

# ANALISA KERUSAKAN BANTALAN BOLA (BALL BEARING) JENIS DEEP GROOVE PADA LORI PABRIK KELAPA SAWIT DAN CARA PENANGGULANGANNYA

Arif Rahman Saleh

## Abstrak

Tanda buah segar dibawa ke stasiun perebusan (*sterilizer*) dengan menggunakan lori. Kondisi lingkungan kerja yang berubah-ubah dan pembebanan yang dinamis menyebabkan penurunan kinerja dari bantalan roda lori sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan dengan rata-rata kerusakan setelah Lori beroperasi selama 250 jam (31 hari produksi) dengan bentuk kerusakan yang sama. Untuk mengetahui penyebab kerusakan dilakukan pengujian yang meliputi pemeriksaan visual, Fraktografi, kekerasan, metalografi dan komposisi kimia. Dari pengujian makrofraktografi menunjukkan kerusakan bantalan pada bagian landasan bola luar yang didahului dengan adanya landasan luar mengalami rompal dengan bentuk permukaan patah fatik dengan panjang 26 mm, kemudian disusul dengan patah statik (mendadak) akibat beban tekan. Dari pengujian mikrofraktografi tidak ditemukan retak atau cacat lain nya, dan dari pengujian kekerasan jika dibandingkan dengan standard masih berada didalam batas yang diizinkan. Kerusakan pada bantalan disebabkan oleh pemasangan awal bantalan tidak menggunakan alat standard dan hal ini menyebabkan timbulnya lekukan atau goresan pada tepi cincin luar sehingga terjadinya konsentrasi tegangan dan bagian ini mengalami lelah, kemudian permukaan yang mengalami lelah terkelupas sehingga menimbulkan crack (retak) yang menjalar yang memotong cincin bagian luar, kemudian kontaminasi pelumas berupa zat asam dan kontaminasi dari pasir yang bersifat abrasif menyebabkan penurunan kemampuan pelumasan dan permukaan bantalan menjadi kasar sehingga meningkatkan terjadinya gesekan. Perhitungan umur bantalan adalah 5783 jam (1.6 tahun operasi) tetapi dalam prakteknya dalam 250 jam operasi bantalan sudah mengalami kerusakan. Untuk mencegah supaya kerusakan yang sama tidak terjadi kembali maka dalam pemasangan bantalan harus menggunakan peralatan yang standard sehingga tidak melukai bantalan dan tetap menjaga sistem pelumasan.

**Kata Kunci:** *ball bearing, analisa kerusakan bantalan bola, kelelahan material*

## Abstract

*Bunches of fresh fruit brought to the boiling station ( sterilizer ) by using lorries . Work environment changing and dynamic loading causes a decrease in the performance of a lorry wheel bearing causing damage to the average Lori damage after operating for 250 hours ( 31 days of production ) with the same form of damage . To find the cause of the damage done testing includes a visual examination , Fraktografi , hardness , metallographic and chemical composition . Makrofraktografi of testing showed damage the ball bearing on the runway outside the outer runway preceded by experienced chipped with fatigue fracture surface shape with a length of 26 mm , followed by static fracture ( sudden ) due to compressive load . Mikrofraktografi of testing found no cracks or other defects of his , and of hardness testing when compared with the standard still be inside the allowed limit . Bearing damage caused by the initial mounting pads do not use standard tools and this is causing indentations or scratches on the outer edge of the ring so that the stress concentration and this section are tired , then who are tired of flaky surface , giving rise to crack ( cracked ) that extends the cut the outer ring , then contamination of the lubricant such as acidity and contamination of abrasive sand causes a decrease in the ability of lubrication and bearing surfaces become rough thus increasing the friction . Calculation of bearing life is 5783 hours ( 1.6 years of operation ) , but in practice the 250 hours of operation have been damaged bearings . To prevent damage to the same did not happen back then in the mounting pads must use standard equipment so as not to hurt the pads and keep the lubrication system.*

**Keywords :** *ball bearing, ball bearing failure analysis , material fatigue*

## 1. PENDAHULUAN

Di pabrik pengolahan kelapa sawit tandan buah segar (TBS) akan diterima oleh stasiun penimbangan lalu ke Stasiun Penerimaan Buah (*loading ramp*), pada stasiun ini TBS diterima dan diseleksi sesuai dengan mutu dan standard fraksi kematangan dan setelah itu TBS akan dibawa ke stasiun perebusan (*sterilizer*) dengan menggunakan lori. Pada stasiun ini buah sawit direbus dalam *sterilizer* dengan uap bertekanan untuk memudahkan proses pengolahan selanjutnya sekaligus menekan laju kenaikan asam lemak bebas (ALB), dengan panas steam 140°C dengan 3 tahapan tekanan dan waktu yang bervariasi, yaitu tekanan 23 Psi dengan waktu 15 Menit, tekanan 33 Psi dengan waktu 15 Menit dan tekanan 43 Psi dengan waktu 35 Menit. Setelah proses sterilizer selesai, Lori yang berisi buah yang telah direbus kemudian akan menurunkan buah tersebut pada Tresser. Kemudian lori akan kembali lagi ke *loading ramp* untuk memulai proses pengangkutan TBS kembali dan masuk ke sterilizer, dan siklus perebusan berulang kembali.

Terjadinya kerusakan pada bantalan roda Lori, kerusakan ini terjadi rata-rata setelah Lori beroperasi selama 250 jam (31 hari produksi) dan dengan bentuk kerusakan yang sama. Sehingga perlu dilakukan analisa baik secara visual maupun melalui pengujian laboratorium untuk mengetahui penyebab kerusakan agar penyebab kerusakan dapat diketahui sehingga dapat dilakukan langkah penanggulangan.

Tujuan dari penelitian ini adalah Menentukan faktor utama penyebab kerusakan dan menyampaikan timbulnya kerusakan secara jelas, mendapatkan petunjuk untuk pencegahan kerusakan, serta langkah-langkah penanggulangan untuk mencegah kerusakan yang sama kedepan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan adalah bantalan yang belum mengalami kerusakan dan bantalan yang telah mengalami kerusakan.



Gambar 1. bantalan yang belum mengalami kerusakan

Metodologi dalam penelitian ini adalah :

### Investigasi histori dari pengoperasian bantalan.

Yang dilakukan pada langkah ini adalah melakukan pemeriksaan terhadap kondisi operasi dari bantalan diantaranya adalah:

- (1) Kondisi lokasi pemasangan bantalan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi lingkungan terhadap kontaminasi.
- (2) Melakukan pengukuran keseragaman diameter dari poros dan bantalan serta kaitannya dengan temperatur kerja dan perbedaan temperatur antara bantalan dan poros untuk mengetahui toleransi pemasangan yang digunakan
- (3) Mengumpulkan data pengoperasian dari bantalan (waktu pemasangan bantalan, lama operasi, putaran bantalan, (4) Memeriksa jenis pelumas yang digunakan serta jadwal pelumasan)
- Memeriksa data perawatan dari bantalan

### Pemeriksaan komponen secara visual

- (1) Memeriksa permukaan kontak cincin bagian luar dan cincin bagian dalam untuk melihat pengaruh kontaminasi terhadap timbulnya karat.
- (2) Memeriksa permukaan bagian luar cincin untuk mengetahui toleransi pemasangan serta kondisi permukaan terhadap pengaruh dari karat.
- (3) Melakukan pemeriksaan terhadap kondisi pelumas dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh dari

kontaminasi (air dan bahan kimia) serta memeriksa bau dari pelumas (untuk mengetahui apakah pelumas terbakar atau terkontaminasi zat kimia). (4) Melihat posisi pembebanan pada bantalan untuk memahami jenis pembebanan yang telah terjadi dan apakah bola dan jalurnya berjalan dengan semestinya serta memeriksa lebar jalur pada sisi dalam cincin bagian luar dan permukaan cincin bagian dalam guna mengetahui ketidaksejajaran, ketidakrataan diameter poros (oval) serta pengaruh besarnya beban yang terjadi. (5) Memeriksa kehalusan permukaan dari bola dan jalur bola untuk mengetahui ketersediaannya pelumasan pada bantalan serta memeriksa kondisi permukaan terhadap terjadinya goresan atau lekukan. (6) Memeriksa kondisi cangkang bantalan untuk melihat efek kontaminasi atau korosi.

### Pengujian Laboratorium

(1) Pengujian makrofraktografi untuk melihat jenis patahan yang terjadi serta menentukan posisi awal perpatahan guna menganalisa lebih lanjut penyebab terjadinya kerusakan. (2) Pengujian Metalografi untuk melihat struktur mikro dari bantalan yang telah mengalami kerusakan guna mengetahui apakah terjadi perubahan dan pengaruh dari perubahan tersebut terhadap sifat mekanis dari bantalan kemudian melakukan perbandingan dengan bantalan yang masih baru.

Pengujian komposisi kimi untuk melihat perpaduan unsur kimia pada bantalan apakah terjadi perubahan jika dibandingkan dengan material standard bantalan dan mengetahui pengaruh dari perubahan tersebut terhadap sifat mekanik dari bantalan

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Bentuk Kerusakan Bantalan.

Pengamatan permukaan yang mengalami kerusakan dapat dilihat melalui Fotografi dengan menggunakan kamera dapat dilihat pada gambar



Gambar 2. Bantalan yang mengalami kerusakan

### Investigasi.

Setelah dilakukan investigasi terhadap bantalan mengalami kerusakan maka didapat hasil penyebab dari kerusakan bantalan sebagai berikut:

(1) Pemakaian bantalan ini telah berlangsung selama 250 jam operasi (1 bulan dengan pemakaian normal 8 jam dalam satu hari produksi) lamanya dan selama beroperasi tidak pernah dilakukan pembongkaran kembali. (2) Perilaku pembebanan yang terjadi pada bantalan adalah beban radial dengan arah beban mengikuti perputaran dari bantalan. Cincin bagian dalam diam dan cincin bagian luar berputar, pola pembebanan ini dapat dilihat dari lebar jalur yang merata pada permukaan cincin bagian dalam, tetapi dikarenakan toleransi yang tidak sesuai antara kedudukan cincin luar dengan tempat pemasangannya pada roda maka menyebabkan pola pada bagian dalam cincin bagian luar merata dan tidak meruncing pada bagian ujungnya. (3) Pelumas yang digunakan untuk bantalan adalah Grease jenis No melt merk Trane, jika dilihat dari spesifikasi pelumasnya jenis ini tidak akan mengalami perubahan (mencair) pada suhu operasi di dalam ruang sterilizer sebesar 140° C tetapi dalam pengoperasiannya pelumas ini meleleh, dan jadwal pelumasannya adalah setiap 7 (tujuh) hari operasi atau 56 jam lori beroperasi. (4) Adanya kontaminasi pasir/kotoran dari jalur Lori pada pelumas bantalan sehingga

menyebabkan menurunnya kemampuan pelumasan bantalan. Dimana hal ini dibuktikan dengan pemeriksaan secara langsung dari pelumas bantalan yang terkontaminasi oleh zat asam dan kotoran, serta pelumasan yang tidak memadai pada bantalan dan hal ini dibuktikan dengan warna jalur pada cincin bagian luar dan dalam yang terlihat seperti cermin. Selanjutnya juga terlihat adanya tanda adanya lekukan-lekukan yang disebabkan oleh tumbukan pada permukaan kontak, kemudian adanya kontaminasi dari pasir yang bersifat abrasif menyebabkan permukaan bantalan menjadi kasar dan meningkatkan terjadinya gesekan. (5) Pemasangan bantalan pada poros tidak menggunakan alat yang standard yaitu menggunakan sebuah pipa yang memiliki diameter yang sama dengan cincin bantalan kemudian dipukul menggunakan palu, perlakuan ini menyebabkan timbulnya lekukan atau goresan pada tepi cincin luar dan pada saat bantalan beroperasi dan bantalan menerima beban secara terus menerus lekukan dan goresan ini menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan sehingga bagian ini mengalami lelah, hal ini ditandai dengan adanya patah fatigue pada sisi cincin luar, kemudian permukaan yang mengalami lelah terkelupas sehingga menimbulkan crack (retak) yang menjalar yang memotong cincin bagian luar. Toleransi yang terlalu besar saat pemasangan antara poros dan bantalan sehingga menyebabkan cincin bagian dalam ikut berputar dan menyebabkan terjadi keausan pada poros dan menyebabkan terjadinya ketidaksetimbangan.

Beberapa penyebab kerusakan diatas menyebabkan pembebanan menjadi terkonsentrasi sehingga material bantalan menjadi lelah kemudian terjadi pengelupasan pada bagian tepi cincin bagian luar selanjutnya terjadi patahan yang melintang sehingga menyebabkan bantalan mengalami kerusakan.

### Kegiatan Pengujian Laboratorium.

Telah dilakukan pengujian sebagaimana alur penelitian yang dikaitkan dengan segala kemungkinan yang dapat memberikan gambaran akhir dalam rangka menjawab pemicu peristiwa kerusakan bantalan. Setiap kegiatan dilakukan sesuai prosedur dan penggunaan sarana pengujian yang spesifikasinya jelas, dan dilaksanakan di B2TKS Puspatek Serpong, Jakarta

### Makrofraktografi

Dilakukan foto dokumentasi permukaan bantalan yang mengalami patah seperti yang terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 3. Permukaan bantalan yang mengalami patah

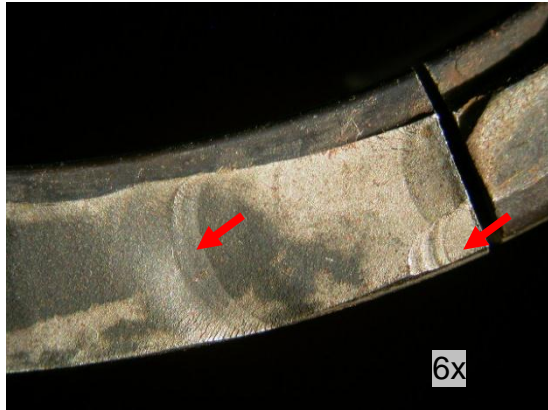
Gambar diatas menunjukkan bantalan pada bagian landasan bola luar yang didahului dengan adanya landasan luar mengalami rompal dengan bentuk permukaan patah fatik dengan panjang 26 mm



Gambar 4. Permukaan yang mengalami patah fatik



Pada gambar diatas dilihat dari sisi dalam ball bearing, tidak ditemukan adanya kerusakan pada landasan bola bala, tanda panah menunjukkan awal terjadinya patah fatik. Panjang patah fatik 26 mm



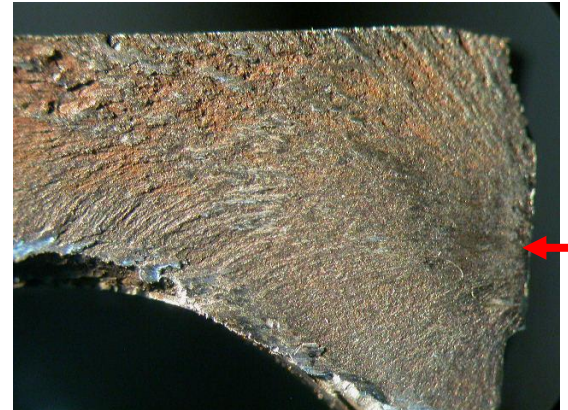
Gambar 6. Proses Penjalaran patah

Pada gambar diatas dengan pembesaran kamera 6X menunjukkan permukaan patahan samping landasan berupa patah fatik, terlihat penjalaran patah lelah berupa garis pantai (*beach mark*).



Gambar 5. Arah Patahan

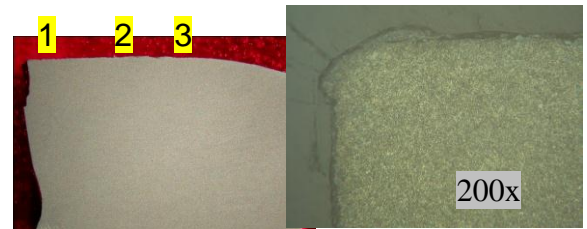
Pada gambar diatas Bidang patah landasan ball bearing sejalan dengan permukaan patah lelah pada samping landasan. Permukaan patah melintang mempunyai bentuk patah rapuh  $\frac{3}{4}$  dari panjang landasan sisanya masih terdapat daerah patah lelah (lihat panah).



Gambar 7. Patah statik

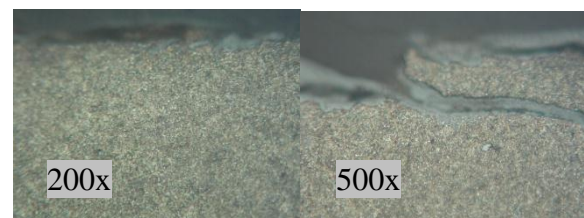
Gambar diatas menunjukkan bentuk patah statik (mendadak) akibat beban tekan.

### Mikrofraktografi



Gambar 8. Struktur Mikro awal patah

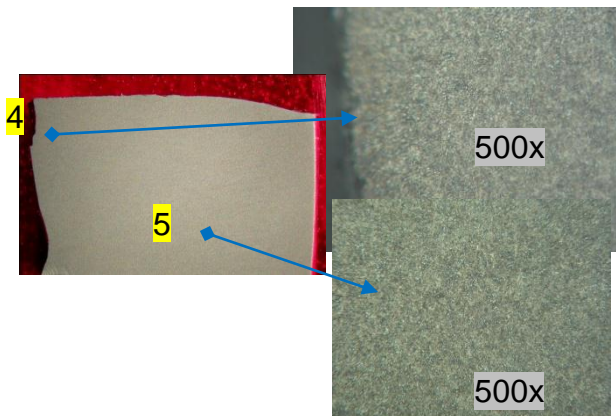
Gambar diatas Menunjukkan Struktur mikro lokasi1 (awal patah) berupa martensit dengan butir karbida chrom. Etsa: nital 3%



Gambar 9. Struktur Mikro daerah patah statik

Gambar diatas Struktur mikro daerah patah statik (lokasi 2 dan 3) berupa martensit dengan butir karbida chrome menyebar merata, tidak

ditemukan adanya retak atau cacat lainnya.  
Etsa: nital 3%



Gambar 10. Struktur Mikro awal patah

Gambar diatas menunjukkan Struktur mikro awal patah (daerah fatik lokasi 4) dan daerah tengah (lokasi 5) berupa martensit dengan butir karbida chrome menyebar merata, tidak ditemukan adanya retak atau cacat lainnya. Etsa: nital 3%.

Dari pengujian dan kekerasan jika dibandingkan dengan standard dari material bantalan nilainya masih berada dalam batas yang diizinkan.

### Perhitungan Umur Bantalan

Dari data berat keseluruhan dari Lori dengan muatan adalah sebesar 7500 kg (73575 N), dimana Lori memiliki 2 buah roda dan masing-masing roda terdapat bantalan pada bagian kiri dan kanannya. Sehingga besar gaya yang ditumpu oleh bantalan adalah total berat dibagi empat titik menjadi 19384 N. putaran dari roda adalah sebesar 250 rpm, dari data bantalan NACHI didapat nilai Basic Dynamic Load rating (Cr) adalah 57000 N. dengan dipilih faktor pembebanan untuk kategori kejut ringan ( $K_s = 1.5$ )

untuk menentukan umur bantalan adalah:

$$L_{10}h = \left[ \frac{\varepsilon 10^6}{60 \cdot n} \right] \left[ \frac{C}{K_s \cdot p} \right]^\varepsilon$$

$$L_{10}h = \left[ \frac{10^6}{60 \cdot 250 \text{ rpm}} \right] \left[ \frac{57.000 \text{ N}}{1.5 \cdot 19384 \text{ N}} \right]^3$$

$$L_{10}h = 5878 \text{ Jam}$$

Bila 1 buah Lori beroperasi selama 8 jam dalam satu hari produksi maka umur dari bantalan adalah 1.6 tahun operasi.

Dalam prakteknya bantalan yang baru beroperasi selama 250 jam sudah mengalami kerusakan.

### KESIMPULAN

1. Ball bearing patah pada landasan luar yang terlebih dahulu landasan mengalami rompal pada tepi landasan dan menunjukkan rompal/patah tersebut berupa patah lelah dengan panjang 26 mm. Penyebab dari kerusakan ini adalah dimulai pada saat pemasangan awal menggunakan alat yang tidak standard sehingga menyebabkan terjadinya cacat pada permukaan berupa lekukan serta goresan yang menyebabkan terjadinya konsentrasi tegangan sehingga permukaan lekukan mengalami lelah dan terkelupas sehingga menimbulkan retakan yang memotong landasan luar.
2. Pada permukaan patah tebal landasan dengan posisi melintang mempunyai jenis patah statik atau secara tiba-tiba.
3. Komponen lainnya seperti bola baja, ring pemegangbola baja dan landasan dalam kondisi baik tidak ditemukan adanya retak atau cacat lainnya.
4. Struktur mikro landasan ball bearing berupa martensit dengan butir karbida chrome menyebar merata.
5. Nilai kekerasan material landasan bola baja berkisar 739-767 HV
6. Perhitungan umur bantalan berdasarkan pembebanan yang terjadi diperoleh umur bantalan adalah 5876 jam (1.6 tahun operasi) tetapi dalam prakteknya

bantalan yang baru beroperasi selama 250 jam sudah mengalami kerusakan.

- Langkah penanggulangan yang harus dilakukan guna mencegah kerusakan adalah dengan melakukan pemasangan dan pelepasan bantalan dengan menggunakan peralatan yang tidak melukai permukaan bantalan kemudian memeriksa kembali suaian antara poros dan bantalan serta bantalan dengan kedudukannya pada roda guna mencegah ketidaksetimbangan dan selalu melakukan pelumasan berkala dengan selalu memeriksa kondisi pelumas dan melakukan pembersihan pada komponen roda guna mencegah masuknya material asing yang dapat menyebabkan karat dan aus pada komponen bantalan.

## SARAN

- Melakukan pelumasan secara teratur guna menjaga kualitas dari pelumas tetap terjaga dan bantalan tidak mengalami kekurangan pelumasan untuk menghindari beban gesekan yang dapat menyebabkan kerusakan.
- Lakukan pemeriksaan berkala terhadap bantalan dan juga sistem pelumasan terhadap kotoran ataupun sesuatu yang dapat mengkontaminasi sistem dan segera lakukan perbaikan dan perawatan jika terjadi gangguan.
- Gunakan alat yang tidak melukai bantalan ketika memasang dan membongkar bantalan.

## DAFTAR PUSTAKA

ASM Handbook. (2005). Volume 1. *Properties And Selection Irons And High Performance Alloys* : ASM  
David Brook. (1991). *Elementary Engineering Fracture Mechanics* : Kluwer Academic Publishers.

Dieter, GE. (1990). *Metalurgi Mekanik. Edisi Ketiga Jilid I*. Jakarta : Erlangga

George E. Dieter. (1993). *Metalurgi Mekanik Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta : PT. Gelora Aksara Pratama.

Ian Bradley. (1976). *Bearing Design and Fitting, Microfiche Reference Library*, Model & Allied Publications Argos Books Limited, Station Load : King Langley.

Julie A Bannantine. (1990). *Fundamentals of Metal Fatigue Analysis*. New Jersey : Prentice-Hall.

Joseph E. Shigley, Larry D. Mitchell. (1999). *Perencanaan Teknik Mesin*. Jakarta : Erlangga.

Neville W. Sachs P.E. (2007). *Practical Plant Failure Analysis (a guide to understanding Machinery Deterioration and Improving Equipment Reliability)*. London : CRC Release Taylor & Franciss.

NTN Corporation. (2009). *Bearing Load Calculation* : NTN Publication.

SKF Product Information. (1996). *Bearing Failures and their Causes*, Sweden: SKF Publication PI 401 E.

Stolarski, T.A. (1990). *Tribology in Machine Design*. Oxford : Heinemann Newness.

Sularso, Kiyokatsu Suga. (2002). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Titherington Rimer, Lea Prasetyo. (1984). *Mekanika Terapan*. Jakarta : Erlangga.

