

Studi Kasus Analisis Kegagalan Material Piston Sepeda Motor

Munaji, Yoyok Winardi

Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Indonesia

Article history: Received: 11/10/2017; Revised: 20/11/2017; Accepted : 30/12/2017

ABSTRAK

Makalah ini menyajikan hasil analisis kegagalan pada material piston sepeda motor. Dalam sistem sepeda motor, piston merupakan komponen mesin yang sangat vital. Selain menerima energi panas, piston juga menerima beban gesek selama siklus mesin berlangsung. Sehingga resiko mengalami kerusakan semakin besar. Prosedur analisis terdiri dari pengamatan secara fisik dan pengujian mekanik, meliputi pengambilan foto makro, pengamatan struktur mikro, pengujian komposisi kimia, dan uji kekerasan. Hasil pengamatan pada fisik piston, terdapat goresan dan perubahan warna di permukaan dinding piston. Berdasarkan uji spektrometer, material piston terbuat dari paduan Al-Si-Cu-Mg dengan seri AA336.0. Pengujian kekerasan vickers menunjukkan distribusi nilai kekerasan pada dinding dan kepala piston tidak mengalami penurunan yang signifikan. Nilai kekerasan vickers pada kepala piston sebesar 136,06 HVN, sedangkan pada dinding piston sebesar 134,3 HVN. Berdasarkan analisa secara menyeluruh, kerusakan piston disebabkan oleh kegagalan pelumasan yang menyebabkan piston *over heat* dan *burning*.

Kata kunci: analisa kegagalan, material piston, sepeda motor, *over heat*, *burning*

ABSTRACT

This paper presents the failure analysis on the motorcycle's piston. The analysis procedure consists of physical observation (metallography), mechanical testing (hardness testing, and chemical composition testing (spectrometry). Result physical observation shows there are scratches and changes in color on the surface of the piston wall. Based on spectrometer test, piston is made from Al-Si-Cu-Mg alloy with AA336.0 series. Hardness vickers testing showed the distribution of HVN on the walls and heads of piston are not decrease significantly. Hardness on the head of piston is 136.06 HVN, while on the wall of piston is 134.3 HVN. Based on the analysis, the failure is caused by lubrication failure that causes piston over heat and burning.

Keywords : failure analysis, piston material, motorcycle, over heat, burning.



Munaji, staf pengajar pada Prodi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Ponorogo. Menamatkan pendidikan dasar SD, SMP, dan SMA di Ponorogo. Menempuh pendidikan tinggi di Program Sarjana Fisika ITS (2003-2008), dan Program Magister Fisika ITS (2011-2013) dengan konsentrasi bidang Fisika Material. Dalam beberapa tahun terakhir penulis melakukan penelitian dalam bidang material, khususnya logam.

PENDAHULUAN

Sepeda motor adalah salah satu bentuk dari mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi gerak melalui pembakaran. Komponen utama mesin

sepeda motor terdiri dari piston dan batang penghubung, silinder blok, kepala silinder, engkol atau poros engkol, dan sistem pemindah tenaga. Piston merupakan salah satu komponen sepeda motor yang fungsinya sangat vital [1]. Piston adalah komponen mesin yang membentuk ruang bakar bersama – sama dengan blok silinder dan kepala silinder. Di dalam siklus kerja mesin, piston menerima tenaga hasil pembakaran dan diteruskan ke poros engkol melalui batang piston (*connecting rod*). Pada saat mesin bekerja, piston bergerak translasi didalam silinder blok dari titik mati atas sampai titik mati bawah. Dalam gerakannya, dinding piston bergesekan langsung dengan dinding silinder. Pada saat terjadi proses pembakaran di dalam silinder, energi panas yang dihasilkan oleh gas pembakaran sangat tinggi (200-300°C)[2]. Untuk membuat piston yang baik, bahan yang akan digunakan untuk piston harus benar-benar

*Corresponding author.

E-mail address: munaji@umpo.ac.id

Peer reviewed under responsibility of Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

© 2017 Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, All right reserved, This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

terpilih agar tercipta kualitas piston yang baik [3]. Umumnya piston terbuat dari paduan Aluminium. Karena paduan aluminium ini memiliki sifat tahan terhadap suhu tinggi, ringan, rendah koefisien muai panas, tahan terhadap gesekan, dan mempunyai daya hantar panas yang baik.

Karena kurangnya pemahaman terhadap pemeliharaan, maka banyak komponen sepeda motor mengalami kerusakan atau kegagalan. Salah satu komponen itu adalah piston. Kerusakan yang sering terjadi adalah piston terbakar, piston retak, kepala piston berlubang, dinding piston tergores atau aus, dan keausan pada lubang pena piston. Hal itu disebabkan oleh kegagalan pelumasan, adanya oksidasi, dan pembakaran yang tidak tepat (*knocking*), *fatigue* [4], temperatur berlebih, dan kondisi penggunaan mesin [5]. Salah satu contoh kerusakan piston ditunjukkan pada Gambar 1.

Berdasarkan hal tersebut diatas, penelitian ini ditujukan untuk mengetahui penyebab terjadinya kerusakan pada material piston sepeda motor. Maka dari itu, diperlukan upaya penelitian secara fisik dan mekanik. Untuk memperoleh informasi penyebab kerusakan, maka diperlukan beberapa metode penyelidikan, meliputi deskripsi kegagalan, analisis metalurgi, dan sifat mekanik dibahas di makalah ini.



Gambar 1. Kerusakan pada piston

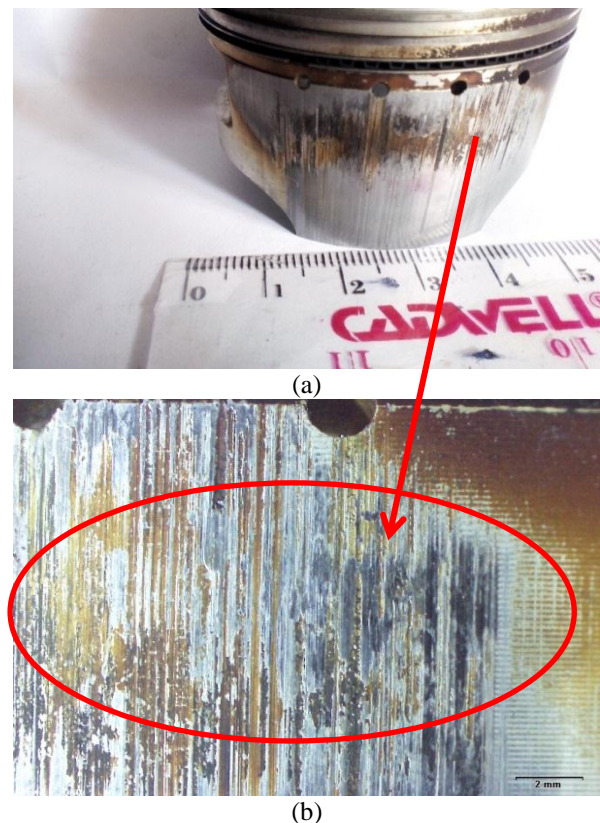
METODE

Metode yang digunakan untuk mengetahui terjadinya kegagalan adalah meliputi pengamatan makro dan mikro, pengujian komposisi kimia, dan pengujian sifat mekanik. Piston yang mengalami kerusakan selanjutnya dijadikan spesimen uji. Kamera digital digunakan untuk mengambil gambar piston yang mengalami kegagalan. Kemudian pengamatan secara makro dilakukan menggunakan stereo mikroskop (Olympus SZ1145TR). Selanjutnya Struktur mikro diamati menggunakan mikroskop mikro (Ueromex holland PB4161), mesin uji kekerasan vickers Highwood (HVMMT X7) digunakan untuk menguji distribusi kekerasan piston. Pengujian kekerasan mengacu pada standart ASTM E92. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan uji spektrometer di laboratorium material CV. Karya Hidup Sentosa (Quick) Jogjakarta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan Makro

Gambar 2 menunjukkan foto hasil pengamatan secara visual menggunakan kamera digital. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kerusakan terjadi pada dinding piston, seperti ditunjukkan pada gambar 2a. Untuk memperjelas kerusakan digunakanlah mikroskop stereo zoom (Olympus SZ1145TR) dengan pembesaran 2x. Jenis kerusakan berupa goresan (*seizure*) dan perubahan warna coklat kehitam-hitaman pada beberapa sisi dinding piston, seperti ditunjukkan pada Gambar 2b. Goresan yang terdapat pada dinding piston memiliki kedalaman dan lebar yang bervariasi. Goresan pada dinding piston juga dalam jumlah yang banyak. Goresan tersebut tersebar diseluruh permukaan dinding piston, sehingga permukaannya menjadi terluka. Goresan itu terjadi karena dinding pistonmendapat panas yang berlebih karena bergesekan dengan dinding silinder. Karena suhu dinding piston dan silinder terlalu tinggi, akibatnya lapisanminyak pelumas tidak mampu melindungi permukaan piston dan silinder.



Gambar 2. Goresan dan perubahan warna pada dinding piston

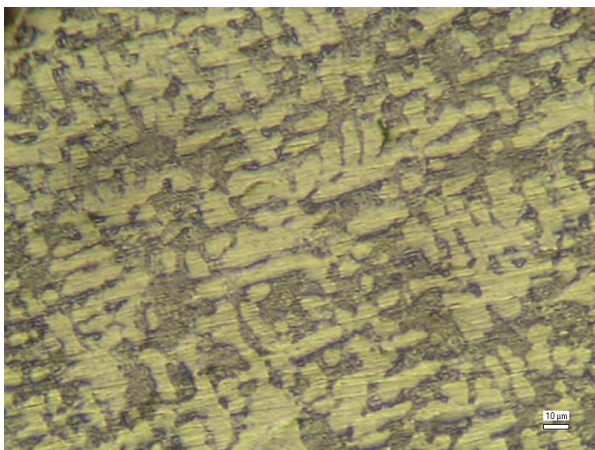
Peneliti sebelumnya menyatakan, bahwa salah satu kerusakan piston dengan ciri-ciri demikian disebabkan oleh kegagalan pelumasan [6]. Selain itu pada sisi yang tergores, terdapat perubahan warna kehitam-hitaman yang diindikasikan karena mendapat panas berlebih pada waktu bergesekan dengan dinding silinder. Di sisi lain pada dinding piston, terjadi perubahan warna

coklat kehitam-hitaman yang di curigai karena adanya penumpukkan kerak sisa pembakaran yang menempel pada dinding piston. Pada penelitian lain disebutkan, bahwa penumpukkan kerak sisa pembakaran tersebut dikarenakan terdapat kebocoran antara ring piston dan dinding silinder. Dengan kata lain ring piston atau dinding silinder mengalami keausan [7].

Pengamatan Struktur Mikro

Piston yang mengalami kerusakan kemudian dipotong untuk dijadikan spesimen uji. Sebelum dilakukan pengamatan, permukaan spesimen dilakukan preparasi terlebih dahulu. Permukaan dihaluskan menggunakan kertas amplas dari grit 400-2500. Kemudian dipoles menggunakan metal polish (autosol). Setelah dipoles permukaan dietsa menggunakan lauratan keller reagent. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop mikro. Hasil pengamatan ditunjukkan pada Gambar 3.

Dari gambar struktur mikro tersebut merupakan tipe struktur eutektik paduan alumunium-silikon. Gambar yang berwarna terang merupakan α -Al primer. Sedangkan yang berwarna gelap adalah eutektik Si.



Gambar 3. Struktur mikro piston gagal

Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan menggunakan mesin uji keras vickers Highwood (HVMMT X7) sesuai standart ASTM E92 [8]. Untuk mengetahui distribusi nilai kekerasan, pengujian dilakukan di kepala piston dan dinding piston. Hasil pengujian kekerasan disajikan dalam Tabel 1.

Berdasarkan tabel distribusi nilai kekerasan (tabel 1) menunjukkan bahwa rata-rata nilai kekerasan kepala piston adalah 136,06 HVN, dan dinding piston 134,3 HVN. Hal itu menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada ke-dua tempat tersebut mengalami penurunan 1,29 %. Sehingga penurunan nilai kekerasan tersebut menyebabkan dinding piston cepat mengalami keausan dan mudah tergores. Selain itu, penurunan nilai kekerasan disebabkan oleh kondisi temperatur. Tingginya temperatur pembakaran menyebabkan piston mengalami *over aging*[9]. Selama proses mesin berlangsung, piston mendapat panas yang berlebih

secara terus menerus yang menyebabkan difusi atom dalam material piston tidak terkontrol [4].

Tabel 1. Nilai distribusi kekerasan piston gagal

kepala piston (HVN)	dinding piston (HVN)
141,3	132,3
136,4	130,5
136,5	136,9
134,3	136,5
136,1	135,2
138,3	137,4
130	135,3
145,1	137,2
137,4	131,7
141,5	136,4
136	130
125,9	132,6
136,1	131
137	134,8
129	136,7
Rata-rata = 136,06	Rata-rata = 134,3

PengujianKomposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui komposisi penyusun material piston. hasil pengujian komposisi ditunjukkan pada tabel 2.

Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan bahwa material piston terbuat dari paduan Al-Si-Cu-Mg dengan seri AA336.0[10].

Tabel 2. Komposisi kimia piston gagal

Unsur	% berat	AA336.0
Si	10,98	11-13
Mg	>1,36	1,3
Cu	1,07	0,5-1,5
Ni	1,02	2-3
Fe	0,35	1,2
Mn	0,04	0,35
Zn	0,06	0,35
Ti	0,02	0,25
Cr	0,02	-
Al	85,03	Bal

KESIMPULAN

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui penyebab kerusakan pada material piston sepeda motor 4 tak 110 cc. Dari seluruh hasil pengamatan dan pengujian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Material piston terbuat dari paduan Al-Si-Cu-Mg.
- Nilai kekerasan pada dinding piston mengalami penurunan jika dibandingkan dengan nilai kekerasan pada kepala piston.
- Goresan pada dinding piston disebabkan oleh kegagalan pelumasan, sedangkan perubahan warna pada dinding piston disebabkan oleh

temperatur berlebih (*over heat*) dan mengakibatkan piston *burning*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Muhammadiyah Ponorogo atas pendanaan penelitian yang diberikan.

REFERENSI

- [1] J. Jama, Teknik sepeda motor Jilid 1, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, 2008.
- [2] L. Ceschini, A. Morri, E. Balducci, N. Cavina, L. Calogero, L. Poggio, Experimental observations of engine piston damage induced by knocking combustion, *J. Mat Des*, 2016.
- [3] A. W. Orłowicz, M. Mróz, M. Tupaj, and A. Trytek, Materials Used in the Automotive Industry, *J. Archives of Found Eng.* 2 (2015) 75–78.
- [4] M. Dileep, P. S. Sanjay, and R. K. Mandloi, Analytical study of fatigue failure of aluminium alloy piston in IC engines, *Inter Res Jour of Eng and Tech.* 3 no 4 (2016) 1665–1669.
- [5] O. P. Singh, S. Mohan, K. V. Mangaraju, M. Jayamathy, and R. Babu, Thermal seizures in automotive drum brakes, *J. Eng Fail Anal* 17 no 5 (2010) 1155–1172.
- [6] J. Filipczyk and Z. Stanik, Piston damages – case studies and possibilities of early detection, *J. Kones Powertrain Transp.* 19 no. 4 (2012).
- [7] N. Kulkarni, Analisis of piston failure-A review, *Int. J. Innov. engineering Technol.* 6 no.3 (2016) 1–9.
- [8] Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials. ASTM International 2004.
- [9] S. Nugroho, Analisis kegagalan piston sepeda motor bensin 110 cc, Prosiding seminar nasional sains dan teknologi fakultas teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang (2011) 118–123.
- [10] J. G. Kaufman and E. L. Rooy, Aluminium alloy casting: Castings Properties, Processes, and Applications, ASM International. 2004.