

# PERBANDINGAN NILAI KEKERASAN SERTA FOTO STRUKTUR MIKRO DAN MAKRO MATERIAL RING PISTON SEPEDA MOTOR BARU DAN BEKAS PAKAI

Mulhirudiyanto dan Media Nofri

E-mail: media\_nofri@yahoo.co.id

## Abstract

*Piston rings is one component of a motorcycle which is located on the piston head. In general, the motor four steps (4-stroke) piston rings there are three kinds of ring or compression ring, the second ring and oil ring. Compression ring serves to prevent leakage of air and fuel mixture and combustion gases from the combustion chamber. While the oil ring works to scrape oil on the cylinder wall so as not to get into the combustion chamber. In this research conducted at the piston ring compression testing of X and Y both new and ex. Testing is performed hardness testing, metallografi and macro structure. The result of hardness testing is known that the new X piston rings at 27 HRC and 33 HRC, while the piston rings new Y at 35 HRC and the ex a 36 HRC. Test result on the piston rings metallografi X and Y are matrix of new and ex ferrite, pearlite and martensite and spherical graphite. Then in the testing of the macro structure on X and Y piston rings ex looks scratches on running face.*

**Keywords:** Ring piston, Struktur mikro, Struktur makro, kekerasan (HRC), Running Face

## PENDAHULUAN

Piston pada mesin juga dikenal dengan istilah torak yaitu bagian dari mesin yang berfungsi sebagai penekan udara masuk dan penerima tekanan hasil pembakaran pada ruang bakar.

Disamping itu pada piston terdapat ring-ring yang membantu dalam proses pembakaran. Pada piston memiliki dua tipe ring, yaitu ring kompresi dan ring oli. Ring kompresi berfungsi untuk pemampatan volume dalam silinder serta menghapus oli pada dinding silinder, apabila kemampuan ring kompresi pada piston menurun maka akan mengakibatkan performa mesin akan menurun. Sedangkan fungsi ring oli adalah untuk menampung dan membawa oli serta melumasi part dalam ruang silinder. Ring oli hanya ada pada mesin empat tak karena pada mesin dua tak pelumasan mesin menggunakan oli samping.

Dengan kondisi ring piston yang bekerja secara terus menerus maka akan terjadi keausan atau rusaknya struktur mikro pada material ring piston tersebut yang bisa menyebabkan kinerja mesin tidak optimal akibat mengalami penurunan kompresi.

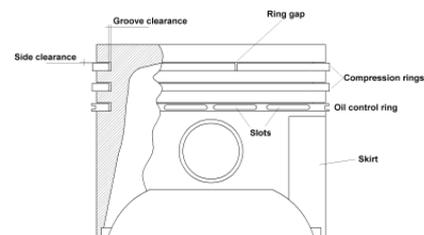
## TINJAUAN PUSTAKA

### Fungsi Ring Piston

Pada piston juga terdapat ring piston seperti terlihat pada gambar 1. Diameter luar ring piston

sedikit lebih besar dibanding piston itu sendiri. Ketika terpasang pada piston, ring piston berfungsi juga sebagai pegas yang sifatnya elastic dan bisa mengembang, sehingga membuatnya menutup dengan rapat pada dinding silinder.

Disamping itu fungsi ring piston ada beberapa macam yaitu: pertama; mencegah kebocoran campuran udara dan bensin dan gas pembakaran, kedua; mencegah oli yang melumasi piston dan silinder masuk keruang bakar dan ketiga; memindahkan panas dari piston ke dinding silinder untuk membantu mendinginkan piston. Jumlah ring yang terdapat pada piston bermacam-macam tergantung jenis mesin dan umumnya terdapat tiga atau empat ring untuk setiap pistonnya. Seperti pada tipe mesin dua langkah dibagian piston terdapat dua ring saja yaitu ring kompresi, berbeda dengan tipe mesin empat langkah, pada mesin ini terdapat tiga jenis ring piston yaitu ring pertama ring kompresi, ring kedua ring kompresi dan ring ketiga adalah ring oli.



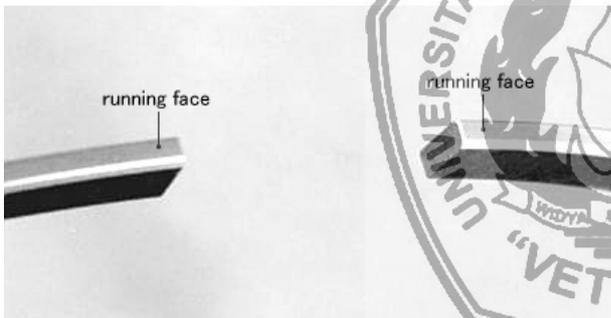
Gambar 1. Piston dan Ring Piston

## Klasifikasi Ring Piston

Didalam badan piston terdapat juga ring piston yang berfungsi membawa panas dari piston ke dinding silinder untuk didinginkan. Fungsi transfer panas ini sangat penting untuk menjaga suhu yang diterima dan stabilitas pada piston dan ring piston, sehingga kemampuan penyegelan ring piston menjadi tidak terganggu.

## Ring Piston Kompresi

Ring kompresi berfungsi untuk mencegah kebocoran campuran udara dan bensin serta gas pembakaran dari ruang bakar ke *Crankcase* selama langkah kompresi. Dalam langkah kompresi ini ada beberapa macam, umumnya ada dua ring kompresi yang terpasang pada masing-masing piston. Ring kompresi ini disebut *Top Compression Ring* dan *Second Compression Ring*. Bentuk ring piston kompresi pada tepi bagian atas agak runcing dan bersentuhan dengan dinding silinder dan dirancang untuk menjamin agar dapat menutup hubungan antara ring piston dan dinding silinder, selain itu juga untuk mengikis oli mesin dari dinding silinder secara efektif.



Gambar 2. Ring Piston Kompresi

## Ring Piston Oli

Ring piston oli ini bisa disebut juga ring pengontrol oli atau *Third Ring*. Ring ini diperlukan untuk membentuk lapisan oli antara piston dengan dinding silinder, selain itu juga untuk mengikis kelebihan oli untuk mencegah masuknya oli kedalam ruang bakar. Ring piston oli mempunyai dua tipe yaitu, tipe Integral atau *Single Pieces* dan tipe *Three Pieces*.

## Material Ring Piston

Bahan ring piston dipilih yang harus tahan terhadap kerusakan, elastisitas dan ketahanan korosi bahan ring piston sangat diperlukan. Sebagai salah satu tugas dari ring piston adalah mentransfer panas

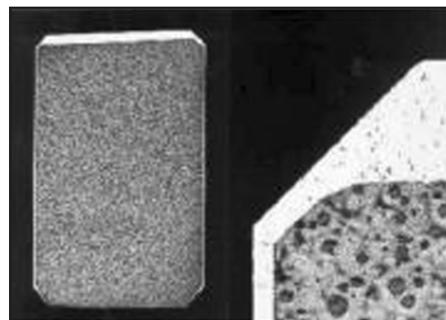
yang dihasilkan dari gesekan saat bekerja ke dinding silinder. Material yang sering dipakai untuk membuat ring piston adalah besi tuang kelabu karena sangat bermanfaat sebagai efek pelumasan kering. Disamping itu ring piston mempunyai lapisan-lapisan untuk mendukung proses kerjanya.

## Proses Pembuatan Ring Piston

Pada proses pembuatan ring piston bahan baku yang dipakai adalah berupa pasir besi ataupun baja perkakas, lalu bahan baku ring piston tersebut diproses dalam dapur peleburan, pada dapur ini bahan baku ring piston dipanaskan mencapai temperature yang diinginkan hingga mencair, setelah melalui proses pemanasan lalu dituang kedalam cetakan, lalu dibongkar dari cetakan dan dibersihkan dari kotoran atau debu yang menempel. Setelah melewati proses tersebut ring piston akan menjadi bentuk silinder, sesudah melalui proses pendinginan lalu dipotong-potong dan dibubut untuk menentukan diameter dalam dan luar yang diinginkan dan dibuat celah bebas atau gap ring yang sesuai dengan ukuran yang diinginkan. Dalam proses pembuatan ring piston desain yang diinginkan dibuat menggunakan program CAD-CAM dan digrinding dengan mesin CNC.

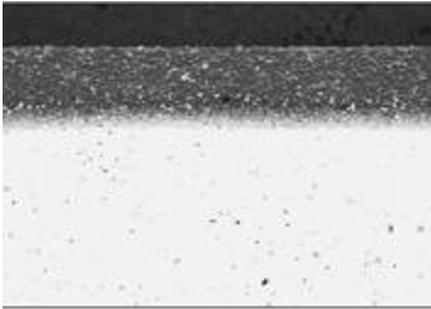
## Lapisan Pada Ring Piston

Pelapisan untuk ring piston banyak sekali macamnya, salah satu contohnya adalah dengan cara melapisi kromium, ring piston yang dilapisi dengan kromium umumnya pada ring kompresi, seperti terlihat pada Gambar 3. Pelapisan dilakukan pada sisi ring piston karena untuk meningkatkan kekuatan dari keausan. Tergantung pada aplikasi dan lapisan kromium yang diperlukan untuk ketahanan yaitu ketebalan disisi ring piston minimal 5  $\mu\text{M}$  untuk mesin bensin kecepatan tinggi sedangkan untuk mesin diesel yang direkomendasikan ketebalannya minimal 10  $\mu\text{M}$ .



Gambar 3. Lapisan Kromium Pada Ring Piston

Pilihan lain untuk pelapisan sisi ring piston yaitu dengan cara nitriding, seperti pada Gambar 4. Yaitu sebuah proses nitridasi sisi ring piston yang dikontrol secara signifikan untuk meningkatkan kekerasan permukaan dan meningkatkan daya tahan dari keausan. Pengendapan nitride dilapisan difusi selain itu mengurangi kerentanan terhadap *Microwelding*.



**Gambar 4.** Lapisan Nitrid Pada Sisi Ring Piston

### Perlakuan Pada Permukaan Ring Piston

Perlakuan pada permukaan ring piston dirancang untuk memberikan perlindungan terhadap korosi serta untuk meningkatkan daya tahan terhadap keausan. Endapan elektrokimia pada lapisan timah dan tembaga ini bertindak, dalam arti sebagai pelumas. Perlakuan ini biasanya digunakan pada ketebalan 2 µM.

Phosphating (Zinc Phosphate atau Mangan Phosphate), dimana permukaan ring piston diubah dengan cara perlakuan kimia menjadi Kristal fosfat. Lapisan fosfat ini lebih lembut dari bahan dasar ring piston, lapisan ini dibuat pada ketebalan antara 2 µM dan 5 µM.

### METODOLOGI DAN DATA HASIL PENELITIAN

#### Persiapan Material Uji

Material yang digunakan untuk proses pengujian terdiri empat sampel ring piston dari dua merek motor yang berbeda dan berkapasitas mesin yang sama. Masing-masing ring piston terdiri dari dua sampel yaitu ring piston baru dan ring piston bekas pakai.

#### Tahapan Pengujian Sampel Pengujian Metallografi

Metallografi adalah ilmu yang mempelajari tentang cara pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur, dan persentase campuran logam tersebut. Dalam metallografi dikenal dengan pengujian mikroskopi atau mikro ialah proses

pengujian terhadap bahan logam yang bentuk Kristal logamnya tergolong sangat halus. Maka pada pengujian ini perlu digunakan kaca pembesar lensa mikroskop yang memiliki kualitas pembesaran antara 50x hingga 3000x.

### Pengujian Struktur Makro

Dalam metallografi dikenal juga pengujian struktur makro yaitu proses pengujian bahan yang menggunakan mata terbuka atau memakai kaca pembesar atau mikroskop makro dengan tujuan dapat memeriksa celah dan lubang atau goresan-goresan dari permukaan bahan.

Angka kevalidan pengujian makro berkisar antara 0,5 hingga 50x. Pengujian dengan cara ini biasanya digunakan untuk bahan-bahan yang memiliki struktur Kristal yang tergolong besar dan kasar. Misalnya logam hasil coran dan bahan yang termasuk non logam.

### Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan metode Rockwell, pengujian ini didasarkan kepada sebuah Indentor dengan suatu gaya tekan tertentu kepermukaan yang rata dan bersih dari suatu logam yang diuji kekerasannya.

Setelah gaya tekan dikembalikan ke gaya minor maka yang dijadikan dasar perhitungan nilai kekerasan Rockwell bukanlah hasil pengukuran diameter ataupun diagonal bekas lekukan tetapi justru dalamnya bekas lekukan yang terjadi. Inilah kelainan cara Rockwell dibandingkan dengan cara pengujian kekerasan lainnya. Berikut adalah rumus kekerasan Rockwell dapat ditulis sebagai berikut:

$$R = \frac{k - (h_1 - h)}{C}$$

Dimana :

k = Angka ketepatan bahan 0,2 mm untuk intan; 0,6 untuk bola baja

h<sub>1</sub> = Dalamnya penekanan setelah beban utama dihilangkan

h = Dalamnya penekanan pada beban mula

C = Angka pembagi pada mesin Rockwell (0,0022) tiap skala

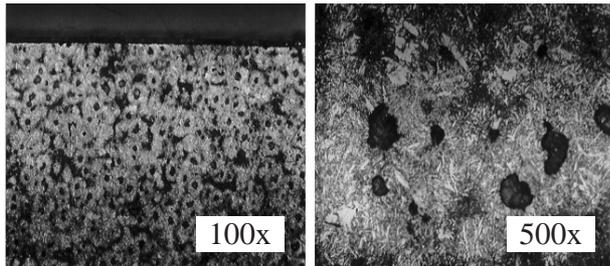
R = Nilai kekerasan Rockwell.

### Data Hasil Pengujian Hasil Metallografi

Pengujian struktur mikro yang dilakukan pada sampel ring piston X dan Y baik baru maupun bekas, dengan perbesaran 100x dan 500x. Sebelum dilakukan pemotretan maka specimen dicelupkan

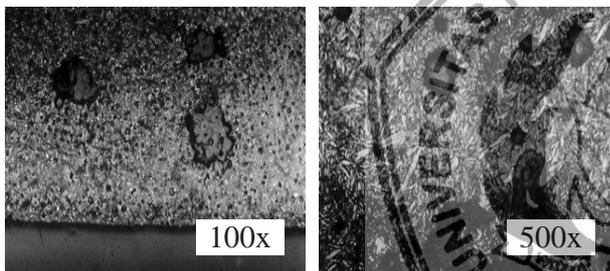
dahulu kedalam larutan natal. Larutan natal yang dipakai pada pengujian ini sebesar 2 % yang bertujuan agar terhindar dari oksidasi sekitar.

Hasil pengujian struktur mikro pada ring piston X baru seperti pada Gambar 5 terlihat struktur mikronya berupa ferit dan martensit, lalu grafit yang terlihat berbentuk bulat.



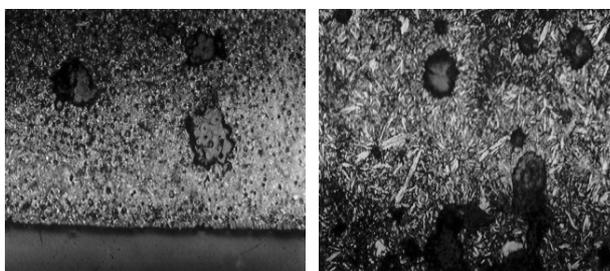
Gambar 5. Hasil Metallografi Ring Piston X

Pada ring piston X bekas hasil pengujian struktur mikronya tidak jauh berbeda dengan ring piston X baru yaitu terdapat matrix ferit dan martensit lalu grafitnya berbentuk bulat seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Metallografi Ring Piston X bekas

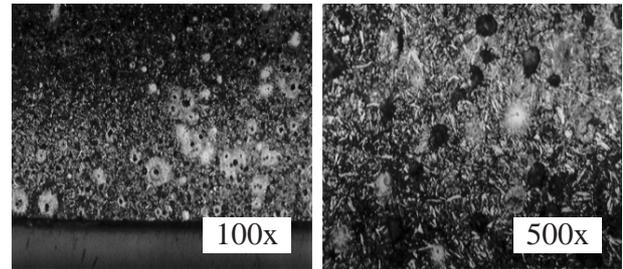
Begitu pula hasil pengujian struktur mikro pada ring piston Y baru seperti terlihat pada gambar 7, terlihat struktur mikronya berupa matrik ferit dan martensit, grafit yang terdapat pada ring piston Y baru berupa Spheroidal atau berbentuk bulat.



Gambar 7. Hasil Metallografi Ring Piston Y Baru

Dari hasil pengujian struktur mikro ring piston Y bekas terdapat matrik ferit dan martensit

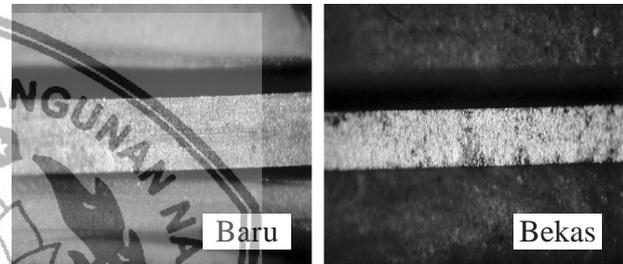
lalu pada grafitnya juga berbentuk bulat lihat Gambar 8, hasil struktur mikro ring piston Y bekas ternyata tidak jauh berbeda dengan ring piston Y baru.



Gambar 8. Hasil Metallografi Ring Piston Y bekas

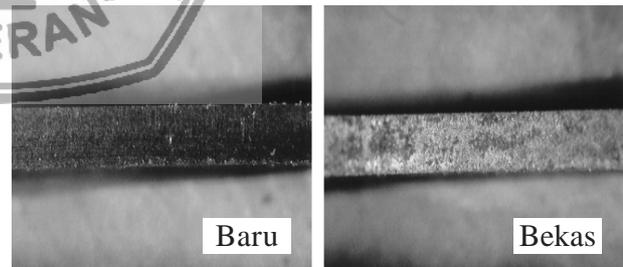
### Hasil Struktur Makro

Dari hasil pengujian struktur makro ring piston X baru maupun bekas dengan perbesaran 20x. Lalu pada ring piston X bekas terdapat goresan-goresan seperti terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Struktur Makro Ring Piston X

Pada sampel ring piston Y bekas juga terdapat goresan-goresan pada bagian *Running Face* seperti terlihat pada gambar 10.



Gambar 10. Hasil Struktur Makro Ring Piston Y

### Hasil Kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan dengan metode Rockwell berpenumbuk intan dengan lima penjejakan dan beban sebesar kgf didapat nilai kekerasan rata-rata yaitu sebesar 27 HRC untuk ring piston X baru Tabel 1. Dan 33 HRC untuk ring piston X bekas Tabel 2.

**Tabel 1.** Hasil Kekerasan Ring Piston X Baru

Kode Sampel Sample Code	Penjejakan Indentation	Kekerasan Rockwell Rockwell Hardness	Rata-rata Average	Keterangan Remarks
X (Baru)	I	28.8	27	HRC Load: 150 kgf
	II	25.5		
	III	26.5		
	IV	27.5		
	V	26.3		

Note: uncertainty deviation measured on both confidence level 95% and scope of factor K=2

**Tabel 2.** Hasil Kekerasan Ring Piston X Bekas

Kode Sampel Sample Code	Penjejakan Indentation	Kekerasan Rockwell Rockwell Hardness	Rata-rata Average	Keterangan Remarks
X (Bekas)	I	30.3	33	HRC Load: 150 kgf
	II	34.2		
	III	33.8		
	IV	33.1		
	V	33.7		

Note: uncertainty deviation measured on both confidence level 95% and scope of factor K=2

Hasil pengujian kekerasan pada ring piston Y terjadi perbedaan nilai rata-rata yaitu pada ring piston Y baru sebesar 35 HRC Tabel 3. Sedangkan pada ring piston Y bekas sebesar 36 HRC seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

**Tabel 3.** Hasil Kekerasan Ring Piston Y Baru

Kode Sampel Sample Code	Penjejakan Indentation	Kekerasan Rockwell Rockwell Hardness	Rata-rata Average	Keterangan Remarks
Y (Baru)	I	34.1	35	HRC Load: 150 kgf
	II	37.1		
	III	35.2		
	IV	34.0		
	V	34.9		

Note: uncertainty deviation measured on both confidence level 95% and scope of factor K=2

**Tabel 4.** Hasil Kekerasan Ring Piston Y Bekas

Kode Sampel Sample Code	Penjejakan Indentation	Kekerasan Rockwell Rockwell Hardness	Rata-rata Average	Keterangan Remarks
Y (Bekas)	I	33.6	36	HRC Load: 150 kgf
	II	35.2		
	III	36.0		
	IV	36.4		
	V	36.7		

Note: uncertainty deviation measured on both confidence level 95% and scope of factor K=2

## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### Analisa Hasil Pengujian Metallografi (Struktur Mikro)

Pengujian metallografi pada ring piston X dan Y baik yang baru maupun bekas mengacu pada standard ASTM E407-99 yang bertujuan untuk mengetahui fasa dan struktur mikro apa saja yang terjadi pada kedua ring piston tersebut. Lokasi pengambilan struktur mikro dilakukan pada bagian Running Face ring piston X dan Y baru maupun bekas dengan etsa sebesar 2 % nital.

Dari hasil pengamatan pada ring piston X dan Y baru maupun yang bekas dengan perbesaran 500 x terlihat struktur mikronya berupa matrik ferit yang bersifat lunak dan ulet, lalu pada matrik perlit mempunyai sifat keras sedangkan matrik martensit yang bentuknya seperti jarum juga mempunyai sifat sangat keras.

Matrik martensit tersebut dihasilkan dari proses perlakuan panas terhadap material ring piston, lalu grafit yang terlihat berbentuk bulat atau Sferoidal. Grafit tersebut menjadi bulat apabila austenite dapat terbentuk disekelilingnya dengan sempurna. Jadi material yang digunakan pada ring piston X dan Y baik yang baru dan yang bekas adalah jenis besi tuang nodular.

### Struktur Makro

Berdasarkan hasil pengamatan foto struktur makro yang mengacu pada standard ASTM E407-99 dengan perbesaran 20 x terlihat pada bagian Running Face ring piston X dan Y yang bekas mengalami kerusakan atau keausan seperti terdapat luka goresan akibat ring piston tidak mampu mencegah kebocoran kompresi pada saat langkah kompresi berlangsung dan tidak mampu berfungsi sebagai pegas akibat dari suhu pada ruang bakar yang sangat panas sehingga mengalami pemuaihan yang berdampak dinding silinder tergerus oleh ring piston.

### Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan dilakukan pada lima titik atau lima penjejakan yang bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari masing-masing sampel ring piston X dan Y baik yang baru maupun yang bekas, pengujian menggunakan metode Rockwell penumbuk intan dengan sudut Indentor 120° dan P = 150 kgf dan alat uji yang dipakai memenuhi standard ASTM E18-08.

Pada hasil pengujian kekerasan ini dapat diketahui nilai rata-rata kekerasan dari masing-masing sampel yaitu pada ring piston X baru mempunyai nilai rata-rata kekerasan sebesar 27 HRC sedangkan yang bekas 33 HRC. Lalu pada sampel ring piston Y didapat nilai kekerasan rata-ratanya sebesar 35 HRC untuk yang baru sedangkan untuk yang bekas nilai rata-ratanya sebesar 36 HRC.

Hal ini dikarenakan panas yang dihasilkan dari proses pembakaran didalam ruang bakar merambat keseluruh komponen yang berada disekitar ruang bakar (dinding silinder dan piston) termasuk ring piston, karena ring piston berada sangat dekat dengan ruang bakar sehingga panas yang diterima ring piston sangat besar. Maka secara tidak langsung ring piston mengalami proses perlakuan panas tidak setimbang atau Non Equilibrium lalu didinginkan dengan media oli pelumas, karena oli pelumas tersebut berfungsi

sebagai pendingin mesin pada saat langkah kompresi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap keempat sampel yaitu ring piston X dan Y yang baru maupun yang bekas dapat disimpulkan bahwa:

Dari hasil pengujian metallografi diketahui bahwa ring piston X dan Y baik yang baru maupun yang bekas terdapat matrik berupa ferit, perlit dan martensit dengan grafit yang berbentuk bulat.

Dari hasil pengujian struktur makro terdapat goresan-goresan dibagian Running Face ring piston X dan Y bekas yang disebabkan terjadinya gesekan antara Running Face dengan dinding silinder.

Dari hasil pengujian kekerasan diketahui nilai kekerasan pada ring piston X bekas 33 HRC lebih besar dibanding yang baru dengan angka 27 HRC, begitu pula pada ring piston Y lebih besar yang bekas yaitu 36 HRC dibanding yang baru sebesar 35 HRC.

## DAFTAR PUSTAKA

Andersson, Peter, Tamminen, Jaana & Sandstrom, Cal-Erik, 2002, Piston ring tribology. A literature survey. Espoo, VTT Tiedotteita – Research Notes 2178. 105 p.

Engineering Handbook, Box 232, Exit 49 G.L. Huyett Expy, Minneapolis.

George E. Dieter, 1992, Metalurgi Mekanik, Edisi Ketiga. Jakarta; Erlangga.

Grant Smedley, 2004, Piston Ring Design For Reduced Friction In Modern Internal Combustion Engines. Mechanical Engineering, Massachusetts Institute Of Technology.

I.C.H. Hughes, 1988, Ductile Iron, Metal Handbook, American Society for Metals. Vol. 15, Ninth Edition.

Kenneth G. Budinski, Michael K. Budinski, 1999, Engineering Materials, Properties and Selection, Sixth Edition. New Jersey.

Lester C. Lichty, 1951, Internal Combustion Engines, Sixth Edition. New Haven. Conn, April.

Piston Ring Handbook, 2008, Federal-mogul, Burscheid, August.

[www.esabna.com](http://www.esabna.com)

[www.riken.co.jp](http://www.riken.co.jp)

[en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

