisa komposisi kimia menggunakan metode *Optical Emmission Spectrometer (OES)*, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui jenis material komponen *front axle*.

Pengamatan metalografi dilakukan pada komponen *front axle* yang mengalami patah, pengamatan dilakukan untuk melihat struktur mikro, adanya inklusi maupun porositas atau rongga pada komponen hasil proses pengecoran dapat diketahui melalui pengujian ini. Hasil pengujian dapat berupa foto struktur makro atau foto struktur mikro.

Fraktografi selain diamati secara makro visual juga diamati dengan melakukan pengujian menggunakan *Scanning Electron Microscope (SEM)* untuk dapat melihat permukaan patahan material dalam pembesaran yang lebih besar sehingga diketahui pola yang terbentuk pada permukaan tersebut dan kriteria gaya pembebanan yang mempengaruhi.

Daerah retak pada komponen *front axle* diperbesar dengan menggunakan SEM untuk melihat ada tidaknya pengaruh dari pengotor atau terbentuk tidaknya cacat-cacat pada saat proses pembentukan material dan untuk mengetahui komposisi kimia dari suatu daerah tertentu yang diinginkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan visual pada Gambar 2 menunjukkan patahan membentuk sudut

kemiringan, bahkan pada patahan komponen *front axle* bagian kanan membentuk sudut sekitar 45° yang menandakan bahwa telah terjadi beban torsi (momen torsi) yang tinggi serta terbentuknya deformasi.



Gambar 2. Foto komponen *front axle* patahan membentuk sudut.

Pada permukaan patahan bagian kanan terlihat adanya perbedaan permukaan patahan yaitu sebagian dengan permukaan yang halus (A) dan bagian yang lainnya memiliki permukaan yang kasar (B), sedangkan permukaan patahan komponen *front axle* bagian kiri lebih seragam dengan permukaan kasar.



area A

area B

Gambar 3. Foto permukaan patahan pada

Dari hasil pengamatan visual terhadap patahan pada Gambar 2 dan 3 menunjukkan ciri-ciri sebagai berikut :

- Pada daerah patahan terdapat deformasi plastis.
- Bentuk patahan pada komponen membentuk sudut 45^o.
- Pada bidang patahan menunjukkan permukaan halus dan kasar.

Dari ciri-ciri tersebut patahan dapat dikelompokkan kedalam patah ulet akibat momen lentur. Ciri-ciri patahan tersebut menunjukkan bahwa komponen *front axle* patah ulet akibat beban lebih (*over load*) sampai melebihi batas luluh material.

Hasil analisa komposisi kimia menggunakan metode *Optical Emmission Spectrometer* (OES) dan hasil pengujian kekerasan pada komponen *front axle* dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan metode *Brinnel*, posisi pengujian pada area permukaan.

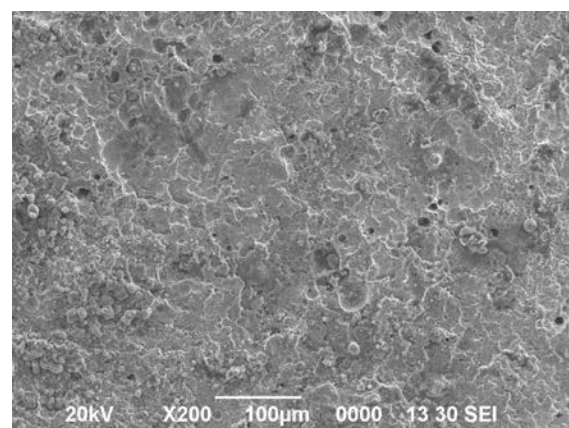
NO. URUT PENGUJIAN	HARGA KEKERASAN BRINELL (HB-30)	
	RH	LH
1	325,0	383,0
2	333,4	377,8
3	344,3	362,8

4	323,0	361,6
5	325,0	367,6
Rata - Rata	330,2	370,6

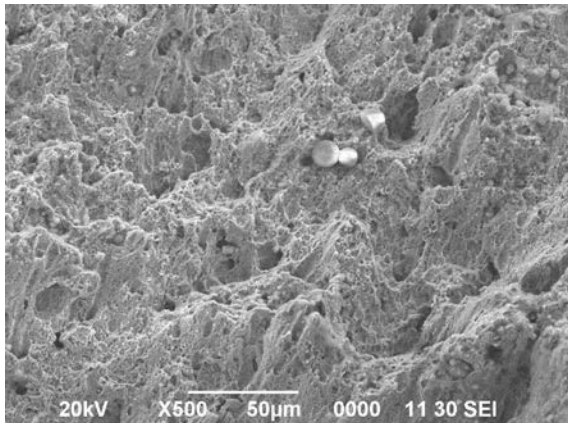
Tabel 2. Hasil pengujian kekerasan metode *Micro Vickers*,posisi pengujian melintang dari outer ke inner

Jarak (µm)	Kekerasan (HV)	
	Kanan (RH)	Kiri (LH)
50	311.6	246.4
150	278.4	250.2
250	278.4	250.2
500	286.2	273.9
750	286.2	281.5
1250	294.3	286.2
1750	294.3	273.9
2750	289.4	286.2
3750	278.4	270.9
4750	286.2	302.8
5750	302.8	286.2
6250	311.6	302.8
6750	311.6	263.2
7000	297.6	297.6
7250	297.6	311.6
7500	297.6	273.9
7700	286.2	273.9
7800	281.5	263.7
7900	259.6	286.2
Rata - Rata	291,0	262,9

Hasil pengamatan pada area pengambilan foto menggunakan SEM (*scanning electrone microscope*) pada permukaan patahan komponen *front axle* untuk analisa fraktografi dapat dilihat pada Gambar 4.



a. Kanan (RH)



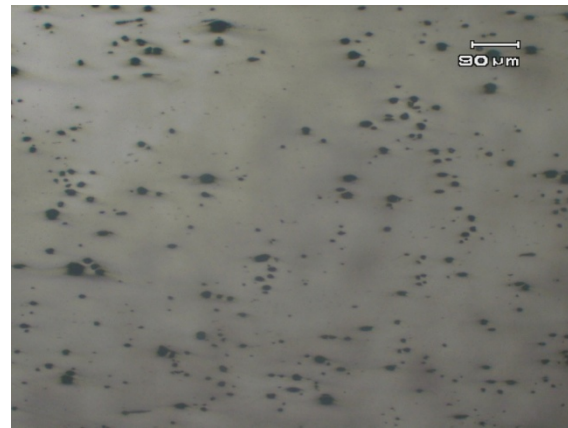
b. Kiri (LH)

Gambar 4. Hasil foto SEM pada permukaan patahan *front axle*

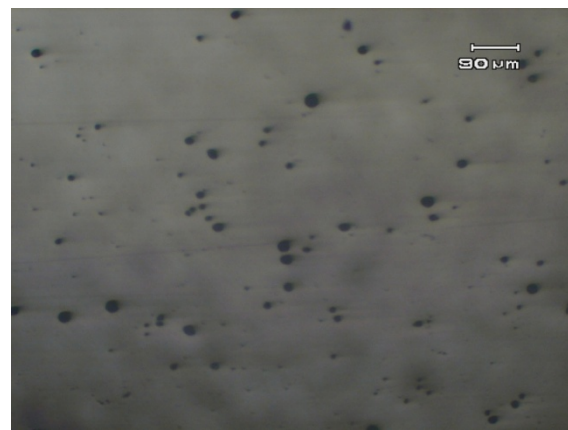
Gambar 4.a menunjukkan hasil SEM pada permukaan patahan *front axle* bagian kanan (RH) pada area yang bertanda A. Permukaan ini memperlihatkan bentuk-bentuk *dimple* yang menjadi ciri patah ulet, juga terlihat adanya daerah-daerah hitam yang merupakan rongga udara (porosity).

Demikian pula pada Gambar 4.b. permukaan patahan *front axle* bagian kiri (LH), terlihat bentuk-bentuk *dimple* yang menjadi ciri patah ulet juga terlihat adanya daerah-daerah hitam yang merupakan rongga udara. Kriteria *dimple* tersebut diakibatkan karena tegangan tarik murni dan tegangan geser sehingga patahan dapat dikelompokkan patah ulet akibat tegangan tarik dan tegangan geser[2].

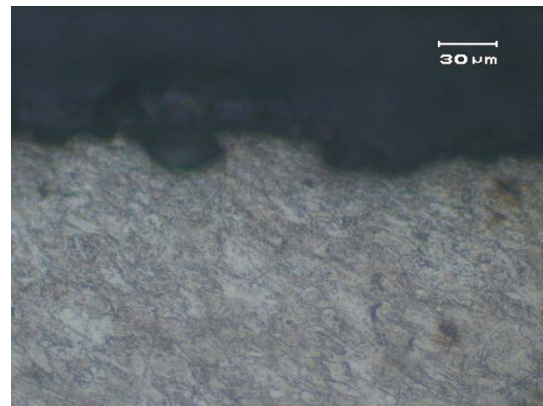
Foto hasil metalografi tanpa etsa pada Gambar 5. menunjukkan adanya porositas, porositas umumnya karena adanya udara terjebak pada saat penuangan saat pengecoran. Adanya porositas dan inklusi ditunjukkan pula dengan fluktuasinya nilai kekerasan material tersebut, akibat adanya porositas menyebabkan kekuatan material menurun sehingga batas luluh juga menurun.



(a)

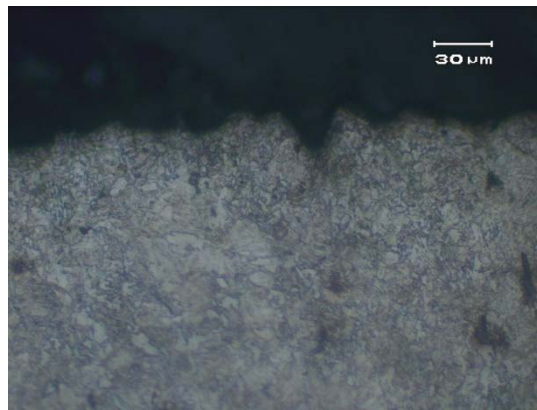


(b)

Gambar 5. Hasil metalografi tanpa etsa pada penampang melintang material komponen *front axle* (a). bagian kiri (LH) , (b). Bagian kanan (RH).



Gambar 6. Struktur mikro penampang melintang dari komponen *front axle* pada area sekitar daerah patahan bagian kiri (LH) etsa Nital 2%.

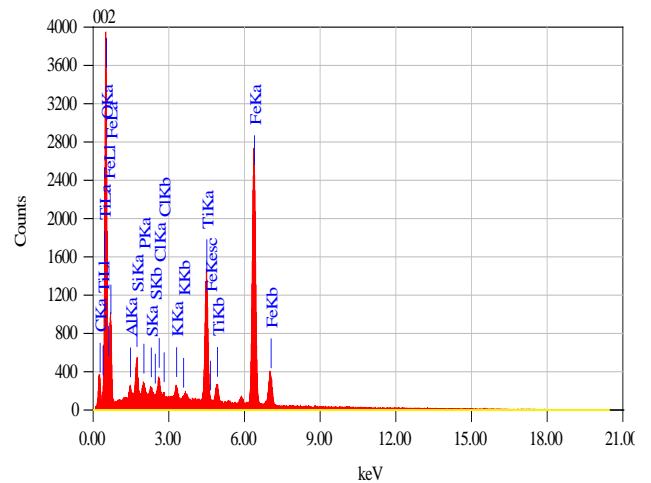


Gambar 7. Struktur mikro penampang melintang dari komponen *front axle* pada area sekitar daerah patahan bagian kanan (RH), etsa Nital 2%.

Dari hasil serangkaian pengujian kekerasan dan analisa komposisi kimia serta hasil metalografi pada Gambar 6 dan 7, material komponen *front axle* dapat

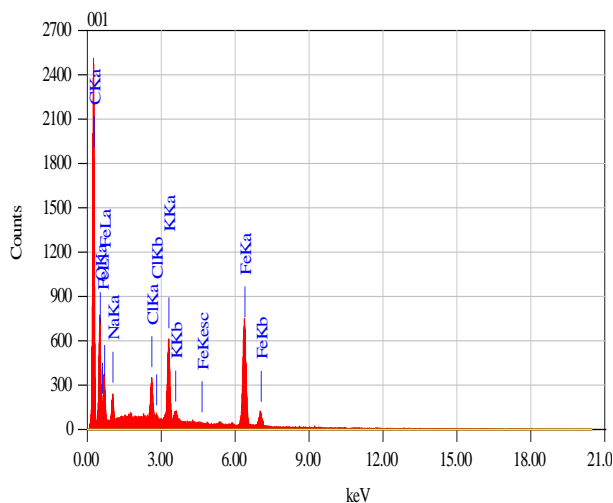
dikelompokkan kedalam baja karbon paduan rendah, analog dengan standar JIS G5111 SCC5 (*high tensile carbon and low alloys steel castings for structural purpose*) dengan nilai kekerasan rata-rata 274 – 288 HV hasil proses *quench & temper* serta memiliki struktur mikro martensit temper [3].

Pada daerah sekitar retakan area pada Gambar 3, hasil pengujian EDX pada Gambar 8 dan 9 dapat disimpulkan bahwa pada area tersebut terdapat inklusi berupa senyawa non logam dengan indikasi adanya beberapa unsur diantaranya yaitu Cl, Si, dan Al serta sebagian besar adalah oksida. Adanya oksida logam dapat memicu terjadinya retak [5].



Gambar 8. Kandungan unsur pada komponen *front axle* bagian kanan (RH)

Pada Gambar 8 menunjukkan Hasil EDX pada area sekitar daerah patahan bagian kanan menunjukkan adanya senyawa yang mengandung unsur : C=44,03%, O=24,24%, Na=2,59%, Cl=2,01%, K=5,01%, Fe=22,12%.

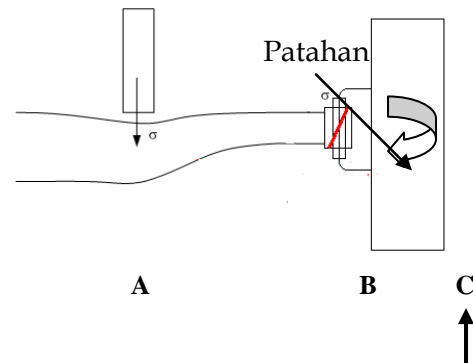


Gambar 9. Kandungan unsur pada komponen *front axle* bagian kiri (LH).

Sedangkan pada Gambar 9 menunjukkan Hasil EDX pada area sekitar daerah patahan bagian kiri menunjukkan adanya senyawa yang mengandung unsur : C=6,86%, O=36,84%, Al=0,48%, Si=1,46%, P=0,52%, S=0,35%, Cl=0,77%, K=0,59%, Ti=10,36%, Fe=41,76%.

Berdasarkan data hasil pengujian dan ciri-ciri kegagalan dapat dibuat kronologis kegagalan komponen *front axle* sebagaimana ditunjukkan gambar skematik pada Gambar 10, yaitu sebagai berikut :

1. Pada saat kendaraan dioperasikan dengan kondisi normal komponen *front axle* menerima beban lentur.
2. Sedangkan pada kondisi tidak normal misalnya dengan adanya jalan berlubang atau adanya gundukan seperti polisi tidur, maka momen lentur akan meningkat dan dapat menimbulkan tegangan yang sangat tinggi pada komponen yang akhirnya patah akibat beban berlebih (*over load*).
3. Terjadinya beban berlebih ataupun tidak, juga bisa dilihat atau dibuktikan dari kondisi stoper pada saat kejadian di lapangan.



Gambar 10. Skematik dari komponen *front axle* dan pembebanan yang terjadi pada komponen tersebut saat operasi

SIMPULAN DAN SARAN

Material komponen *front axle* dapat dikelompokkan kedalam baja karbon paduan rendah, analog dengan standar JIS G5111 SCC5 (*high tensile strength carbon steel and low alloys steel castings for structural purpose*) dengan nilai kekerasan rata-rata 262,9 – 291,0 HV hasil proses *quench & temper* serta memiliki struktur mikro martensit temper.

Komponen *front axle* mengalami patah ulet dengan awal retakan pada bagian atas di tandai dengan bentuk permukaan yang halus, kegagalan akibat beban lebih (*over load*) sehingga melebihi batas luluh material pada saat operasi, yang dibuktikan dengan ciri-ciri patahan menunjukkan pada daerah patahan terdapat deformasi plastis, patahan pada komponen membentuk sudut 45° , pada bidang patahan menunjukkan permukaan halus dan kasar, kriteria *dimple* menunjukkan patah ulet, *dimple* diakibatkan oleh tegangan tarik dan tegangan geser.

Kegagalan akibat beban berlebih pada kasus ini diakibatkan adanya porositas pada material sehingga dapat menurunkan kekuatan material.

DAFTAR PUSTAKA

<http://www.otopos.net/2015/03/front-axle-front-dead-axle.html?m=1>

ASM. Metals Hand Book Volume 11.
Failure Analysis and Its Prevention,
American Society for Metals, Ohio.

JIS Standard. Handbook. Ferrous Materials
and Metallurgy, Japanese Standard
Association.

Donald J. Wulpi. Understanding How
Components Fail. American
Society for Metals. Ohio. 1990.

Cahya Sutowo, Ika Kartika, Budi Priyono,
“ Analisa Keretakan Pada
Komponen Camshaft”, Proseding
Seminar Material Metalurgi 2015 ,
ISSN / ISBN / IBSN : 2085-0492.
Serpong, 2015.