

MEKANISME KEGAGALAN RODA GIGI

Agus Suprpto*
Rudi Ismanto**

Abstraksi

Kegagalan/kerusakan pada komponen mesin kendaraan banyak sekali menimbulkan berbagai akibat, seperti kehilangan waktu dalam melakukan aktivitas, biaya perbaikan menjadi tinggi. Pengujian yang dilakukan dalam hal ini meliputi uji kekerasan, struktur mikro dan analisa permukaan, sedangkan spesimen yang digunakan adalah roda gigi transmisi. Setiap pengujian hasilnya bervariasi, penyebab dari kegagalan ini sendiri diakibatkan oleh adanya kelelahan, *pitting*, keausan dan adanya beban kejut, dampak dari penyebab tersebut terjadilah kegagalan pada roda gigi transmisi.

Kata Kunci : Kegagalan, Keausan, Kelelahan, *Pitting*

PENDAHULUAN

Kegagalan / kerusakan pada komponen mesin kendaraan bila tidak cepat ditanggulangi akan menimbulkan berbagai akibat, seperti hilangnya waktu dalam melakukan aktivitas, dimana aktivitas tersebut menuntut pekerjaan agar cepat terselesaikan, selain itu resiko masalah biaya perbaikan yang tinggi ataupun penggantian peralatan akibat dampak dari kerusakan yang mungkin dianggap remeh (Rudi I., 2010).

Menurut Bradley (1985), suatu komponen dikatakan mengalami kegagalan apabila:

1. Sama sekali tidak dapat dioperasikan.
2. Dapat dioperasikan tetapi tidak dapat berfungsi dengan baik.
3. Kerusakan yang serius sehingga tidak aman apabila dioperasikan dan harus segera diganti untuk perbaikan atau diganti dengan yang baru.

Untuk itu perlu memahami dan mengerti tentang masalah yang terjadi pada

komponen yang mengalami kegagalan pada kendaraan roda empat yang disebabkan oleh pemakai atau kemampuan komponen. Dalam hal ini penelitian yang dilakukan menitik beratkan pada kegagalan komponen yang terjadi pada kendaraan *pick up* roda empat yaitu pada roda gigi transmisi yang telah mengalami kegagalan / rusak. Untuk menyelesaikan masalah tersebut diatas, perlu mencari faktor-faktor apa yang menyebabkan kegagalan komponen roda gigi transmisi dan bagaimana mekanisme kegagalan pada komponen tersebut.

KAJIAN PUSTAKA

Klasifikasi Penyebab Utama Kegagalan

Menurut Bradley (1985), penyebab utama kegagalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Kesalahan dalam desain atau kesalahan pemilihan bahan.
2. Kesalahan dalam proses pengerjaan/pemasangan.
3. Kesalahan dalam operasi

* Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

** Alumni Mahasiswa Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

Fractography

1. *Fractography* adalah ilmu yang mempelajari ciri-ciri permukaan patahan untuk memberi informasi yang diperlukan untuk mengidentifikasi model kegagalan.
2. Ciri-ciri permukaan patahan sering menunjukkan awal retakan, arah penjalaran retakan dan sistem tegangan pada komponen yang gagal

Klasifikasi Model Patahan

1. Patah ulet (*ductile*), terjadi dengan ditandai adanya deformasi plastis yang cukup besar, sehingga permukaan patahannya kasar dan berserabut.
2. Patah getas (*brittle*), hampir tidak disertai dengan deformasi plastis, permukaan patahannya mengkilap, granular dan relatif rata. Patah getas, laju penjalaran retaknya lebih besar dibanding dengan patah ulet.

Metallography

1. *Metallography* digunakan untuk mengamati ciri-ciri struktur mikro bahan pada komponen yang gagal.
2. Apakah komponen mendapat perlakuan panas yang tepat atau komponen tersebut mengalami panas yang berlebihan selama beroperasi.
3. Peranan *metallography* dan *fractography* adalah sangat penting dalam menganalisa kegagalan untuk membantu mengungkap penyebab kegagalan.

Mekanisme Kegagalan/Kerusakan Pada Roda Gigi

Jenis kegagalan yang sering terjadi pada roda gigi:

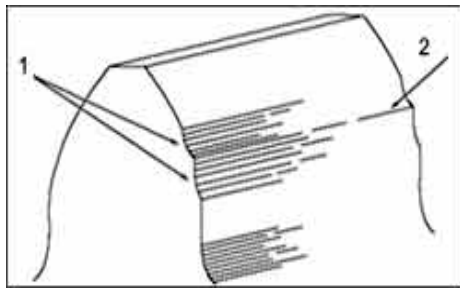
1. Keausan

Keausan itu sendiri adalah kegagalan suatu spesimen menerima gesekan yang secara terus menerus, sehingga menimbulkan perubahan dimensi atau terjadi pengikisan (gambar 1) dari suatu permukaan roda gigi yang saling bersinggungan pada bagian elemen yang lebih lunak (Ashoka Group, 2000).



Gambar 1. Bentuk Dari Sebuah Keausan Dari Sebuah Roda Gigi Transmisi (Ashoka Group, 2000)

Keausan bisa berupa garutan radial yang terbentuk pada sebuah roda gigi transmisi yang disebabkan oleh unsur-unsur partikel atau kotoran yang berada didalam pelumasan sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2. Bila dilihat dari bentuk gambar tersebut sudah tentu suatu permukaan pada suatu roda gigi transmisi telah mengalami keausan dan terkikis sehingga pengerasan permukaannya mengalami penipisan dan selanjutnya hilang / habis, hal ini akan menyebabkan terjadinya percepatan keausan.



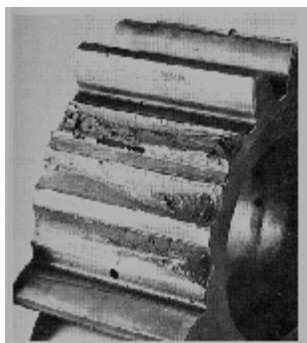
Gambar 2. Bentuk Dari Sebuah Keausan Atau Garutan Akibat Sebuah Partikel Pada Roda Gigi

2. Kelelahan permukaan (*surface fatigue*)

Surface fatigue adalah kegagalan yang terjadi pada permukaan dengan ciri-ciri terbentuknya rongga atau perubahan bentuk pada permukaan akibat gaya yang berulang-ulang sampai melebihi dari batas kemampuan dari suatu material (gambar 3a & 3b).



a. *High Cycle Fatigue*



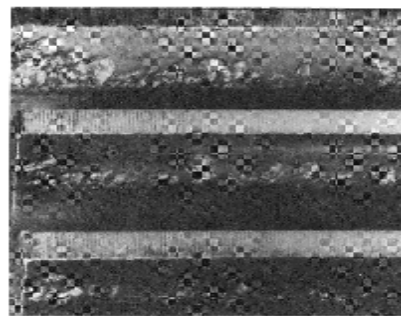
b. *Bending Fatigue*

Gambar 3. *Surface Fatigue*

3. *Pitting*

Pitting / lubang kecil, *pitting* bersifat merusak yang muncul pada permukaan roda gigi transmisi dimana *pitting* ini

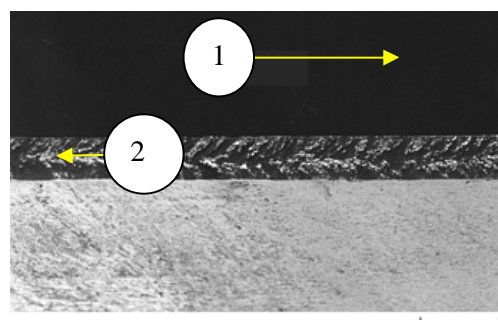
berbentuk lubang seperti kawah atau sumur yang dapat menembus hingga kedalaman pengerasan roda gigi transmisi. *Pitting* ini muncul akibat dari kondisi beban yang berlebihan (*over load*) untuk mengurangi terjadinya *pitting* beban haruslah dikurangi agar *pitting* tersebut tidak meluas (Gopinath K. and Mayuram M.M, 2008). Bentuk permukaan akibat dari sebuah *pitting* akan berbentuk seperti yang di tunjukan pada gambar 4.



Gambar 4. Bentuk Sebuah *Pitting* (Gopinath K. and Mayuram M.M., 2008)

4. Patah Getas (*brittle fracture*)

Patah getas menjalar dengan kecepatan yang jauh lebih tinggi daripada patah ulet, patah getas hampir tidak disertai dengan adanya deformasi plastis.



Gambar 5. Bentuk Chevron Pada Spesimen Patah Getas (American Society for Metals, 2002)

Patah getas pada suatu material cenderung terlihat lebih rata dan lebih mengkilat tampak terlihat pada bagian permukaan yang mengalami kegagalan atau patah. Anak panah no. 1 pada gambar 5 menunjukkan daerah luasan patahan sedangkan panah no. 2 menunjukkan pusat terjadinya patahan (American Society for Metals, 2002)

METODOLOGI PENELITIAN

Pengamatan yang dilakukan meliputi : pengambilan data dan foto komponen yang rusak, struktur mikro dan pengujian keras serta uji komposisi kimia pada roda gigi transmisi kendaraan *pick up*.

- **Langkah Dalam Pelaksanaan Pengambilan Data**

Prosedur yang biasa dilakukan dalam menganalisa kegagalan atau kerusakan pada suatu komponen kendaraan bermotor roda empat adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data

Data-data yang harus dikumpulkan meliputi : komponen yang mengalami kerusakan karena diakibatkan dari kesalahan penggunaan maupun ketidakmampuan suatu material.

2. Pengujian

Hasil pengumpulan data dilanjutkan dengan melakukan pengujian yang meliputi meliputi : pengujian kekerasan, struktur mikro dan analisa permukaan.

3. Pengolahan data

Pengolahan data yang dilakukan berdasarkan peristiwa-peristiwa yang

terjadi di lapangan dan data-data otentik yang tertulis.

4. Pembahasan

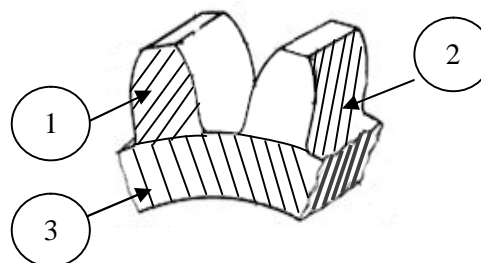
Pembahasan dapat dilakukan dengan cara membaca serta membandingkan data-data yang diperoleh dari hasil pengumpulan data dengan data-data yang diperoleh dari hasil pengujian.

5. Simpulan

Setelah seluruh tahapan penelitian di atas dilakukan dan dibekali dengan penguasaan materi yang berkaitan dengan permasalahan, maka langkah yang terakhir, yaitu menentukan simpulan.

- **Pengujian Kekerasan Roda Gigi Transmisi dan Struktur Mikro**

- a. Pengujian kekerasan roda gigi transmisi



Gambar 6. Bentuk *Sketch* Roda Gigi Yang Dilakukan Pemotongan

Gambar sketch daerah arsiran (gambar 6) menunjukkan daerah yang akan dilakukan pengujian kekerasan pada no.1 pengerasan permukaan bagian depan, no. 2 pengerasan permukaan yang bersinggungan, no. 3 logam dasar / *base metal*.

b. Pengujian struktur mikro

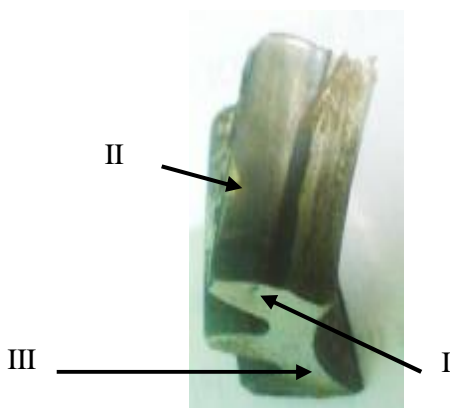
Setelah dilakukan pengujian kekerasan dilanjutkan dengan pengujian struktur mikro, namun sebelum melakukan pengujian struktur mikro tersebut harus melalui beberapa tahapan yaitu pemolesan dan pengetsaan pada spesimen yang akan dilakukan pengujian struktur mikro.

c. Analisa permukaan

Analisa permukaan akan dilakukan pada spesimen yang telah mengalami kerusakan (gagal), dengan cara menggunakan kamera untuk mengumpulkan data-data di permukaan patahan maupun di daerah sekitarnya, yang selanjutnya di analisa untuk menentukan mekanisme kegagalannya.

HASIL PENELITIAN

- **Spesimen Uji Kekerasan dan Struktur Mikro pada Roda Gigi Transmisi (gambar 7).**



Gambar 7. Spesimen Benda Uji Kekerasan Roda Gigi Transmisi

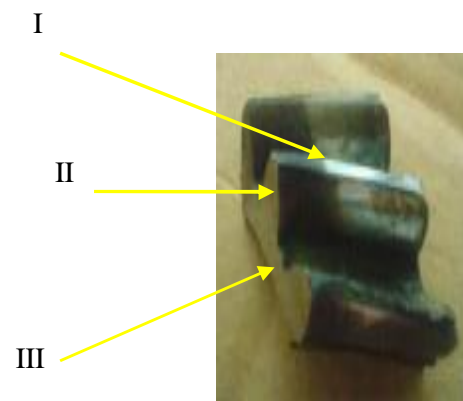
Keterangan :

- I. Daerah uji pengerasan permukaan bagian depan

II. Daerah uji pengerasan permukaan yang bersinggungan

III. Daerah uji logam dasar (*base metal*)

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai dari kekerasan suatu material, tiap daerah yang ditunjukkan oleh panah dilakukan pengujian kekerasan sebanyak 5 x. Pengujian / pengamatan struktur mikro ini bertujuan untuk mengamati struktur logam yang ada pada roda gigi transmisi seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Daerah Pengujian Struktur Mikro Pada Roda Gigi Transmisi




Keterangan :

- I. Bagian puncak roda gigi
- II. Bagian depan roda gigi
- III. Bagian logam dasar

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Kekerasan Pada Roda Gigi Transmisi

Spesimen (Roda Gigi)	Nilai Kekerasan (HV)					Rata-rata
	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Titik 4	Titik 5	
Pengerasan Permukaan Bagian Depan	404	583	322	488	454	450,2
Pengerasan Permukaan Bagian yang Bersinggungan	295	441	225	363	466	354,6
Logam Dasar	302	338	308	392	297	311

Tabel 2. Daerah Uji Pengamatan Struktur Mikro

Daerah Pengamatan	Struktur Mikro
Daerah pengamatan I bagian puncak	
Daerah pengamatan II bagian depan	
Daerah pengamatan III bagian dasar (base metal)	

• **Pengamatan Daerah Permukaan Pada Roda Gigi Transmisi**

Daerah pengamatan permukaan pada spesimen roda gigi transmisi



Gambar 9. Analisa Permukaan Patahan Roda Gigi Transmisi

Anak panah pada gambar 9. menunjukkan dimana awal terjadinya patahan dan ciri bentuk suatu patahan.



Gambar 10. Daerah Pengamatan Permukaan Patahan Roda Gigi Transmisi

Keterangan :

1. Menunjukkan alur dari terjadinya impak,
2. Menunjukkan adanya keausan,
3. Menunjukkan adanya terjadi korosi titik / lubang.

PEMBAHASAN

• **Pengujian Kekerasan**

Dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan perbedaan nilai kekerasan pada roda gigi transmisi, pada daerah pengujian I, nilai kekerasan yang didapat 450,2 HV, sedangkan pada daerah pengujian II angka kekerasan cenderung rendah yaitu 354,6 HV, dan pada pengujian daerah III lebih rendah nilai kekerasannya dari yang lain yaitu 311 HV.

Daerah pengujian I nilai kekerasannya sangat tinggi bila dibandingkan pengujian II

dan III, dikarenakan roda gigi transmisi pengujian I tidak mengalami suatu gesekan, tetapi daerah tersebut mengalami suatu pengerasan permukaan pada saat proses produksinya, oleh karenanya permukaan daerah pengujian I lebih keras dibanding daerah pengujian yang lain.

Daerah pengujian II, dari hasil data yang didapatkan daerah ini mengalami penurunan nilai kekerasan, dikarenakan faktor gesekan pada gambar 1 (Ashoka group, 2000) suatu bentuk dari proses kerja roda gigi transmisi yang saling bersinggungan dengan roda gigi transmisi yang lain. Gambar 2 adalah suatu kinerja yang bisa dikatakan penyebab dari keausan sebuah roda gigi transmisi, penyebab gesekan yang tinggi pada suatu roda gigi transmisi berdampak keausan dan penurunan karakteristik dari kekerasan sebuah roda gigi transmisi. Sedangkan dampak dari keausan itu sendiri dapat dilihat pada gambar 10 yang ditunjukkan oleh sebuah panah pada no 2 adanya sebuah geram-geram yang masih menempel pada sebuah roda gigi transmisi yang menyebabkan suatu pengerasan sebuah permukaan roda gigi transmisi menipis dan habis.

Sedangkan pada daerah roda gigi transmisi pengujian III menunjukkan nilai kekerasan yang sangat rendah dibandingkan daerah yang lain, hal ini dikarenakan daerah tersebut tidak mengalami suatu pengerasan pada bagian permukaannya dikarenakan untuk menjaga ketangguhan pada sebuah roda gigi transmisi.

- **Pengujian Struktur Mikro**

Ditinjau dari bentuk struktur mikro, pada tabel 2 daerah pengujian I dan II cenderung mempunyai kesamaan dalam bentuk struktur mikronya, tetapi pada daerah pengujian III ada perbedaan pada struktur mikro logamnya. Pada uji struktur mikro daerah I dan II cenderung lebih kecil butirnya dari daerah pengujian struktur mikro pada pengujian III, besar kecil dari sebuah struktur mikro sangat mempengaruhi nilai kekerasan dari sebuah roda gigi transmisi terlihat sekali bahwa daerah yang mengalami *surface heat treatment* (pengerasan permukaan) struktur butirnya cenderung lebih kecil, bila dibandingkan pada struktur mikro logam pada daerah pengujian III. Ini juga membuktikan bahwa daerah pengujian III tidak mengalami pengerasan permukaan, karena bentuk butirannya cenderung lebih besar dari struktur mikro daerah pengujian I dan II. Butiran yang kecil pada logam memberikan nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan logam yang mempunyai butiran lebih besar.

- **Pengamatan Secara Makro**

Pengamatan secara visual / makro dengan menggunakan kamera digital, dari hasil pengambilan data ditunjukkan pada gambar 9. Roda gigi transmisi yang telah mengalami gagal, pada permukaan patahannya memberikan suatu informasi yaitu patah akibat beban yang berlebihan (*over load*), beban yang berulang-ulang yang dialami oleh sebuah roda gigi transmisi yang

ditunjukkan dengan sebuah ciri-ciri patahan, yaitu patah lelah, *beach mark* (garis pantai).

Pada gambar 10 menunjukkan awal terjadinya sebuah kepatahan roda gigi transmisi beserta arah penyebarannya. Penyebab dari suatu kegagalan roda gigi transmisi ditunjukkan terjadinya sebuah *pitting* atau sebuah lubang-lubang kecil di daerah tersebut, menurut *Gopinath and Mayuram* (2008) sebuah *pitting* datang akibat dari kondisi beban yang berlebihan (*over load*) yang mengakibatkan sebuah gesekan tinggi, dimana suatu partikel logam yang lemah akan terlepas. Pada sebuah *pitting* apa bila dibiarkan terus menerus akan terjadi pemusatan tegangan yang akan berdampak kegagalan / kepatahan, namun penyebab kegagalan tersebut bukan hanya dari sebuah *pitting* saja, kegagalan dapat terjadi akibat dari lemahnya suatu material saat menerima gesekan yang berakibat terjadinya penipisan permukaan atau yang sering disebut keausan (*wear*). Kekuatan dan kekerasan bersifat searah yang artinya, tingginya suatu nilai kekerasan maka tinggi pula nilai dari kekuatan, makin rendah nilai dari kekerasan maka makin tinggi nilai dari keuletan. Dalam hal ini keausan bisa jadi faktor penyebab terjadinya suatu kegagalan. Roda gigi transmisi pada gambar 10, ditunjukkan anak panah no. 2 adalah bentuk dari keausan sebuah roda gigi transmisi, karena adanya sebuah geram-geram yang masih menempel pada bagian tepi roda gigi transmisi.

Gambar 10 Permukaan kegagalan pada roda gigi transmisi menunjukkan adanya bekas benturan yang keras pada permukaan gigi akibat adanya beban kejut. Beban kejut tersebut akan mengakibatkan suatu kepatahan mendadak pada suatu roda gigi transmisi apa bila beban tersebut tepat mengenai pada bagian yang mengalami suatu cacat, seperti cacat dalam maupun cacat luar. Awal kecacatan tersebut akan berakibat fatal bila dibiarkan, kecacatan yang terjadi pada sebuah material akan merambat dengan cepat, ditambah lagi dengan adanya suatu beban kejut maka akan mengalami kegagalan / kepatahan.

SIMPULAN

Pada pengujian kekerasan daerah pengujian II dan III lebih rendah kekerasannya dibanding pengujian I karena daerah pengujian II mengalami keausan sedangkan pada daerah pengujian III adalah daerah *base metal* yang tidak dilakukan proses pengerasan permukaan.

Dilihat dari pengerasan permukaan roda gigi transmisi yang telah mengalami kegagalan tidak terlihat adanya sisa pengerasan pada permukaan, hal ini dikarenakan permukaan tersebut telah mengalami keausan.

Penyebab kegagalan roda gigi transmisi diakibatkan suatu *gear* mengalami kelelahan dengan adanya ciri-ciri patah lelah dan adanya *pitting*, keausan, dan gaya *impact* (kejut).

DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Metals (ed.), 2002, *Failure Analysis and Prevention*, Metal Handbook, new Ed, vol 11, ASM, Ohio, USA: Metal Park.
- Ashoka Group, 2008, *Gear Failure*, diakses pada tanggal 20 Maret 2010, dari <http://www.gearshub.com/gear-failure.html>
- Bradley, W.L., 1985, *Failure Investigation: Principles and Practice*. Tait, R. B. and Garret, G.G. (Eds), *Fracture & Fracture Mechanics*, New York: Pergamon Press Ltd. 3-16
- Gopinath K.and Mayuram M.M., 2008, *Machine Design II*, Indian Institute of Technology Madras. dari <http://www.bing.com/search?q=module+gears%2C+lecture+6+gear+failure&FORM=MSNH65&mkt=en-id>, diakses pada tanggal 20 Maret 2010.
- Gopinath K., 2008, <http://www.elecon.com/gearworld/dat-gw-failure.html>, diakses pada tanggal 20 Maret 2010.
- Rudi Ismanto, 2010, **Analisa Kegagalan Pada Roda Gigi Transmisi dan Poros Roda Penggerak**, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang.
- http://pt.rexnord.com/products/e-catalog/catalog/CachedImages/0000001/t004_r00171_v0.pdf, diakses pada tanggal 20 Maret 2010

