

Analisis Kerusakan *Camshaft* Sepeda Motor 4 Tak

Dwita Suastiyanti^{1,a)}, Ignatius Gute Lazar^{2,b)}, Ismojo^{3,c)}

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Mesin ITI,
Jl. Raya Puspipetek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

^{a)} dwita.suastiyanti@iti.ac.id, ^{b)} gutegute12@gmail.com, ^{c)} ismojo72@gmail.com,

Abstrak

Camshaft adalah komponen yang terletak di kepala silinder dengan lingkaran batang yang memiliki tonjolan pada beberapa sisinya yang disebut *cam*. Seiring dengan waktu penggunaan dan jarak tempuh, maka *cam* pada *camshaft* mesin sepeda motor empat tak, akan mengalami kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab kerusakan *camshaft* pada sepeda motor yang mengalami kegagalan. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan dan pengujian metalografi, serta membandingkan karakteristiknya dengan *camshaft* baru. Hasil uji kekerasan *Vickers* pada permukaan *camshaft* rusak didapat nilai rata-rata sebesar 452 HV, dengan struktur mikro berupa perlit, pengelompokan ledeburit, dan grafit halus. Sedangkan pada *camshaft* baru nilai rata-ratanya sebesar 563 HV, dengan struktur mikro berupa karbida seperti struktur *white cast iron*, dan fasa sementit. Dari hasil pengujian maka diketahui kerusakan *camshaft* berupa aus pada permukaan *cam* sedalam 1,5 mm disebabkan kurangnya pelumasan pada bagian *cam* yang bergesek dengan pelatuk, yang menyebabkan pembakaran pada ruang bakar menjadi tidak maksimal dan kinerja mesin menjadi terganggu.

Kata kunci: *cam*, *camshaft*, pengujian kekerasan, pengujian komposisi kimia, pengujian metalografi

Abstract

Camshaft is a component located in the cylinder head with a rod circle that has a bulge on some sides called *cam*. Along with the usage time and mileage, the *cam* *camshaft* on a four-stroke motorcycle engine will suffer damage. This study aim to analyze the causes of *camshaft* damage on motorcycle failure. The methodology used in this study are testing of chemical composition, hardness and metallographic testing, and comparing its characteristics with new *camshafts*. *Vickers* hardness test on the surface of the broken *camshaft* obtain an average value of 452 HV with a pearlite microstructure, the grouping of ledeburite, and fine graphite. While on the new *camshaft* yield the average value of 563 HV, with a micro structure of carbides such as white cast iron structure, and phase cementite. From the test results it is known that damage on the *camshaft* crap on the surface of the *cam* which as deep as 1.5 mm is due to lack of lubrication on the *cam* that swiped with a trigger, so that causes combustion in the combustion chamber becomes not maximal and disrupting engine performance.

Keywords: *cam*, *camshaft*, chemical composition testing, hardness testing, metallographic testing

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sepeda motor merupakan alat transportasi yang praktis dan ekonomis, oleh karena itu sepeda motor menjadi alat transportasi yang banyak digunakan oleh berbagai kalangan masyarakat. Penggunaan sepeda motor sebagai alat transportasi memerlukan perawatan yang rutin seiring dengan lamanya pemakaian. Sepeda motor yang perawatannya kurang dapat menimbulkan kerusakan pada komponen atau part dari sepeda motor tersebut.

Pada mesin kendaraan terdapat mekanisme penggerak yang bekerja sangat kompak dan mendukung sistem kerja untuk menjalankan mesin. Salah satu bagian komponen mesin yang sangat penting yaitu *camshaft* karena mengatur pemasukan bahan bakar dan mengeluarkan gas buang atau sisa pembakaran dengan membuka dan menutup katup-katup pada ruang pembakaran. Mekanisme kerjanya dengan cara memutar

dan pada *camshaft* dilengkapi nok-nok untuk membuka dan menutup katup-katup pada ruang bakar [1].

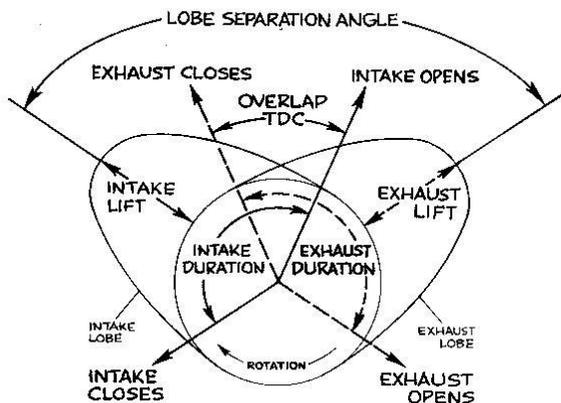
Kerusakan yang sering terjadi pada *camshaft* yaitu nok-nok atau *cam* yang mengalami keausan karena gesekan dengan dudukan *push rod* pada pengoperasian dalam jangka waktu tertentu, dan keausan pada poros yang berhubungan dengan bantalan walaupun sudah ada aliran pelumasnya.

Pada penelitian ini dilakukan analisis penyebab kegagalan *camshaft* yang mengalami keausan dan perbandingan antara *camshaft* yang mengalami kegagalan dan *camshaft* yang masih baru untuk mengetahui perbedaan kekerasan, komposisi kimia, dan metalografi pada kedua *camshaft* tersebut.

II. LANDASAN TEORI

A. Camshaft

Camshaft adalah komponen penting pada motor 4 tak yang berfungsi mengatur sirkulasi bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar maupun mengatur gas hasil pembakaran keluar dari ruang bakar [1]. *Camshaft* terdiri atas *shaft* berputar yang meneruskan gaya dari *crankshaft* dan pada *shaft* tersebut terdapat *cam* yang berfungsi mengatur mekanisme katup pada mesin dan mengubah gerakan berputar menjadi gerak bolak-balik. Bentuk *camshaft* berupa batangan silinder dengan panjang tertentu yang memiliki bentuk khusus dan terdapat beberapa tonjolan landai seperti telur pada badannya yang disebut *cam/lobe*. Bagian yang bernama *cam/lobe* berfungsi menggerakkan katup mesin yang membuka lubang masuk dan keluar udara ke ruang bakar mesin sehingga pewaktuan buka-tutup katup dapat mempengaruhi tenaga pada sebuah mesin. Gambar 1 menunjukkan bagian-bagian dari *camshaft*.

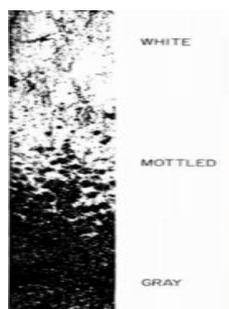


Gambar 1. Bagian-bagian *camshaft*

B. Chilled Cast Iron

Material ini digunakan dalam produksi massal. *Camshaft* bermaterial chilled cast iron memiliki ketahanan aus yang baik karena proses pengerasan dingin. Unsur lain ditambahkan ke besi sebelum pengecoran agar lebih sesuai untuk aplikasinya [2].

Pengecoran besi dingin dilakukan dengan memasukkan logam cair ke *chiller* logam sehingga menghasilkan permukaan besi cor putih. Permukaan keras besi tahan abrasi keras ini didukung oleh inti besi abu-abu yang lebih lunak [3]. Gambar 2 menunjukkan patahan pada material *chilled iron casting*.



Gambar 2. Patahan *chilled iron casting*

C. Sand Casting (Penuangan dengan Cetakan Pasir).

Proses pembentukan benda kerja dengan metoda penuangan logam cair kedalam cetakan pasir disebut *sand casting*. Secara sederhana cetakan pasir ini dapat diartikan sebagai rongga hasil pembentukan dengan cara mengikis berbagai bentuk benda pada bongkahan dari pasir yang kemudian rongga tersebut diisi dengan logam yang telah dicairkan melalui pemanasan (*molten metals*) [4]. Cetakan pasir untuk pembentukan benda tuangan melalui pengecoran harus dibuat dan dikerjakan sedemikian rupa dengan bagian-bagian yang lengkap sesuai dengan bentuk benda kerja sehingga diperoleh bentuk yang sempurna sesuai dengan yang dikehendaki. Bagian-bagian dari cetakan pasir ini antara lain meliputi:

1. Pola, mal, atau model (*pattern*), yaitu sebuah bentuk dan ukuran benda yang sama dengan bentuk asli benda yang dikehendaki. Pola dapat dibuat dari kayu atau plastik yang nantinya akan dibentuk pada cetakan pasir dalam bentuk rongga atau yang disebut *mold*. Jika model dikeluarkan dari *mold*, kemudian kedalamnya akan dituangkan logam cair.
2. Inti (*core*), yaitu merupakan bagian khusus untuk berfungsi sebagai bingkai untuk melindungi struktur model yang akan dibentuk, dengan demikian keadaan ketebalan dinding, lubang dan bentuk-bentuk khusus dari benda tuangan (*casting*) tidak akan terjadi perubahan.
3. *Cope*, yaitu setengah bagian (bagian atas) dari cetakan pasir.
4. *Drag*, yaitu setengah bagian bawah dari cetakan pasir.
5. *Gate*, yaitu lubang terbuka dimana dituangkan logam cair kedalam cetakan diantara *core* dan *drag*.
6. *Riser*, ialah lubang pengeluaran yang disediakan untuk mengalirkan sisa lelehan logam cair dari dalam cetakan.

III. METODE PENELITIAN

Tahap pertama yang harus dilakukan pada penelitian ini adalah menelusuri pembebanan dan lamanya pemakaian *camshaft* pada bagian *cam/lobe*. Tahap kedua adalah melakukan pengamatan visual pada *camshaft* yang mengalami kegagalan, karakterisasi *camshaft* baru, dan karakterisasi *camshaft* rusak

Tahap ketiga yakni uji komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam material *camshaft* baru serta persentase dari tiap unsur pembentukan bahan. Dilakukan uji kekerasan *vickers* menggunakan indentor piramida intan untuk mengetahui perbedaan kekerasan dari *camshaft* yang mengalami kegagalan dan *camshaft* baru yang diuji. Kemudian juga pengamatan struktur mikro pada material *camshaft* yang mengalami kegagalan dan *camshaft* baru. Tahap ke empat adalah pembahasan hasil pengujian yang telah dilakukan pada *camshaft* yang mengalami kegagalan dan *camshaft* baru.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengamatan Visual Camshaft

Pengamatan visual yang dilakukan adalah pada *camshaft* yang rusak dengan umur pakai 5 tahun. Dari pengamatan visual diketahui terdapat keausan sedalam 1,5 mm pada *cam* dari *camshaft* (ditunjukkan pada gambar 3). Analisis kerusakan *camshaft* dilakukan pada *cam* yang mengalami keausan.



Gambar 3 *Camshaft* rusak

B. Komposisi Kimia

Dari hasil uji komposisi kimia didapatkan data yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia *camshaft*

No	Unsur	Kandungan Unsur (% berat)
1	Fe	92.0000
2	C	3.6800
3	Si	2.7000
4	Mn	0.2110
5	Cr	0.5710
6	Ni	0.0927
7	No	0.2110
8	Cu	0.2400
9	Al	< 0.0010
10	V	0.0421
11	Vi	0.0136
12	Nb	0.0988
13	S	0.0813
14	P	0.0524
15	Pb	0.0192
16	Co	0.2400

Tabel 2 menunjukkan komposisi kimia besi cor kelabu dari standar Society of Automotive Engineers (SAE).

Tabel 2. Komposisi kimia besi cor kelabu

UNS	SAE grade	C%	Mn%	Si%	P%	S%
F10004	G1800 (b)	3.4 - 3.7	0.5 - 0.8	2.8 - 2.3	0.15	0.15
F10005	G2500 (b)	3.2 - 3.5	0.3 - 0.9	2.4 - 2.2	0.12	0.15
F10006	G3000 (c)	3.1 - 3.4	0.6 - 0.9	2.3 - 1.9	0.1	0.15
F10007	G3500 (c)	3.0 - 3.3	0.6 - 0.9	2.2 - 1.8	0.08	0.15
F10008	G4000 (c)	3.0 - 3.3	0.7 - 1.0	2.1 - 1.8	0.07	0.15

Maka dari tabel 1 dan tabel 2 dapat diketahui material *camshaft* sepeda motor 4 tak yang dianalisis adalah besi cor kelabu (*cast iron*) dengan standar SAE G1800 grade b.

C. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada analisis kerusakan ini menggunakan metode uji *hardness vickers* dengan beban sebesar 5 kgf dan piramida intan dengan sudut 136°. Tujuan pengujian ini untuk mengetahui perbedaan kekerasan antara *camshaft* rusak dan *camshaft* baru.

Gambar 4 menunjukkan lokasi titik-titik pengujian kekerasan *Vickers* pada *camshaft* rusak dan *camshaft* baru dengan potongan panjang dan melintang.



Gambar 4. Hasil uji Kekerasan a) *camshaft* rusak. b) *camshaft* baru

Nilai kekerasan *Vickers* (VHN) dari lokasi titik-titik pengujian ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji kekerasan material *camshaft*

No	NILAI KEKERASAN HV			
	Camshaft Rusak		Camshaft Baru	
	Potongan Memanjang	Potongan Melintang	Potongan Memanjang	Potongan Melintang
1	567	435	550	533
2	567	441	567	602
3	478	441	558	593
4	454	347	472	328
5	362	300	271	257
6	321	249	252	233
7	257	218	234	227
8	274	223	212	227
9	214	227	208	210
10	220	-	-	-

Berdasar analisis pengujian kekerasan, diketahui *camshaft* rusak pada titik 3 (478 HV) dan titik 4 (454 HV) potongan memanjang; serta titik 1 (435 HV) dan titik 2 (441 HV) potongan melintang. Hasil tersebut lebih kecil dari kekerasan *camshaft* baru yakni pada titik 1 (550 HV) dan titik 2 (567 HV) potongan memanjang; serta pada titik 1 (533 HV) dan titik 2 (602 HV) potongan melintang. Perbedaan kekerasan antara *camshaft* rusak dan *camshaft* baru disebabkan oleh permukaan dingin (*chilled cast iron*) pada *camshaft* rusak yang telah terkikis oleh gesekan antara *cam* dengan pelatuk, sehingga *camshaft* yang baru lebih keras permukaannya karena masih terdapat permukaan dingin pada permukaan yang bergesekan dengan pelatuk.

D. Metalografi

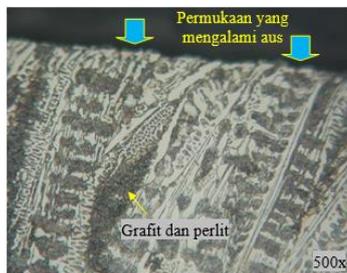
Pengujian metalografi dilakukan untuk mengetahui struktur mikro. Struktur mikro dalam logam (paduan) ditunjukkan dengan besar, bentuk dan orientasi butirnya, jumlah fasa, proporsi, serta dimana butir tersusun atau terdistribusi. Spesimen metalografi yang diuji yakni bagian *cam* pada *camshaft* rusak dan *camshaft* baru.

Gambar 5 menunjukkan gambar hasil uji metalografi pada bagian *cam* dari *camshaft* rusak yang mengalami keausan.



Gambar 5. Hasil uji metalografi bagian aus

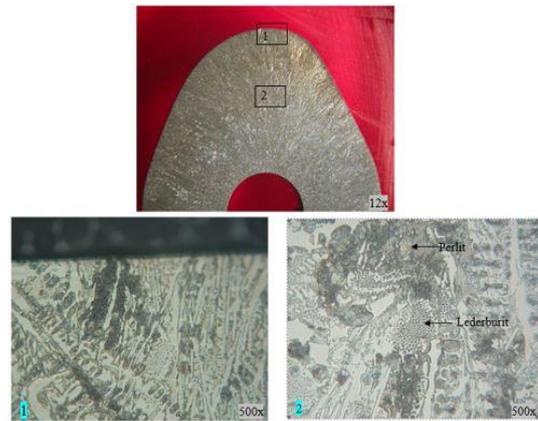
Gambar 6 menunjukkan pembesaran 500x pada bagian yang mengalami keausan.



Gambar 6. Hasil uji metalografi bagian aus pembesaran 500x

Gambar 6 menunjukkan struktur mikro pada lokasi *cam* yang mengalami keausan berupa ledeburit dan perlit dengan pengelompokan grafit-grafit halus dengan perlit.

Gambar 7 menunjukkan hasil uji metalografi pada sampel potongan *cam* pada bagian permukaan yang bergesek dengan potongan melintang untuk *camshaft* baru. Berdasarkan pengamatan, struktur mikro *camshaft* baru pada daerah permukaan gesekan membentuk karbida seperti struktur *white cast iron* dengan fasa sementit yang mempunyai karakteristik keras serta tidak terbentuk grafit karena unsur silikonnya yang rendah sehingga pada bagian tersebut mempunyai nilai kekerasan yang tinggi [3]. Pada lokasi 2 ledeburit bentuk dendrite dengan perlit dan grafit halus (warna hitam).

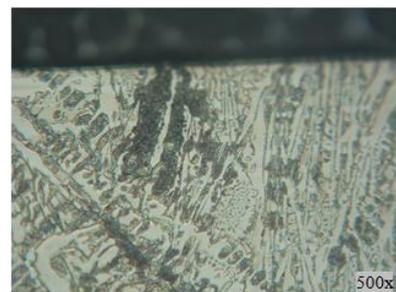


Gambar 7. Hasil uji metalografi *camshaft* baru potongan melintang pembesaran 500x

Hasil pengamatan struktur mikro pada sisi permukaan aus *camshaft* rusak potongan memanjang dan melintang ditemukan perlitik dengan pengelompokan ledeburit dan serpih grafit halus. Perlit merupakan campuran eutektoid antara ferit dan sementit yang mengandung 0,8% C dan terbentuk pada temperatur 723°C pada pendinginan yang sangat lambat. Kekerasan dari perlit kurang lebih 180-250 HV. Ledeburit merupakan campuran eutektik yang terjadi pada 4,3% C dan temperatur 1130°C.

E. Hubungan Kekerasan dengan Metalografi

Pada permukaan aus *camshaft* rusak, nilai kekerasan rata-rata yaitu 452 HV. Nilai kekerasan rata-rata ini lebih kecil dari nilai kekerasan rata-rata pada permukaan *camshaft* baru yang sebesar 563 HV. Gambar 8 menunjukkan struktur mikro pada bagian permukaan *camshaft* baru.



Gambar 8. Permukaan aus *Camshaft* Baru pembesaran 500x

F. Pembahasan Hasil Pengujian

Dari hasil penelusuran pembebanan pada permukaan *cam*, pengamatan visual, pengujian kekerasan, dan pengujian metalografi, maka dapat diketahui penyebab kerusakan permukaan *cam* pada *camshaft*. Kerusakan disebabkan oleh gesekan antara *camshaft* berputaran tinggi dengan pelatuk yang bekerja membuka dan menutup katup yang terus menerus, yang mana menyebabkan panas yang tinggi sehingga menyebabkan lapisan keras yang sangat tipis pada permukaan *camshaft* terkikis. Pengikisan terjadi sampai akhirnya permukaan keras pada *camshaft* tidak ada lagi. Kerusakan tersebut diakibatkan oleh pelumasan pada *camshaft* yang tidak teratur sehingga tidak ada atau hanya sedikit pelumas (oli)

yang melumasi bagian permukaan *camshaft* sehingga akhirnya *camshaft* mengalami aus.

Camshaft yang mengalami keausan pada bagian permukaan *cam*nya akan mengganggu kinerja mesin karena berkurangnya ukuran dari *camshaft*. Dengan berkurangnya ukuran *camshaft* maka bukaan pada katup menjadi kurang maksimal dan mengganggu udara yang keluar-masuk ke ruang bakar, sehingga pembakaran yang terjadi pada ruang bakar pun tidak maksimal. Karena pembakaran yang terjadi tidak maksimal maka kinerja mesin pun menjadi tidak maksimal atau terganggu.

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisis penyebab kerusakan *camshaft* sepeda motor 4 tak, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pengamatan visual dan penelusuran, kerusakan *camshaft* terjadi pada permukaan *cam*nya yang mengalami keausan sedalam 1,5 mm dari *cam* semula (baru)
2. Kekerasan pada permukaan *camshaft* rusak didapat sebesar 452 HV dan pada *camshaft* baru sebesar 563 HV. Hal ini seiring dengan berkurangnya ketahanan aus permukaan *camshaft* akibat gesekan antara *camshaft* berputaran tinggi dengan pelatuk yang mana menimbulkan panas yang tinggi sehingga menyebabkan lapisan keras yang sangat tipis pada permukaan *camshaft* terkikis. Pengikisan ini disebabkan oleh pelumasan pada *camshaft* yang tidak teratur sehingga hanya sedikit pelumas (oli) atau tidak ada pelumas yang melumasi bagian permukaan *camshaft* dan akhirnya permukaan *camshaft* tersebut aus.
3. Hasil uji metalografi dengan pembesaran 500x pada permukaan *camshaft* rusak ditemukan fasa perlit dengan pengelompokan ledeburit dan serpih grafit halus. Sedangkan pada permukaan *camshaft* baru berupa karbida seperti struktur *white cast iron* dengan fasa sementit yang mempunyai karakteristik keras, serta tidak terbentuk grafit karena unsur silikonnya yang rendah sehingga pada bagian tersebut mempunyai nilai kekerasan yang tinggi.

REFERENSI

- [1] Yoyok Drajat Siswanto, Ratno, dan Ngantou Rohman, Pengaruh variasi *lobe separation angle camshaft* dan variasi putaran mesin terhadap gaya pada sepeda motor supra X 125 tahun 2008, *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Mesin*, vol. 1, no. 1, 2012, pp. 98-105.
- [2] Li Ping, Li Fengjun, Cai Anke, and Wei Bokong, Fracture analysis of chilled cast iron camshaft, *CHINA FOUNDRY*, vol. 6, no.2, May 2009, pp.104-108.
- [3] Usama Tahir, *Cast Iron and Its Structure*, NED University of Engineering and Technology, 2016.
- [4] William D. Callister, *Material Science and Engineering An Introduction*, Jhon Wiley & Son, Inc., 2007.