

8 November 2017

**Analisis KEGAGALAN *CRANKPIN* PADA SEPEDA MOTOR 125 CC**Sri Nugroho<sup>1, A)</sup>, Sulardjaka<sup>1</sup>, & Krenius<sup>1</sup><sup>1</sup>Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.<sup>a)</sup>srinugroho2004@yahoo.com**Abstract.**

Failure analysis is a process of collecting and analyzing data to determine the cause of failed component or part which is based on the investigation to the objects systematically. This study explains the failure of crankpin on 125 cc motorcycle that has been operating for about four years. Undesirable noise was detected in crankshaft when the engine is running, and then the machine stop and broken. An early indication of the failure is a lubricant spill out when the motorcycle parked. The causes and mechanisms of failure were investigated in the laboratory by visual investigation, macrography analysis, chemical composition analysis, hardness measurement, and micrography analysis. The visual investigation results found that the surface has a wear phenomenon due to the contact of crankpin with the needle roller bearing, and the lubrication system that work inoptimal in minimizing friction between the components. The macrography results found that the wear is a pitting phenomenon and there are cracks under the wearing crankpin surface. The cracks are formed due to repeated-cycle deformation mechanisms. The result of chemical composition analysis of the crankpin found that the material is SCM 420 steel, which is standard for crankpin. Micrography analysis and hardness measurement results found that there is a difference between the failure and new crankpin. The surface of failure crankpin had a deep internal oxidation. Therefore, it is cause the hardness of the crankpin becomes lower. This study concludes the failure mechanism is due to the deep internal oxidation caused by imperfect gas carburizing process.

Keywords: crankpin, internal oxidation, pitting, SCM 420.

**1. PENDAHULUAN**

Pada zaman yang serba cepat ini, kendaraan menjadi salah satu kebutuhan manusia sebagai alat transportasi. Di kawasan Asia, Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah konsumen kendaraan terbesar. Menurut Kepala Korps Polisi Lalu Lintas, terdapat lebih dari seratus dua puluh juta kendaraan di Indonesia pada tahun 2016 dan sepeda motor merupakan kendaraan yang paling banyak digunakan, yaitu sekitar 71% dari total kendaraan di Indonesia.

8 November 2017

---

---

Pada kendaraan sepeda motor, terdapat tiga komponen utama yaitu komponen rangka, sistem mesin, dan sistem kelistrikan. Komponen sistem mesin yang paling umum diketahui adalah *crank case*, *cylinder block* (silinder blok), *cylinder head* (kepala silinder), piston, *ring* piston, *connecting rod* (batang piston), *crankshaft* (poros engkol), dan mekanisme katup. Material yang digunakan pada sistem mesin ini adalah besi cor dan aluminium. Namun karena sistem mesin ini melakukan kerja yang berat, komponen tersebut dapat mengalami kerusakan seperti aus atau retak. Hal ini menyebabkan kerja mesin menjadi tidak sempurna dan bisa menyebabkan mesin gagal bekerja.

*Crankpin* merupakan komponen penting pada sistem mesin sepeda motor, yang berfungsi sebagai penghubung antara *connecting rod* dengan *crankshaft*. Jika terjadi kegagalan pada komponen ini, akan berakibat fatal pada sistem mesin hingga dapat menyebabkan kerusakan pada mesin. *Crankpin* yang mengalami kegagalan terdapat pada sepeda motor roda dua 125 cc. Ditemukan daerah aus pada bagian *crankpin* yang bersentuhan langsung dengan *roller bearing* pada bagian *big end connecting rod*. Efek dari kegagalan ini adalah timbulnya suara kasar dari dalam mesin. Hal ini bisa terjadi karena kurangnya perawatan pada mesin khususnya pada penggantian pelumas [1]. Maka dari itu dibutuhkan analisis kegagalan terhadap komponen *crankpin* supaya dapat mengetahui penyebab kegagalannya dan dapat memperbaiki kesalahan serta untuk pencegahan agar tidak mengulangi kesalahan yang terjadi pada komponen *crankpin*.

## 2 METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan untuk bisa menginvestigasi mekanisme dan penyebab kegagalan *crankpin*. Untuk mencapai tujuan ini investigasi lapangan dan pendekatan eksperimen di tingkat laboratorium dilakukan untuk mengungkap bukti-bukti yang terkait dengan kegagalan. Pengujian yang dilakukan antara lain pengamatan visual, makrografi, komposisi kimia, kekerasan, dan mikrografi.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengamatan Visual

Pengamatan visual merupakan salah satu metode dalam analisis kegagalan. Metode ini bertujuan untuk melihat bentuk fisik dari material yang mengalami kegagalan serta karakteristik yang terjadi. Pada Gambar 1 terlihat jelas *crankpin* mengalami kerusakan dibagian *crankpin neck surface*, dengan kerusakannya berupa aus pada sebagian permukaannya. Keausan pada

8 November 2017

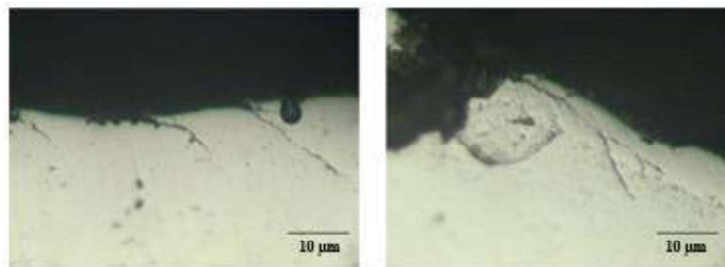
permukaan ini adalah akibat gesekan antara *crankpin* dengan *needle roller bearing* yang terdapat pada *big end connecting rod*.



**GAMBAR 1.** Keausan pada sebagian permukaan *crankpin*.

### 3.2 Hasil Pengujian Makrografi

Berdasarkan pengamatan visual yang telah dilakukan dengan menggunakan mikroskop optic dengan perbesaran 1x, keausan tampak seperti lubang-lubang kecil (*pitting*), yang merupakan ciri dari *fatigue wear* (*spalling wear*). Keausan ini menyebabkan terbentuknya retakan tepat dibawah permukaan pada bagian yang terdeformasi, kemudian retak tersebut merambat ke permukaan dan menghilangkan partikel-partikel di permukaan, yang terlihat seperti lubang-lubang kecil [2]. Untuk melihat retakan ini, dilakukan pengujian mikroskop dengan mengamati *cross-sections* dari bagian yang aus, seperti pada Gambar 2.



**GAMBAR 2.** *Cross-sections* dari bagian *crankpin* yang aus. Terdapat retak yang menjadi penyebab keausan lelah (*fatigue wear*). Perbesaran 200x.

### 3.3 Hasil Uji Komposisi Kimia

**TABLE 1.** Komposisi kimia *crankpin* (wt%)

Unsur	Fe	C	Cr	Mo	Si	Mn	Ni	Cu
<i>Crankpin Gagal</i>	97,36	0,191	0,959	0,176	0,232	0,796	0,083	0,109
<i>Crankpin Baru</i>	97,23	0,214	0,914	0,186	0,254	0,744	0,148	0,211
<b>SCM 420</b>	<b>Bal.</b>	0,18 – 0,23	0,90 – 1,20	0,15 – 0,30	0,15 – 0,35	0,60 – 0,85	0,25 max	0,30 max

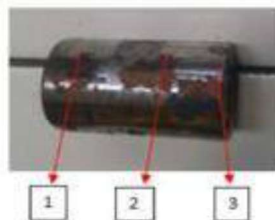
8 November 2017

Hasil dari pengujian ini *crankpin* gagal menunjukkan bahwa unsur utamanya adalah Fe sebesar 97.36 wt% dan unsur-unsur paduan yang dominan adalah Cr dan Mo yang masing-masing sebesar 0.959 wt% dan 0.176 wt%. Sedangkan pada *crankpin* baru tidak ditemukan perbedaan dari perbandingan antara kedua *crankpin* dan dapat dikatakan relatif sama. Dengan demikian material *crankpin* masuk ke dalam klasifikasi baja paduan Cr-Mo nomor seri SCM 420 (standar Jepang).

Adanya unsur Cr untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi, meningkatkan kemampukerasan merubah kekuatan pada suhu tinggi, atau merubah ketahanan abrasi pada karbon tinggi. Sedangkan unsur Mo adalah untuk menginduksi pengerasan sekunder selama proses *tempering* pada baja yang sedang di *quench* [3].

### 3.4 Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji kekerasan *Rockwell Hardness Tester Model HR-150A* dan untuk *microhardness* menggunakan *Vickers Hardness Tester*. Uji kekerasan *Rockwell* menggunakan skala C (HRC) dengan pembebanan 150 kgf dan menggunakan pendonor *diamond*. Untuk uji kekerasan *vickers* menggunakan penetrator *diamond* dengan pembebanan 1 kgf. Pengujian *rockwell* dilakukan pada permukaan *crankpin* seperti ditunjukkan pada Gambar 3, dan nilai kekerasannya dapat dilihat pada Table 2.



**GAMBAR 3.** Titik-titik pengujian kekerrasan *Rockwell* pada *crankpin*.

**TABLE 2.** Nilai kekerasan *Rockwell* (HRC)

Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (HRC)	
	<i>Crankpin</i> gagal	<i>Crankpin</i> baru
1	58	58
2	58	59
3	58	58

Dari hasil pengujian *Rockwell*, dapat dilihat bahwa nilai kekerasan antara *crankpin* gagal dan baru tidak memiliki nilai perbedaan yang signifikan.

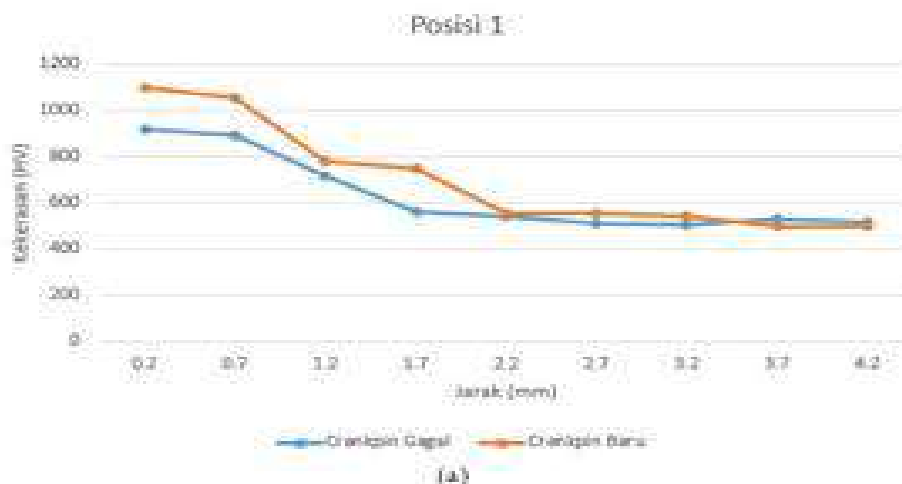
8 November 2017

Kemudian untuk hasil yang lebih spesifik, dilakukan pengujian *vickers* untuk mengetahui kekuatan dari struktur mikro *crankpin*, seperti pada Gambar 4. Posisi 1 merupakan arah penitikan dari permukaan aus ke inti *crankpin*. Posisi 2 merupakan arah penitikan dari permukaan dengan jarak 20 mm dari bagian yang aus.

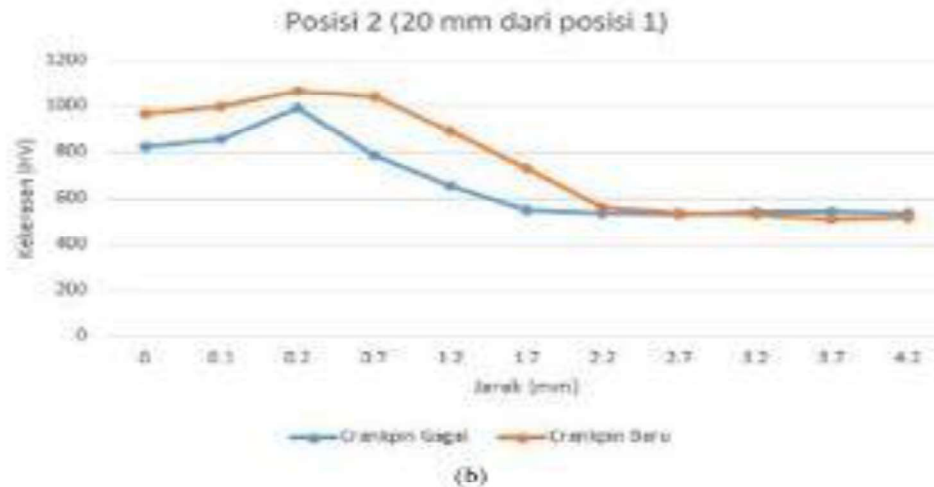


**GAMBAR 4.** Posisi pengujian kekerasan *vickers* pada *crankpin*

Titik pengujian pada posisi 1 dilakukan sebanyak 9 kali, dengan jarak antar titik sebesar 0.5 mm. Penitikan pada *crankpin* gagal dilakukan pada jarak awal 0.2 mm dari permukaan aus hingga jarak 4,2 mm dari permukaan. Untuk mendapatkan hasil yang lebih valid, dilakukan penitikan pada posisi 2, yang hasil kekerasannya dapat dilihat pada Table 4 berikut. Pada posisi 2, penitikan dilakukan dari permukaan yang tidak aus hingga jarak 4.2 mm dari permukaan. Nilai kekerasan pada bagian permukaan *crankpin* gagal jauh lebih kecil daripada *crankpin* baru. Untuk melihat secara jelasnya perbedaan angka kekerasan, data tersebut kemudian disajikan pada grafik di Gambar 5 berikut ini.



8 November 2017



**GAMBAR 5.** Nilai kekerasan dari (a) bagian permukaan aus dan (b) bagian permukaan yang tidak aus, dimana penitikkan dilakukan hingga ke bagian inti *crankpin*.

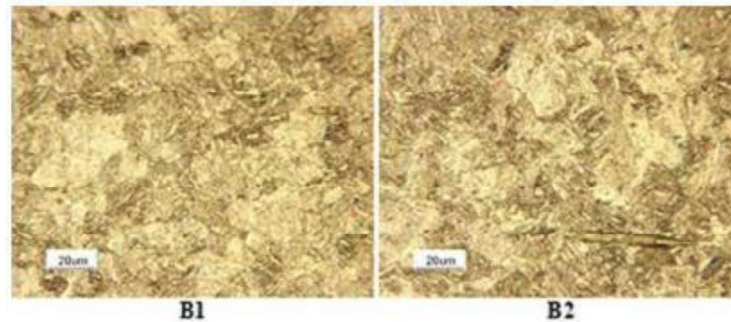
Berdasarkan grafik nilai kekerasan *vickers* diatas, dapat disimpulkan bahwa nilai kekerasan *vickers* pada bagian permukaan *crankpin* gagal jauh lebih kecil daripada *crankpin* baru. Hal ini disebabkan karena terjadinya proses oksidasi internal yang mengakibatkan kekerasan *crankpin* gagal menjadi lebih rendah.

### 3.5 Hasil Uji Mikrografi

Pengujian mikrografi ini bertujuan untuk melihat struktur mikro yang terbentuk pada *crankpin* gagal dan baru yang kemudian hasilnya akan dibandingkan. Pengujian mikrografi ini dilakukan di Laboratorium Material Bahan Departemen Teknik Mesin Universitas Diponegoro. Untuk pengujian ini, larutan etsa yang digunakan adalah larutan Nital dengan komposisi 4% HNO<sub>3</sub> + 96% Methanol.

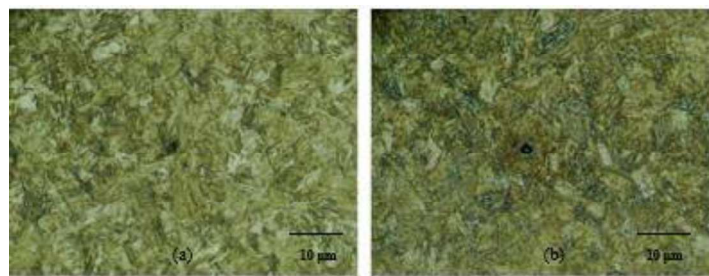
Struktur mikro pada bagian inti baja *carburizing* akan berubah menjadi *martensite* apabila memiliki kemampu-kerasan yang tinggi. Bagian inti *martensite* diinginkan pada komponen yang menerima tegangan tinggi. *Martensite* karbon rendah merujuk pada *lath martensite*, dan morfologinya terdiri dari *lath* halus yang disusun sejajar satu sama lain di daerah yang disebut *packets* [4].

8 November 2017



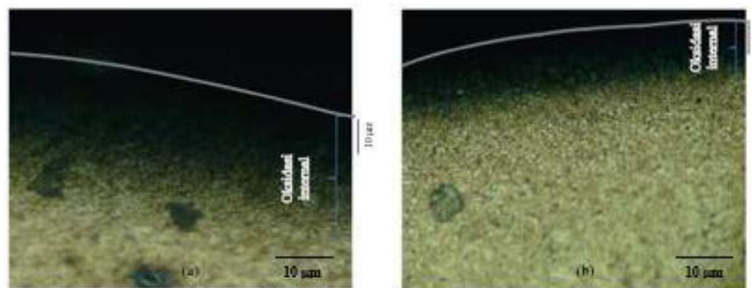
**GAMBAR 6.** Struktur mikro *lath martensite* pada inti baja *carburizing* [5].

Dari hasil pengujian makrografi, didapati bahwa struktur mikro dari *crankpin* adalah *martensite* dan *retained austenite*. *Martensite* berbentuk seperti jarum dan berwarna gelap, sedangkan *retained austenite* berwarna lebih cerah. Gambar 7 menunjukkan struktur mikro pada bagian inti *crankpin* gagal dan baru.



**GAMBAR7.** Struktur mikro pada bagian inti *crankpin* (a) gagal dan (b) baru.

Perbedaan struktur mikro tampak terlihat pada bagian permukaan *crankpin*. Pada *crankpin* gagal, permukaannya terdapat bagian berwarna hitam yang cukup luas, sedangkan pada *crankpin* baru, bagian berwarna hitam tidak terlalu luas. Bagian hitam tersebut disebut oksidasi internal, yang dapat dilihat pada *cross-section* dari permukaan *crankpin*, seperti pada Gambar 8.



**GAMBAR 8.** *Cross-section* pada permukaan *crankpin* (a) gagal dan (b) baru.

Garis putus-putus menunjukkan permukaan *crankpin*.

8 November 2017

---

---

Pengamatan diambil pada sisi *crankpin* yang tidak mengalami keausan. Dari hasil pengamatan diatas terlihat bahwa *crankpin* gagal dan baru sama-sama memiliki oksidasi internal. Namun, oksidasi internal pada *crankpin* baru sekitar 13  $\mu\text{m}$ , sedangkan pada *crankpin* gagal sekitar 36  $\mu\text{m}$ . Baja *carburizing* yang memiliki oksidasi internal melebihi 14  $\mu\text{m}$  akan mengalami penurunan kekuatan lelah. Oksidasi internal ini berbentuk inklusi yang sangat kecil, yang sangat rentan untuk terjadinya inisiasi retakan.

Daerah oksidasi internal mempunyai laju pendinginan kritis yang lebih besar, sehingga dapat menyebabkan proses HTTP (*High Temperature Transformation Product*) yang mengakibatkan terbentuknya *nonmartensitic microstructure*, yaitu *pearlite*, *upper* dan *lower bainite*, atau campuran keduanya. Karena terjadinya proses ini, kekerasannya menjadi turun akibat adanya *bainite* dan ketahanan terhadap aus menjadi berkurang [6].

#### 4 KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu hasil pengamatan makrografi menunjukkan keausan *crankpin* berbentuk lubang-lubang (*pitting*), dan ketika diamati pada *cross-sectionnya* terdapat *crack* yang menunjukkan ciri-ciri dari *fatigue wear*. Hasil uji struktur mikro menunjukkan bahwa oksidasi internal pada permukaan *crankpin* gagal melebihi 14  $\mu\text{m}$ , sehingga terbentuk inklusi kecil yang menjadi tempat awal terjadi retakan, sehingga ketahanan ausnya menurun. Pada daerah oksidasi internal, terbentuk HTTP (*High Temperature Transformation Product*), sehingga kekerasannya lebih rendah. Dan penyebab kegagalan *crankpin* sepeda motor 125 cc ini adalah akibat fenomena oksidasi internal dan HTTP.

#### REFERENSI

H. Yamagata, *The Science and Technology of Materials in Automotive Engines* (Woodhead Publishing Limited, England, 2005).

R. G. Bayer, *Mechanical Wear Fundamentals and Testing Second Edition, Revised and Expanded* (Marcel Dekker, Inc, New York, 2004).

ASM International Handbook Committee, *ASM Handbook Volume 1 Properties and Selection: Irons Steels and High Performance Alloy* (ASM International, 1990).



8 November 2017

---

---

ASM International Handbook Committee, *ASM Handbook Volume 4 Heat Treating* (ASMInternational, 1990).

C. Baldizzone, dkk., *Investigation of Failure in a Crankpin of a Motorcycle Engine*. (Milan, 2012).

L. C. F. Canale, dkk., *Failure Analysis of Heat Treated Steel Components* (ASM International, Ohio, 2008).