

# PENGARUH HEAT TREATMENT MATERIAL TIE ROD PADA TEMPERATURE 1000 °C TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN DAN KEAUSAN

Firman Firdhaus\*)  
Teknik Mesin SV UGM  
firman.firdhaus@mail.ugm.ac.id  
\*corresponding author

Widia Setiawan  
Teknik Mesin SV UGM  
Widia\_Setiawan64@yahoo.co.id

## ABSTRAK

*Tie rod* adalah salah satu komponen dari *actuator coal pulverizer* dengan fungsi sebagai penahan naik turunnya *grinding roller* pada saat proses penggilingan di dalam *coal pulverizer*. Sebuah perusahaan pembangkit listrik tenaga uap mengalami kendala seperti kebocoran *coal pulverizer*, *breakdown coal pulverizer* dan panas akibat semburan batu bara. Salah satu penyebab utama dari masalah tersebut adalah *tie rod* pada *coal pulverizer* mengalami patah dan aus. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari material *tie rod* yaitu baja AISI S5 dengan melakukan perlakuan panas sehingga mendapatkan nilai kekerasan dan keausan yang optimal. Perlakuan panas mempengaruhi struktur mikro, nilai kekerasan dan nilai keausan pada baja AISI S5. Perlakuan panas dilakukan pada temperatur austenit 1000°C dan waktu penahanan 24 menit, dilanjutkan dengan variasi pendinginan yaitu *quenching*, *annealing* (anil) dan *quench tempering* pada temperatur 200°C dengan penahanan 48 menit. Spesimen hasil perlakuan panas tersebut dianalisa struktur mikro, diuji kekerasan dan keausan. Struktur mikro yang terbentuk pada spesimen *raw material* dan anil adalah ferit dan perlit. Fasa ferit dan martensit terbentuk pada material hasil *quenching* dan *quench tempering*. Proses *heat treatment* yang menghasilkan sifat yang optimal pada material *tie rod* adalah *quench tempering*, dengan nilai kekerasan 503,22 VHN dan nilai keausan sebesar  $0,832803 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ . Material *quench tempering* memiliki sifat ulet dan tangguh.

Kata Kunci: AISI S5, *tie rod*, perlakuan panas, uji kekerasan, uji keausan

## LATAR BELAKANG

Sebuah perusahaan Nasional yang bergerak pada bidang energi listrik memiliki unit pembangkit listrik tenaga uap dengan kapasitas 2 x 300 MW. Perusahaan menggunakan batu bara sebagai bahan bakar utama lewat proses pembakaran di dalam *boiler* dan *furnace*. *Boiler* dan *furnace* ini berfungsi untuk mengubah fasa air menjadi fasa uap bertekanan yang akan digunakan untuk menggerakkan turbin, memutar kumparan pada generator dan menghasilkan listrik. Untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna dan

efisien, batu bara harus digiling terlebih dahulu dengan tingkat kehalusan sebesar 200 *mesh*. Proses penggilingan batu bara tersebut dilakukan dengan menggunakan mesin *coal pulverizer*.

*Coal pulverizer* harus mampu beroperasi dengan beragam jenis batu bara. Variasi batu bara tersebut memungkinkan terjadinya ketidaksesuaian dengan spesifikasi *coal pulverizer* sehingga kinerja alat menjadi semakin keras dan *over load*. Hal ini dapat berdampak pada laju *abrasive* dari *inner part* pada *actuator coal pulverizer*. *Tie rod* sebagai salah satu komponen *inner part* dengan fungsi sebagai penahan naik turunnya *grinding roller* saat proses penggilingan mengalami keausan dan patah lebih cepat pada ujung sambungannya. Hal ini menyebabkan terjadinya *breakdown* pada *coal pulverizer* dan panas di area sekitar akibat semburan batu bara panas.

Penelitian ini menganalisa seberapa besar nilai keausan dan kekerasan bahan *tie rod*. Selanjutnya perlakuan panas dilakukan untuk memperbaiki sifat-sifat bahan supaya lebih optimal. Perlakuan panas berupa *quenching*, *normalizing*, anil dan *tempering* sehingga mampu mengubah sifat fisis dan mekanis bahan. Harapan setelah penelitian ini adalah dapat membantu perusahaan mengatasi permasalahan *tie rod* di atas.

## DASAR TEORI

*Tie rod* adalah poros yang berfungsi sebagai penghubung antara *grinding roller* dengan *actuator* dan sebagai penahan naik turunnya *grinding roller* pada proses penggilingan batu bara di dalam *coal pulverizer*. *Tie rod* dibuat menggunakan material yang memiliki sifat tahan aus dan ulet sehingga memiliki umur pakai yang lama.



Gambar 1. *Tie rod actuator* pada *coal pulverizer*

Baja perkakas adalah baja karbon yang mengandung unsur-unsur lain seperti *tungsten* (W),

*molybdenum* (Mo), *vanadium* (V), *chromium* (Cr) dan *manganese* (Mn). Penambahan unsur-unsur tersebut dimungkinkan untuk memenuhi tututan aplikasi dilapangan. Fungsi lain dari penambahan unsur-unsur pemadu tersebut yaitu memberikan sifat baja perkakas memiliki kontrol dimensi yang lebih baik dan tahan terhadap retakan selama berlangsungnya proses perlakuan panas [1]. Salah satu jenis baja perkakas adalah baja tahan kejut (*shock-resisting steel*) atau kelompok S dengan mangan, silikon, kromium, tungsten dan molibdenum sebagai kombinasi utama. Kandungan karbonnya sekitar 0,50% sehingga menghasilkan kombinasi kekuatan tinggi, ketangguhan tinggi, dan ketahanan aus rendah hingga menengah. Baja kelompok S digunakan untuk pahat, paku keling, palu dan aplikasi lain yang membutuhkan ketangguhan tinggi dan ketahanan terhadap beban kejut. Baja kelompok S ini memiliki variasi dalam *hardenability* dari pengerasan dangkal (S2) ke pengerasan dalam (S7). Beberapa baja kelompok S antara lain S2, S5, S6 dan S7 [1].

Perlakuan panas (*heat treatment*) bertujuan untuk menghasilkan struktur mikro dan sifat mekanik yang diinginkan. Proses perlakuan panas dan kecepatan pendinginan pada logam akan merubah sifat mekanik dan struktur mikronya, sehingga sifat dari logam akan bergantung pada proses perlakuan panas tersebut meskipun dengan atau tanpa mengubah komposisi kimia [2-3].

Metalografi merupakan ilmu yang mempelajari tentang struktur makro dan mikro dari suatu logam, bisa juga diartikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang sifat mekanik dan sifat fisis suatu logam [4]. Proses pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran yang telah ditentukan. Dari hasil pengamatan mikroskopis akan diperoleh informasi dan analisa data tentang struktur mikro yang terbentuk pada material uji.

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan bahan. Kekerasan merupakan ketahanan permukaan bahan terhadap goresan atau penetrasi. Penelitian ini menggunakan metode *Vickers*. Perhitungan nilai kekerasan didasarkan pada panjang diagonal jejak indentor dan beban yang digunakan. Kekerasan *Vickers* (VHN) ditentukan menggunakan Persamaan (1) [1].

$$HV = 1.854 \frac{F}{d^2} \quad (1)$$

Keterangan:

HV = Nilai kekerasan Vickers (VHN)

F = Beban (Kg)

d = Panjang diagonal rata-rata (mm)

Keausan adalah hilangnya bagian dari permukaan yang saling berinteraksi, sebagai hasil gerak relatif pada permukaan [1]. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem luar (kontak permukaan).

Keausan merupakan hal yang biasa terjadi pada setiap material yang mengalami gesekan dengan material lain. Standar untuk uji ketahanan aus menggunakan mesin *Universal Wear Resistance* adalah SNI 03-2417-1991 [5] dan ASTM G 99-95. Teknik ini menggunakan metode Ogoshi yaitu menggesekkan benda uji dengan *revolving disk* sehingga mendapatkan beban gesek dari *disk* tersebut. Kalkulasi uji keausan ditunjukkan pada Persamaan (2) dan (3) [6].

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12r} \quad (2)$$

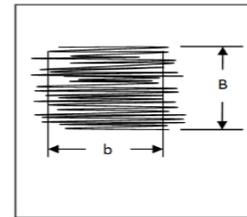
Keterangan:

W = Volume material yang terabrasi (mm<sup>3</sup>)

B = Tebal *revolving disc* (mm)

b = Lebar celah material yang terabrasi (mm)

R = Jari-jari *disc* (mm)



Gambar 2. Tebal dan lebar goresan

Nilai keausan (Ws) dihitung dengan Persamaan 3:

$$Ws = \frac{B \cdot b^3}{P \cdot r \cdot I} \quad (3)$$

Keterangan:

Ws = Nilai keausan (mm<sup>3</sup>/Kg.m)

P = Beban pengujian (Kg)

I = Jarak pengausan (m)

## TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perubahan fasa yang terjadi pada bahan *tie rod* setelah proses perlakuan panas.
2. Mengetahui nilai kekerasan dan keausan bahan *tie rod* setelah proses perlakuan panas.
3. Mengetahui perlakuan panas optimal untuk material *tie rod*.

## CARA PENELITIAN

### 1. Material

Proses awal dari penelitian ini yaitu memotong material *tie rod* untuk pengujian struktur mikro, kekerasan dan keausan. Ukuran spesimen adalah 25 mm x 20 mm x 10 mm dengan jumlah 14 buah (Gambar 3.2). Spesimen yang mendapat perlakuan panas sebanyak 12 spesimen dan dua spesimen lainnya tanpa perlakuan panas.



Gambar 3. Bentuk spesimen uji struktur mikro, kekerasan dan keausan

## 2. Perlakuan panas

Perlakuan panas dilakukan dengan memanaskan spesimen di dalam tungku hingga mencapai temperatur *austenite* 1000 °C selama 24 menit. Penempatan spesimen tidak berhimpit satu sama lain. Spesimen selanjutnya dikeluarkan dari tungku dan didinginkan cepat (*quenching*) menggunakan air. Spesimen yang telah mengalami *quenching* selanjutnya ditemper pada temperatur 200 °C selama 48 menit. Spesimen yang mendapat proses anil dibiarkan dalam tungku dengan temperatur 1000 °C. Selanjutnya tungku dimatikan dan spesimen dibiarkan berada di dalam untuk proses pendinginan.

## 3. Pengujian komposisi kimia

Pengujian komposisi kimia menggunakan XRF Analyzer untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung di dalam bahan *tie rod*. Unsur-unsur dalam bahan *tie rod* yang dideteksi misalnya Fe, Cr, Ni, Si, Mn, Cu, Al, S dan lainnya.



Gambar 4. XRF Analyzer

## 4. Pengujian struktur mikro

Analisa struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur dan fasa bahan *tie rod* dengan atau tanpa proses perlakuan panas. Beberapa tahap yang dilakukan sebelum proses analisa struktur mikro adalah:

1. Proses *grinding* dan *polishing* (pengamplasan). Proses *polishing* dilakukan beberapa tahap mulai dari 100, 180, 400, 600 hingga 1000 *grit*, sehingga didapatkan permukaan yang rata dan halus.

2. Proses etsa yaitu proses reaksi permukaan benda uji dengan bahan etsa, sehingga struktur mikro akan nampak ketika diamati di bawah mikroskop.

3. Proses pengamatan menggunakan *metallurgical microscope*.

## 5. Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan bahan dilakukan sebanyak 10 titik pada masing-masing spesimen untuk mendapatkan nilai rata-rata kekerasan. Uji kekerasan menggunakan metode *Vickers* pada beban 40 kgf.

## 6. Pengujian keausan

Pengujian nilai keausan menggunakan mesin Ogoshi. Spesimen disiapkan dengan menghaluskan permukaan menggunakan kertas amplas nomor 400, 600, 800 dan 1000 untuk memudahkan proses pengukuran. Kecepatan *sliding* ditentukan menggunakan rasio roda gigi pada *speed change replaceable gear*. Jarak *sliding* adalah 15 meter dengan beban 19,08 kg. Setelah selesai dilakukan pemeriksaan hasil injakan *disc* menggunakan mikroskop. Hasil pengukuran digunakan untuk mencari nilai keausan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Pengujian komposisi kimia

Hasil pengujian komposisi kimia material *tie rod* menunjukkan unsur paduan sebagaimana tertera dalam Tabel 4.1.

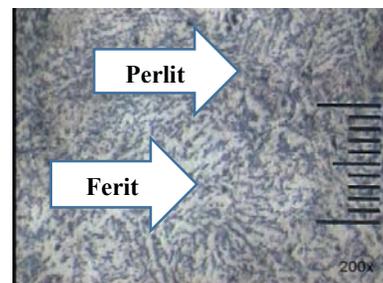
Tabel 4.1. Hasil uji komposisi kimia bahan *tie rod*

Unsur	Prosentase (%)	Unsur	Prosentase %
Fe	95,593	Ni	0,056
Si	1,796	Cu	0,056
Cr	1,156	Sn	0,050
Mn	0,663	Al	0,030
S	0,313	Nb	0,033
Mo	0,150	Ti	0,031
V	0,053		

Berdasarkan data di atas, diketahui bahwa baja tersebut termasuk golongan baja perkakas AISI S5.

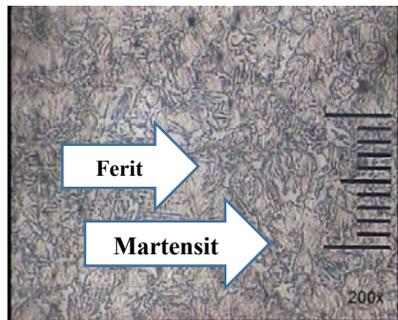
### 2. Pengujian struktur mikro

Struktur mikro baja AISI S5 tanpa perlakuan panas ditunjukkan pada Gambar 5. Struktur yang terbentuk adalah ferit yang berwarna putih dan perlit dengan warna gelap. Baja AISI S5 pada fasa ini memiliki sifat lunak, ulet dan kekerasan yang rendah.



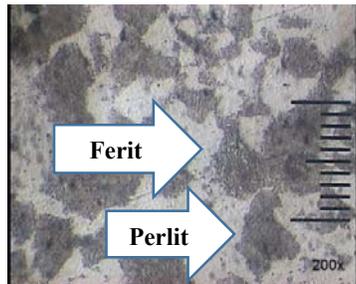
Gambar 5. Struktur mikro baja AISI S5 raw material tanpa perlakuan panas.

Struktur mikro baja AISI S5 yang mendapat perlakuan panas *quenching* ditunjukkan pada Gambar 6. Struktur yang terbentuk adalah ferit yang berwarna putih sedikit kusam dan martensit yang berwarna gelap. Dengan demikian, baja AISI S5 pada fasa ini mempunyai nilai kekuatan dan kekerasan yang tinggi namun sangat getas.



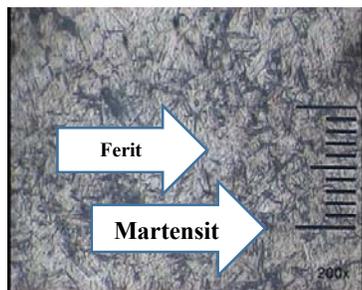
Gambar 6. Struktur mikro baja AISI S5 dengan perlakuan panas *quenching*.

Struktur mikro baja AISI S5 yang mendapat perlakuan anil ditunjukkan pada Gambar 7. Struktur yang terbentuk adalah ferit yang berwarna putih dan perlit yang berwarna gelap. Baja AISI S5 pada fasa ini cenderung memiliki sifat yang lunak, ulet dan memiliki kekerasan yang rendah.



Gambar 7. Struktur mikro baja AISI S5 dengan perlakuan panas anil.

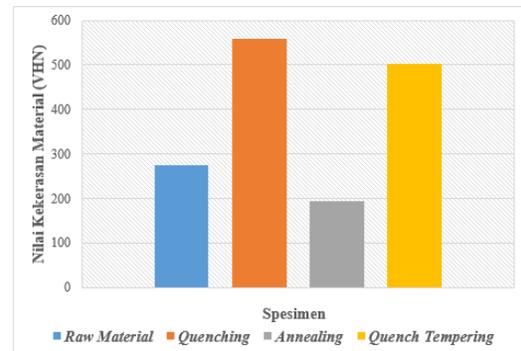
Struktur mikro baja AISI S5 yang mendapat perlakuan *quench tempering* ditunjukkan pada Gambar 8. Struktur yang terbentuk adalah martensit yang berwarna gelap dan ferit yang berwarna putih sedikit kusam. Baja AISI S5 pada fasa ini mempunyai kekuatan dan kekerasan yang tinggi.



Gambar 8. Struktur mikro baja AISI S5 dengan perlakuan panas *quench tempering*.

### 3. Pengujian kekerasan

Nilai rata-rata kekerasan baja AISI S5 yang mendapat perlakuan panas (Gambar 9) menunjukkan bahwa kekerasan paling tinggi dimiliki spesimen hasil *quenching* dengan nilai 559,88 VHN. Nilai kekerasan paling rendah dimiliki spesimen hasil anil yaitu 193,87 VHN. Nilai kekerasan spesimen *raw material* rata-rata sebesar 275,43 VHN dan nilai kekerasan spesimen yang mendapat perlakuan *quench tempering* sebesar 503,22 VHN.



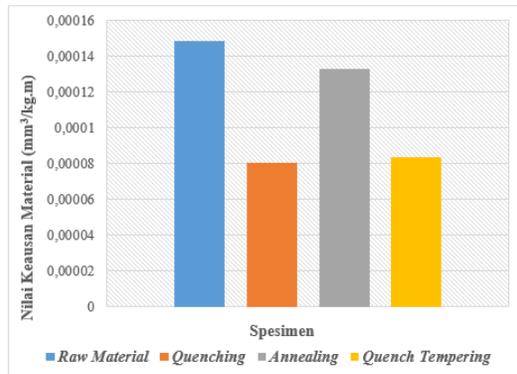
Gambar 9. Nilai rata-rata kekerasan baja AISI S5 yang mendapat perlakuan panas

Hasil *quench tempering* lebih baik karena dengan perlakuan *tempering*, keuletan dan ketangguhan baja meningkat meskipun kekerasan dan kekuatan tariknya menurun [7]. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian bahwa nilai kekerasan baja AISI S5 yang telah diberi perlakuan *quenching* mengalami penurunan ketika dilakukan proses *tempering*.

### 4. Pengujian keausan

Gambar 10 menunjukkan nilai rata-rata keausan baja AISI S5 hasil perlakuan panas. Spesimen *raw material* memiliki keausan yang paling tinggi yaitu  $1,481 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ . Nilai keausan berhubungan dengan kekerasan. Hal ini terkait dengan nilai kekerasan *raw material* yang rendah. Material bersifat lunak dan tidak tahan terhadap aus. Spesimen *quenching* memiliki nilai keausan paling rendah yaitu  $0,804 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ . Material hasil *quenching* juga memiliki nilai kekerasan yang tinggi, sehingga lebih tahan terhadap aus. Bahan dengan kekerasan yang lebih tinggi akan memiliki ketahanan terhadap aus yang baik dan sebaliknya [3].

Baja AISI S5 hasil perlakuan anil memiliki rata-rata nilai keausan sebesar  $1,329 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ , karena nilai kekerasannya yang rendah. Nilai keausan bahan hasil perlakuan *quench tempering* memiliki nilai keausan sebesar  $0,833 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ . Nilai ini tidak jauh berbeda dengan material hasil *quenching*, karena material *quench tempering* juga memiliki nilai kekerasan yang tinggi.



Gambar 10. Nilai rata-rata hasil uji keausan baja AISI S5 yang mendapat perlakuan panas

## KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah:

1. Baja AISI S5 dari *raw material* dan perlakuan panas anil memiliki fasa ferit dan perlit. Material dengan perlakuan *quenching* dan *quench tempering* memiliki fasa ferit dan martensit.
2. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada material hasil perlakuan *quenching* yaitu 559,88 VHN. Bahan ini juga memiliki nilai keausan paling rendah yaitu  $0,804 \times 10^{-4} \text{ mm}^3/\text{kg.m}$ .
3. Proses *heat treatment* yang menghasilkan sifat optimal pada material *tie rod* adalah *quench tempering*. Hal ini dikarenakan nilai kekerasannya meningkat sebesar 83 % dan ketahanan ausnya meningkat sebesar 44 % dari kondisi *raw material*. Selain itu, material *quench tempering* bersifat keras, ulet dan tangguh.

## REFERENSI

- [1] ASM Handbook Committee, 1990, *ASM Handbook vol. 1: Properties and Selections: Irons, Steel and High-Performance Alloys*, ASM International.
- [2] Mizhar, S., Suherman, 2011, "Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan dari Baja AISI 4140", *Jurnal Dinamis II*(8).
- [3] Andrianto, N., Nugroho Sri, 2014, "Karakterisasi Sifat Keausan Dan Ketahanan Korosi Material Discrefiner White Cast Iron Dan Stainless Steel", *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 2 (4), pp. 437-444.
- [4] Avner, S. H., 1964, *Introduction to Physical Metallurgy*, McGraw-Hill Education, India.
- [5] Annual "Standar Nasional Indonesia" SNI 2417, 2008, *Metode Pengujian Ketahanan Aus Material*, Bandung Sidharta, B.W., Soekrisno, R., Iswanto, P.T., 2012, "Pengaruh Konsentrasi Elektrolit dan Waktu Anodisasi terhadap

Ketahanan Aus dan Kekerasan Pada Lapisan Oksida Paduan Aluminium ADC12", Fakultas Teknik, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

- [6] Mersilia, A, Karo, P.K., Supriyatna, Y.I., 2016, "Pengaruh Heat Treatment dengan Variasi Media Quenching Air Garam dan Oli terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135", *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika* 4 (2).