Analisa Pengaruh Proses *Tempering* Pada Baja ST 42 Terhadap Sifat Mekanis

A.P. Putra, A. Andiriladiba, M. Shofi, M.Y. El Islamy, A.H.F. Syiroj, B.T. Yuriko, M.A.S. Sonda, T. Rahardjo
Institute Teknologi Nasional Malang: Jl. Raya Karanglo KM 2, 0341417636
e-mail: andikapamungkas531@gmail.com

Abstrak

Kegagalan atau kerusakan suatu produk masih sering terjadi yang disebabkan oleh insiden dan bukan insiden. Salah satu bentuk kegagalan dari komponen otomotif adalah kegagalan yang terjadi pada sebuah poros roda depan sepeda motor. Kerusakan tersebut menimbulkan kerugian baik materi dan non materi yang sangat besar, sehingga suatu penelitian pada kasus tersebut sangat diperlukan untuk memperbaiki sifat dari poros tersebut. Perlakuan panas tempering dilakukan untuk meningkatkan keuletan baja. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan temperatur temper 350°C dengan media pendinginan udara , 450°C dengan pendinginan air dan 550°C dengan media pendinginan oli. Benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ST 42. Setelah proses tempering dilakukan tahap selanjutnya akan dilakukan pengujian impak, tarik dan kekerasan. Hasil pengujian impak dan kekerasan semakin tinggi temperatur temper maka kekuatan semakin menurun namun nilai elongasi material semakin naik. Terbukti pada pengujian tarik pada temperatur 350°C dengan nilai rata-rata elongasi 29,34% sedangkan pada temperatur 550°C memiliki nilai rata-rata 35,67 % mengalami kenaikan sebesar 6,33%.

***Kata Kunci**: Baja ST 42, Tempering, Uji Tarik, Impak, Kekerasan*

Abstract

Failure or damage to a product is still often caused by incidents and not incidents. One form of failure of an automotive component is a failure that occurs in a motorcycle front axle. This damage causes enormous losses both material and non-material, so that a study in this case is needed to improve the properties of the axis. Tempering heat treatment is performed to increase the ductility of the steel. This research was conducted by varying the temperature temperature of 350 ° C with air cooling media, 450 ° C with water cooling and 550 ° C with oil cooling media. The workpiece used in this research is ST 42 steel. After the tempering process is carried out the next stage will be tested for impact, tensile and hardness. The results of the impact and hardness testing, the higher the tempering temperature, the lower the strength but the higher the elongation value of the material. It is proven in the tensile test at a temperature of 350 ° C with an average elongation value of 29.34% while at a temperature of 550 ° C it has an average value of 35.67%, an increase of 6.33%.

***Keywords**: ST 42 Steel, Tempering, Tensile, Impact, Hardness Test*

1 PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri mendorong para pelaku dunia industri untuk meningkatkan penggunaan unsur logam. Beberapa jenis logam yang banyak digunakan antara lain besi (Fe), alumunium (Al), tembaga (Cu), khrom (Cr), dan Nikel (Ni). Beberapa logam tersebut merupakan jenis logam yang paling banyak digunakan dalam kegiatan produksi maupun dunia otomotif. Dalam dunia otomotif spesimen berkekuatan tinggi, handal dan ekonomis sangat diperlukan. Oleh karena itu meningkatkan kualitas dengan cara memperbaiki sifat sangat diperlukan. Namun kegagalan atau kerusakan suatu produk masih sering terjadi yang disebabkan oleh insiden maupun bukan insiden.

Kegagalan karena insiden bisa disebabkan karena beban yang melebihi kekuatan komponen, benturan, beban berlebih *(overload)* dan lain sebagainya. Sedangkan kegagalan bukan insiden bisa disebabkan karena umur yang telah melewati kalkulasi dari material tersebut. Contoh dari kegagalan komponen otomotif adalah kerusakan pada batang poros roda depan sepeda motor setelah melakukan perjalanan dengan jarak tempuh 3782km yang tercatat pada indikator. Hal tersebut menimbulkan kerugian pada materi maupun non materi. Sehingga perlu dilakukan penelitian untuk memperbaiki sifat dari poros tersebut. Dengan demikian, dapat mencegah terjadinya kerusakan yang sama dan dapat meminimalisir kerugian. Berdasarkan uraian tersebut didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

- Bagaimana pengaruh proses *heat treatment* pada material Baja ST 42 sebagai poros roda depan sepeda motor ?

2 DASAR TEORI

Proses perlakuan panas *(Heat Treatment)* adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Perubahan sifat logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian dari logam atau sebagian dari logam.

Adanya sifat *alotropik* dari besi menyebabkan timbulnya variasi struktur mikro dari berbagai jenis logam. *Alotropik* itu sendiri adalah merupakan transformasi dari satu bentuk susunan atom (sel satuan) ke bentuk susunan atom yang lain. Pada temperatur dibawah 910^{o}C sel satuannya *Body Center Cubic* (BCC), temperatur antara 910^{o}C dan 1392^{o}C sel satuannya *Face Center Cubic* (FCC) sedangkan temperatur diatas 1392^{o}C sel satuannya kembali menjadi BCC.

3 METODE PENELITIAN

Dengan menelusuri sumber-sumber atau karya ilmiah yang pernah dibuat sebelumnya dijadikan sebagai studi literatur didapatkan dari buku-buku karya pengarang terpercaya, jurnal jurnal ilmiah terakreditasi, dan hasil-hasil penelitian mehasiswa dalam berbagai bentuk seperti skripsi, tesis, laporan praktikum dan lain sebagainya.

Pengujian dilakukan di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin S-1 Institut Teknologi Nasional Malang. Untuk menentukan spesimen yang akan digunakan dalam penelitian dilakukan pengujian komposisi kimia terlebih dahulu. Pembuatan sampel disesuaikan pada standart pengujian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini dilakukan beberapa proses yaitu *hardening, tempering* dan dilanjutkan dengan proses *quenching.* Proses hardening dilakukan pada temperatur 950°C hingga mencapai temperatur austenite agar menghasilkan spesimen yang keras. Setelah spesimen didinginkan pada sesuai temperatur ruang maka spesimen kembali dipanaskan atau biasa disebut proses tempering pada suhu 350°C lalu dilanjutkan dengan pendinginan menggunakan udara, suhu 450°C dengan pendinginan air dan suhu tertinggi pada 550°C dengan pendinginan oli. Setelah dilakukan proses *heat treatment* akan dilakukan beberapa pengujian pada sampel uji, beberapa pengujian tersebut meliputi : uji impak, tarik dan kekerasan. Pengujian tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai nlai maupun sifiat mekanik dari material setelah proses *heat treatment.*

Pengolahan data setalah dilakukan pengujian dengan mengacu pada materi pada referensi, menggunakan tabel dan grafik dalam penulisan laporan kemudian dianalisa dalam bentuk narasi atau informasi agar mudah dipahami dan dapat diambil kesimpulan dan saran tentang hasil proses heat treatment.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahapan ini bertujuan untuk mengetahui kualitas hasil dari perbaikan sifat material Baja ST 42 dengan perlakuan panas dengan dilakukan pengujian Impak, Tarik, Kekerasan dengan menghitung rata-rata serta membuat gambar diagram.

Tabel 1. Data hasil pengujian impak

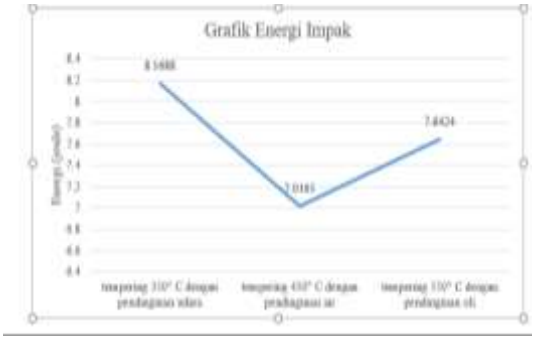
Perlakuan Panas 950°C, Variasi Tempering dan Variasi Pendinginan	Jumlah Sampel	h (mm)	b (mm)	s (mm)	h (mm)	α (°)	β (°)	Energi (Joule)	HI (Joule/mm)
Perlakuan Panas 950°C	1	55	10	10	100	90	61	8,2558	0,0826
Tempering 350°C,	2	55	10	10	100	90	62	7,9947	0,0799
Pendinginan Udara	3	55	10	10	100	90	61	8,2558	0,0826
Perlakuan Panas 950°C	1	55	10	10	100	90	66	6,9263	0,0693
Tempering 450°C,	2	55	10	10	100	90	63	7,1968	0,0720
Pendinginan Air	3	55	10	10	100	90	66	9,9263	0,0693
Perlakuan Panas 950°C	1	55	10	10	100	90	63	7,7310	0,0773

Hasil Analisa Uji Impak

Dari hasil pengujian impak menunjukkan bahwa energi impak terkecil didapat pada temperatur

450°C dengan media pendingin air yaitu 7,0165 joule dan energi impak tertinggi berada pada temperatur 350°C dengan media pendingin udara yaitu 8,1688 joule. Media pendingin lebih berpengaruh pada energi dibandingkan dengan media temeperatur. Terlihat bahwa struktur mikro setelah diquenching dengan menggunakan media udara karena memberikan kombinasi sifat mekanik yang baik karena pada proses ini mengurangi kerapuhan dan meningkatkan keuletan dan ketangguhan.

Menurut teori tempering pada suhu antara 300°C - 500°C atau sedang bertujuan untuk mendambah keuletan dan kekerasan sedikit berkurang. Proses ini digunakan pada alat-alat kerja yang mengalami beban berat misalnya palu, pahat, pegas. Dan tempering pada suhu 550°C – 650°C atau suhu tinggi bertujuan memberikan daya keuletan yang besar dan sekaligus kekerasannya menjadi agak rendah misalnya pada roda gigi, poros batang penggerak dan sebagainya.



Gambar 1. Energi pada variasi temperatur dan pendinginan

a. Impak spesimen *Tempering 350°C* dengan pendinginan udara

Pada spesimen Tempering 350°C (8,1688 joule) didapatkan fasa martensit temper yang lebih tangguh dengan media pendingin udara karena butir-butir logam agak lebih kecil menyebabkan ikatan logam semakin kuat.

b. **Impak spesimen *Tempering 450°C* dengan pendinginan air**

Spesimen tempering 450°C memiliki harga impak rata-rata paling kecil yaitu 7,0165 joule karena pengaruh dari laju pendinginan yang cepat maka nilai serap impak yang dihasilkan akan kecil dan menjadi getas.

c. Impak spesimen *Tempering 550°C* dengan pendinginan oli

Spesimen tempering 550°C (7,6424 Joule) lebih kecil dari spesimen Tempering 350°C karena semakin tinggi suhu penemperannya maka semakin banyak terbentuk martensit sehingga kekerasannya semakin rendah.

Gambar 2. Nilai HI pada variasi temperatur dan pendinginan

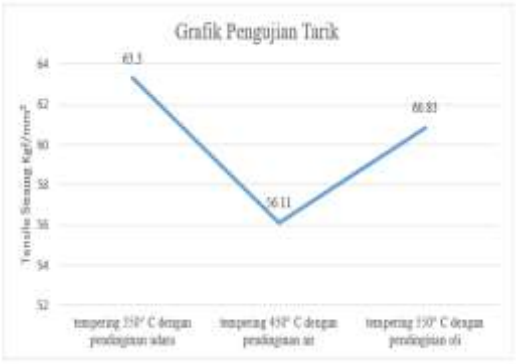
Dari hasil pengujian impak memperlihatkan harga impak paling kecil didapat pada temperatur 450°C dengan media pendinginan air yaitu 0,0702 J/mm dan harga impak paling tinggi pada temperatur 350°C dengan media pendinginan udara yaitu 0,0817 J/mm. Pengaruh laju pendinginan yang cepat membuat nilai serap impak yang dihasilkan akan kecil dan menjadi getas.

Pengaruh dari laju pendinginan paling lambat atau temperatur paling rendah menghasilkan nilai impak tinggi dan material menjadi ulet. Hasil ini menunjukkan bahwa dari variasi temperatur yang paling kecil dan variasi pendinginan yang paling lambat maka ketangguhan akan semakin meningkat.

Hasil Analisa Uji Tarik

Tabel 2. Data hasil pengujian tarik

No	Perlakuan Panas 950°C, Variasi Tempering dan Pendinginan	Jumlah Specimen	Area Mm^2	Max Force Kgf	0,2% Y.S Kgf/mm^2	Tensile Strang Kgf/mm^2	Elongation %
1	Perlakuan Panas 950°C Tempering 350°C, Pendinginan Udara	A	78,54	4932	40,84	63,05	28
		B	78,54	4997	40,94	63,63	34
		C	78,54	4965	40,78	63,22	26
2	Perlakuan Panas 950°C Tempering 450°C Pendinginan Air	A	78,54	4381	37,89	55,78	35
		B	78,54	4408	39,89	56,12	35
		C	78,54	4433	38,94	56,45	35



Gambar 3. Kekuatan tarik pada variasi temperatur dan pendingin

Dilihat pada Grafik 3 semakin besar temperatur maka nilai kekuatan tarik akan menurun diakibatkan pada saat dipanaskan pada temperatur 350°C-550°C kekerasan menurun karena proses rekristalisasi dimana butiran struktur awal membesar dan hilangnya tegangan sisa. Peningkatan temperatur lebih lanjut akan menurunkan kekuatan akan tetapi elongasi semakin meningkat.

Berdasarkan Grafik 3 beban maksimal dari sampel baja ST 42 yang telah diperlakukan panas terlihat adanya penurunan pada semua variasi suhu, penurunan dimulai pada variasi tempering 550°C dengan pendinginan oli sebesar 60,83 Kgf/mm^2 menurun sebesar 2,47% dibandingkan dengan variasi tempering dengan pendinginan udara sebesar 63,3 Kgf/mm^2. Kemudian beban paling rendah terjadi pada variasi suhu tempering 450°C dengan pendinginan air sebesar 56,11 Kgf/mm^2 atau sebesar 10,19%. Namun jika dilihat dari pertambahan panjang elongasinya, maka spesimen temperatur 550°C memiliki nilai rata-rata elongasi tertinggi mencapai 35,67%. Karena pada proses tempering dengan temperatur yang paling tinggi yaitu 550°C akan menyebabkan partikel sementit tumbuh dan ferrit mulai tampak.

Hasil Analisa Uji Kekerasan

Tabel 3. Data hasil pengujian kekerasan

No	Perlakuan Panas 950°C, Variasi Tempering	Titik Pengujian	HRB	Rata – Rata Nilai Kekerasan
1	Perlakuan Panas 950°C, Tempering 350°C Pendinginan Udara	1	86	86
		2	84	
		3	88	
2	Perlakuan Panas 950°C, Tempering 450°C Pendinginan Air	1	80	80
		2	81	
		3	79	
3	Perlakuan Panas 950°C, Tempering 550°C Pendinginan Oli	1	84	83,66
		2	83	
		3	84	

Gambar 4. Kekerasan pada variasi tempering dan pendingin

Dari Grafik 4 menunjukan penurunan nilai kekerasan dikarenakan penambahan temperatur dan perbedaan pada mendia pendingin. Pada pengujian ini nilai kekerasan maksimum didapat pada sampel uji temperatur 350°C yaitu 86 HRB dikarenakan pendinginan cepat karena temperatur rendah sehingga transformasi fasa berjalan menuju bainit. Dan kekerasan terandah diacapai pada temperatur 450°C yaitu 80 HRB. Disebebkan perbedaan viskositas sebagai media pendingin dapat mempengaruhi nilai dari kekerasan dan disebabkan perubahan struktur mikro pada logam yang mengalami quenching.

a. Kekerasan spesimen Tempering 350°C dengan pendinginan udara.

Spesimen tempering dengan harga kekerasan rata-rata tertinggi sebesar 86 HRB, disebabkan temperatur temper rendah meskipun menggunakan media pendingin udara, laju pendinginan berjalan cepat sehingga transformasi fasa berjalan lebih cepat menuju bainit. Dan ini dibuktikan dengan harga kekerasan tinggi.

b. Kekerasan spesimen Tempering 450°C dengan pendinginan air.

Harga kekerasan rata – rata spesimen tempering 450°C dengan pendingin air

sebesar 80 HRB karena pada temperatur ini pendinginan cepat dan belum melampaui laju pendinginan kritis, maka struktur martensit yang diharapkan terbentuk pada temperatur tinggi tidak terjadi.

c. Kekerasan spesimen Tempering 550°C dengan pendinginan oli.

Harga rata – rata spesimen 550°C dengan pendingin oli sebesar 83,66 HRB. Disebabkan karena pada temperatur 550°C terjadi transformasi austenit menjadi perlit (550-723°C) dan pendinginan menjadi paling lambat karena suhu temper pada 550°C sehingga butiran logam yang dihasilkan menjadi halus.

5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian dan pengujian serta pembahasan data pada proses tempering dengan variasi temperatur dan media pendingin lalu dilakukan pengujian maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada variasi suhu tempering 350°C, 450°C dan 550°C lalu didinginkan dengan pendinginan cepat (quenching) dengan media udara, air dan oli didapatkan pengaruh yang signifikan terhadap material pada suhu tempering 350°C dengan media pendinginan udara sedangkan pada variasi suhu tempering 450°C dengan media pendingin air dan suhu tempering 550°C dengan media pendingin oli sifat mekanik material mengalami penurunan karena proses tempering dan media pendingin.
2. Namun jika dilihat dari nilai elongasi saat dilakukan pengujian tarik, nilai rata – rata tertinggi didapatkan pada suhu tempering 550°C dengan media pendingin oli. Hal tersebut disebabkan karena pada temperatur tertinggi 550°C partikel sementit tumbuh menjadi lebih besar dan ferrit mulai tampak.

Saran

1. Menggunakan media pendinginan cepat yang sesuai dengan kadar karbon yang terkandung pada baja agar laju pendinginan dapat bertahan hingga melampaui laju pendinginan kritis.
2. Diharapkan alat pengujian di Kampus ITN Malang lebih dilengkapi, agar penelitian mahasiswa tidak terhambat dengan harus melakukan pengujian diluar kampus.

6 DAFTAR PUSTAKA

1. Arif N. 2013. *"Pengaruh Perlakuan Panas Hardening dan Tempering Pada Baja AISI 4140".* Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Nasional Malang. Malang.
2. Dwi Prasetyo. 2019. *"Variasi Media Pendingin Pada Proses Heat Treatment Baja Karbon ST41 Untuk Pisau Potong Plat Beton".* Fakultas Teknik. Universitas Pancasakti Tegal. Tegal.
3. Hadi, Syamsul. 2016. *Teknologi Bahan.* Yogyakarta: CV ANDI OFFSET
4. Iqbal, Muhammad. 2018.*"Pengaruh Temperatur dan Media Pendingin Heat Treatment Terhadap Sifat Mekanis dan Microstructure Komposit Matriks Alumunium".* Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara. Medan.
5. K-E Thelning. 1975. *Steel and It's Heat Treatment BOFOROS HANDBOOK.* England: Butterworths
6. K-E Thelning. 1984. *Steel and It's Heat Treatment Second Edition.* England: Butterworths
7. Purnomo. 2017. *Material Teknik.* Malang: CV. Seribu Bintang
8. Resky A, Arya M. 2019. *Studi Eksperimen Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja Karbon Pegas Daun AISI 1095 Pada Mobil Kijang Kapsul 7K-EFI Tahun 200 Dengan Perlakuan Panas Tempering.* JTM. 30 Juni 2020
9. Shigley, Joseph E,Charles. 1996. *Standard Hanbook of Machine Design Second Edition.* New York: R R Donnelley & Sons Company.
10. Suarasana. 2017. *Ilmu Material Teknik.* Denpasar
11. Surdia, Tata dan Saito, Shinroku. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik.* Jakarta: PT PRADIYA PARAMITA. Cetakan Ketiga
12. William D. Callister, J. D. 2010. *Materials Science and Engineering.* United States of America: WILEY
14. Yayi F, Yuliana A, M Hudan R. 2018. *Analisis Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro Pada Pengelasan Baja ST-60 Berdasarkan Variasi Temperatur Tempering.* G-Tech. 30 Juni 2020