

STUDI KASUS

ANALISA KEGAGALAN BEARING RODA KERETA API

Yoddy A. Nuhgraha
Dosen Teknik Mesin Politeknik TEDC Bandung
yan_nuhgraha@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam artikel ini, sebuah studi kasus penulis coba sampaikan berdasarkan kejadian yang nyata dalam sistem perkereta apian nasional kita, dimana telah terjadi kecelakaan yang fatal yaitu anjloknya kereta api yang menimbulkan kerugian materi. Di sini penulis akan mencoba menganalisa kegagalan yang menyebabkan kecelakaan tersebut. Analisa kegagalan dilakukan berdasarkan bukti foto dari beberapa komponen yang tersisa yaitu berupa bearing dengan jenis tapered roller bearing yang dipasang pada poros roda kereta api. Selain itu juga penulis mengumpulkan bukti lain dari berita mass media. Keadaan lingkungan seperti cuaca, suhu, ketinggian permukaan tanah, kontur tanah, dan sebagainya diabaikan. Roller bearing sangat penting sekali peranannya pada roda kereta api agar kereta dapat berjalan seperti yang diinginkan. Dari bukti-bukti yang dikumpulkan terlihat beberapa kemungkinan penyebab kegagalan. Untuk memperkuat analisa penulis melakukan studi pustaka terhadap berbagai publikasi mengenai kecelakaan kereta api dalam dan luar negeri, karakteristik bearing, dan terutama tentang kegagalan bearing. Hasil analisa kegagalan yang dilakukan memberikan kesimpulan penyebab yang paling mungkin (most probably root cause) terhadap anjloknya kereta api yaitu adanya arus listrik (electric current) yang mengalir melalui bearing dan menyebabkan electric arc pitting pada permukaan roller bearing. Ini terjadi karena kesalahan prosedur dalam pemasangan grounding pengelasan busur listrik ketika sebelum kecelakaan salah satu gerbong kereta tersebut diperbaiki.

Kata kunci: analisa kegagalan; kereta api; roller bearing; grounding las.

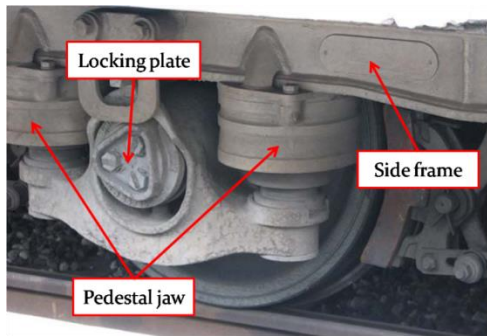
ABSTRACT

In this article, a case study to be deliver by the author based on the real story of our national railways system, a fatal accident happen which is derailment of the train that cause material cost. The author tried to analyze the failure caused the accident. Failure analyses are evident based from the picture of several part which is tapered roller bearing installed on train shaft wheel and evidence from mass media. Environment situation such as weather, temperature, altitude, landscape, and so on were ignored. Roller bearing is very important part in according the train can operate as we want. Based on evidence we can see the most probable cause. To strengthening the analyzing, the author has been done literacy from some publication about national and international train accident, bearing characteristic, and specially bearing failure. Result of the failure analysis conclude that the most probably root cause of the train derailment is the present of the electric current passing through roller bearing which caused electric arc pitting on its surface. This was happen by the unpropiate procedure on grounding the arc welding when one of the train car been repaired before.

Key words: failure analysis; train; roller bearing, welding grounding.

1. PENDAHULUAN

Roller bearing dipasang pada setiap ujung poros roda kereta. Tipe roller bearing-nya adalah tapered roller bearing yang berfungsi untuk mendukung berat kereta beserta isinya. Posisinya di dalam pedestal jaw rangka samping kereta. Bagian-bagian yang bergerak pada roller bearing memungkinkan poros yang dipasang mampu berotasi.



Gambar 1 Letak Bearing

Secara umum fungsi dari bearing adalah:

- Mengurangi gesekan.
- Menahan beban kereta beserta isinya.
- Menahan radial load dan axial load.
- Menjaga toleransi kekencangan.

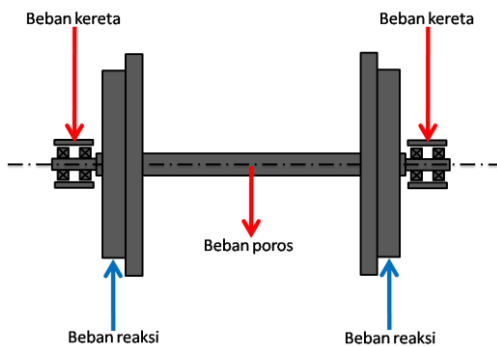
Keuntungan tapered roller bearing:

- Tidak ada keausan pada shaft
- Memperkecil tenaga yang terbuang.
- Memungkinkan kecepatan yang lebih tinggi.

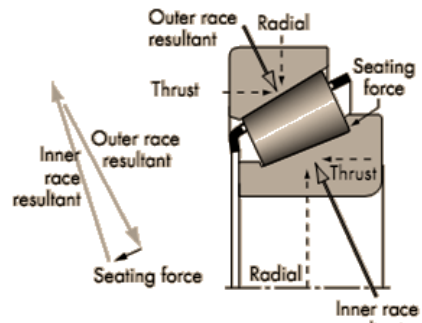
2. BEBAN YANG BEKERJA

Jenis-jenis pembebanan yang terjadi pada bearing ini adalah:

- Radial load adalah beban yang berasal dari berat kereta yang arahnya tegak lurus poros roda kereta.
- Axial load adalah beban yang terjadi karena perputaran roda yang arahnya ke kiri dan ke kanan searah poros roda kereta.



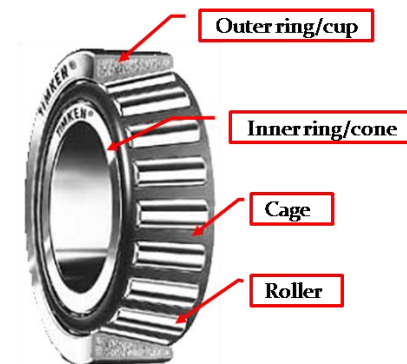
Gambar 2 diagram pembebanan pada bearing kereta



Gambar 3 resultan gaya pada bearing

3. MATERIAL BEARING

Tapered roller bearing mempunyai desain sebagai berikut.



Gambar 4 desain bearing

Kehandalan bearing tergantung kepada materialnya. Produk bearing Timken diproduksi menggunakan material baja karbon tinggi (high-carbon steel) yang dikeraskan melalui proses through-hardened. Penambahan unsur karbon tidak diperlukan untuk jenis baja dengan kandungan karbon yang tinggi ini pada saat heat-treatment untuk mendapatkan kekerasan yang diinginkan.

Ada juga bearing yang materialnya dari baja karbon rendah (low-carbon steel) yang dikeraskan melalui proses pengerasan permukaan (carburizing). Sehingga memiliki permukaan yang keras dan inti yang ulet.

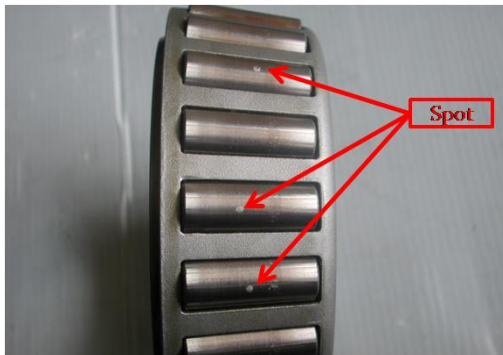
Keunggulan bearing dengan rangka yang dikeraskan adalah:

- Residual compressive stress pada permukaan guna mencegah terjadinya retak lelah.
- Kemampuan bertahan terhadap beban kejut yang tinggi karena sifat tangguh dan inti yang ulet.
- Ketahanan terhadap debris yang lebih baik karena karakteristik metalurgi permukaannya.

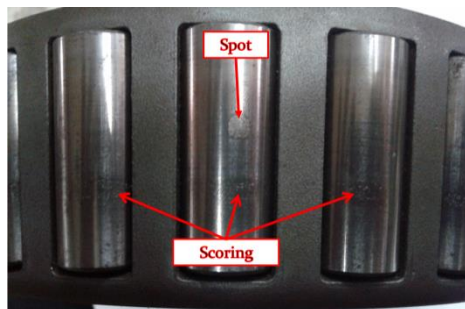
Tipe umum cage yang digunakan oleh tapered roller bearing adalah stamped-steel cage. Diproduksi secara masal memakai material low-carbon sheet steel kemudian dipotong, dibentuk dan ditumbuk (punching). Cage ini dapat digunakan dalam temperatur tinggi dan dalam keadaan pelumasan yang tidak sempurna.

4. ANALISA KEGAGALAN

a. Analisis Foto Bearing



Gambar 5 tanda spot pada roller



Gambar 6 tanda spot dan scoring pada bearing



Gambar 7 tanda spot lainnya



Gambar 8 tanda spot dan scoring diseluruh bagian roller

Berdasarkan foto-foto di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Ada tanda spot pada bagian permukaan roller dan jumlah roller yang mengalaminya lebih dari satu.
- Ada tanda scoring pada bagian permukaan roller dan jumlah roller yang mengalaminya lebih dari satu.
- Tidak terlihat kerusakan pada bagian cup, cone, dan cage.

Seperti diberitakan bearing ini terpasang disalah satu roda kereta, pada suatu saat ketika kereta ini beroperasi petugas jaga perlintasan kereta api melihat ada asap yang mengepul pada salah satu rodanya. Melihat hal ini petugas jaga perlintasan tersebut segera melaporkannya ke stasiun terdekat yang dituju oleh kereta api.

Di stasiun tersebut kereta api ini diinspeksi atau walking inspection dan ditemukan memang ada yang terbakar di bagian roda kereta, kemudian ditangani secara sederhana yaitu dengan menyiramkan air dengan tujuan agar menjadi dingin. Setelah itu kereta dipersilahkan jalan kembali. Selang beberapa lama kemudian kereta tersebut mengalami anjlok.

Dari riwayat perawatan sebelumnya diketahui kereta ini pernah mengalami perbaikan gerbong dengan pengelasan menggunakan las busur listrik (SMAW).

b. Perkiraan/Kemungkinan Penyebab

Penyebab kegagalan dari bearing yang umum terjadi adalah karena hal-hal berikut ini, yaitu:

- Kurangnya perawatan
- Salah penanganan
- Pemasangan dan penyesuaian yang tidak tepat
- Kurang pelumasan

Berikut ini adalah beberapa penyebab kegagalan yang mungkin terjadi pada bearing

1. Fatigue spalling
2. Inadequate lubrication
3. Foreign material
4. High spot on cup seats
5. Cage damage
6. Corrosion/etching
7. Improper fit
8. Misalignment
9. Electric current
10. Peeling
11. False brinelling
12. True brinelling
13. Handling damage
14. Excessive preload or overload

15. Excessive end play

Berdasarkan Bukti foto yang memperlihatkan tanda spot dan scoring dan keterangan berita bahwa terjadi kepulan asap pada rodan yang menandakan adanya panas yang berlebih dan juga pengelasan terhadap gerbong kereta api pernah dilakukan, maka analisa difokuskan kepada penyebab kegagalan nomer 2 dan 9, yaitu inadequate lubrication dan electric current.

Untuk lebih mempertajam analisa maka menurut buletin yang diterbitkan oleh The Timken Company mengenai analisa kegagalan tapered roller bearing bahwa tanda spot atau electric arc pitting disebabkan karena busur listrik dalam pengelasan dengan grounding yang tidak benar dan posisi bearing dalam keadaan diam lihat gambar 9.



Gambar 9 electric arc pitting
Courtesy The Timken Co.

Kemudian ketika bearing terdapat spot seperti gambar di atas akan menyebabkan permukaan bidang kontak bearing menjadi tidak rata walaupun lama kelamaan tanda spot tersebut menjadi halus (gambar 5, 6, 7, dan 8) karena terkikis. Bidang kontak yang tidak rata akan menyebabkan panas yang berlebih karena koefisien geseknya bertambah. Adanya panas yang berlebih akan menyebabkan lapisan tipis pelumas (lubricant film) akan terbakar, ini yang terlihat sebagai kepulan asap.

Terbakarnya lapisan pelumas menyebabkan kurang/tidak ada pelumasan (inadequate lubrication) sehingga akan meninggalkan bekas yaitu scoring karena terjadi metal to metal contact (gambar 6). Scoring adalah mengelupasnya lapisan permukaan roller karena adanya permukaan logam yang saling bertemu (metal to metal contact) akibat gagalnya pelumasan.

Berikut ini gambar yang terjadi jika tidak ada pelumasan pada bearing.



Roller end scoring — Metal-to-metal contact from breakdown of lubricant film.
Gambar 10 scoring pada roller
Courtesy The Timken Co.



Cone large rib face deformation — Metal flow from excessive heat generation.
Gambar 11 sangkar terdeformasi
Courtesy The Timken Co.

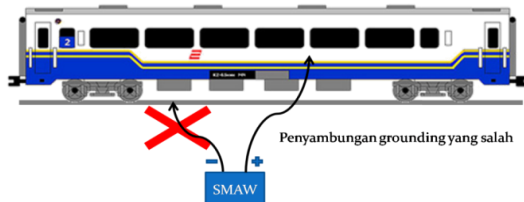


Total bearing lock-up — Rollers skew, slide sideways and lock-up bearing.
Gambar 12 bearing macet
Courtesy The Timken Co.

Pada gambar 10 memperlihatkan scoring pada permukaan roller, pelumas yang terbakar membuat roller yang ada tidak dilumasi dan akan saling beradu muka yang kemudian akan menyebabkan sangkar roller rusak karena panas yang tinggi (gambar 11), jika terus terjadi akan menyebabkan kerusakan yang parah pada bearing (gambar 12).

Sampai pada tahap ini dengan kondisi bearing yang tanpa pelumas karena terbakar akan mempunyai temperatur yang sangat tinggi (overheated) dan berubah bentuk (seized), poros yang dipasang akan ikut panas dan berkurang kekuatannya sehingga poros tersebut tidak akan mampu menahan beban lagi dan patah pun

terjadi. Patahnya salah satu poros ini menyebabkan kereta api anjlok. Meskipun sebelumnya telah dilakukan penanganan dengan menyiramkan air, hal ini tidak akan banyak membantu dan malah akan menambah parah karena logam yang panas akan getas ketika disiram air seperti pada proses quenching.



Gambar 13 ilustrasi pemasangan ground yang salah

Pemasangan ground pada rel akan menyebabkan aliran arus yang jauh dan akan melewati bearing, celah yang ada dalam bearing menyebabkan loncatan arus listrik sehingga menimbulkan spot.

Berdasarkan uraian di atas penyebab gagalnya bearing adalah karena adanya spot pada bearing poros roda kereta api akibat busur listrik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan pemaparan dalam analisa di atas dapat disimpulkan bahwa penyebab yang paling mungkin atas anjloknya kereta api adalah karena electric current yang menyebabkan electric arc pitting pada permukaan roller bearing.

b. Saran

Berdasarkan kasus di atas maka saran perbaikan untuk keselamatan kepada otoritas yang berwenang adalah seperti berikut:

- 1) Meningkatkan kemampuan dan kompetensi petugas inspeksi melalui pelatihan baik teori maupun simulasi terutama saat menangani gangguan pada roda dan kelengkapannya.
- 2) Menghimbau untuk menyelenggarakan pelatihan (training) dan penekanan kembali (indoctrination) perilaku kepatuhan dan ketaatan atas prosedur perawatan dan perbaikan.
- 3) Menghimbau untuk menyelenggarakan pelatihan dan sertifikasi pengelasan dan resertifikasi bagi teknisi las dibagian perawatan dan perbaikan dengan penekanan pada prosedur grounding yang benar.
- 4) Menyarankan agar memasang detektor panas roda kereta di jalur kereta api dan membangun pusat monitoring detektor panas tersebut.

- 5) Menyarankan agar memasang sensor panas pada roda dan memasang indikatornya dalam kabin masinis.
- 7) Melakukan penggantian segera bearing yang mengalami kerusakan.

PUSTAKA

- Caterpillar Service Industry, Introduction to Bearings, Caterpillar Inc. Revision November 2000.
- Evans, Ryan D. Classic Bearing Damage Modes, The Timken Company, Wind Turbine Tribology Seminar, 2011.
- FAG, Rolling Bearing Damage, Schaeffler Group Industrial, 2001
- <http://www.youtube.com/watch?v=0RqIrnioqNY>, Proper Tapered Roller Bearing Installation, The Timken Company.
- <http://www.youtube.com/watch?v=hVuReXrZ8Mg>, Bearing Damage Analysis for Tapered Roller Bearing, The Timken Company
- KNKT, Anjlokkan KA 80 Mutiara Timur, Hasil Investigasi Kecelakaan Kereta Api, ISBN : 978-979-16958-4-8, Februari 2010.
- KNKT, Patah (collaps) K381102 (Eks KD3 81203) Rangkaian KA 907, Laporan Investigasi Kecelakaan Kereta Api, KNKT/KA. 06.03/06.03.025, Maret 2006.
- KNKT, PLH As Patah Lokomotif CC20143, Hasil Investigasi Kecelakaan Kereta Api, ISBN : 978-979-16958-2-4, Juli 2009.
- LBP Mitratama, An Introduction to Bearings, Caterpillar Inc. Form SEBV0507
- The Timken Company, How to Recognize and Prevent Tapered Roller Bearing Damage
- The Timken Company, Tapered Roller Bearing Damage Analysis
- The Timken Company, Timken Tapered Roller Bearing Catalog
- Transportation Safety Board of Canada, Railway Investigation Report Number R99T0031; Derailment, Canadian National Train, February 1999.
- Transportation Safety Board of Canada, Railway Investigation Report Number R03T0080; Derailment/Collision, Canadian Pacific Railway, February 2003.
- Transportation Safety Board of Canada, Railway Investigation Report Number R03T0158; Main-Track Derailment, Canadian Pacific Railway, May 2003.