

ANALISIS TENTANG MAIN TIME BREAK FAILURE DARI BEARING 6304 PADA CRANKSHAFT GASOLINE ENGINE

Sударsono, Adi Purwanto, Tri Pudji Anto
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains & Teknologi Akprind Yogyakarta
Jl. Kalisahak 28 Yogyakarta

ABSTRACT

Analysis of MTBF (main time break failure) to bearing 6304 with the application at crankshaft gasoline engine conducted to know the damage age of the bearing so that can influence the performance from crankshaft gasoline engine. To know the damage age of hence conducted by comparing bearing 6304 with the process hardening and process the carbonitriding, by examination directly through the appliance test the (test rig) that is bearing given the burden which have been determined by equal to 63 kg and then given the rotation of equal to 2800 rpm, because of limitation of appliance test the (test rig) hence this Analysis [s conducted by during 100 hour and conducted by iterasi is matching with the one which happened [at] crankshaft gasoline engine.

After conducted by Analysis of during 100 hour of hence got by result from calculation that is Nominal Age (Lh): 5038 hour, Age Reliability (Ln): 5038 hour, Age Reliability (R): 0.9 or equal to 90 % as well as heat of arising out at bearing (Q): 0.968 kcal / minute. Besides this Analysis [is] also conducted by a macro photo to ball bearing is so that got by result that at ball bearing with the process hardening happened by many handicap at surface or incision, while at ball bearing with the process carbonitriding happened defect only a few at surface. And with the influence of burden and damage that happened at object test the moment conducted by test-drive of hence got by value FR (failure rate) or mount the mean failure at bearing with the process hardening is 0.25 of 100 hour as well as got by MTBF or mean time happened by the failure is 400 hour while at bearing with the process of carbonitriding FR (failure rate) is 0 of 100 hour and MTBF is 0 hour or 100 % is not happened [by] failure.

From result of Analysis date of hence got by value MTBF (main time break failure) or mean time happened by the failure at bearing with the compared to by better process carbonitriding of bearing with the process hardening. So that from the data that bearing with the process carbonitriding more according to to be used at crankshaft gasoline engine compared to at bearing with the process hardening.

Keyword : Bearing, Crankshaft Gasoline engine, FR (failure rate), MTBF (main time break failure).

INTISARI

Analisis tentang MTBF (*main time break failure*) terhadap bearing 6304 dengan aplikasi pada *crankshaft gasoline engine* dilakukan untuk mengetahui umur kerusakan atau waktu rata-rata sampai terjadi kegagalan pada bearing tersebut sehingga dapat mempengaruhi kinerja dari *crankshaft gasoline engine*. Untuk mengetahui umur kerusakan maka dilakukan dengan membandingkan bearing 6304 dengan proses *hardening* dan proses *carbonitriding*, dengan cara pengujian secara langsung melalui alat uji (*test rig*) yaitu dengan cara kedua jenis bearing tersebut diberikan suatu beban yang telah ditentukan yaitu sebesar 63 kg lalu diberi putaran dengan bantuan motor listrik dengan kemampuan putaran sebesar 2800 rpm, dikarenakan keterbatasan pada alat uji (*test rig*) maka Analisis ini dilakukan selama 100 jam dan dilakukan iterasi sesuai dengan yang terjadi pada *crankshaft gasoline engine*.

Setelah dilakukan Analisis selama 100 jam maka didapat hasil dari perhitungan yaitu Umur Nominal (Lh): 5038 jam, Keandalan Umur (Ln): 5038 jam, Keandalan Umur (R): 0.9 atau sebesar 90 % dan juga panas yang timbul pada bantalan (Q): 0.968 kcal/menit. Selain itu Analisis ini juga dilakukan foto makro terhadap *ball bearing* sehingga didapat hasil bahwa pada *ball bearing* dengan proses *hardening* terjadi banyak cacat pada permukaan atau goresan, sedangkan pada *ball bearing* dengan proses *carbonitriding* terjadi hanya sedikit cacat pada permukaan. Dan dengan pengaruh beban dan kerusakan yang terjadi pada benda uji saat dilakukan uji coba maka didapat nilai FR (*failure rate*) atau tingkat kegagalan rata-rata pada *bearing* dengan proses *hardening* ialah 0.25 per 100 jam dan juga didapat MTBF atau waktu rata-rata sampai terjadi kegagalan ialah 400 jam, sedangkan pada *bearing* dengan proses *carbonitriding* FR (*failure rate*) ialah 0 per 100 jam dan MTBF ialah 0 jam atau 100 % tidak terjadi kegagalan.

Dari hasil data Analisis maka didapat nilai MTBF (*main time break failure*) atau waktu rata-rata sampai terjadi kegagalan pada *bearing* dengan proses *carbonitriding* lebih baik dibandingkan

dengan *bearing* dengan proses *hardening*. Sehingga dari data tersebut bahwa bearing dengan proses carbonitriding lebih sesuai untuk digunakan pada *crankshaft gasoline engine* dibandingkan pada *bearing* dengan proses *hardening*.

Kata kunci : Bearing, Crankshaft gasoline engine, MTBF (*main time break failure*).

PENDAHULUAN

Pada pemakaian kendaraan bermotor kita tidak lepas oleh yang namanya *bearing*/bantalan karena *bearing* ini merupakan suatu benda yang dibuat untuk membantu kinerja komponen pada kendaraan bermotor seperti pada roda, *crankshaft* dan lain – lain. Oleh karena itu pada *bearing* teramat penting untuk mengetahui keandalannya, sehingga dapat mendukung kinerja komponen pada kendaraan bermotor secara maksimal.

Keandalan dapat didefinisikan suatu kemampuan sebuah alat untuk melaksanakan suatu fungsi yang diperlukan (tanpa kegagalan) dalam keadaan yang ditentukan untuk suatu jangka waktu yang ditentukan. Kerusakan dapat terjadi pada awal pemakaian yang disebabkan karena kesalahan disain, produksi, dan instalasi, atau pada masa pakainya yang terjadi secara acak, atau karena umurnya maka menjadi usang, aus, dan lelah. Variable yang terpenting yang berkaitan dengan keandalan adalah waktu, terutama yang berkaitan dengan laju kerusakan (*failure rate*) yang dapat menjelaskan mengenai fenomena keandalan suatu sistem.

MTBF (*main time break failure*) ialah waktu rata – rata yang akan dijalani suatu sistem maupun komponen sebelum mengalami kegagalan maupun kerusakan. Waktu sangatlah penting karena sebagai variable untuk mengetahui keandalan suatu komponen, oleh sebab itu mencari nilai MTBF sangatlah penting untuk mengetahui keandalan komponen tersebut.

Dari uraian diatas, penulis tertarik untuk mengetahui lebih dalam tentang *bearing*/bantalan yang banyak digunakan oleh kendaraan bermotor pada saat ini, terutama mengetahui keandalan dari bearing tersebut. Sehingga penulis mengambil judul tentang *bearing* pada tugas akhir yang merupakan syarat menyelesaikan gelar sarjana (S.1). Oleh karena itu penulis memilih pengaruh *bearing* terhadap kineja mesin khususnya pada *crankshaft gasoline engine*.

Dalam tugas akhir ini yang akan dibahas ialah mengetahui tentang umur kerusakan suatu bearing/bantalan dengan mengetahui jumlah putaran total, atau jumlah jam pada suatu kecepatan putar

tertentu untuk mengetahui kerusakan pada bantalan tersebut, sehingga mempengaruhi keandalan atau kinerja suatu komponen terutama pada *crankshaft gasoline engine*. Pada *crankshaft* diutamakan keandalan suatu komponen pendukung karena komponen tersebut dapat mempengaruhi kinerja mesin secara nyata karena *crankshaft* sangat mempengaruhi kinerja pada piston dan juga ruang bahan bakar. Pada dasarnya Analisis ini bertujuan agar penulis mampu menerapkan ilmu dan pengetahuan yang diperoleh di bangku kuliah sesuai dengan bidangnya sehingga siap dalam menghadapi dunia kerja. Dan diharapkan Analisis ini dapat menjadi masukan bagi penulis khususnya dalam dan bermanfaat bagi masyarakat maupun pembaca pada umumnya.

Adapun tujuan dari Analisis ini adalah untuk membandingkan pengaruh umur penggunaan dan juga keandalan dari bearing 6304 dengan menggunakan proses *hardening* dan menggunakan proses *carbonitriding*. Dengan aplikasi pemakaian pada *crankshaft gasoline engine* terhadap *performance* mesin sepeda motor.

Terdapat banyak definisi keandalan yang dinyatakan oleh beberapa penulis. Salah satu definisi keandalan dalam masalah perawatan yang dinyatakan oleh *Electronics Industries Association* (EIA) USA, adalah :

↳ Probabilitas bahwa suatu item (sistem) mempunyai performansi sesuai dengan fungsi yang diharapkan dalam selang waktu dan kondisi operasi tertentu.

Definisi keandalan tersebut merupakan kriteria yang jelas untuk menentukan kerusakan suatu sistem atau komponen yaitu apabila sistem atau komponen tidak dapat berfungsi lagi seperti yang diinginkan. Variabel terpenting yang berkaitan dengan keandalan ialah waktu, terutama yang berkaitan dengan laju kerusakan (*failure rate*) yang dapat menjelaskan mengenai fenomena keandalan suatu sistem.

MTBF (*main time break failure*) ialah waktu rata – rata yang akan dijalani suatu sistem maupun komponen sebelum mengalami kegagalan maupun kerusakan. Waktu sangatlah penting karena sebagai variable untuk mengetahui keandalan suatu komponen, oleh sebab itu mencari nilai MTBF

sangatlah penting untuk mengetahui keandalan komponen tersebut.

MTBF (*main time break failure*) berlaku untuk barang – barang yang dapat diperbaiki. MTBF (*main time break failure*) dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

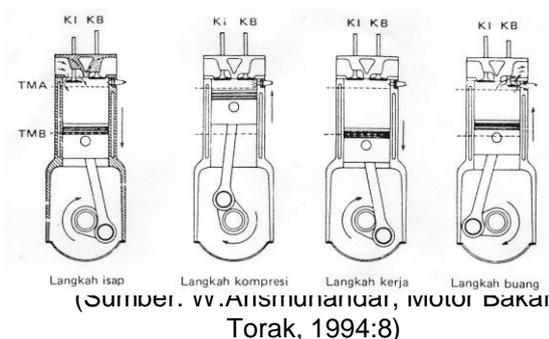
$$MTBF = m = 1/\lambda \text{ jam}$$

Dimana :

λ = Tingkat kegagalan system dan merupakan jumlah tingkat kegagalan dari semua bagian komponen.

Pada motor empat langkah yang banyak digunakan pada masa kini terjadi proses siklus yang terdiri dari empat gerakan yaitu : gerak isap, gerak kompresi, gerak ekspansi/usaha dan gerak buang. Gerakan terjadi selama dua kali putaran poros engkol atau gerakan torak dalam dua kali putaran poros engkol hanya terjadi satu kali gerakan usaha, sedangkan tiga gerakan yang lainnya digunakan untuk gerak isap, kompresi dan buang.

Prinsip kerja motor empat langkah :



a Langkah hisap (Intake stroke)

Piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) katup masuk terbuka dan katup buang tertutup, kemudian udara murni masuk ke dalam silinder melalui katup masuk.

b Langkah kompresi (Copression stroke)

Udara yang berada di dalam silinder dimampatkan oleh piston yang bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), dimana kedua katup baik hisap maupun buang tertutup. Selama langkah ini tekanan naik antara 30 – 40 kg/cm² dan temperatur naik antara 400 – 500 oC.

c Langkah kerja (Power stroke)

Pada langkah ini, keadaan katup hisap dan buang masih tertutup.

Partikel-partikel bahan bakar yang disemprotkan oleh nozzle akan bercampur dengan udara yang mempunyai tekanan dan suhu yang tinggi, sehingga terjadilah pembakaran yang menghasilkan tekanan dan suhu yang tinggi. Akibat dari pembakaran tersebut, tekanan naik 80 – 110 kg/cm² dan temperatur naik menjadi 600 – 900°C.

d Langkah buang (Exhaust stroke)

Katup buang terbuka sesaat sebelum piston mencapai titik mati bawah (TMB) sehingga gas sisa pembakaran mulai keluar. Piston bergerak dari TMB – TMA mendorong gas buang keluar seluruhnya.

Bearing/bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak – balik dari elemen yang berhubungan dengan poros dapat ditransmisikan dan berlangsung halus, aman, dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh sistem akan menurun atau tidak dapat bekerja secara semestinya. Jadi, bantalan dalam permesinan dapat disamakan peranannya dengan pondasi pada gedung.

Bahan bantalan yang digunakan pada Analisis ini ialah baja yang tahan panas dan juga baja tahan karat dengan standarisasi AISI / ASTM 52100 dan dengan unsur pembentuk C : 1,04 %, Mn : 0,35 %, Si : 0,25 %, dan Cr : 1,45%. Baja ini dapat memberikan umur panjang dengan keausan sangat kecil

Umur bantalan dinyatakan sebagai jumlah putaran total, atau jumlah jam pada suatu kecepatan putar tertentu.

Umur nominal L (90% dari jumlah sampel, setelah berputar 1 juta putaran) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{1/3}$$

dalam hal ini :

f_n = Faktor kecepatan

n = Putaran

➤ faktor umur ialah :

$$f_h = f_n \frac{C}{P}$$

dalam hal ini :

f_h = Faktor umur

C = Beban nominal dinamis spesifik (kg)

P = Beban ekuivalen dinamis (kg)

➤ **Umur nominal** ialah :

$$L_n = 500 f_h^3$$

dalam hal ini :

L_n = Umur nominal

➤ **Keandalan umur** ialah :

$$L_n = a_1 \times a_2 \times a_3 \times L_h$$

dalam hal ini :

L_n = Keandalan umur (100 – n) (%).

a_1 = faktor keandalan. $a_1 = 1$ bila keandalan 90(%) dipakai seperti biasa, atau 0,21 bila keandalan 99(%) dipakai.

a_2 = faktor bahan. $a_2 = 1$ untuk bahan baja yang dicairkan secara terbuka, dan kurang lebih = 3 untuk baja bantalan dengan gas hampa.

a_3 = Faktor kerja. $a_3 = 1$ untuk kerja kondisi normal.

➤ **Distribusi kegagalan** ialah :

Distribusi kegagalan dapat ditaksir dengan cara distribusi weibull, sebagai berikut :

$$R = \exp - \left[\left(\frac{\frac{L}{L_{10}} - x_0}{\theta - x_0} \right)^b \right]$$

Dalam hal ini :

L = Umur bearing.

L_{10} = Keandalan umur.

x_0 = Harga x minimum yang diharapkan.

θ = Harga karakteristik atau harga skala.

b = kemiringan Weibull.

Panas yang timbul pada bantalan dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini:

$$Q = \frac{\pi \times F \times K \times i \times d_{mj}^2 \times n}{42700} \quad ($$

Kcal/menit)

dalam hal ini :

F = Koefisien gesek = (0,002 – 0,003)

K = Tekanan bidang = (60 – 200 kg/cm²)

n = Putaran mesin

d_{mj} = Diameter main journal

i = Jumlah silinder

Kegiatan pengujian dilakukan di Laboratorium Prestasi Mesin Institute Sains & Teknologi “AKPRIND” Yogyakarta.

Sudarsono, Analisis Tentang Main Time Break Failure Dari Bearing 6304 pada Crankshaft Gasoline Engine

Dimana sistem pengambilan data menggunakan jenis Analisis *True Experimental Analysis* atau pengambilan data dilakukan berdasarkan percobaan.

Bahan – bahan yang digunakan dalam Analisis ini ialah Bearing dengan type 6304 dengan jenis sebagai berikut ini :

1. Bearing 6304 dengan proses Hardening

Bearing 6304 dengan proses *hardening* ialah Bearing dengan proses pembuatan melalui proses *hardening* yaitu proses pembuatan *bearing* dengan campuran Rx Gas (Co + Co₂), dengan lama proses pembentukan *bearing* tersebut ialah 3.5 jam.



Gambar 2. Bearing dengan proses Hardening

2. Bearing 6304 dengan proses Carbonitriding

Bearing 6304 dengan proses *carbonitriding* ialah Bearing dengan proses pembuatannya melalui proses *carbonitriding* yaitu suatu proses pembuatan *bearing* dengan ditambahkan suatu gas yaitu gas amonia (HN₃) dan juga Rx Gas (Co + Co₂), dengan lama proses pembentukan *bearing* tersebut ialah 9 jam



Gambar 3. Bearing dengan proses Carbonitriding

Peralatan yang digunakan untuk melakukan Analisis ini adalah alat berupa objek yang akan yang diamati dan instrument pendukung diantaranya :

1) Motor Listrik dengan spesifikasi :

Model	: JY2B – 2
Type	: 1 Phase
Daya	: 1 HP
Putaran	: 2800 rpm

Tegangan : 110/220
 V
 Ampere :
 12.98/6.49 A
 Frekuensi : 50Hz

Motor listrik merupakan suatu alat untuk menghasilkan gerakan maupun putaran pada komponen mesin seperti poros dengan bantuan *pulley* dan *belt* dengan putaran yang diinginkan. Dalam Analisis ini menggunakan putaran sebesar 2800 rpm untuk menggerakkan poros.



Gambar 4. Motor Listrik

2) Watt–Hour Meter

Pada Analisis ini menggunakan *Watt–Hour Meter* yang berfungsi sebagai alat penunjuk waktu yang telah terjadi atau telah dicapai pada Analisis ini. Adapun alat ini berkerja yaitu dengan cara memanfaatkan arus listrik pada motor listrik tersebut yang dihubungkan pada pusat listrik sehingga alat ini berkerja menghitung waktu yang telah terjadi selama Analisis ini.



Gambar 5. Watt–Hour Meter

3) Thermometer

Pada Analisis ini menggunakan *thermometer* yang berfungsi sebagai pengukur suhu yang akan terjadi pada Analisis ini.



Gambar 6. Thermometer

4) Beban

Pada Analisis ini menggunakan beban yang berupa beban bandul yang berfungsi memberi beban pada *bearing* atau benda uji tersebut dengan cara menggantungkan beban tersebut pada benda uji, sehingga benda uji tersebut terkena tekanan atau berat yang disebabkan oleh beban bandul tersebut.



Gambar 7. Beban

5) MCB

Pada Analisis ini menggunakan *MCB* yang berfungsi sebagai pengaman pada saat tegangan maupun arus turun sehingga tidak langsung pada motor listrik, sehingga tidak terpengaruh atau membuat terjadi arus pendek maupun kerusakan pada motor listrik yang digunakan pada Analisis tersebut.



Gambar 8. MCB

6) Infus pelumas

Pada Analisis ini menggunakan media infus sebagai alat pelumasan dengan metode pelumasan tetes sehingga dapat diatur beberapa tetes yang akan keluar selama 1 menit untuk pelumasan pada benda uji.



Gambar 9. Infus pelumas



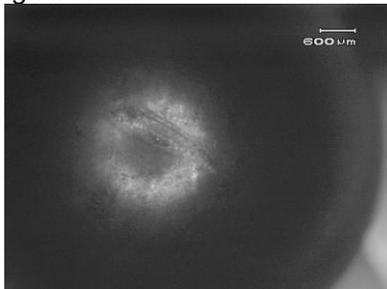
Gambar 10. Alat uji

Hasil Analisis

Setelah mendapatkan data – data benda uji maka dilakukan foto makro pada

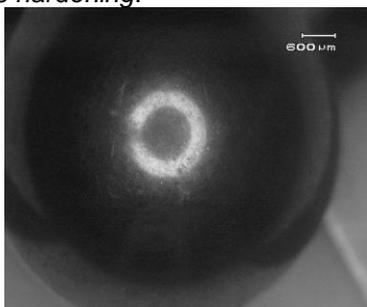
benda uji yang bertujuan agar kita dapat mengetahui cacat atau kerusakan yang terjadi pada permukaan benda uji. Foto makro ini dilakukan terhadap benda uji yang meliputi *ball bearing* dan pelumas, dan sebagai perbandingan maka digunakan *ball bearing* dan pelumas yang digunakan sebelum uji coba dan juga yang digunakan setelah dilakukan uji coba. Foto makro ini menggunakan kamera khusus untuk melihat permukaan dengan merek *Olympus S2 – PT*, dan dilakukan pada Laboratorium Pengujian Bahan Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Pada gambar dibawah ini memperlihatkan terjadi kerusakan atau cacat pada permukaan *ball bearing* dari *bearing* dengan proses *hardening*. Kerusakan yang timbul terlihat cukup banyak dan juga kerusakan tersebut berbentuk goresan pada permukaan *ball bearing* tersebut.



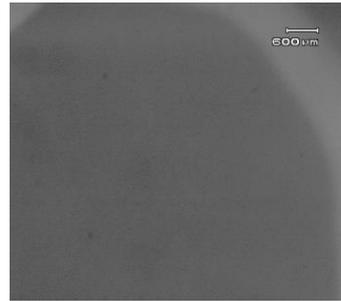
Gambar 11. Ball bearing dari bearing dengan proses hardening

Sedangkan pada *ball bearing* dari *bearing* dengan proses *carbonitriding* hanya terdapat sedikit kerusakan dan berbentuk goresan akan tetapi goresan tersebut tidak sepanjang atau sebanyak yang telah terjadi pada *ball bearing* dari proses *hardening*.



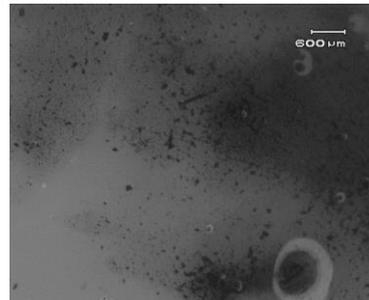
Gambar 12. Ball bearing dari bearing dengan proses carbonitriding

Pada gambar dibawah ini dapat dilihat foto makro pada pelumas yang digunakan sebelum uji coba, dimana dapat dilihat pelumas tersebut masih bersih dari kotoran ataupun lainnya dan juga warna atau tampilan pelumas tersebut masih terlihat terang atau bersih.



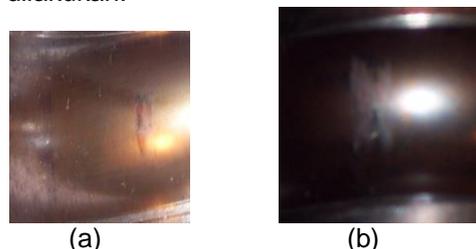
Gambar 13. Pelumas sebelum uji coba

Sedangkan pada gambar dibawah ini dapat dilihat foto makro perbedaan dari pelumas yang telah digunakan atau setelah uji coba, dimana tampilan pelumas tersebut dapat dilihat lebih gelap atau kusam dan juga terdapat banyak kotoran ataupun serpihan logam yang terjadi pada uji coba pada bearing tersebut dan juga telah terjadi pemanasan pada saat dilakukan uji coba tersebut dimana panas tersebut mencapai 65°C sehingga dapat mempengaruhi kualitas dari pelumas tersebut.



Gambar 14. Pelumas setelah uji coba

Setelah melakukan foto pada *ball bearing* dan juga pada pelumas, selanjutnya pada Analisis ini juga mengambil gambar atau foto pada permukaan *Outer ring* dan *inner ring* pada benda uji yaitu pada bearing 6304 dengan proses *hardening* dan juga pada bearing 6304 dengan proses *carbonitriding*, mengambil foto atau gambar ini berfungsi agar mengetahui kerusakan yang terjadi pada permukaan *bearing* tersebut selama uji coba ini dilakukan.



Gambar 15. (a) Outer Ring dan (b) Inner Ring Bearing dengan proses Hardening

Pada gambar diatas ini dapat dilihat bahwa pada permukaan *outer ring* dan *inner ring* pada bearing 6304 dengan proses *hardening* terdapat kerusakan atau cacat pada permukaan yang berupa goresan yang cukup banyak, timbulnya cacat pada permukaan ini

disebabkan karena terjadi gesekan antara *ball bearing* dengan *outer* dan juga *inner ring* pada *bearing* dengan putaran yang cukup cepat sehingga menyebabkan *ball bearing* tersebut mengalami kerusakan dan juga sangkar atau cage yang berfungsi untuk mengikat ball bearing mengalami kerusakan sehingga ball bearing tersebut tidak dapat bergerak secara teratur yang mengakibatkan bearing dengan proses hardening mengalami kerusakan satu buah dari empat buah bearing yang dilakukan uji coba.



(a) (b)

Gambar 16. (a) Outer dan (b) Inner Bearing dengan proses Carbonitriding

Sedangkan pada gambar diatas dapat dilihat dimana permukaan pada *outer ring* dan *inner ring* pada bearing 6304 dengan proses *carbonitriding* juga mengalami kerusakan akan tetapi kerusakan yang terjadi tidak terlalu banyak dibandingkan pada bearing 6304 dengan proses *hardening*, penyebab kerusakan atau cacat yang timbul pada permukaan *outer* dan *inner ring* pada bearing 6304 dengan proses *carbonitriding* sama dengan cacat pada permukaan bearing 6304 dengan proses *hardening* dimana terjadi gesekan antara *ball bearing* dengan *outer* dan juga *inner ring* pada *bearing*. Akan tetapi kerusakan yang terjadi tidak menyebabkan kerusakan pada *cage* atau sangkar *ball bearing*, sehingga *bearing* 6304 dengan proses *carbonitriding* tidak mengalami kerusakan dari empat buah benda yang dilakukan uji coba.

Setelah data – data pengukuran diperoleh langkah selanjutnya adalah pengolahan data dengan menerapkan persamaan-persamaan empiris dan landasan teori yang mendukung, maka dengan melakukan perhitungan sehingga didapat :

- Umur nominal $L_n = 5038$ jam
- Keandalan umur $L_n = 5038$ jam

- Nilai keandalan sebesar $R = 0.9$ atau sebesar 90 %
- Panas yang timbul pada bantalan $Q = 0.648$ kcal/menit

KESIMPULAN

Dari hasil Analisis tentang MTBF (*Main Time Break Failure*) dari *Bearing* 6304 pada *Crankshaft Gasoline Engine* yang dilakukan di Laboratorium Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada Analisis ini dilakukan iterasi karena terjadi kesalahan pada *test rig*, oleh karena itu data pada penelitian ini disesuaikan dengan kondisi pada *crankshaft gasoline engine* sesungguhnya seperti gaya dan juga beban yang terjadi pada *crankshaft gasoline engine* tersebut sehingga perlakuan yang diterima pada benda uji sesuai dengan sesungguhnya.
2. Pada Analisis ini karena terjadi kesalahan *test rig* maka Analisis ini dilakukan selama 100 jam, sehingga didapat data bahwa *bearing* 6304 dengan proses *hardening* tidak sesuai untuk dipakai pada *crankshaft gasoline engine* dikarenakan kualitas dari bearing tersebut tidak sesuai dan juga FR (*Failure Rate*) atau tingkat kegagalan rata-rata ialah 0.25 per 100 jam, selain itu MTBF (*Main Time Break Failure*) atau waktu rata-rata sampai terjadinya kegagalan ialah 400 jam, sehingga *bearing* 6304 dengan proses *hardening* tidak dapat mendukung kinerja pada *crankshaft gasoline engine* dan juga dapat mengurangi umur atau keandalan dari mesin tersebut.
3. Karena pada Analisis ini terjadi kesalahan *test rig* maka Analisis ini dilakukan selama 100 jam, sehingga didapat data bahwa *bearing* 6304 dengan proses *carbonitriding* sesuai dipakai pada *crankshaft gasoline engine* dikarenakan kualitas dari bearing tersebut sangat sesuai untuk mendukung dari kinerja pada mesin terutama pada *crankshaft gasoline engine* selain itu FR (*Failure Rate*) atau tingkat kegagalan rata-rata ialah 0 per 100 jam, selain itu MTBF (*Main Time Break Failure*) atau waktu rata-rata sampai terjadi kerusakan ialah 0 jam atau 100 % tidak terjadi kerusakan pada *bearing* 6304 dengan proses *carbonitriding* sehingga sesuai digunakan pada *crankshaft gasoline engine* dan juga dapat memperpanjang umur mesin.
4. Tidak semua jenis *bearing* dapat digunakan atau sesuai pada *crankshaft gasoline engine* karena perlakuannya terhadap bearing tersebut sangat berbeda

dan juga kemampuan atau keandalan bearing pada *crankshaft gasoline engine* tersebut harus dengan kualitas yang baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar. W, 1998, "Penggerak Mula Motor Bakar Torak", Penerbit ITB; Bandung.
- Khovack. M, 1968, "Motor Vehicle Engines", International Edition, Mir Publishers, Moscow.
- Maleev, V, L, 1945, " Internal – Combustion Engine ", Mc Graw Hill Book, Co; New York.
- Petrovsky. N, 1968, "Marine Internal Combustion Engines", International Edition, Mir Publishers; Moscow,
- PT SKF Indonesia, 2002, " Training Pengetahuan Bearing ", PT SKF Indonesia; Jakarta.
- Shigley, Joseph, E, 1999, " Perencanaan Teknik Mesin ", Jilid 1, Penerbit Erlangga; Jakarta.
- Shigley, Joseph, E, 1999, " Perencanaan Teknik Mesin ", Jilid 2, Penerbit Erlangga; Jakarta.
- Sularso dan Suga, kyokatsu, 1983, " Dasar – dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Pradnya paramita; Jakarta.