

PENGARUH VARIASI SUHU TEMPERING UNTUK MENINGKATKAN KETANGGUHAN BAJA S45C PADA POROS MOTOR RODA TIGA

Arfin Bagus Abdullah

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: arfin.20047@mhs.unesa.ac.id

Akhmad Hafizh Ainur Rasyid

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: akhmadrasyid@unesa.ac.id

Abstrak

Motor roda tiga adalah transportasi yang digunakan untuk mempermudah pekerjaan mengangkut barang, bahkan sering kali memuat beban yang melebihi kapasitas angkutnya sehingga menyebabkan kerusakan pada poros roda. Untuk meningkatkan sifat mekanik baja maka diperlukan perlakuan panas dan variasi suhu. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi suhu pada proses *heat treatment tempering* terhadap ketangguhan dan struktur mikro baja S45C. Metode penelitian ini menggunakan jenis penelitian eksperimen dengan menggunakan material baja S45C. Material dilakukan perlakuan panas *hardening quenching* pada suhu 850 °C dengan waktu tahan 60 menit dan didinginkan dengan air biasa, dilanjutkan dengan proses *tempering* pada media pendingin oli 20W dengan variasi suhu 550 °C, 600 °C, dan 650 °C. Pengujian material dilakukan dengan pengujian *impact charpy* dan struktur mikro. Hasil dalam penelitian ini didapatkan nilai ketangguhan tertinggi pada suhu 650 °C dengan rata-rata nilai 1,84 J/mm² dan presentase fasa ferit pada pengujian struktur mikro 68%. Sedangkan nilai ketangguhan baja terkecil pada suhu 550 °C dengan rata-rata nilai 1,175 J/mm² dan presentase fasa ferit pada pengujian struktur mikro 50%. Dari pengujian ketangguhan dan struktur mikro diketahui bahwa variasi suhu pada proses *tempering* dapat memberikan pengaruh terhadap nilai ketangguhan baja S45C, semakin tinggi suhu pada saat *tempering* maka semakin tinggi nilai ketangguhannya. Kemudian dari hasil uji struktur mikro menunjukkan bahwa setelah *tempering* dengan variasi suhu pada baja S45C telah terbentuk fasa ferit yang lebih dominan hasil dari martensit yang telah berdifusi saat proses pemanasan.

Kata Kunci: *heat treatment tempering*, baja S45C, suhu, motor roda tiga

Abstract

A three-wheeled motorbike is a form of transportation that is used to make the job of transporting goods easier, and often carries a load that exceeds its carrying capacity, causing damage to the wheel axle. To improve the mechanical properties of steel, heat treatment and temperature variations are needed. The aim of this research is to determine the effect of temperature variations in the heat treatment tempering process on the toughness and microstructure of S45C steel. This research method uses experimental research using S45C steel material. The material was subjected to hardening quenching heat treatment at a temperature of 850 °C with a holding time of 60 minutes and cooled with plain water, followed by a tempering process on 20W oil cooling media with temperature variations of 550 °C, 600 °C and 650 °C. Material testing was carried out by charpy impact and microstructure testing. The results in this study obtained the highest toughness value at a temperature of 650 °C with an average value of 1.84 J/mm² and a ferrite phase percentage in the microstructure test of 68%. Meanwhile, the lowest steel toughness value was at a temperature of 550 °C with an average value of 1.175 J/mm² and a ferrite phase percentage in the microstructure test of 50%. From toughness and microstructure testing, it is known that temperature variations in the tempering process can have an influence on the toughness value of S45C steel, the higher the temperature during tempering, the higher the toughness value. Then, the results of the microstructure test show that after tempering with varying temperatures the S45C steel has formed a ferrite phase which is predominantly the result of martensite which has diffused during the heating process.

Keywords: *heat treatment tempering, S45C Steel, temperature, three-wheeled motorbike*

PENDAHULUAN

Perlakuan panas dibedakan menjadi beberapa jenis, salah satu perlakuan panas agar suatu logam memiliki sifat mekanik yang baik pada poros adalah dengan perlakuan panas *tempering*. *Tempering* adalah proses pemanasan kembali baja pada suhu kritis yang telah dikeraskan, kemudian didinginkan kembali pada suhu ruangan untuk menghilangkan residu atau tegangan sisa pada proses *quenching* (Aminuddin et al., 2020). Sementara itu, tujuan dari proses *tempering* ini adalah untuk mengurangi tegangan sisa, merubah susunan butiran material, mengurangi kekerasan dan meningkatkan keuletan logam (Budiarto et al.,

2020). Meningkatnya keuletan baja dapat mempengaruhi naiknya ketangguhan seperti tahanan terhadap beban kejutan dan tekanan.

Ketangguhan adalah salah satu sifat mekanik yang dimiliki baja untuk menahan beban kejutan dalam artian saat baja diberikan beban kejutan baja tidak mengalami patah. Baja karbon merupakan material yang sering dijumpai pada industri manufaktur karena memiliki sifat mekanik yang baik. Baja digolongkan menjadi tiga berdasarkan kandungan karbonnya yaitu baja karbon rendah (0,10- 0,30% C), baja karbon sedang (0,30-0,60% C), dan baja karbon tinggi (0,60-1,7% C). Dalam industri otomotif, baja karbon sedang sering digunakan sebagai bahan baku poros dikarenakan memiliki kekuatan yang cocok. Baja S45C dengan kandungan karbon (0,45% C) merupakan baja

karbon sedang “*medium carbon steel*” yang sering digunakan dalam industri otomotif karena harga yang relative murah. Baja S45C memiliki kandungan unsur utama berupa karbon (C), Sulfur (S), Mangan (Mn), Fosfor (P), Iron (Fe) (Wiseno & Irwandi, 2023).

Motor roda tiga merupakan jenis kendaraan yang banyak digunakan untuk mengangkat muatan yang lebih berat dibandingkan motor roda dua. Motor roda tiga biasa digunakan oleh masyarakat ataupun UMKM untuk mempermudah pekerjaan mengangkut barang dalam jumlah yang besar, bahkan dalam beberapa kejadian muatan yang diangkut motor roda tiga sering kali berlebihan sehingga pada saat terkena jalan yang tidak rata ataupun berlubang menyebabkan kerusakan terutama pada poros rodanya. Rata rata alasan pengusaha memilih motor roda tiga karena harganya lebih terjangkau dari pada mobil pick up.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh M.Syahril mengenai "Analisa kegagalan poros roda belakang kendaraan" disebutkan bahwa Dengan kekuatan material yang rendah, khususnya di area tumpuan beban (*stress concentration*), maka adanya beban yang cukup besar terutama beban kejut (*impact load*) menyebabkan patahnya poros roda belakang penggerak kendaraan ini (Syahril, 2013). Pada penelitian yang dilakukan oleh “Muhammad Sofyan A’is Nurdiansyah” dalam mengatasi masalah deformasi yang dikarenakan kelebihan beban yang di terima poros roda pada motor roda tiga mendapatkan hasil kekerasan yang meningkat tetapi dengan penurunan ketangguhan material baja S45C. Nilai ketangguhan spesimen tanpa perlakuan 0,362 J/mm² dan tertinggi yang didapat sebesar 0,443 J/mm² dengan media pendingin oli SAE 20W hanya naik ± 25% dan memungkinkan masih bisa menaikkan ketangguhannya (Nurdiansyah & Sakti, 2022).

Berdasarkan dari beberapa hasil penelitian diatas, maka peneliti dapat membuat suatu pembahasan baru pada material baja S45C mengenai “Pengaruh Variasi Suhu *Tempering* Terhadap Ketangguhan Dan Struktur Mikro Baja S45C Pada Aplikasi Poros Motor Roda Tiga”. Sebagai upaya untuk meningkatkan ketangguhan pada baja S45C yang digunakan sebagai poros motor roda tiga.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh *treatment* (perlakuan) tertentu (Sugiyono, 2013:6).

Variabel Penelitian

Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah suhu pada perlakuan panas *tempering* 550°C, 600°C, dan 650°C.

Variabel terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil dari beban dinamis pengujian *Impact* dan pengujian struktur mikro baja S45C dengan proses perlakuan panas *tempering*

Variabel Kontrol

- Baja S45C dengan ketebalan 10mm
- Temperatur *quenching* 850°C
- Media pendingin oli SAE 20W
- Waktu penahanan *quenching* 60 menit

- Waktu penahanan *tempering* 90 menit

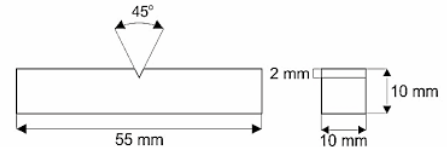
Alat dan Bahan Penelitian

Alat

- Furnace
- Penjepit
- Ember Pendingin
- Sarung Tangan Anti Panas

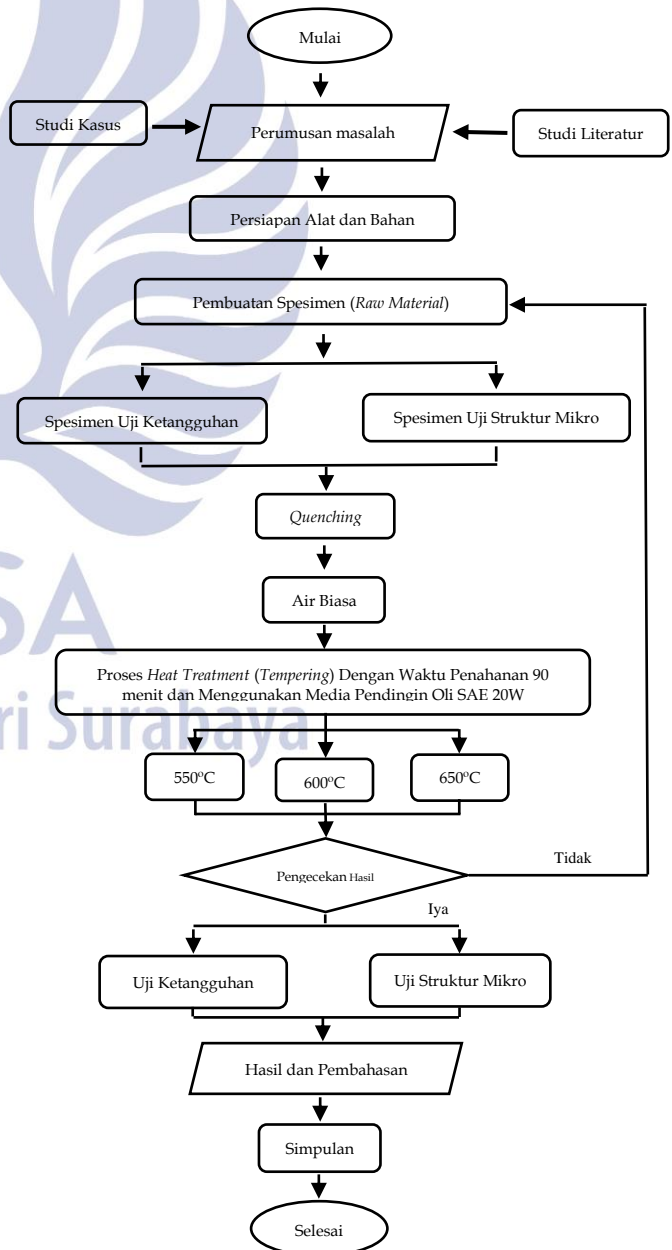
Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja S45C.



Gambar 1. Standar pengujian *impact* ASTM E23

Rancangan Penelitian



Teknik Analisis Data

Data-data yang diperoleh dianalisa menggunakan bantuan program Minitab 19 pada windows untuk mengetahui apakah ada pengaruh signifikan variasi temperatur tempering setelah proses *heat treatment quenching* terhadap kekuatan *impact* pada baja S45C. Metode untuk menganalisa data yang saya dapatkan menggunakan metode ANOVA atau *Analysis Of Varians* dengan anova tunggal (*One-way Anova*) dengan aplikasi Minitab, sebelum dilakukan pengujian anova, data yang akan dianalisis harus dipastikan data berdistribusi secara normal dan homogen. oleh karena itu perlu dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas.

- Uji normalitas
- Uji homogenitas
- Uji ANOVA One Way

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Impact

Hasil penelitian ini didapatkan berupa nilai dari pengujian *impact* dan berupa foto struktur mikro setelah spesimen diberi perlakuan panas *tempering* dengan suhu 550°C, 600°C, dan 650°C. Hasil tersebut dijelaskan dalam bentuk tabel serta dilanjutkan dengan pengujian statistik ANOVA One Way.

Tabel 1. Perhitungan hasil uji impact

Variasi suhu	Spesimen	G (kg)	λ (m)	g (m/s ²)	A (mm ²)	α (cos)	β (cos)	E (Joule)	Nilai impact (J/mm ²)	Rata-rata
550 °C	1	21,4	0,6	9,8	80	120°	77,2°	90,793	1,134	1,175
	2	21,4	0,6	9,8	80	120°	74,1°	97,388	1,217	
	3	21,4	0,6	9,8	80	120°	75,7°	93,996	1,174	
600 °C	1	21,4	0,6	9,8	80	120°	50,8°	142,445	1,780	1,72
	2	21,4	0,6	9,8	80	120°	57,3°	130,895	1,636	
	3	21,4	0,6	9,8	80	120°	52,4°	139,691	1,746	
650 °C	1	21,4	0,6	9,8	80	120°	47,2°	148,411	1,855	1,84
	2	21,4	0,6	9,8	80	120°	48,4°	146,459	1,830	
	3	21,4	0,6	9,8	80	120°	48,1°	146,950	1,836	
RAW	1	21,4	0,6	9,8	80	120°	100,9°	39,1217	0,489	0,55
	2	21,4	0,6	9,8	80	120°	95,9°	49,981	0,624	
	3	21,4	0,6	9,8	80	120°	98,7°	43,882	0,548	

Berdasarkan hasil dari perhitungan uji *impact* dan disebutkan pada tabel diatas, maka dapat dilanjutkan dengan pengujian ANOVA *One Way* dan didapatkan nilai *impact* yang signifikan dengan nilai *P-Value* <0,05 yaitu sebesar 0,000.

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Factor	3	3,11865	1,03955	342,55	0,000
Error	8	0,02428	0,00303		
Total	11	3,14292			

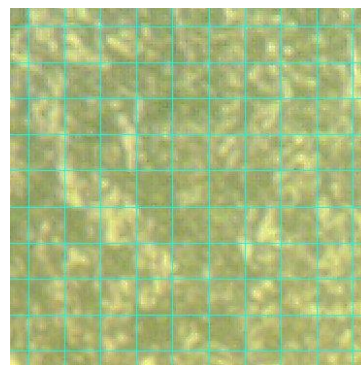
Gambar 2. Hasil pengujian statistik ANOVA *One Way*

Peningkatan suhu pada proses *heat treatment tempering* mengakibatkan meningkatnya nilai ketangguhan pada material, hal tersebut terjadi karena proses pembentukan kristalnya terjadi secara sempurna seiring dengan peningkatan suhu sampai pada batas suhu maksimal *tempering*.

Hasil Pengujian Struktur Mikro

Berikut merupakan hasil dari pengujian foto struktur mikro hasil perlakuan panas *tempering*. Untuk melakukan penghitungan fasa ada rumus tertentu menurut standar ASTM E562 yaitu menggunakan analisis *point count* pada material (ASTM E562-02, 2002). Pada analisis *point count* ini menggunakan fasa ferit untuk menjadi acuan ketangguhan karena fasa ferit adalah fasa yang memiliki sifat magnetis, lunak dan ulet (Handoyo, 2015), sehingga memberikan ketangguhan tinggi dan mampu menahan beban kejut. Fasa ferit ditunjukkan dengan warna cerah.

- 550 °C



Gambar 3. metode *point count* suhu *tempering* 550 °C

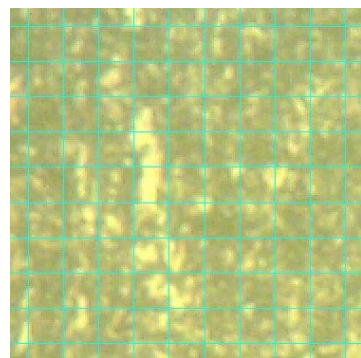
Jumlah titik = 100
 Titik yang mengenai fasa = 39
 Fasa yang mengenai tepi titik = 22
 Presentase fasa ferit

$$= \frac{\text{jumlah titik yang mengenai fasa}}{\text{jumlah titik total}} \times 100\%$$

$$= \frac{(39 \times 1) + (22 \times 0,5)}{100} \times 100\%$$

$$= 50\%$$

- 600 °C



Gambar 4. metode *point count* suhu *tempering* 600 °C

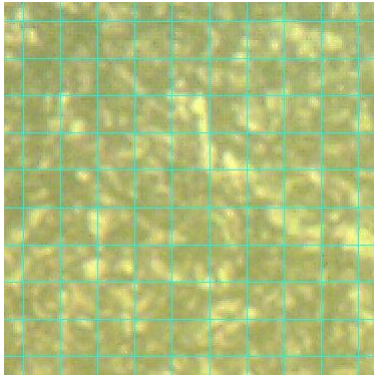
Jumlah titik = 100
 Titik yang mengenai fasa = 32
 Fasa yang mengenai tepi titik = 63
 Presentase fasa ferit

$$= \frac{\text{jumlah titik yang mengenai fasa}}{\text{jumlah titik total}} \times 100\%$$

$$= \frac{(32 \times 1) + (63 \times 0,5)}{100} \times 100\%$$

$$= 64\%$$

- 650 °C



Gambar 4. metode *point count* suhu *tempering* 650 °C

Jumlah titik = 100

Titik yang mengenai fasa = 42

Fasa yang mengenai tepi titik = 52

Presentase fasa ferit

$$= \frac{\text{jumlah titik yang mengenai fasa}}{\text{jumlah titik total}} \times 100\%$$

$$= \frac{(42 \times 1) + (52 \times 0,5)}{100} \times 100\%$$

$$= 68\%$$

Pada hasil perhitungan diatas didapatkan presentase fasa ferit yang meningkat seiring dengan meningkatnya suhu pada proses perlakuan panas *tempering* sehingga dapat dikatakan bahwa spesimen mengalami peningkatan sifat mekaniknya.

PENUTUP

Simpulan

- Variasi suhu pada proses *heat treatment tempering* dapat memberikan pengaruh terhadap nilai ketangguhan baja S45C, semakin tinggi suhu pada saat perlakuan panas *tempering* maka semakin tinggi juga nilai ketangguhannya. Nilai ketangguhan tertinggi terdapat pada spesimen dengan variasi suhu pemanas 650 °C yaitu 1,84 J/mm², sedangkan nilai ketangguhan terendah terdapat pada spesimen dengan variasi suhu 550 °C yaitu sebesar 1,175 J/mm².

Saran

- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai *heat treatment tempering* pada baja S45C terhadap pengujian mekanik lain seperti uji *bending* dan uji kekerasan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu terhadap kekuatan *bending* dan nilai kekerasan material baja S45C
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan spesimen yang lain agar hasil yang didapatkan dapat digunakan untuk penelitian perbandingan.

DAFTAR PUSTAKA

Aminuddin, R. R., Santosa, A. W. B., & Yudo, H. (2020). Analisa Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Kekuatan Puntir Baja ST 37 Sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) Setelah Proses *Tempering*. Jurnal Teknik Perkapalan, 8(3), 368–374. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>

ASTM International. (2023). ASTM E23: Standard test methods for notched bar impact testing of metallic materials.

ASTM International. (2002). ASTM E562-02: Standard test method for determining volume fraction by systematic manual point count

Budiarto, A. H. Dikki, Adiman, and O. D. Fajar, “The heat treatment of austenitisation analysis of medium carbon steel to the hardness, microstructure, and tensile strength,” IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., vol. 725, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/725/1/012036.

Handoyo, Y. 2015. Pengaruh Quenching Dan *Tempering* Pada Baja Jis Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Crankshaft. Teknik Mesin, 3(2), 102–115. <http://ejournal.unismabekasi.ac.id/>

Nurdiansyah, M. S. A., & Sakti, A. M. (2022). Analisa Pengaruh *Hardening* Terhadap Kekerasan Dan Ketangguhan Baja S45C Dengan Media Pendingin Air Garam Dan Oli Untuk Aplikasi Poros Motor Roda Tiga. JTM, 10(01), 123–128.

Sugiyono. (2013). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif Dan R&D.

Syahril, M. (2013). Analisa Kegagalan Poros Roda Belakang Kendaraan. Majalah Metalurgi, 28(2), 139–148.

Wiseno, E., & Irwandi, M. A. (2023). Pengaruh Austenitasi Baja S45C Pada Suhu 750° C Dan Quenching Dengan Media Suhu Ruang, Air, Dan Oil. JCI Jurnal Cakrawala Ilmiah, 2(11), 4429–4446. <http://bajangjournal.com/index.php/JCI>