

ANALISA KEGAGALAN POROS RODA BELAKANG (STUDI KASUS) PADA TRUK X

FAILURE ANALYSIS OF REAR WHEEL AXIS (CASE STUDY) ON TRUCK X

Hajar Isworo¹⁾, Widya Agung Pratama²⁾

¹Politeknik Negeri Tanah Laut, Pelaihari, Indonesia

²Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia

email: hajarisworo@politala.ac.id^{*}, widyaagungpratama@gmail.com

Abstract

Received:
5 September
2022

Accepted:
22 September
2022

Published:
30 September
2022

A truck is a vehicle that functions as a carrier of goods to be distributed to a place. The truck is also arranged several components one of the components is the axle shaft. The axle shaft is the drive shaft that functions to continue the driving force from the differential to the wheel. Often there is a failure on the rear axle, this will certainly affect the rate of distribution of goods. therefore research is needed when further failure occurs to minimize future failures. This study uses two methods, namely fractography and composition testing. the results of the test composition obtained that the material is an alloy steel with AISI 4140 standards and no problems were found. From fractographic observations to visual observations, it is found that the beachmark is a characteristic of repeated loading. When an enlargement is obtained there is a crack before the beachmark occurs and before the end of the fault there is a flat surface due to stress concentration when the axle shaft component fails.

Keywords: Rear Wheel Axle, Fractography, Beachmark

Abstrak

Truk merupakan kendaraan yang berfungsi sebagai pengangkut barang untuk didistribusikan ke suatu tempat. Truk adas juga disusun beberapa komponen salah satu komponennya adalah poros gardan. Poros gardan merupakan poros penggerak yang berfungsi meneruskan gaya penggerak dari differential ke roda. Seringkali terjadi kegagalan pada gardan belakang, hal ini tentunya akan mempengaruhi laju distribusi barang. oleh karena itu penelitian diperlukan ketika kegagalan lebih lanjut terjadi untuk meminimalkan kegagalan di masa depan. Penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu fraktografi dan pengujian komposisi. hasil pengujian komposisi didapatkan bahwa material tersebut merupakan baja paduan dengan standar AISI 4140 dan tidak ditemukan masalah. Dari pengamatan fraktografi hingga pengamatan visual, ditemukan bahwa *beach mark* merupakan karakteristik dari pembebanan berulang. Pada saat diperoleh perbesaran terdapat retak sebelum terjadi beachmark dan sebelum ujung sesar terdapat permukaan yang rata akibat konsentrasi tegangan pada saat komponen poros poros mengalami kegagalan.

Kata kunci: Poros Gardan, Fraktografi, *Beachmark*

DOI: https://doi.org/10.20527/jtam_rotary.v4i2.6664

How to cite: Isworo, H., & Pratama, W. A., "Analisis Kegagalan Poros Roda Belakang (Studi Kasus) Truk X". *JTAM ROTARY*, 4(2), 102-114, 2022.

PENDAHULUAN

Truk merupakan kendaraan yang berfungsi sebagai alat pengangkut barang yang selanjutnya di distribusikan. Ada berbagai macam jenis truk berdasarkan jenis dan berat muatan yang akan diangkut, tidak jarang truk harus melalui medan yang sulit oleh karena itu komponen truk tersusun dari material yang kuat tergantung dari kebutuhan truk tersebut. Tidak jarang terjadi kegagalan material pada komponen truk sehingga berdampak menghambat distribusi dari barang yang akan diantar. Seiring banyaknya masyarakat maka meningkat pula kebutuhan masyarakat akan barang yang didistribusikan terus meningkat tidak jarang operator truk harus membawa beban yang berlebih. Banyak masyarakat yang mengabaikan beban yang dimuat dalam truk, sehingga banyak komponen yang rusak akibat pembebanan berlebih ataupun karena pemakaian sehingga mengakibatkan kegagalan pada komponen truk.

Poros roda belakang atau rear axle shaft merupakan komponen yang penting dalam truk. Dimana poros roda belakang berfungsi sebagai pemindah tenaga dari differential menuju ke roda. Oleh karena itu poros roda belakang harus selalu dalam kondisi baik agar dapat menjalankan fungsi dengan baik. Namun banyaknya operator yang kurang memperhatikan poros roda belakang ini sehingga banyak terjadi kasus kegagalan poros roda belakang. Oleh sebab itu penulis tertarik untuk mengangkat tugas akhir yang berjudul “Analisa Kegagalan Poros Roda Belakang (Studi Kasus) pada Truk X”.

Dalam penelitian ini material yang digunakan adalah poros roda belakang bagian kanan pada truk dengan muatan 7.5 ton. Truk jenis ini sangat cocok dalam penelitian karena banyaknya masyarakat yang menggunakannya sebagai alat distribusi barang antar daerah.

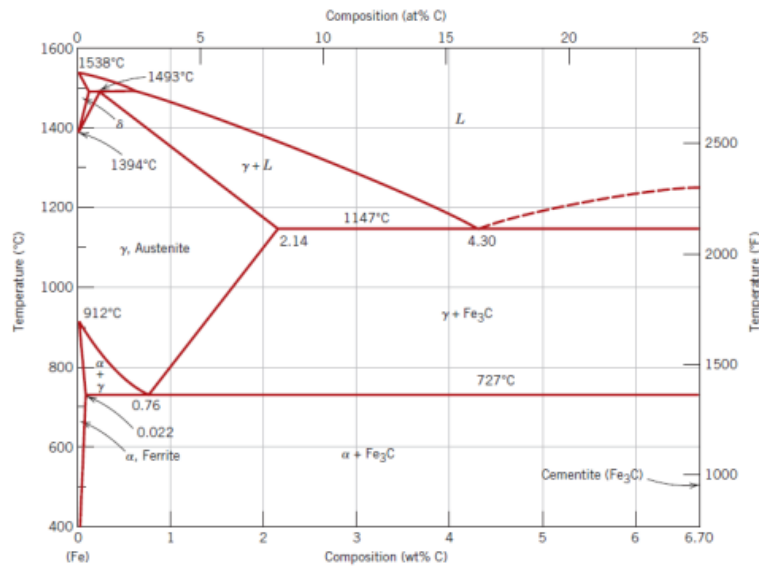
Baja Karbon

Baja karbon merupakan jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). yang mana besi merupakan unsur utamanya dan karbon sebagai unsur paduan dan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon sendiri terbagi menjadi 3 yaitu:

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)
Baja karbon rendah merupakan baja dengan kandungan unsur karbon kurang dari 0,3% C.
2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)
Kandungan karbon pada baja karbon sebesar 0,3% C – 0,59% C.
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)
Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon antara 0,6% C – 1,4% C.

Diagram Fasa Fe-C

Diagram fasa merupakan diagram yang menampilkan perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan. Diagram fasa juga menjadi parameter untuk mengetahui segala jenis fasa yang terjadi didalam baja, serta untuk mengetahui faktor-faktor apa saja yang terjadi di dalam baja paduan. Tidak seperti struktur logam murni yang hanya dipengaruhi oleh suhu, suhu dan komposisi berpengaruh terhadap struktur paduan.



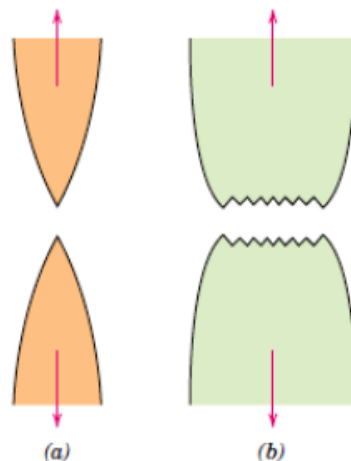
Gambar 1. Diagram Fasa

Patahan

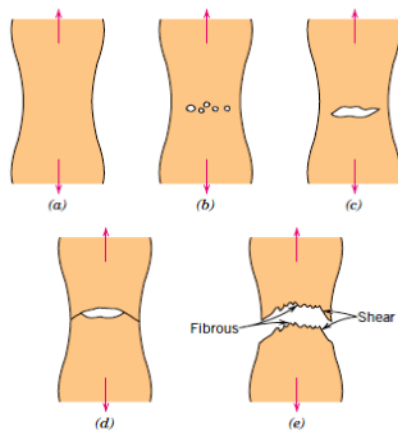
Patahan adalah terbaginya material menjadi 2 atau lebih potongan yang disebabkan oleh tegangan statik pada temperatur yang relatif rendah terhadap titik leleh dari suatu material. Ada beberapa jenis tegangan yang terjadi pada material seperti tegangan tarik, tegangan geser dan torsi. Terdapat dua jenis model patahan yaitu patahan ulet dan patahan getas. Klasifikasi jenis patahan ini berdasarkan kemampuan sebuah material dalam menerima deformasi plastis. Berikut ini adalah penjelasan tentang jenis jenis model patahan:

1. Patah material ulet

Bentuk patahan material dengan jenis ulet mempunyai karakter atau ciri yang berbeda dengan jenis getas jika diamati secara dengan alat bantu pembesaran. Gambar 2 menunjukkan skematik *representative* dari dua karakteristik profil patahan secara makro. Gambar 2(a) menunjukkan terjadi pada material lunak. Patahan dengan material jenis ulet mengakibatkan tegangan tarik seperti pada Gambar 2(b) yang mana patahan diawali dengan adanya *necking*. Untuk proses terbentuknya *microvoid* di dalam struktur material ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 2. Bentuk Patahan Material Ulet



Gambar 3. Proses Patah Material Ulet

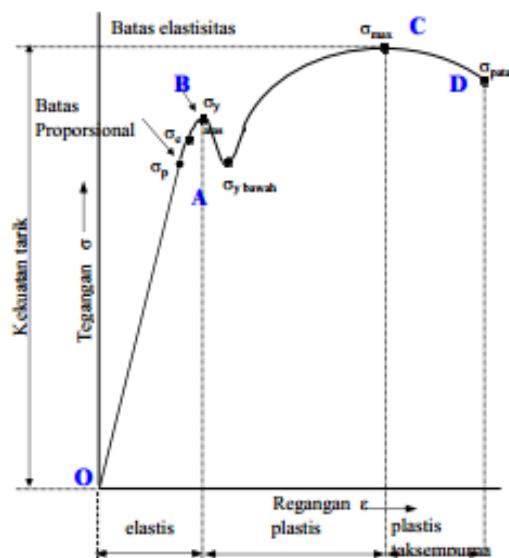
2. Patah material getas

Patahan jenis ini sering kali terjadi tanpa terjadi deformasi pada material. Proses retakan pada patahan dengan material jenis ini merambat sepanjang bidang-bidang material atau transgranular. Kemudian pada material yang lunak dengan butir kasar (*coarse grain*) dapat dilihat pola-pola yang dinamakan *chevron*. Permukaan patah getas terlihat *fan pattern* yaitu garis atau daerah asal retakan.

Deformasi

Deformasi atau perubahan bentuk pada material terjadi akibat adanya gaya yang bekerja walaupun gaya yang bekerja kecil, maka material akan mengalami perubahan bentuk dan ukuran. Perubahan bentuk dan ukuran fisik inilah yang disebut deformasi. Deformasi ada dua macam yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis. Pengelompokan deformasi ini berdasarkan pengaruh perubahan terhadap gaya yang bekerja. Deformasi elastis adalah perubahan bentuk yang dapat kembali keukuran semula atau masih berada di batas elastis material. Sedangkan deformasi plastis adalah deformasi yang bersifat permanen akibat gaya melebihi batas elastis.

di mana :



Gambar 4. Diagram Tegangan Regangan

Pemicu Kegagalan

1. Cacat Material

Cacat material adalah ketidaksempurnaan dalam proses pembuatan material. Berdasarkan geometrinya cacat material terbagi atas 4 yaitu :

a. Cacat titik

Cacat titik adalah cacat yang berupa titik pada material sehingga mengakibatkan kekosongan. Cacat ini membentuk lubang dalam ukuran mikro. Jika titik dalam jumlah besar saling terhubung maka akan menimbulkan retakan pada material.

b. Dislokasi

Dislokasi adalah bergesernya suatu atom yang diakibatkan oleh tegangan mekanik yang nantinya dapat menimbulkan perubahan permanen pada material.

c. Cacat antar muka

Cacat antar muka adalah batas yang mempunyai dua dimensi yang biasanya memisahkan daerah-daerah pada material yang mempunyai struktur kristal yang berbeda.

d. Cacat volume

Cacat volume adalah ketidaksempurnaan pada atom. Kehadiran cacat ini biasanya memberikan suatu dampak kepada sifat material asal yang berakibat menurunnya kualitas dari material. Cacat jenis ini dapat berupa retakan dan rongga

2. Fatigue

Fatigue atau kelelahan merupakan gagalnya suatu material yang terjadi akibat pembebanan berulang. Kegagalan jenis ini memiliki tiga fase saat terjadi kegagalan yaitu awal, perambatan dan juga akhir dari patahan. Kegagalan jenis ini terjadi ketika sebuah material telah mengalami proses tegangan dan regangan yang dapat menghasilkan deformasi plastis dan terjadi di bawah atau di atas tegangan luluh suatu material.

3. Konsentrasi tegangan

Untuk menentukan besar tegangan pada material biasanya menggunakan rumus dasar

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

di mana:

P merupakan gaya yang bekerja dan A merupakan luas penampang dari material.

Rumus ini didasarkan apabila tegangan terbagi rata di seluruh penampang, namun batang sering kali mempunyai ulir, lubang, maupun perubahan bentuk geometri yang dapat menimbulkan pembagian tegangan tidak terbagi rata. Diskontinuitas geometri menyebabkan tegangan tinggi pada daerah yang sangat kecil pada batang, dan tegangan tinggi ini disebut konsentrasi tegangan. Konsentrasi tegangan juga muncul di lokasi pembebanan, karena kemungkinan terjadinya kelelahan, saat suatu struktur elemen mengalami pembebanan berulang maka konsentrasi tegangan menjadi penting dimana awal retak terjadi di lokasi dengan tegangan tinggi dan menjalar secara perlahan apabila beban terus berulang.

Mekanisme Retak Bidang Struktur

1. Mekanisme retak bidang struktur material secara makro

Kondisi awal suatu material yang memiliki retak awal berpotensi mengakibatkan awal perambatan retak. Perambatan retak terjadi dengan adanya pembebanan *cyclic*. Pembebanan *cyclic* membuat bidang permukaan bergelombang yang menyerupai bidang pasir yang terkena ombak bentuk bidang patahan ini disebut *Beachmark*. Permukaan yang gelap pada permukaan *beachmark* disebabkan terkena korosi akibat kontak dengan udara. Mekanisme awal retak dan perambatan retak berjalan pada daerah deformasi plastis dan arahnya tegak lurus tegangan tarik maksimum. Model perambatan retak *fatigue* dipengaruhi ketebalan material kekuatan *yield*, besar pembebanan, dan panjang retak. Proses tahapan kegagalan akibat *fatigue* adalah *crack nucleation*, *beachmark* (indikasi adanya perambatan retak), *final fracture* (patahan bagian akhir). Sedangkan proses tahapan patahan akibat pembebanan *cyclic* adalah adanya *crack* (retak), lalu ada pembebanan berulang dan adanya patahan akhir. Awal retak sendiri timbul dari adanya cacat atau inklusi.

2. Mekanisme retak bidang struktur material secara mikro

Adanya pembebanan berulang pada suatu material menyebabkan dislokasi pada struktur material, mungkin dalam mendesain suatu komponen mesin hal ini kurang mendapat perhatian tetapi pemahaman ini penting untuk pengetahuan di bidang teknik material. Adanya dislokasi pada material dan terjadinya deformasi plastis mengakibatkan slip sepanjang bidang struktur kristal. Pada material yang getas dislokasi jumlahnya terbatas, sebaliknya pada material yang ulet jumlah dislokasinya banyak. Secara umum awal pengintian retak (*crack initiation*) terjadi karena ada slip selama pembebanan berulang. Seperti slip karena beban statis (*monotonic loading*), slip karena beban berulang (*cyclic loading*), slip akibat beban berulang kombinasi beban tarik dan tekan.

Teori Bidang Struktur Logam

Patahan yang terjadi pada logam pada skala mikro adalah terjadi pada butir logam (*transgranular*) atau terjadi pada batas butir (*Intergranular*) yang satu dengan lainnya. Model patahan pada logam ada 4 yaitu:

1. *Dimple rupture* (untuk jenis material yang ulet)

Ukuran jenis patahan yang pada model *dimple* dapat menentukan jumlah dan distribusi *void* (rongga) yang ditimbulkan. Selain itu bentuk patahan model *dimple* juga dipengaruhi tegangan yang terjadi pada *void* dalam skala mikro dalam waktu bersamaan.

2. *Cleavage*

Patahan jenis *cleavage* biasanya berawal kumpulan bidang patahan yang sejajar, kemudian kumpulan patahan tadi menyatu menjadi *cleavage step*. Jaringan dari *cleavage step* dinamakan *river pattern*.

3. *Fatigue*

Patahan akibat pembebanan berulang (*cyclic*) pada suatu komponen, patahan *fatigue* ada 3 tahap yaitu: Inisiasi (*initiation*), Perambatan (*propagation*) dan Patahan akhir (*Catastrophic fracture*).

4. *Decohesive rupture*

Decohesive rupture adalah patahan pada komponen yang terjadi karena reaksi lingkungan (unsur-unsur) terhadap satu mikrostruktur suatu material ataupun kumpulan

mikrostruktur suatu material yang mengakibatkan patahan di sepanjang batas butir. Patahan terjadi pada batas butir karena titik cairnya paling rendah dalam sistem paduan

METODE PENELITIAN

Peralatan

1. Mikroskop digital

Mikroskop digital digunakan untuk membantu melihat struktur patahan dengan pembesaran.



Gambar 5. Mikroskop Digital

2. Laptop

Laptop digunakan sebagai alat bantu dalam melihat pembesaran secara makro

3. Spektrometer Bruker Q2 ION

Digunakan untuk melihat komposisi dari material



Gambar 6. Spektrometer Bruker Q2 ION

Pegujian Komposisi Material

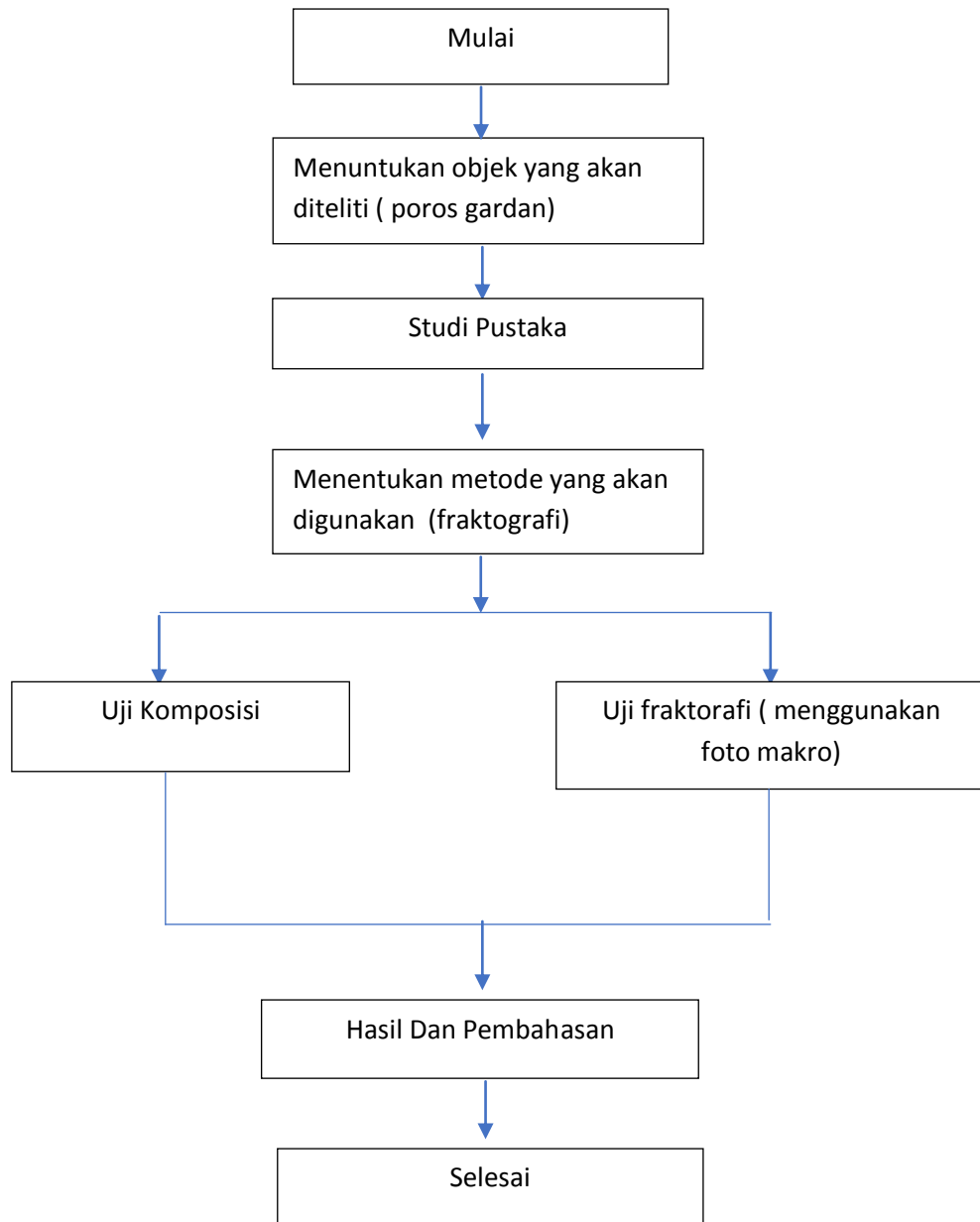
Untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam material benda uji dan juga untuk mengetahui persentase kandungan dan jenis material yang di uji perlu dilakukan pengujian komposisi. Selain itu dari hasil uji komposisi juga dapat diketahui apakah ada kandungan sesuai dengan standar atau tidak, sehingga memungkinkan terjadinya kegagalan.

Pengujian Fraktografi

Pengujian ini dimulai dengan melihat dengan visualisasi, yang kemudian dilanjutkan dengan pembesaran mikro. Pengujian visualisasi bertujuan untuk melihat kondisi permukaan dari material, kedua memperlihatkan kondisi permukaan retakan material dengan pembesaran yang nantinya ditemukan fakta dan ciri-ciri dari kegagalan pada poros roda belakang ini.

Diagram Alir Penelitian

Untuk diagram alir pada penelitian analisa kegagalan poros roda belakang (gardan) ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengamatan dan pengujian yang telah dilakukan, pencarian informasi perlu dilakukan untuk memperoleh bukti penyebab terjadinya patahan pada material poros dengan menggunakan metode fraktografi dengan pengamatan visual dan makro dari permukaan material yang patah dan uji komposisi.

Fraktografi

1. Pengamatan visual

Dari hasil pengamatan visual didapat adanya permukaan yang mengkilap yang merupakan ciri-ciri akhir patahan serta terjadi deformasi plastis sebesar 1mm seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8 dan Gambar 9.

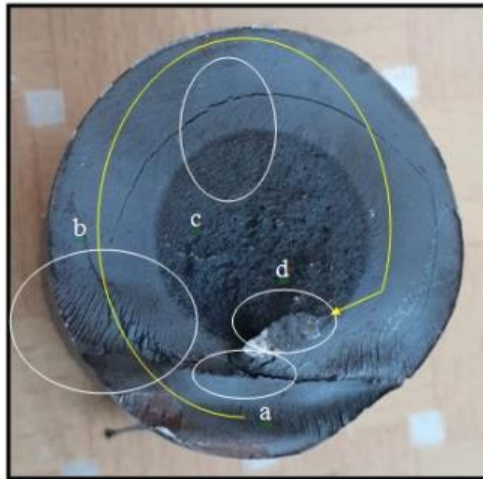


Gambar 8. Pengamatan Visual



Gambar 9. Deformasi Pada Poros Roda Belakang

Dari Gambar 10 didapat beberapa area yaitu: area retakan (a), area perambatan retak (b) dan area dugaan akhir (d). Awalnya dari patahan poros tersebut diketahui kondisi mula-mula berupa adanya *beachmark* yang menandakan perambatan dari patahan dan juga bagian yang mengkilap yang menandakan akhir patahan.. Dari Gambar 10 pada bagian tengah terlihat adanya retakan (a) yang menjadi awal penyebab terjadinya patahan, dan adanya *beachmark* searah dengan perambatan retakan (b) dan diakhiri pada daerah yang mengkilap (d) yang menandakan arah dari patahan, sehingga arah patahan berputar seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Arah Patahan Pada Poros

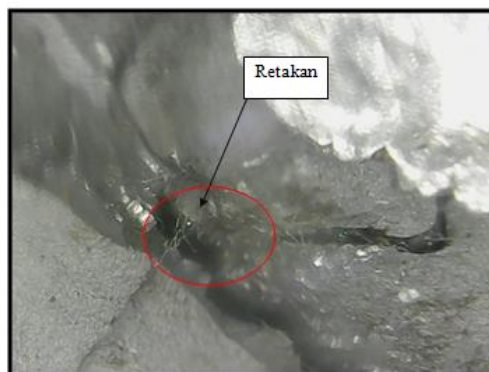
Poros roda belakang tampak samping, dimana terlihat adanya cekungan kedalam (tanda panah) diduga sebagai awal terjadinya patahan, setelah itu bergeser ke arah daerah yang terdapat *beachmark* (tanda lingkaran) ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampak Samping Dari Poros Roda Belakang

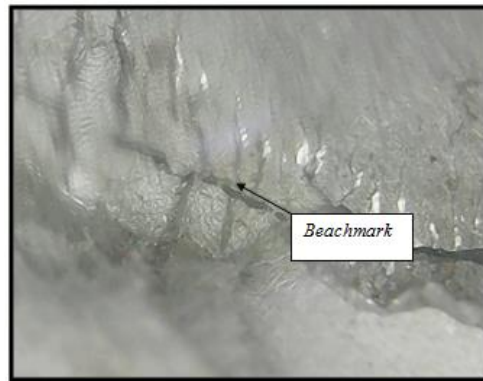
2. Pengamatan makro

Dari hasil pengamatan makro pada Gambar 12 yang diambil dari Gambar 10(a) terlihat adanya retakan. Retakan ini merambat perlahan akibat pembebanan berulang sehingga ter deformasi plastis. Retakan sendiri tercipta karena adanya rongga dan bentuk dari rongga dipengaruhi oleh tegangan yang bekerja pada material. ini merupakan ciri-ciri jenis patahan model *dimple* yang menunjukkan material tersebut tergolong *ductile* (ulet).



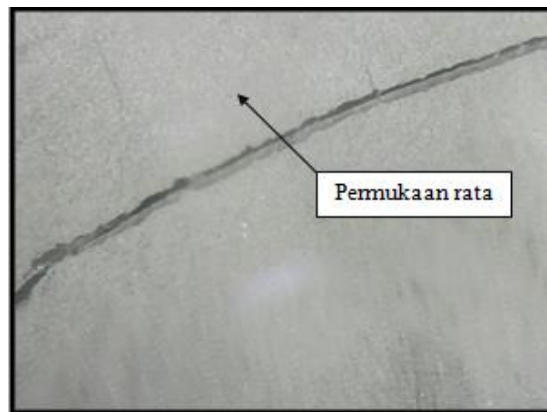
Gambar 12. Area Retakan

Dari hasil pengamatan makro pada daerah b Gambar 10 menunjukkan daerah *beachmark*. *beachmark* ini tercipta karena adanya pembebanan berulang dan merupakan ciri-ciri dari *fatigue*. yang dimana pembebanan berulang beban dibawah kekuatan material dan menimbulkan kelelahan pada material. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Area *Beachmark*

Dari pengamatan makro daerah c pada Gambar 10 didapat daerah akhir patahan cenderung rata seperti yang terlihat, hal ini disebabkan oleh kecepatan rambatan retakan yang tinggi akibat adanya pembebanan yang melebihi batas kemampuan material. Menurunnya kemampuan material disebabkan oleh adanya retakan yang merambat sehingga terjadi konsentrasi tegangan. Adanya konsentrasi tegangan ini dapat memicu terjadinya patah saat mengalami pembebanan.



Gambar 11. Area Dengan Permukaan Rata

Pengujian Komposisi

Dari hasil pengujian komposisi yang dilakukan didapat hasil seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian komposisi

Unsur	Kandungan (%)
C	0,364
Mn	0,799
P	0,007
S	0,015
Cr	1,095
Si	0,251
Mo	0,188
Ni	0,054
Cu	0,073
Al	0,009
Co	0,005
Nb	0,005
Ti	0,003
V	0,005
W	0,030
Fe	97,1

Dari hasil pengujian komposisi kimia jenis AISI 4140. Material yang digunakan *steel alloy*, dimana dari hasil uji komposisi tidak ditemukan masalah.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa penyebab kegagalan poros roda belakang dari fraktografi didapat adanya retakan, lalu mendapatkan pembebanan berulang menyebabkan *beachmark* dan berlanjut ke daerah akhir ditandai dengan permukaan yang rata yang menandakan penyebab kegagalan karena pembebanan berulang dan dari hasil uji komposisi material yang digunakan jenis *steel alloy* AISI 4041 dan tidak ditemukan masalah.

REFERENSI

- Ahmadil Amin. 2015. "Analisis Struktur Mikro dan Fraktografi Hasil Pengelasan GMAW Metode Temper Bead Welding dengan Variasi Temperatur Interpass pada Baja Karbon Sedang. Politeknik Kotabaru. Jurusan Teknik Mesin. Kotabaru
- Ari Daryanto. 2007. "Eksperimen dan Analisis Permodelan Uji Tarik Plat Logam (Sheet Metal) dengan Strandar ASTM E 8M". Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Broek, David. 1986. "*Elementary Engineering Fracture Mechanics*". New Jersey : Jhon Wiley & Sons, Inc, Hoboken
- Cahya Sutowo, Ika Kartika, Budi Priyono. 2016. "Analisa Kegagalan Komponen Front Axle Pada Kendaraan Bermotor Roda Empat". Pusat Penelitian Metalurgi dan Material. LIPI. Tangerang
- Callister Jr. William D. 1985. "Materials Science And Engineering : An Introduction 7th Edition, Netherlands : Martinus Nijhoff Publisher, The Hague
- Callister Jr. William D. 2007. "Materials science and engineering 7th". Kanada: John Wiley & Sons, Inc.

- Firmansyah Wahyu A.F.C, Ery Muthoriq. 2015. “ Analisis Kekuatan Axle Belakang Kendaraan Truk Berbasis Software Solidwork”. PKTJ Tegal. Teknik Keselamatan Otomotif. Tegal
- Isworo Hajar. 2012. “Analisa Kegagalan Pada Komponen Gripper Botol Minuman Kapasitas 600 Botol Per-Menit”. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Program magister Teknik Mesin. Malang
- Izza Ariffatur Ramadhani. 2015. “Makalah Analisa Cacat Struktur Pada Material”. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang. Semarang
- Jatmoko Awali, Asroni. 2013. “ANALISA KEGAGALAN POROS DENGAN PENDEKATAN METODE ELEMEN HINGGA”. Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Kota Metro
- Jonika Asmarani Sukma. 2012. "PENGKERASAN PERMUKAAN BAJA KARBON ST 40 DENGAN METODE NITRIDASI DALAM LARURATAN KALIUM NITRAT". Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang
- M Syahril. 2013. “ Analisa Kegagalan Poros Roda Belakang Kendaraan”. Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS). BPP Teknologi. Tangerang
- Noel Rolando Orosa. 2012. “Analisa Kegagalan Rear Axle Shaft Truck Kapasitas 7.5 Ton” . Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Depok
- Rifanli Wahab, Stenly Tangkuman, Tritiya Arungpadang. 2016. “Analisis Kelelahan Axle Shaft Truk Isuzu Elf 125 Ps”. Universitas Sam Ratulangi. Jurusan Teknik Mesin. Manado.