

ANALISA UJI KEAUSAN MATERIAL St 37 HASIL CARBURIZING DAN HARDENING DENGAN MENGUNAKAN MESIN UJI KEAUSAN HORIZONTAL

Tri Sugeru Gumilar Permana¹, Umen Rumendi²

(1) Mahasiswa POLMAN Bandung, Phone : 085659524030, email : trisugerigp@rocketmail.com

(2) Dosen POLMAN Bandung, Phone : 085320306497, email : umenrumendi@polman-bandung.ac.id

Abstrak

Dalam kondisi operasinya, komponen mesin memiliki kelemahan yaitu nilai kekerasan yang rendah sehingga menyebabkan kegagalan dalam proses operasinya. Jenis kegagalan yang terjadi diantaranya yaitu keausan, deformasi, sobek dan pecah. Proses *carburizing* merupakan salah satu cara untuk meningkatkan ketahanan aus dan kekerasan permukaan pada komponen yang terbuat dari baja karbon rendah, sehingga material tersebut akan memiliki kekerasan dan ketahanan aus yang lebih baik, khususnya untuk komponen mesin yang saling bergesekan seperti roda gigi dan dudukan pada poros. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa keausan material St 37 dengan dimensi ukuran 60x20x10 mm yang dilakukan proses *carburizing* dan *hardening* dengan menggunakan mesin uji keausan horizontal. Spesimen kemudian dibagi menjadi 3 variasi yaitu spesimen *as it is*, *as carburized*, dan *as hardened and tempered*. Pengujian keausan dilakukan di mesin uji keausan horizontal dengan parameter kecepatan gesekan sebesar 770 rpm dan panjang langkah maju mundur sepanjang 157,2 mm. Waktu pengujian keausan untuk masing-masing spesimen yaitu 3 jam dengan melakukan pengecekan hasil pada setiap 1 jam pengujian. Pengujian ini menghasilkan variasi tingkat keausan sehingga dapat dibandingkan laju keausan dan ketahanan aus dari masing-masing spesimen.

Kata kunci : *carburizing, hardening, tempering, keausan, kekerasan*

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Keausan merupakan faktor penting dalam mengurangi fungsi pemesinan termasuk membatasi usia pakai dan *performance* berbagai komponen mesin, hal ini mengakibatkan peningkatan biaya *maintenance*. "Pengurangan fungsi suatu komponen mesin 70% disebabkan oleh kerusakan pada permukaan logam yang meliputi keausan (55%), dan korosi (15%). Mekanisme keausan yang dominan adalah keausan adhesif (25%), dan abrasif (20%), sedangkan sisanya disebabkan oleh mekanisme keausan yang lain (Rabinowicz, 1995)". Mengingat keausan merupakan penyebab utama kehilangan fungsi mesin maka perlu usaha untuk meningkatkan sifat mekanis logam terutama ketahanan terhadap keausan, diantaranya melalui proses *carburizing*. Penelitian pada baja karbon rendah yang melalui proses *carburizing* yaitu untuk tujuan pembuatan komponen yang lebih tahan terhadap keausan. Proses *carburizing* pada baja karbon rendah akan meningkatkan kekerasan pada bagian permukaan tetapi tetap ulet pada bagian dalamnya sehingga memiliki ketahanan aus yang lebih baik di permukaan. Untuk melihat

ketahanan ausnya maka dilakukan proses pengujian di mesin uji keausan horizontal. Penggunaan material St 37 didasarkan pada pertimbangan beberapa faktor diantaranya, material tersebut merupakan baja karbon rendah yang secara ekonomi harganya murah, mudah didapat, tersedia dalam berbagai macam bentuk dan ukuran, mudah dalam proses pemesinan, mudah dibentuk, dan bisa dilakukan rekayasa dengan meningkatkan fungsi konstruksi menjadi fungsi komponen.

Material St 37 hasil *carburizing* diharapkan akan memiliki ketahanan aus yang lebih baik, khususnya untuk komponen mesin yang saling bergesekan seperti roda gigi dan dudukan pada poros. Untuk membuktikan ketahanan aus (*wearness*), maka harus dilakukan uji keausan dengan metode yang disesuaikan dengan kondisi alat uji keausannya. Pengujian keausan ini akan dilakukan pada tiga variasi spesimen yaitu, spesimen *as it is*, *as carburized*, dan *as hardened and tempered*. Pengujian keausan dilakukan di mesin uji keausan horizontal dengan parameter kecepatan gesekan sebesar 770 rpm, panjang langkah maju mundur sepanjang 157,2 mm, media penggesek (*abrasive wear*) menggunakan campuran oli

dan serbuk karborundum dengan ukuran kekasaran 600. Waktu pengujian keausan untuk masing-masing spesimen ditentukan selama 3 jam dengan melakukan pengukuran keausan setiap 1 jam. Dari hasil pengujian keausan dapat diketahui terjadinya variasi tingkat keausan sehingga dapat dihitung laju keausan dan ketahanan aus dari masing-masing spesimen.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Proses *Carburizing*

Pack carburizing adalah metoda pengerasan permukaan baja di mana baja tersebut diletakkan dalam kotak sementasi yang berisi campuran karburasi (*carburizing compound*) lalu dipanaskan sampai temperatur tertentu. Sumber utama karbon pada permukaan komponen yang di-*carburizing* adalah karbon monoksida. Karbon monoksida ($2CO$) akan terurai menjadi karbon dioksida (CO_2) dan karbon bebas (C). Karbon bebas inilah yang akan berdifusi pada lapisan permukaan baja. Sedangkan karbon dioksida yang terjadi dari reaksi sebelumnya bereaksi kembali dengan karbon dari medium dan menghasilkan karbon monoksida yang baru. Dan reaksi selanjutnya kembali berulang.

2.2. Proses *Hardening*

Flame Hardening adalah proses perlakuan panas di mana permukaan dari baja dipanaskan dengan cepat sampai suhu di atas titik kritis baja (temperatur austenit). Setelah butiran struktur telah menjadi fasa austenitik (*austenitized*), baja dengan cepat di-*quench*, proses ini akan mengubah austenit menjadi martensit. Sebaliknya, proses transformasi pendinginan secara lambat, akan menghasilkan struktur perlit, bainit, dan martensit, dengan struktur akhir menjadi kombinasi dari ketiganya. Hasilnya adalah baja yang relatif lunak dan ulet. Untuk mencapai kekerasan, baja harus didinginkan dengan cepat sehingga melewati dua fase transformasi dan mengubah langsung dari austenit ke martensit.

Tempering adalah proses pemanasan kembali baja yang sudah di-*quenching* dalam struktur martensite. *Tempering* dilakukan pada suhu $100^{\circ}C$ sampai $600^{\circ}C$.

Tempering ini harus segera dilakukan setelah baja didinginkan pada proses *quenching*, untuk mencegah terjadinya gerakan struktur yang labil.

Tujuan *tempering* :

- Untuk menurunkan kekerasan dan meningkatkan keuletan benda hasil proses *hardening*.
- Mengurangi tegangan dalam, akibat kejutan pendinginan yang tiba-tiba.
- Memperbaiki/ mendapatkan struktur logam yang halus.

2.3. Keausan

Secara umum keausan (*wear*) didefinisikan sebagai kerusakan pada permukaan padat yang disebabkan oleh hilangnya atau perpindahan material akibat gaya mekanik dari sebuah hubungan padat (*solid*), cair (*liquid*), atau gas. Pada dasarnya ada tiga jenis keausan yaitu keausan adhesi (*adhesive wear*), keausan abrasif (*abrasive wear*) dan keausan erosi (*erosive wear*). Keausan abrasif timbul ketika permukaan yang keras, kasar meluncur pada permukaan yang lebih lunak, menusuk kedalam dan menghasilkan alur-alur.

Penelitian ini difokuskan pada masalah keausan abrasif. Metode pengujian yang dilakukan yaitu interaksi material padat yang digesekkan secara horizontal. Pengujian keausan yang dilakukan menggunakan mesin uji keausan horizontal dengan rumusan yang digunakan adalah sebagai berikut :

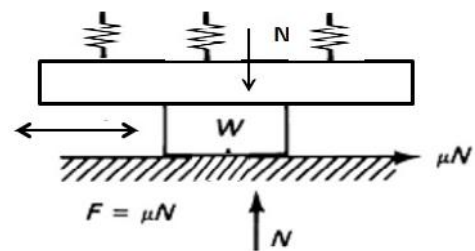
$$\text{Selisih berat} = W = W_0 - W_1$$

$$\text{Laju Keausan} = \frac{\Delta W}{A \cdot t} \frac{\text{gram}}{\text{mm}^2 \cdot \text{jam}}$$

Keterangan :

- t = lamanya pengujian (jam)
- A = Luas spesimen uji keausan (mm^2)
- W_0 = Berat awal (gram)
- W_n = Berat setelah pengujian ke-n
- W = Hasil selisih berat (gram)

Politeknik Manufaktur Negeri Bandung dalam hal ini membuat mesin uji keausan horizontal dengan prinsip kerja sebagai berikut :



Spesimen (w) bergerak maju mundur secara horizontal bergesekan dengan pelat landasan

bawah. Pelat atas mempunyai pegas dan memberikan gaya normal (N) ke bawah untuk menjaga agar spesimen tetap bergesekan.

3. Metode Penelitian

Spesimen St 37 yang digunakan memiliki komposisi material : 0,15% C, 0,14% Si, 0,41% Mn, 0,02% P, dan 0,03% S. Penelitian ini dibagi menjadi 3 variasi spesimen dengan perincian :

- 1 spesimen *as it is* (spesimen tanpa perlakuan *heat treatment*)
- 1 spesimen *as carburized* (spesimen yang melalui proses *carburizing*);
- 1 spesimen *as hardened and tempered* (spesimen yang melalui proses *carburizing*, *hardening*, kemudian *tempering*).

3.1 Prosedur Penelitian

1. Dimensi spesimen yang digunakan yaitu 60 x 20 x 10 mm. Spesimen tersebut merupakan hasil proses gerinda sehingga permukaannya rata dan halus.
2. Proses *carburizing* dilakukan dengan cara :
 - a. Melakukan penimbangan media *carburizing*, kemudian media tersebut ditambahkan dengan barium karbonat sebesar 10% dari berat media *carburizing*. Selanjutnya kedua unsur tersebut dicampur dengan cara diaduk sehingga pencampurannya menjadi merata atau homogen.
 - b. Spesimen uji dimasukkan ke dalam kotak sementasi dan disusun dibagian tengah media karbon, kemudian media carbon dipadatkan, hal ini untuk mengurangi O_2 didalam media *carburizing* yang dapat menyebabkan *decarburizing*, selanjutnya kotak sementasi ditutup dengan pelat baja kemudian pada celah-celah kotak ditutup dengan tanah liat.
 - c. Kotak sementasi dimasukkan ke dalam dapur pemanas dengan temperatur pemanasan $930^{\circ}C$ selama 4 jam. Waktu *carburizing* 4 jam ini dipilih berdasarkan penelitian sebelumnya untuk mendapatkan kedalaman penetrasi karbon 1 mm.

3. Proses *Hardening*

Untuk spesimen *as hardened and tempered*, perlakuan dilanjutkan dengan proses *flame hardening* pada tungku terbuka dengan suhu pemanasan $850^{\circ}C$ dengan indikator suhu pemanasan yaitu warna (merah terang). Setelah

suhu tercapai, spesimen didinginkan secara langsung pada media air. Selanjutnya spesimen dibersihkan dan dihaluskan kembali untuk dilakukan proses *tempering*. Proses tempering dilakukan pada tungku terbuka dengan temperatur $350^{\circ}C$ kemudian didinginkan di udara pada suhu kamar.

4. Pengujian Kekerasan (*hardness*)

Ketiga variasi spesimen diuji kekerasan permukaannya dengan menggunakan pengujian Rockwell. Pengujian kekerasan permukaan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kekerasan pada masing-masing spesimen setelah melalui proses perlakuan panas yang berbeda

5. Pengujian Keausan (*wear*)

Pengujian keausan dilakukan dengan maksud untuk mengetahui nilai laju keausan dan ketahanan aus benda terhadap gesekan. Prinsip dari pengujian ini yaitu dengan menggesekkan spesimen uji terhadap permukaan lain yang lebih keras. Untuk mengetahui nilai laju keausan yaitu dengan membandingkan berat benda uji sebelum dan sesudah dilakukan penggesekkan. Pada pengujian keausan ini digunakan mesin uji keausan horizontal. Parameter pengujian keausan disesuaikan dengan spesifikasi mesin uji keausan tersebut. Berikut ini merupakan spesifikasi mesin yang digunakan :

1. Kecepatan putar mesin uji keausan yaitu 770 rpm.
2. Jarak langkah maju-mundur mesin uji keausan yaitu 157,2 mm.
3. Media gesekan (*abrasive wear*) menggunakan karborundum dengan ukuran kekasaran 600 yang dicampurkan pada oli. Campuran karborundum dan oli ini ditempatkan secara merata pada landasan gesekan sebelum pengujian dilakukan.
4. Waktu pengujian keausan untuk masing-masing spesimen yaitu 3 jam dengan melakukan pengukuran hasil pada setiap 1 jam pengujian.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pengujian Kekerasan permukaan

a. Spesimen *as it is*

Titik permukaan ke -	1	2	3	4	5	Rata - rata
Nilai pengukuran (HRB)	68,3	70	70,7	70,4	70,4	70
Nilai konversi (HV)	123,5	127,3	128,9	128,2	128,2	127,3

b. Spesimen *as carburized*

Titik permukaan ke -	1	2	3	4	5	Rata - rata
Nilai pengukuran (HRB)	98,8	93,1	96,8	95,5	99,6	96,8
Nilai konversi (HV)	245	208,4	230,7	222,9	250,7	230,7

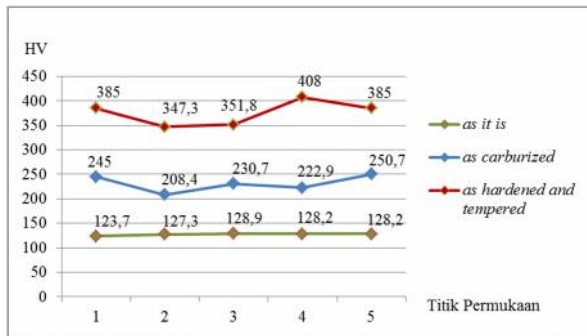
c. Spesimen *as hardened and tempered*
 1. *as hardened*

Titik permukaan ke -	1	2	3	4	5	Rata - rata
Nilai pengukuran (HRC)	65,8	65,3	62,2	64,4	64,1	64,4
Nilai konversi (HV)	856,7	840	751,4	800	794,5	800

2. *as tempered*

Titik permukaan ke -	1	2	3	4	5	Rata - rata
Nilai pengukuran (HRC)	39,3	35,2	35,7	41,6	39,3	38,2
Nilai konversi (HV)	385	347,3	351,8	408	385	374,5

Berikut ini merupakan grafik kekerasan permukaan spesimen.



Berdasarkan grafik uji kekerasan, didapatkan nilai rata-rata kekerasan untuk spesimen *as it is* sebesar 70 HRB atau 127,3 HV, spesimen *as carburized* sebesar 96,8 HRB atau 230,7 HV, spesimen *as hardened and tempered* sebesar 38,2 HRC atau 374,5 HV. Data tersebut menunjukkan bahwa spesimen *as hardened and tempered* memiliki nilai kekerasan paling tinggi dan spesimen *as it is* memiliki kekerasan paling rendah.

4.2 Hasil Pengujian Keausan

1. Uji Keausan

No	Nama Spesimen	W (gram)				ΔW (gram)			ΔW rata-rata (gram)
		W ₀	W ₁	W ₂	W ₃	ΔW ₁	ΔW ₂	ΔW ₃	
1	<i>As it is</i>	92,75	92,61	92,5	92,34	0,14	0,11	0,16	0,137
2	<i>As Carburized</i>	91,54	91,46	91,38	91,30	0,08	0,08	0,08	0,080
3	<i>As Hardened and tempered</i>	91,83	91,79	91,76	91,72	0,04	0,03	0,04	0,037

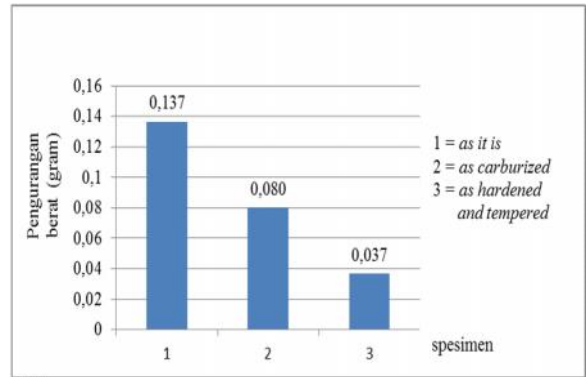
Keterangan :

W = Berat spesimen

W₀ = Berat awal spesimen

W = Selisih berat spesimen

Berikut ini merupakan grafik pengurangan berat spesimen.



2. Laju Keausan

$$\text{Laju Keausan} = \frac{\Delta W \text{ gram}}{A.t \text{ mm}^2.\text{jam}}$$

Keterangan :

A = Luas Penampang (mm²)

t = waktu pengujian (jam)

W rata-rata = selisih berat rata-rata (gram)

No	Nama Spesimen	A (mm ²)	t (jam)	ΔW rata-rata (gram)	Laju keausan (gram/mm ² .jam)
1	<i>As it is</i>	1200	1	0,137	0,000114
2	<i>As Carburized</i>	1200	1	0,080	0,000067
3	<i>As Hardened and tempered</i>	1200	1	0,037	0,000031

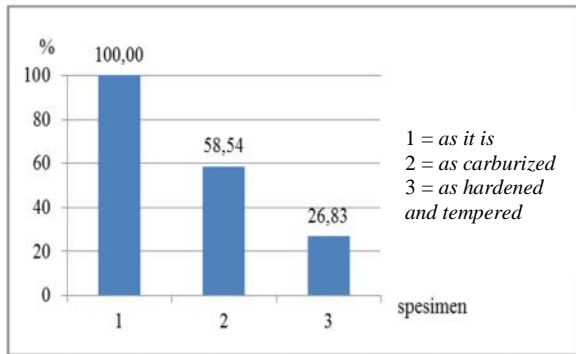
Berdasarkan grafik diatas, spesimen *as it is* memiliki laju keausan paling tinggi yaitu 0,000114 gram/mm².jam. Spesimen *as hardened and tempered* memiliki laju keausan paling rendah yaitu 0,000031 gram/mm².jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai kekerasan permukaan pada benda maka laju keausannya akan semakin rendah.

Persentase laju keausan didapat dari asumsi bahwa spesimen dengan laju keausan tertinggi yaitu spesimen *as it is* memiliki laju keausan 100%. Spesimen *as it is* ini menjadi acuan untuk menghitung persentase laju keausan dari spesimen *as carburized* dan *as hardened and tempered*.

- Laju keausan spesimen *as it is* = 0,000114 gram/mm².jam
 % Laju keausan = 100%.
- Laju keausan spesimen *as carburized* = 0,000067 gram/mm².jam
 % Laju Keausan
 = 100% - (0,000114 - 0,000067 .100%) / 0,000114
 = 58,54%.
- Laju keausan spesimen *as hardened and tempered* = 0,000031 gram/mm².jam

$$\begin{aligned} & \% \text{ Laju Keausan} \\ & = 100\% - \left(\frac{0,000114 - 0,000031}{0,000114} \cdot 100\% \right) \\ & = 26,83\%. \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan grafik persentase laju keausan.

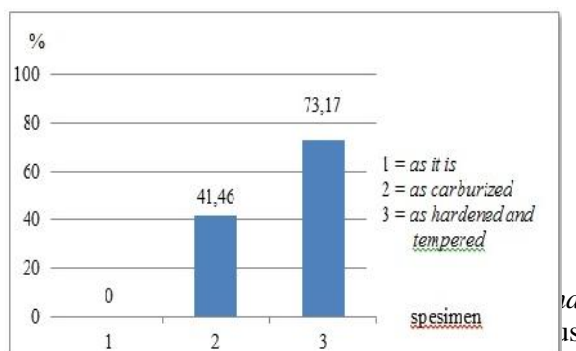


3. Peningkatan Ketahanan Aus

Berikut ini merupakan persentase peningkatan ketahanan aus dari ketiga spesimen yang diuji.

- Laju keausan spesimen *as it is* = 0,000114 gram/mm².jam
% Peningkatan ketahanan aus = 0%.
- Laju keausan spesimen *as carburized* = 0,000067 gram/mm².jam
% Peningkatan ketahanan aus
= $\frac{0,000114 - 0,000067}{0,000114} \cdot 100\%$
= 41,46%.
- Laju keausan spesimen *as hardened and tempered* = 0,000031 gram/mm².jam
% Peningkatan ketahanan aus
= $\frac{0,000114 - 0,000031}{0,000114} \cdot 100\%$
= 73,17%.

Berikut ini merupakan grafik persentase peningkatan ketahanan aus.



tertinggi yaitu 73,17% dibanding spesimen *as it*

is. Spesimen *as carburized* memiliki peningkatan 41,46% dibanding spesimen *as it is*. Dengan demikian, semakin tinggi nilai kekerasan permukaan maka semakin tinggi pula nilai ketahanan aus pada spesimen tersebut.

5. Kesimpulan

1. Spesimen *as it is* memiliki nilai rata-rata kekerasan permukaan sebesar 70 HRB atau 127,3 HV, spesimen *as carburized* sebesar 96,8 HRB atau 230,7 HV, dan spesimen *as hardened and tempered* sebesar 38,2 HRC atau 374,5 HV.
2. Terjadi variasi laju keausan dari spesimen St 37 pada kondisi *as it is*, *as carburized*, dan *as hardened and tempered*. Laju keausan spesimen *as it is* sebesar 0,000114 gram/mm².jam, laju keausan spesimen *as carburized* sebesar 0,000067 gram/mm².jam, dan laju keausan spesimen *as hardened and tempered* sebesar 0,000031 gram/mm².jam.

Untuk pengembangan penelitian lebih lanjut, peneliti menyarankan agar dilakukan analisa uji keausan dengan memvariasikan parameter *abrasive wear* yaitu dengan menggunakan ukuran karborundum yang berbeda di mesin uji keausan horizontal.

Referensi/Daftar Pustaka

- [1] Hamzah, Muhammad Sadat, dan Iqbal, Muhammad. 2008. "Peningkatan Ketahanan Aus Baja Karbon Rendah dengan Metode Carburizing". Jurnal SMARTek Vol.6 No. 3 Agustus 2008 : 169 – 175.
- [2] Sofiyudin, Ahmad Aniq. 2007. "Pengaruh Suhu Carburizing Menggunakan Media Arang Batok Kelapa Terhadap kekerasan dan ketahanan Aus Roda Gigi Baja AISI 4140". Semarang : Universitas Negeri Semarang.
- [3] Adwan, Niko Nursyamsu. 2013. "Analisis Proses Pack Carburizing Dengan Campuran Media Sekam Padi + 10%, 20% Dan 30% Baco₃ Untuk Meningkatkan Kekerasan Permukaan Baja St 41". Bandung : Politeknik Manufaktur Negeri Bandung.