

ANALISIS KEGAGALAN PISTON SEPEDA MOTOR BENSIN 110 cc

Sri Nugroho dan Azis Purwanto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNDIP

Jl. Prof. Sudharto SH Kampus Undip Tembalang Semarang

e-mail : srinugroho@undip.ac.id

Abstrak

Piston merupakan salah satu komponen sepeda motor yang berkerja pada tekanan dan temperatur tinggi sehingga rentan terhadap kegagalan. Piston ini telah dipakai selama 8 tahun dan menempuh jarak tempuh rata-rata 100 km per hari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab kegagalan sebuah piston sepeda motor bensin 110 cc. Metode penelitian yang digunakan meliputi pengamatan visual, pengujian komposisi kimia, kekerasan dan struktur mikro terhadap piston gagal dan piston yang masih baru. Dari hasil pengamatan visual ditemukan piston gagal di bagian crown. Hasil uji komposisi kimia kedua piston tersebut masuk pada paduan Al-Si-Cu-Mg dengan seri AA336.0 dan tidak mengalami perubahan selama pemakaian. Pengujian struktur mikro terlihat presipitat sudah tersebar merata di seluruh matrik α -Al dan sudah berada pada fasa θ sehingga berpengaruh terhadap sifat mekaniknya. Nilai kekerasan bagian crown piston gagal bila dibandingkan dengan piston baru mengalami penurunan menjadi 46,5 dan 51 HRB masing-masing pada bagian tengah dan pinggirnya. Adanya distribusi kekerasan pada piston gagal menunjukkan bagian tengah crown piston terpajan pada temperatur yang lebih tinggi daripada pinggirnya, berbeda dengan piston baru yang distribusi kekerasannya relatif homogen dengan kekerasan rata-rata 74 HRB. Pada bagian skirt, distribusi kekerasan antara piston baru dan gagal relatif homogen, dan tidak terlalu mengalami penurunan kekerasan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kegagalan piston sepeda motor 110 cc terjadi karena fenomena overaging pada bagian crown piston.

Kata kunci: piston, paduan Al-Si-Cu-Mg, crown, skirt, matrik α -Al, fasa θ

1. PENDAHULUAN

Piston merupakan salah satu komponen sepeda motor yang berkerja pada tekanan dan temperatur tinggi. Piston harus memiliki daya tahan terhadap korosi dan abrasi yang tinggi, koefisien pemuaian yang rendah, mempunyai kekuatan/kekerasan yang tinggi dan ringan. Material piston pada umumnya terbuat dari paduan alumunium Al-Si-Cu-Mg. Paduan yang dipakai biasanya dengan komposisi eutektik yaitu yang kandungan silikonnya antara 10-13% berat [1]. Piston dibuat dengan cara pengecoran dan kemudian diberi *heat treatment* sebelum dipasang pada ruang mesin sepeda motor. Proses *heat treatment*nya adalah *precipitation hardening*.

Terdapat beberapa fenomena kegagalan yang sering dijumpai pada piston seperti piston *burning*, piston retak, kegagalan pelumasan, dan sebagainya [2]. Salah satu contoh kegagalan piston berupa piston *burning* ditunjukkan pada Gambar 1. Adapun kemungkinan penyebab kegagalan piston *burning* antara lain : waktu injeksi yang tidak tepat, injektor terkontaminasi, kegagalan pada *nozzle*, kekurangan suplai udara, pembatasan *exhaust*, dan lain-lain [2].

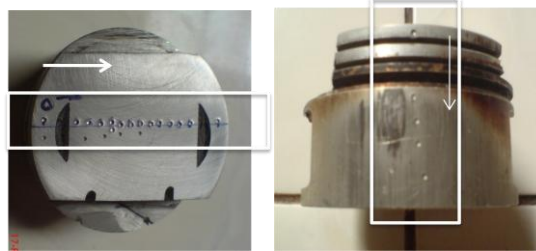


Gambar 1. Kerusakan pada crown piston [2]

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mekanisme kegagalan yang terjadi pada piston sepeda motor bensin 110 cc yang telah beroperasi selama 8 tahun. Adapun langkah analisis kegagalan yang dilakukan sesuai dengan urutan sebagai berikut : pengamatan visual, hipotesis, pengumpulan data dan penarikan kesimpulan penyebab kegagalan.

2. METODE PENELITIAN

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah piston sepeda motor 110 cc yang telah mengalami kegagalan dan yang masih baru. Pengamatan secara visual dilakukan dengan jalan mengamati piston gagal secara langsung dan membandingkannya dengan kondisi piston yang masih baru. Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Metode yang digunakan adalah dengan *Rockwell Hardness Tester Model HR 150-A*. Skala yang digunakan dalam pengujian ini adalah skala B (HRB). Posisi pengukuran kekerasan pada piston gagal ditunjukkan pada Gambar 2. Pada bagian *crown* dilakukan pengujian sebanyak 11 titik dan pada bagian *skirt* sebanyak 5 titik.



Gambar 2. Spesimen pengujian kekerasan pada piston gagal

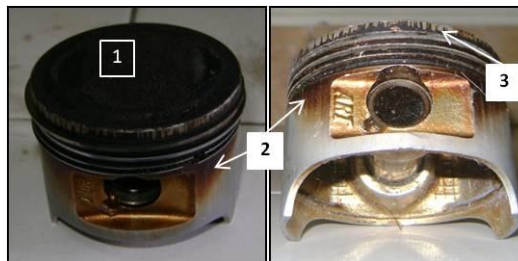
Pengujian struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik *Olympus U-MSSP4*. Pengujian dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Jurusan Teknik Mesin Undip

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengamatan visual

Gambar 3 menunjukkan pengamatan visual terhadap piston gagal. Kerusakan yang terjadi adalah berupa timbulnya terak karbon yang cukup tebal dan berwarna kehitaman pada bagian *crown* (no.1). Kerusakan juga menyebar ke bagian bagian *skirt* ditunjukkan pada Gambar 3 no. 2, berupa warna kehitaman namun masih dapat dikatakan normal. Selain itu, ditemukan pula goresan akibat gesekan antara dinding silinder dengan *skirt* pada bagian alur ring pistonnya (no. 3). Goresan yang terjadi cukup dalam dan menyebar di seluruh permukaan alur ring piston. Fenomena goresan tersebut tidak ditemukan pada piston yang telah beroperasi pada jangka waktu tertentu dalam keadaan normal, serta mempunyai sistem pembakaran dan pelumasan yang baik.

Berdasarkan pengamatan *visual* yang telah dilakukan, selanjutnya diajukan hipotesis bahwa kegagalan piston terjadi akibat temperatur operasi yang terlalu tinggi atau sistem pelumasan yang kurang baik. Temperatur yang berlebih dibuktikan dengan adanya terak karbon pada bagian *crown* dan sistem pelumasan yang kurang baik ditunjukkan dengan bagian *skirt* yang tergores.



Gambar 3. Hasil pengamatan visual terhadap piston gagal

3.2 Komposisi kimia

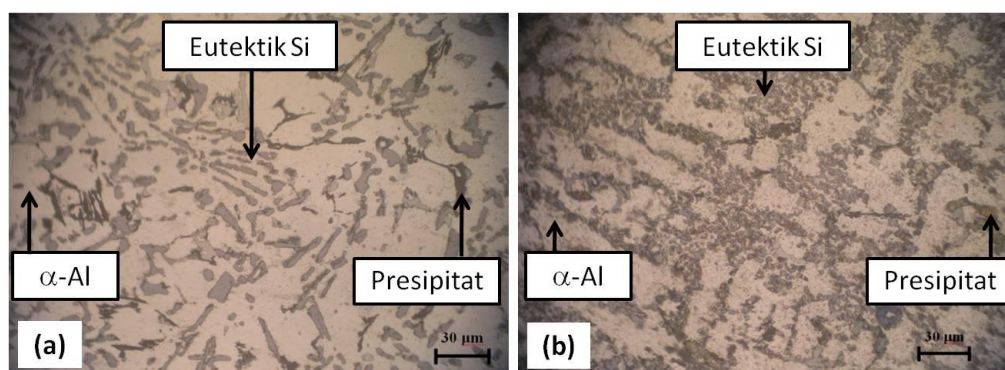
Hasil pengujian komposisi kimia piston baru dan gagal ditunjukkan pada Tabel 1. Material piston, baik yang baru maupun yang gagal, digolongkan ke dalam paduan aluminium dengan nomor seri AA336.0. Dari tabel tersebut juga terlihat bahwa komposisi kimia piston gagal relatif sama dengan piston baru. Hal ini berarti selama 8 tahun pemakaian tidak ditemukan perubahan komposisi kimia piston secara signifikan.

Tabel 1. Komposisi kimia piston baru, piston gagal, dan paduan aluminium standar

Unsur	Material piston (wt%)		AA336.0 [8]
	Baru	Gagal	
Al	85,21	84,85	Balance
Si	11,7	11,6	11-13
Cu	0,650	0,550	0,5-1,5
Mg	1,25	1,26	0,7-1,3
Fe	1,0	0,93	1,2
Mn	0,348	0,315	0,35
Ni	2,37	1,96	2-3
Zn	0,34	0,36	0,35
Cr	0,047	0,030	-
Sn	0,009	0,019	-
Ti	0,0547	0,0531	

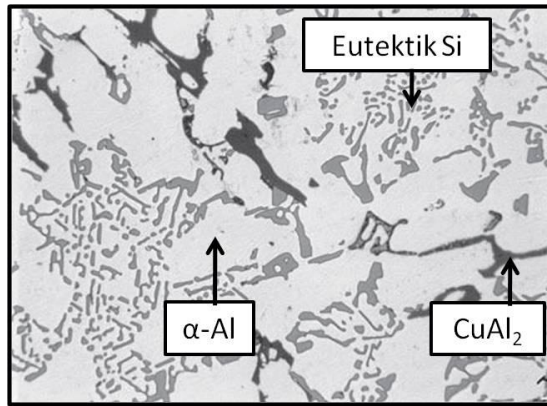
3.2 Pengujian Struktur Mikro

Gambar 4 menunjukkan struktur mikro piston baru dan yang gagal. Bagian yang berwarna terang adalah matriks α -Al. Bagian yang berwarna abu-abu dan gelap serta berbentuk lonjong adalah masing-masing fasa eutektik silikon dan presipitat. Berdasar foto struktur mikro dari referensi 5 (Gambar 5), presipitat yang teridentifikasi adalah fasa CuAl_2 . Paduan Al-Si-Cu-Mg memiliki beberapa presipitat (selain tembaga-aluminium) berupa senyawa intermetalik seperti magnesium-silikon, besi-silikon, dan lain-lain [4]. Keberadaan presipitat ini karena ukurannya sangat kecil dan jumlahnya sedikit, tidak bisa teridentifikasi dalam penelitian ini.

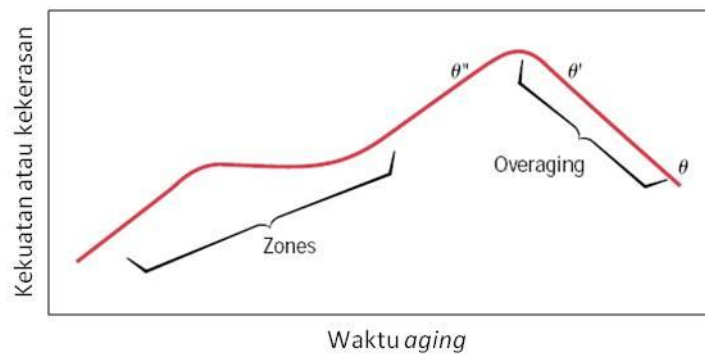


Gambar 4. (a) Struktur mikro piston baru, (b) Struktur mikro piston gagal

Perbedaan struktur mikro piston baru (Gambar 4a) dan piston gagal (Gambar 4b) terletak pada ukuran dan fraksi volume eutektik silikon dan presipitatnya. Akibat lamanya pemakaian yang berarti berarti piston terpapar pada temperatur pembakaran ($200\text{-}300^\circ\text{C}$), struktur fasa akan mengalami fenomena *aging*. Fenomena ini dijelaskan dengan baik dengan menggunakan ilustrasi pada Gambar 6. Makin lama waktu aging, piston yang diperkeras dengan metode *precipitation hardening* akan mengalami transformasi fasa sebagai berikut : fasa GP zone \rightarrow fasa θ'' \rightarrow fasa θ' \rightarrow fasa θ . Dari data kekerasan piston baru (dibahas di subbab berikutnya), piston yang dipasang pada mesin motor kemungkinan memiliki fasa GP zone atau θ'' . Dengan berjalannya waktu operasi, dan juga nanti diperkuat dengan bukti nilai kekerasan, fasa pada piston gagal adalah fasa θ . Perubahan struktur mikro pada piston gagal pasti diikuti dengan perubahan sifat mekaniknya yang dalam hal ini kekerasannya. Dari referensi [6], ukuran dari presipitat akan berpengaruh terhadap koherensinya terhadap matrik α -Al. Koherensi antara presipitat dan matriks tercapai saat kurva pada Gambar 6 mencapai puncak, yaitu saat fasanya θ'' atau θ' . Selepas fasa θ' akan terjadi penurunan kekerasan yang drastis akibat ukuran presipitat membesar dan tidak memiliki koherensi lagi dengan matriksnya. Fenomena ini disebut dengan *over aging*.



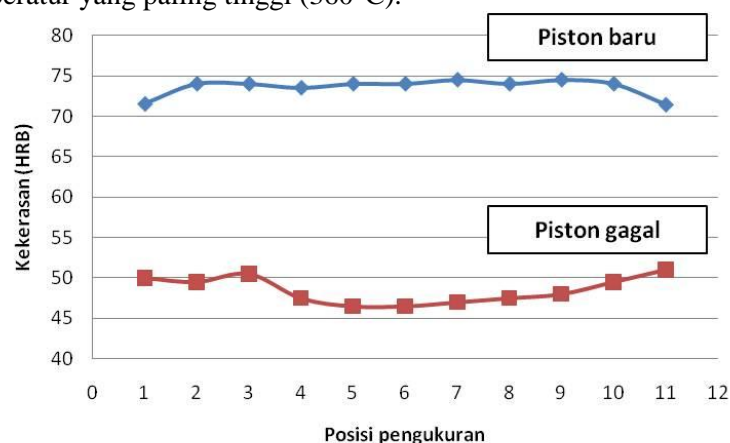
Gambar 5. Struktur mikro paduan aluminium cor komposisi eutektik silikon [5]



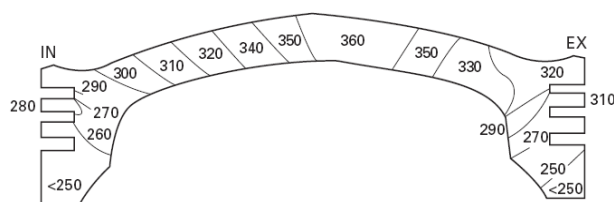
Gambar 6. Hubungan nilai kekerasan dengan waktu terhadap fasa yang terbentuk pada proses *aging* [6]

3.3 Pengujian kekerasan

Distribusi nilai kekerasan terhadap posisi pengukuran pada bagian *crown* dan *skirt* untuk piston baru dan gagal ditunjukkan pada Gambar 7 dan 9. *Crown* piston baru memiliki kekerasan 70-75 HRB, sedangkan piston gagal 45-51 HRB. *Crown* piston adalah bagian yang terpapar langsung dengan pembakaran sehingga sejalan dengan pernyataan sebelumnya, data penurunan kekerasan ini membuktikan adanya fenomena *overaging*. Informasi menarik lainnya, pada bagian tengah *crown* piston gagal memiliki kekerasan yang lebih rendah (46,5 HRB) dibandingkan dengan bagian pinggirnya (51 HRB). Hal ini sejalan dengan Gambar 8 di mana bagian tengah *crown* piston terpapar pada temperatur yang paling tinggi (360°C).

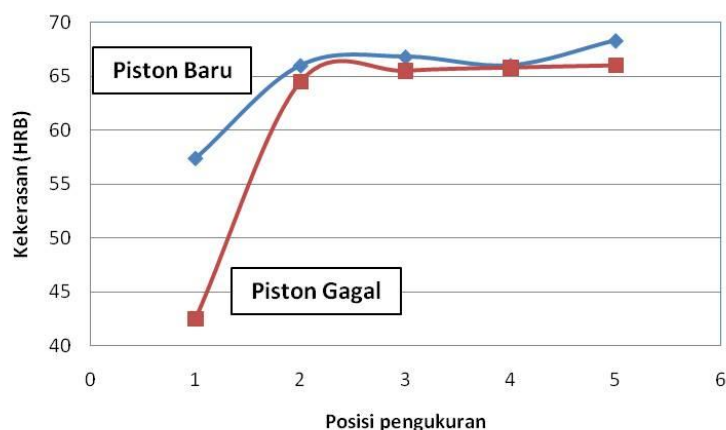


Gambar 7. Grafik perbandingan kekerasan terhadap posisi pengukuran di bagian *crown* piston pada piston baru dan gagal



Gambar 8. Distribusi temperatur operasi pada piston [5]

Distribusi kekerasan di bagian *skirt* pada piston gagal dan baru relatif sama (Gambar 9). Hal ini menandakan sistem pelumasan bekerja dengan baik sehingga tidak mengubah struktur dan sifat *skirt* piston meski telah bekerja 8 tahun operasi. Perbedaan signifikan pada posisi pengukuran no.1 disebabkan posisi tersebut dekat dengan ruang pembakaran sehingga akan terpajan pada temperatur yang lebih tinggi dibanding posisi lainnya, sehingga akan mengalami penurunan kekerasan yang lebih drastis.

Gambar 9. Grafik perbandingan kekerasan terhadap posisi pengukuran di bagian *skirt* pada piston baru dan gagal

Dari data kekerasan di atas, dapat disimpulkan bahwa kerusakan piston dimulai pada bagian *crownya* karena mengalami *overaging*. Kemudian kerusakan berlanjut pada alur ring piston (yang dekat dengan *crow*) pada bagian *skirt* berupa deformasi plastis. Deformasi plastis dan/atau terak karbon yang terlepas dari *crow* piston akan menyebabkan piston bergesekan dengan silinder *linernya* sehingga menimbulkan goresan pada *skirt* piston.

4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Komposisi kimia piston gagal dan baru adalah paduan Al-Si-Cu-Mg dengan seri AA336.0. Komposisi kimia ini tidak mengalami perubahan meski piston telah dipakai selama 8 tahun operasi.
2. Struktur mikro berupa fasa pada piston baru dan gagal terdiri dari eutektik silikon, presipitat, dan matriks α -Al. Fasa eutektik silikon dan presipitat pada piston gagal terlihat lebih besar dan banyak dibandingkan pada piston baru.
3. Kekerasan pada bagian *crow* piston gagal mengalami penurunan drastis dibanding piston baru. Sedangkan pada bagian *skirt*nya, distribusi kekerasannya relatif sama.
4. Kegagalan piston sepeda motor bensin 110 cc ini disebabkan oleh fenomena *overaging*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cole, G S., and Sherman, A. M, 1995, “*Light Weight Materials for Automotive Applications Material Characterization*”, 3rd edition, Mc. Graw-Hill, Inc.

-
- [2] [Http://www.theultralightplace.com/pistons.html](http://www.theultralightplace.com/pistons.html), yang di unduh pada tanggal 19 Agustus 2010
- [3] http://www.alibaba.com/product-gs/349738920/Piston_SHOGUN_VIVA.html yang diunduh pada tanggal 10 Desember 2010
- [4] Zeren Muzaffer, 2006, "*The Effect Of Heat-Treatment On Aluminum-Based Piston Alloys*", Department of Metallurgical and Materials Engineering, Kocaeli University, Veziroglu Campus, 41040 Izmit, Kocaeli, Turkey
- [5] Yamagata, Hiroshi, 2005, "*The Science and Technology of Materials in otomotif engines*", Woodhead Publishing limited, Cambridge England
- [6] Callister Jr, William. D, 1994, "*Material Science And Engineering*", 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
- [7] ASM team, 1990, "*ASM Metal Handbook Volume 2 Properties And Selection Nonferrous Alloys And Special-Purpose Materials*", American Society for Metals, Formerly Tenth Edition, The United States of America