

Fracture Analysis of Rear Axle Shaft Vehicles Truck HINO 500

Achmad Kusairi Samlawi^{1*}, Syauqi Rahmat Firdaus²

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

Jl. Akhmad Yani Km.36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan,70714

Telp. 0511-4772646, Fax 0511-4772646

*Corresponding author: kusairisam@ulm.ac.id

Abstract. This study aims to determine the cause of the fracture of the rear wheel axle of the 500 hino truck, this research is done by fractography method (visual observation and macro observation), testing of metal structure composition, and load and latch modeling using Autodesk Inventor 2018. this research is known by fractography method which is done on the rear wheel axle fracture, it is known that the beginning of the crack starting at the defect of production on the material which get repeated loading with the direction of propagation until the final fracture, looks deformed plastic that happened in the form of ductile fracture (ductile), then done simulation using autodesk inventor 2018 got the result of analysis of von misses stress value (64,51 Mpa), stress principal stress (70,59 Mpa), and stress von misses stress with torsion moment (3,441 Mpa) much less than material elasticity limit equal to 689 MPa so that the load factor an on the rear wheel axle does not cause a fracture. Failure mechanisms occur from defects in the material receiving repeated loading until the crack occurs, then cracks propagate due to repetitive loads that can be seen in the presence of beachmarks, resulting in fatigue material that ends with the material being unable to withstand the load and occur the final fault on the rear wheel axle.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab terjadinya patahan dari poros roda belakang truk hino 500, penelitian ini dilakukan dengan metode *fractography* (pengamatan secara visual dan pengamatan makro), pengujian komposisi struktur logam, serta pemodelan beban dan penumpuan dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor 2018. Hasil pada penelitian ini diketahui melalui metode *fractography* yang dilakukan pada patahan poros roda belakang, diketahui awal mula retakan bermula pada cacat produksi pada material yang mendapatkan pembebanan berulang dengan arah rambatan hingga terjadinya patahan akhir, terlihat terdeformasi plastis yang terjadi berupa patahan *ductile* (ulet), lalu dilakukan simulasi menggunakan autodesk inventor 2018 didapatkan hasil analisis nilai tegangan *von misses* (64,51 Mpa), tegangan *principal stress* (70,59 Mpa), dan tegangan *von misses* dengan moment puntir (3,441 Mpa) jauh lebih kecil dari batas elastisitas material sebesar 689 MPa sehingga faktor pembebanan pada poros roda belakang tidak menyebabkan terjadinya patahan. Mekanisme kegagalan terjadi bermula dari cacat yang ada pada material mendapat pembebanan berulang berlanjut hingga terjadinya retakan, kemudian retakan merambat akibat beban berulang yang dapat terlihat pada adanya *beachmark*, sehingga mengakibatkan material mengalami kelelahan (*fatigue*) yang berakhir dengan dimana material tidak dapat menahan beban dan terjadi patahan akhir pada poros roda belakang.

Keywords: Patahan, Poros Roda Belakang, Fractography, Pembebanan, Beachmark

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Axle shaft atau poros penggerak roda adalah salah satu komponen sistem pemindah tenaga, merupakan poros penggerak roda dimana roda dipasang pada *axle shaft* sehingga beban roda ditumpu oleh *axle shaft*, *axle shaft* berfungsi untuk meneruskan tenaga gerak dari *differential* ke roda. *Axle shaft* pada kendaraan dibedakan menjadi dua yaitu : *front axle shaft* (poros penggerak roda depan) dan *rear axle shaft* (poros penggerak roda

belakang). Pada kendaraan *front engine front drive* (FF), *front axle shaft* sebagai penggerak (*driving axle shaft*), sedangkan pada kendaraan tipe *front engine rear drive* (FR), *rear axle shaft* sebagai penggerak (*driving axle shaft*), sedangkan pada kendaraan *four wheel drive* (4WD) atau AWD, *front axle shaft* maupun *rear axle shaft* sebagai sama-sama sebagai penggerak (*driving axle shaft*).

Penelitian ini dilakukan dikarenakan adanya patahan yang terjadi pada poros roda belakang

(*rear axle shaft*) kendaraan truk hino 500 pada 19 januari 2018, dimana unit tersebut telah beroperasi selama 6 tahun mulai tahun 2012 hingga mengalami patahan pada poros roda belakang (*rear axle shaft*) walaupun pada unit lainnya tidak terjadi patahan yang sama. Patahan dari poros roda tersebut menimbulkan kerugian baik dari segi materi dan non-materi, sehingga suatu penelitian pada kasus tersebut diperlukan untuk mengetahui penyebab terjadinya patahan (*root cause of failure*) batang poros roda, dengan demikian patahan atau kerusakan yang sama dapat dicegah ataupun dihindari.

Patahan poros roda pada umumnya dapat berasal dari beberapa penyebab seperti karena korosi, salah pengoperasian, kelelahan (*fatigue*) yang mungkin memiliki beberapa sumber seperti *misalignment* dari poros, beban puntir yang berulang, atau getaran, semuanya dapat mengakibatkan konsentrasi tegangan tinggi pada poros roda.



Gambar 1. Patahan Yang Terjadi Pada Poros *Axle shaft* atau poros penggerak roda adalah salah satu komponen sistem pemindah tenaga, merupakan poros penggerak roda-roda dimana roda-roda dipasang pada *axle shaft* sehingga beban roda ditumpu oleh *axle shaft*. *Axle shaft* berfungsi untuk meneruskan tenaga gerak dari differential ke roda-roda, *axle shaft* pada kendaraan dibedakan menjadi dua yakni *front axle shaft* (poros penggerak roda depan) dan *rear axle shaft* (poros penggerak roda belakang).

Pada kendaraan *front engine front drive* (FF), *front axle shaft* sebagai penggerak (*driving axle shaft*), sedangkan pada kendaraan tipe *front engine rear drive* (FR), *rear axle shaft* sebagai penggerak (*driving axle shaft*). Sedangkan pada kendaraan *four wheel Drive* (4WD) atau AWD, *front axle shaft* maupun *rear axle shaft* sebagai sama-sama sebagai penggerak (*driving axle shaft*).

Pengertian Dasar Patahan

Patahan (*Fracture*) adalah pemisahan suatu komponen atau material menjadi dua bagian atau lebih sebagai respon tegangan statis yang dipaksakan (yaitu, konstan atau perlahan berubah seiring waktu) dan pada suhu yang rendah relatif terhadap suhu leleh material, tegangan yang terjadi

bisa berupa *tensile*, *compressive*, *shear*, ataupun *torsional*, untuk rekayasa bahan, jenis patahan yang paling mungkin terjadi adalah *ductile* dan *brittle*, klasifikasinya berbasis pada kemampuan material mengalami deformasi plastis. Bahan *ductile* biasanya menunjukkan deformasi plastis substansial dengan penyerapan energi tinggi sebelumnya patah, di sisi lain, biasanya ada sedikit atau tanpa deformasi plastis penyerapan energi rendah disertai pada bahan patahan *brittle*.

Ductile dan *brittle* adalah istilah relatif, apakah patahan tertentu adalah satu jenis atau yang lainnya tergantung situasinya. *Ductility* dapat dihitung dalam istilah persen perpanjangan dan pengurangan persen didaerah. Selanjutnya, *ductility* adalah fungsi dari suhu material, tingkat regangan, dan keadaan *stress*. Setiap proses fraktur melibatkan dua tahap - formasi retak dan respon perambatan terhadap *stress* yang diproyeksikan. Modus patahan sangat bergantung pada mekanisme perambatan retak. patahan *ductile* ditandai dengan deformasi plastis yang luas di sekitar sebuah retakan, selanjutnya prosesnya berjalan relatif lambat saat panjang retak diperpanjang, celah seperti itu sering dikatakan stabil. Artinya, ia menolak perpanjangan lebih lanjut kecuali jika terjadi peningkatan tekanan yang diterapkan, selain itu, biasanya akan ada bukti adanya deformasi yang cukup besar di permukaan fraktur (misalnya : *twisting* dan *tearing*).

Disisi lain, untuk patahan *brittle*, retakan dapat menyebar dengan sangat cepat, dengan sedikit deformasi plastis yang menyertainya. Keretakan semacam itu bisa dikatakan tidak stabil, dan perambatan retak, pernah dimulai, akan terjadi lanjutan secara spontan tanpa kenaikan besarnya tegangan yang diaplikasikan. Patahan *ductile* hampir selalu terjadi karena dua alasan : Pertama, patahan *brittle* terjadi secara tiba-tiba dan tanpa peringatan; ini adalah konsekuensinya dari perambatan retak spontan dan cepat. Di sisi lain, untuk patahan *ductile*, adanya deformasi plastis memberi peringatan bahwa patahan sudah dekat, memungkinkan tindakan pencegahan yang harus dilakukan. Kedua, dibutuhkan lebih banyak energi regangan untuk menginduksi patahan *ductile* karena bahan *ductile* umumnya lebih keras, tindakan tegangan tarik yang diterapkan, kebanyakan paduan logam bersifat *ductile*, sedangkan keramik adalah bersifat *brittle*, dan polimer dapat menunjukkan kedua jenis patahan tersebut. (William D. Callister, Jr. 2007)

Metode Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2018 – bulan Mei 2018 dan penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik mesin

Universitas Lambung Mangkurat, dan PT. Mohusindo, Banjarbaru.

Alat dan Bahan Penelitian

Berikut ini adalah alat-alat dan bahan yang digunakan selama melakukan penelitian :

Alat Pengujian

Dalam penelitian ini alat yang digunakan untuk melakukan pengujian adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Spektrometer Bruker Q2 ION



Gambar 3. Hardness Tester HLN-11A



Gambar 4. Mikroskop Digital

Bahan Penelitian

Bahan penelitian adalah poros roda belakang dari truk hino 500, dimana poros roda tersebut

mengalami patahan pada tanggal 19 Januari 2018. Berikut ini adalah spesifikasi dari truk hino 500 :

Hino 500 Ranger

Nama produk	: FM 260 JD
Produksi	: FM8JNKD-MGJ (Mining)
Tahun	: 2012
Tipe Truk	: Dump Truk
Tipe rear axle shaft	: Full Floating
Jumlah ban	: 10
Jarak Sumbu Roda	: 4130+1300 mm
Total panjang	: 8480 mm
Total lebar	: 2450 mm
Total tinggi	: 2695 mm
Berat chasis total	: 6981 Kg
GVWR / GCWR	: 26000 Kg



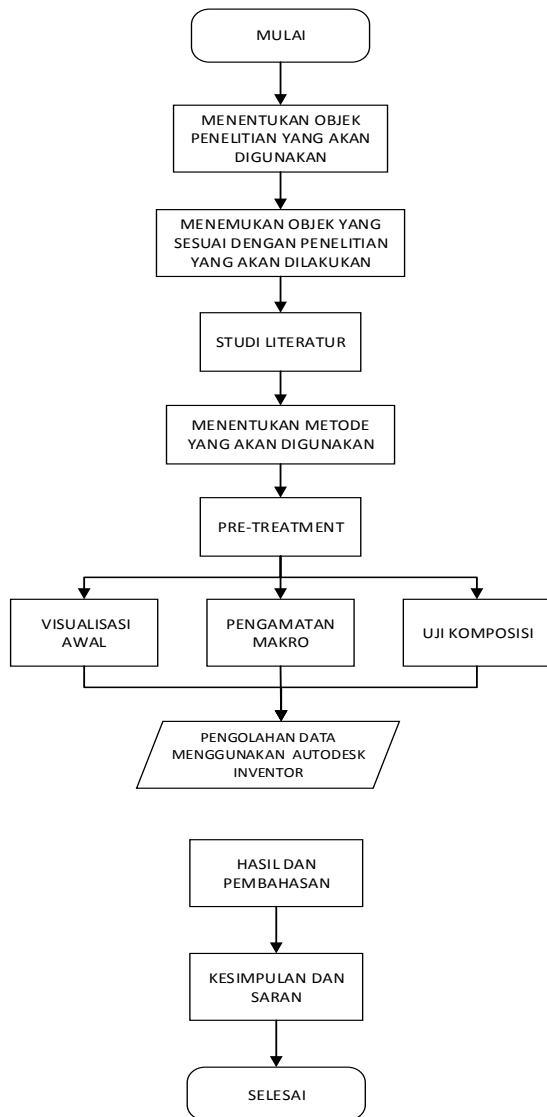
Gambar 5. Truk Hino 500



Gambar 6. Patahan Yang Terjadi Pada Poros Roda Belakang

Diagram Alir Penelitian

Berikut ini adalah diagram alir penelitian dari analisa patahan pada poros roda belakang (rear axle shaft) truk hino 500 :



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

Hasil Dan Pembahasan

Hasil Penelitian

Dari penelitian dan pengujian yang telah dilaksanakan, pencarian informasi dilakukan untuk memperoleh bukti penyebab patahan poros roda belakang (*rear axle shaft*) berupa : metode *fraktography* (pengamatan secara makro), pengujian analisis komposisi logam, dan melakukan simulasi pembebanan menggunakan software Autodesk Inventor 2018.

Pengamatan Secara Makro

Dalam pengamatan secara *fraktography* ini yaitu dengan melihat patahan logam secara makro terhadap komponen poros roda belakang (*rear axle shaft*) yang telah mengalami patahan, Gambar 8. menunjukkan kondisi poros roda belakang (*rear axle shaft*) yang mengalami patahan. Anak panah merah pada Gambar 8. menunjukkan dugaan sementara awal retak yang mana merupakan awal dari patahan.



(a)



(b)

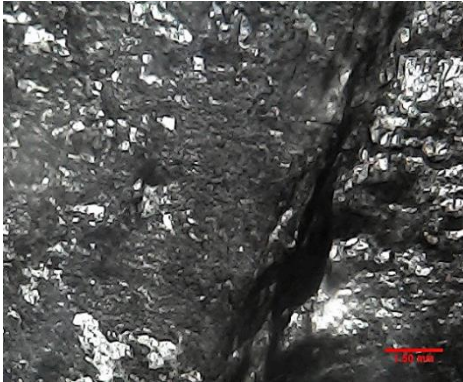
Gambar 8. Patahan Poros Roda Belakang
a. Patahan Pada *Flange* ,
b. Patahan Pada *Shaft*

Awalnya dari patahan poros roda belakang hanya diketahui kondisi mula-mula berupa ada sedikitnya korosi dan akhir patahan, namun arah rambat patahan belum diketahui secara pasti. Dari Gambar 9. merupakan penjelasan dugaan dari visualisasi awal Gambar 8a. antara daerah awal dan akhir didominasi barisan *beachmark*, dari sini didapatkan alur patahan, arah patahan tegak lurus penampang *bechmark*, sehingga arah patahan seperti garis panah kuning mengikuti arah awal retak (daerah A) dilanjutkan arah patahan tegak lurus *beachmark* (daerah B) dan diakhiri patahan akhir di daerah C.



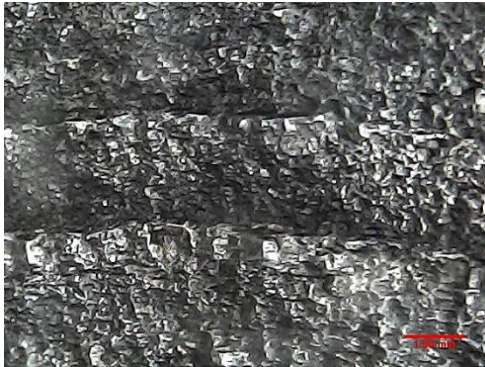
Gambar 9. Arah Patahan Poros Roda Belakang

Gambar 10 diambil dari Gambar 9 bagian (A), tanda panah menunjukkan cekungan ke dalam diduga awal terjadinya retak. Setelah itu bergeser ke kiri bawah di daerah tersebut terdapat *beachmark*.



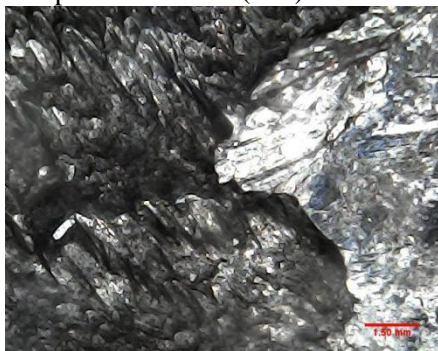
Gambar 10. Pengamatan Makro pada titik Gambar 9 bagian (A)

Gambar 11 diambil dari Gambar 9 bagian (B) tanda panah menunjukkan lintasan yang terdapat tanda *beachmark*, setelah melewati tanda *beachmark* tersebut, akan akan terlihat patahan akhir dari material tersebut.



Gambar 11. Pengamatan Makro pada titik Gambar 9 bagian (B)

Gambar 12 diambil dari Gambar 9 bagian (C) tanda panah menunjukkan cekungan ke dalam diduga akhir terjadinya patahan, seperti yang terlihat terdapat perbedaan kedalaman dan tekstur di daerah tersebut pada area yang ditunjukkan anak panah, terlihat seakan adanya deformasi kotor yang merupakan tanda bahwa patahan tersebut merupakan patahan *ductile* (ulet).



Gambar 12. Pengamatan Makro pada titik Gambar 9 bagian (C)

Pengujian Komposisi Bahan Material

Pengujian komposisi kimia bertujuan mengetahui unsur-unsur yang terkandung dalam material benda uji poros roda belakang dan juga untuk presentase kandungan suatu material, dalam pengujian komposisi bahan ini menggunakan alat spektrometer yang berada di laboratorium PT. Mohusindo. Berikut ini adalah hasil pengujian yang telah dilakukan pada patahan poros roda belakang :

Tabel 1. Hasil Pengujian Komposisi Material Poros Roda Belakang

Unsur	Hasil Uji Kandungan (%)
C	0.323
Si	0.238
Mn	0.754
P	0.100
Cr	0.994
Mo	0.216
Ni	0.081
Cu	0.168
Al	0.012
Mg	0.0050
Co	0.028
Nb	0.0050
Ti	0.0030
V	0.015
W	0.100
Fe	96.96

Metode Stress Analysis

Untuk menganalisis penyebab dan patahan poros roda belakang, yaitu dengan menggunakan program Autodesk Inventor 2018 untuk mengetahui kondisi suatu komponen ketika sedang beroperasi.

Uji Kekerasan Bahan

Uji ini digunakan untuk mengetahui ketahanan bahan terhadap lekukan oleh *penetrator* yang merupakan indikasi dari kekerasan suatu material, alat uji kekerasan yang sering digunakan adalah HLN-11a portabel hardness tester, nilai kekerasan material poros roda belakang yang didapatkan adalah 301 HB.



Gambar 13. Hasil Pengujian Kekerasan

Mechanical Properties Poros Roda Belakang

Dari uji mekanis patahan poros roda belakang didapat nilai kekerasan yang besarnya antara 301 BHN. Kemudian dari nilai tersebut dimasukkan persamaan nilai kekerasan ke uji tarik :

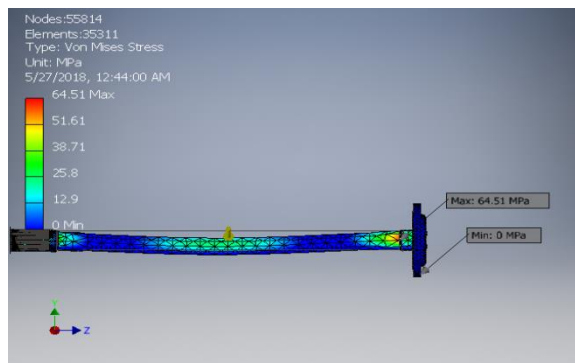
- σ ultimate = 500 x nilai kekerasan *Brinell* (D.Callister, William, Jr,1985)
- Diambil nilai kekerasan 301 BHN, maka σ ultimate = 500 x 301 = 150.500 psi = 1.037.660.900 Pa = 1.037 Mpa

Tabel 2. Mechanical Properties Material Poros Roda Belakang

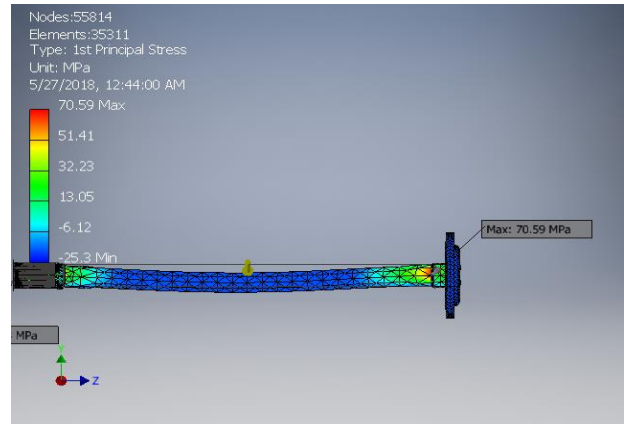
Name	Steel, Low Alloy	
General	Mass Density	7,73 g/cm ³
	Yield Strength	689,476 MPa
	Ultimate Tensile Strength	1037,66 MPa
Stress	Young's Modulus	205 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	78,8462 GPa

Hasil Stress Analysis

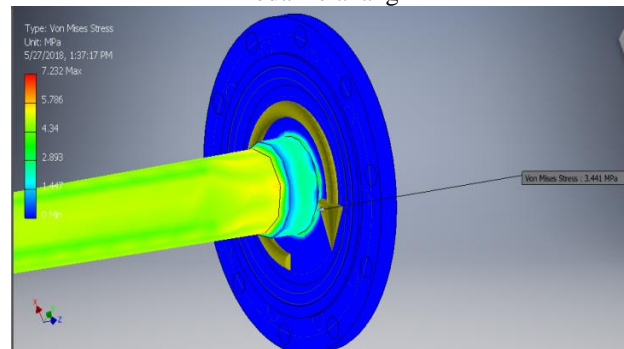
Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan menggunakan pemrograman Autodesk Inventor 2018, didapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 14. Simulasi Von Mises Stress Poros Roda Belakang



Gambar 15. Simulasi Principal Stress Poros Roda Belakang



Gambar 16. Simulasi Von Mises Stress Dengan Moment Puntir Poros Roda Belakang

Dari simulasi yang dilakukan menggunakan Autodesk Inventor 2018 didapatkan hasil analisis nilai tegangan *von misses* (64,51 Mpa), tegangan *principal stress* (70,59 Mpa), dan tegangan *von misses stress* dengan moment puntir (3,441 Mpa) jauh lebih kecil dari batas elastisitas material sebesar 689 MPa sehingga faktor pembebanan pada poros roda belakang tidak menyebabkan terjadinya patahan.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan maka penulis dapat menyimpulkan bahwa :

1. Melalui metode *fractography* yang dilakukan pada patahan poros roda belakang, diketahui awal mula retakan bermula pada cacat produksi pada material yang mendapatkan pembebanan berulang dengan arah rambatan hingga terjadinya patahan akhir, terlihat terdeformasi plastis yang terjadi berupa patahan *ductile* (ulet).
2. Simulasi menggunakan Autodesk Inventor 2018 didapatkan hasil analisis nilai tegangan *von misses* (64,51 Mpa), tegangan *principal stress* (70,59 Mpa), dan tegangan *von misses stress* dengan moment puntir (3,441 Mpa) jauh lebih kecil dari batas elastisitas material

sebesar 689 MPa sehingga faktor pembebanan pada poros roda belakang tidak menyebabkan terjadinya patahan.

3. Mekanisme kegagalan terjadi bermula dari cacat yang ada pada material mendapat pembebanan berulang berlanjut hingga terjadinya retakan, kemudian retakan merambat akibat beban berulang yang dapat terlihat pada adanya *beachmark*, sehingga mengakibatkan material mengalami kelelahan (*fatigue*) yang berakhir dengan dimana material tidak dapat menahan beban dan terjadi patahan akhir pada poros roda belakang.
4. Untuk mencegah agar tidak terjadinya patahan poros roda belakang kendaraan pada unit yang sama ataupun pada kendaraan yang lainnya juga, diperlukan memperhatikan 3 aspek yang kerap kali menjadi penyebab patahan itu terjadi, yaitu :
 - Pada saat proses produksi poros roda belakang, diharapkan seluruh produk memiliki standar yang sama dan juga dilakukan pengecekan atau QC (*Quality Control*) sehingga cacat produksi yang mungkin terjadi dapat terdeteksi sebelumnya
 - Pada saat pengoperasian unit kendaraan terutama truk pengangkut batubara, diharapkan tidak lagi membawa muatan melebihi batas maksimal dari kemampuan truk pengangkut batubara tersebut.
 - Lingkungan, terutama akses jalan yang ditempuh oleh kendaraan seperti truk pengangkut batubara diharapkan lebih diperhatikan, dikarenakan permukaan jalan yang tidak rata juga dapat menyebabkan kegagalan yang dapat berujung patahan.

Referensi

- [1] Broek, David. 1986. *Elementary Engineering Fracture Mechanics*, New Jersey : John Wiley & Sons, Inc, Hoboken
- [2] Callister Jr. William D. 2007. *Materials Science And Engineering An Introduction, 7th Edition*, Netherlands : Martinus Nijhoff Publisher, The Hague
- [3] Isworo, Hajar. 2012. “*Analisa Kegagalan Pada Komponen Gripper Botol Minuman Kapasitas 600 Botol Per Menit*”. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Program Magister Teknik Mesin. Malang.
- [4] Syahril, M. 2013. “*Analisa Kegagalan Poros Roda Belakang Kendaraan*”. Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS). BPP Teknologi. Tangerang.