

# Studi Eksperimen Proses *Tempering* Terhadap Kekerasan Permukaan dan Estimasi Keausan

Windra Sampurna dan Yusuf Kaelani

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS)

Jalan Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

*e-mail*: y\_kaelani@me.its.ac.id

**Abstrak**—Akhir-akhir ini banyak beredar berbagai macam produk suku cadang pin piston mulai dari produk original yang biasanya berharga mahal, hingga produk-produk non original yang harganya relatif lebih murah. Saat ini produk non original yang dijual dipasaran, harganya setengah kali lebih murah dibandingkan dari harga produk original. Sehingga perlu membandingkan kualitas dari sifat-sifat mekanis antara pin piston original dengan non original. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah melakukan proses heat treatment pada spesimen pin piston non original dibawah titik lebur 850°C dan ditahan selama 30 menit, kemudian di quenching dengan media air setelah itu dilanjutkan dengan proses tempering pada suhu 200°C, 400°C dan 600°C dengan waktu penahanan 60 menit. Hasil pengujian kekerasan didapatkan bahwa nilai rata-rata kekerasan dengan metode Rockwel pada spesimen yang tidak diberikan perlakuan panas pada suhu ruang 28°C yaitu sebesar 55 HRC untuk spesimen pin piston original dan 54 HRC untuk spesimen pin piston non original setelah melewati tahap proses heat treatment dan proses quenching, pin piston non original memiliki kenaikan masing-masing sebesar 7,4 %, 1,85 % dan penurunan sebesar 11,11 % pada setiap proses tempering 200°C, 400°C dan 600°C. Spesimen pin piston non original dengan proses tempering 200°C adalah spesimen yang nilai kekerasannya mendekati spesimen pin piston original. Dengan peningkatan kekerasan sebesar 5,45 % dibandingkan dengan spesimen original.

**Kata Kunci**— pin piston, heat treatment, tempering

## I. PENDAHULUAN

JAMAN sekarang, produk sepeda motor berkembang pesat. Data kepolisian pada tahun 2013 jumlah sepeda otor di Indonesia berjumlah 84.732.652. Jumlah tersebut akan terus meningkat seiring dengan kebutuhan transportasi masyarakat. Agar kinerja mesin motor terjaga, tentunya harus dilakukan servis rutin dan jaminan ketersediaan suku cadang kendaraan. Salah satu suku cadang kendaraan yang dilakukan pergantian adalah pin piston. Pin piston merupakan komponen mesin yang berfungsi sebagai pemindah gaya dalam hubungan antara *connecting rod* dengan *bushing piston*.

Pin piston biasanya terbuat dari baja karbon sedang AISI 4140 merupakan *low alloy chromium-molybdenum steels* yang memiliki kandungan 0,38-0,43% C, 0,75-1,00% Mn, 0,15-0,30% Si, 0,80-1,10% Cr, 0,15-0,25% Mo, 0,04% S dan 0,035% P [1]. Berdasarkan aplikasinya baja ini dikembangkan dengan tujuan untuk memiliki sifat mekanik terutama kekerasan, kekuatan serta tahan terhadap keausan. Keausan bahan yang lebih lunak. Faktor-faktor yang mempengaruhi

keausan adalah kecepatan, tekanan, kekasaran permukaan dan kekerasan bahan.



Gambar 1. Kerusakan pin piston

Pin piston tersebut terjadi pengikisan atau aus pada permukaan, ditunjukkan dengan tanda panah pada gambar. Kerusakan tersebut disebabkan karena pin yang digunakan tersebut tidak mempunyai kekerasan yang cukup. Kekerasan akan meningkat apabila material dilakukan proses *heat treatment*, semakin tinggi angka kekerasan maka sifat keuletan akan menjadi rendah dan laju keausan juga akan menurun [3].

## II. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah kerja sebagai studi eksperimental. Awalnya dengan melakukan persiapan spesimen, yaitu membeli produk pin piston original dan non original. Kemudian melakukan pengujian kekerasan permukaan terhadap masing-masing spesimen uji. Penelitian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode Rockwell C. Pada pengujian kekerasan dengan metode Rockwell C, digunakan pembebanan 150 Kgf dengan waktu penahanan 60 detik dan menggunakan intan sudut 120°. Setelah dilakukan pengujian kekerasan permukaan pin pada masing-masing spesimen uji. Spesimen non original akan dilakukan proses heat treatment dibawah titik lebur pada temperatur 850°C dengan waktu penahanan selama 30 menit. Kemudian di dinginkan cepat atau quenching dengan media air. Kemudian, spesimen uji akan dilakukan proses tempering dengan variasi temperatur 200°C, 400°C dan 600°C. Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tungku pemanas

Setelah melewati proses heat treatment dan proses tempering. Spesimen uji pin piston non original akan dilakukan pengujian kekerasan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah proses tempering tersebut mempengaruhi nilai kekerasannya dan proses tempering mana nilai kekerasannya lebih mendekati dengan spesimen uji lain. Alat yang digunakan dalam pengujian kekerasan dapat dilihat pada Gambar 3.



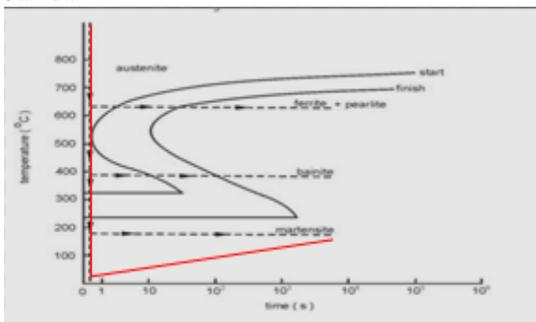
Gambar 3. Rockwell hardness tester

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini akan dibahas dan dianalisa hasil eksperimen proses tempering dan kekerasan pin piston sepeda motor.

#### A. Analisa Proses tempering 200°C

Pada proses dengan suhu tempering 200°C dengan waktu penahanan atau holding time selama 60 menit dapat dilihat pada Gambar 4



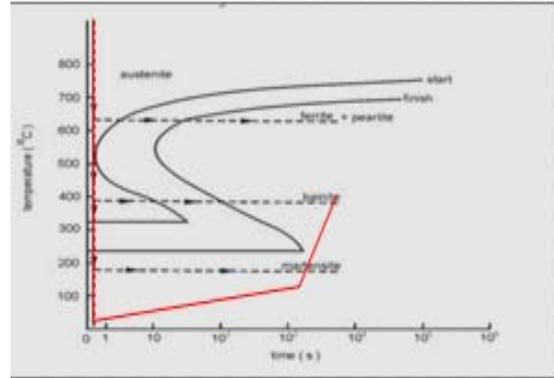
Gambar 4. Proses tempering 200°C

Diagram proses tempering yang ditunjukkan pada Gambar 4 dengan asumsi garis berwarna merah adalah struktur yang terjadi setelah dilakukan proses tempering 200°C. Pada proses

ini struktur yang terjadi yaitu martensit yang bersifat keras dan rapuh berpartisipasi menjadi martensit temper, pada proses ini struktur perlit lebih mendominasi dibandingkan struktur ferit.

#### B. Analisa Proses tempering 400°C

Pada proses dengan suhu tempering 400°C dengan waktu penahanan atau holding time selama 60 menit dapat dilihat pada Gambar 5

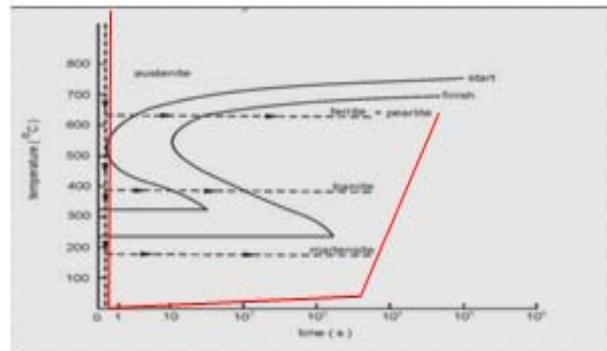


Gambar 5. Proses tempering 400°C

Diagram proses tempering yang ditunjukkan pada Gambar 5 dengan asumsi garis berwarna merah adalah struktur yang terjadi setelah dilakukan proses tempering 400°C. Pada proses ini struktur yang terjadi yaitu ferit dan perit lebih merata. Sedangkan martensit berkurang sedikit dibandingkan proses tempering 200°C

#### C. Analisa Proses tempering 600°C

Pada proses dengan suhu tempering 600°C dengan waktu penahanan atau holding time selama 60 menit dapat dilihat pada Gambar 6

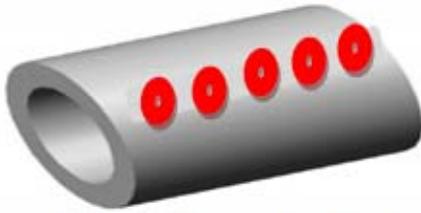


Gambar 6. Proses tempering 200°C

Diagram proses tempering yang ditunjukkan pada Gambar 6 dengan asumsi garis berwarna merah adalah struktur yang terjadi setelah dilakukan proses tempering 600°C. Pada proses ini struktur yang terjadi yaitu ferit dan perit lebih merata dan mendominasi. Sedangkan martensit lebih sedikit dibandingkan proses tempering 200°C dikarenakan suhu pemanasan yang lebih tinggi.

1) Pengujian kekerasan rockwell pada permukaan spesimen

Pengujian kekerasan permukaan pada spesimen diambil kekerasannya di beberapa titik yang sudah ditentukan. Tiap spesimen diambil lima titik pengujian, dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Titik pengujian Rockwell pada permukaan spesimen

2) Data hasil pengujian kekerasan Rockwell pada permukaan dan data hasil komposisi kimia.

Pada pengujian kekerasan dengan metode Rockwell C, digunakan pembebanan 150 Kgf dengan waktu penahanan 60 detik dan menggunakan intan sudut 120° untuk spesimen pin piston original maupun pin piston non original. Hasil percobaan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Table 1. data hasil pengujian komposisi kimia pada spesimen uji.

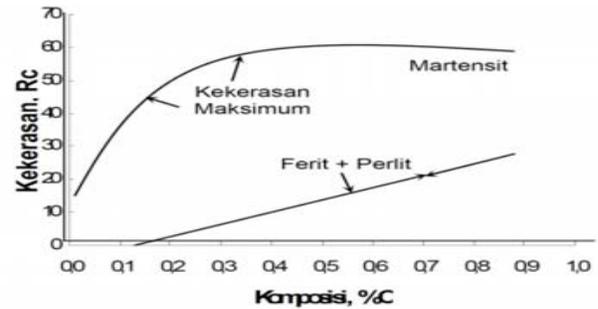
NON ORIGINAL		ORIGINAL	
Unsur	%	Unsur	%
Fe	97,1	Fe	97,2
C	0,409	C	0,443
Cr	0,933	Cr	0,958
Mn	0,734	Mn	0,771
Si	0,195	Si	0,203
Mo	0,180	Mo	0,185

Tabel 2. data hasil pengujian kekerasan permukaan pada spesimen pin piston original dan non original.

Spesimen	Titik Pengujian				
	1	2	3	4	5
Original (28°C)	55	55	55	55	54
Rerata HRC Pin Original	55				
Non Original (28°C)	53	54	54	54	54
Rerata HRC Pin Original	54				
Non Original (200°C)	58	57	58	58	58
Rerata HRC Pin Original	58				
Non Original (400°C)	54	55	55	55	54
Rerata HRC Pin Original	55				
Non Original (600°C)	47	48	48	47	48
Rerata HRC Pin Original	48				

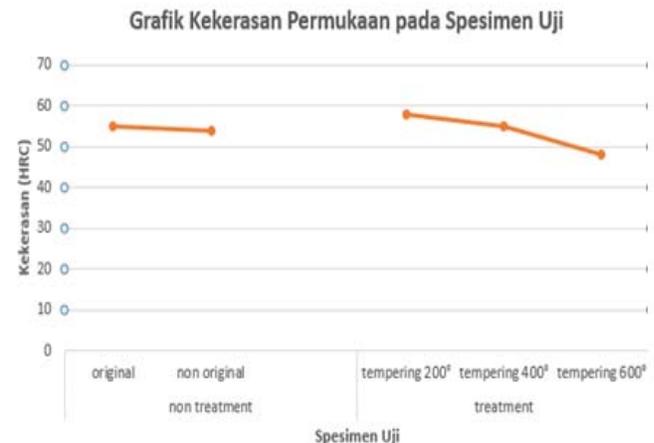
Hasil dari pengujian komposisi kimia pada masing-masing spesimen uji yang ditunjukkan pada Tabel 1 dimana setiap

unsur pada spesimen uji pin piston original memiliki persentase lebih tinggi dibandingkan spesimen uji pin piston non original. Dengan adanya perbedaan persentase unsur kimia pada spesimen uji tersebut dapat diketahui perbedaan kekerasan permukaan antara spesimen uji pin piston original dan non original. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2 mengenai perbedaan kekerasan antara pin piston original dengan pin piston non original. Pengaruh perbedaan unsur kimia terhadap nilai kekerasan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8 Pengaruh komposisi kimia terhadap nilai kekerasan [2]

Grafik rerata kekerasan permukaan dari setiap spesimen original dan non original dengan variasi tempering 200°C, 400°C serta 600°C dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Grafik pengaruh variasi tempering terhadap kekerasan permukaan spesimen uji.

Pada Gambar 9 dapat dilihat bahwa nilai kekerasan pada semua pin piston non original yang sudah dilakukan proses heat treatment telah terjadi peningkatan kekerasan dan penurunan kekerasan. Spesimen pin piston non original dengan variasi tempering 200°C nilai kekerasannya meningkat 7,4% dari spesimen pin piston non original dengan rerata kekerasan 58 HRC. Pada spesimen dengan variasi tempering 400°C nilai kekerasannya meningkat 1,85% dari spesimen pin piston non original dengan rerata kekerasan 55 HRC. Spesimen dengan variasi tempering 600°C memiliki penurunan 11,11% dari spesimen pin piston non original dengan rerata kekerasan 48 HRC. Penurunan kekerasan akibat proses tempering disebabkan struktur martensit cenderung untuk berubah menjadi martensit temper dan cenderung bertransformasi menjadi bainit atau endapan karbida. Jadi dapat dikatakan bahwa menurunnya kekerasan bahan disebabkan

oleh menurunnya sifat tetragonal martensit dan mulai terbentuknya pengendapan karbida dan pembentukan ferit dengan meningkatnya temperatur temper.

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pada pesimen pin piston dengan menggunakan metode Rockwell dapat disimpulkan bahwa spesimen non original dengan proses tempeing 200°C terjadi peningkatan kekerasan paling tinggi yaitu sebesar 7,4% dari spesimen non original yang tanpa diberikan proses heat treatment dan terjadi peningkatan sebesar 5,4% dibandingkan dengan spesimen original. Peningkatan kekerasan tersebut terjadi disebabkan pada saat pendinginan melalui range austenite metastabil, proses nukleasasi berjalan lambat. Pada saat proses nukleasasi berjalan lambat, dilakukan pendinginan cepat . sehingga inti akan tumbuh perlahan yang disebabkan proses difusi, jarak inti atom enuju batas butir memerlukan jarak dan waktu yang lebih lama sehingga butir austenite menjadi lebih besar dan kasar sehingga hardenability spesimen menjadi meningkat. Dari pengujian yang dilakukan pada spesimen non original, proses tempering 200°C memiliki hasil yang paling sesuai.

#### IV. KESIMPULAN

1. Nilai rerata kekerasan Rockwell spesimen pin piston yang tidak mengalami proses perlakuan panas pada suhu ruang 28°C yaitu sebesar 55 HRC untuk spesimen pin piston original dan 54 HRC untuk spesimen pin piston non original. Setelah dilakukan proses tempering 200°C pada spesimen pin piston non original dengan waktu penahanan 60 menit, nilai kekerasannya meningkat 7,4% yaitu menjadi 58 HRC. Nilai ini merupakan nilai kekerasan tertinggi dibandingkan silai kekerasan spesimen pin piston non original lainnya. Terjadi penurunan sebesar 11,11% pada spesimen pin piston non original dengan proses tempering 600°C dengan waktu penahanan selama 60 menit. Nilai kekerasannya yaitu sebesar 48 HRC.
2. Proses tempering 200°C memiliki peningkatan kekerasan sebesar 5,4% dibandingkan spesimen original
3. . Proses perlakuan panas dan holding time pada spesien pin piston non original pada saat dilakukan proses tempering sangat berpengaruh terhadap kekerasan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Chromium Molybdenum", JIS G 4105 (1965), JIS Standard Handbook For Ferrous Material, 1969, pp. 67
- [2] Pollack, H.W, 1988, "Materials Science and Metallurgy", 4<sup>th</sup>, New Jersey, Prentice Hall
- [3] Vivek Gopi, R,sellamuthu, Sanjivi Arul, 2014, "Measurement Of Hardness, Wear Rate and Coefficient Of Friction Of Surface Refined Al-Cu Alloy", Procedia Engineering