



Al Jazari

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Journal homepage:
<https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/JZR/index>
 p-ISSN 2502-4922, e-ISSN 2615-0867



Analisa Pengaruh Temperatur *Tempering* Pada Proses *Heat Treatment* Baja St.40 Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro

Harsman Tandilittin^{a*}, Suwarto^b, Markus Tato' Mangando^c

^{a,b,c}Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Samarinda

^a harsmana@yahoo.com, ^b suwartopoltek78@gmail.com, ^c markus.tato@yahoo.co.id

Info Artikel

Riwayat Artikel:
 Diterima: 21 Oktober 2024
 Diterima dalam bentuk revisi: 28 Oktober 2024
 Diteima/publis: 23 Nopember 2024

Kata Kunci:

Tempering, kekerasan, kekuatan tarik, baja ST.40

Abstrak

Hardening merupakan proses perlakuan panas pada baja yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan baja. Oleh karena itu pada baja tersebut perlu dilakukan proses lanjut yaitu *tempering* untuk menurunkan tegangan dalam dan kerapuhan hingga memenuhi syarat penggunaan. Metode yang digunakan adalah *experimental research*. Spesimen uji yang digunakan baja ST.40. Penelitian ini dilakukan dengan memanaskan spesimen uji pada suhu pemanasan 900°C selama 90 menit, dan kemudian dilanjutkan proses *Heat Treatment* dengan pendingin oli. Lalu ditemper dengan variasi suhu 200°C, 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C selama 30 menit. Setelah itu spesimen diuji terhadap sifat mekanik serta dilihat mikrostrukturnya. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu *tempering*, kekerasan cenderung menurun dan tidak berpengaruh terhadap kekuatan tarik, sedangkan regangan total semakin meningkat. Hal ini menunjukkan spesimen semakin ulet disebabkan oleh semakin besarnya ukuran butiran ferit dan perlit. Kekerasan rata-rata terendah adalah 200,64 VHN pada suhu *tempering* 600°C. Kekuatan tarik rata-rata terendah adalah 27,31 kg/mm² berada pada suhu *tempering* 500°C.

Abstract

Hardening is a heat treatment process on steel which aims to increase the hardness of the steel. Therefore, this steel needs to undergo further processing, namely *tempering*, to reduce internal stress and brittleness until it meets the requirements for use. The method used is *experimental research*. The test specimen used ST.40 steel. This research was carried out by heating the test specimen at a heating temperature of 900°C for 90 minutes, and then continuing with the heat treatment process with oil cooling. Then tempered at varying temperatures of 200°C, 300°C, 400°C, 500°C and 600°C for 30 minutes. After that, the specimens were tested for mechanical properties and their microstructure was seen. The research results show that the higher the tempering temperature, the hardness tends to decrease and has no effect on tensile strength, while the total strain increases. This shows that the specimen is becoming more ductile due to the increasing size of the ferrite and pearlite grains. The lowest average hardness is 200.64 VHN at a tempering temperature of 600°C. The lowest average tensile strength is 27.31 kg/mm² at a tempering temperature of 500°C.

<http://dx.doi.org/10.31602/al-jazari.v9i2.16659>

@UNISKA 2024. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal

Jurnal Al Jazari is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

PENDAHULUAN

Diantara beberapa perkembangan teknologi terutama dalam teknik pengerasan logam, dituntut mengalami kemajuan yang sangat pesat, agar dapat memenuhi tuntutan konsumen. Salah satu bagian dari teknik pengerasan adalah proses *hardening*, yaitu proses

perlakuan panas pada baja sampai pada suhu di daerah atau di atas daerah kritis yang disusul dengan pendinginan yang cepat yang dinamakan *quench*. (Djaprie, 1995).

Akibat proses *hardening* pada baja, maka timbulnya tegangan dalam dan rapuh sehingga baja

tersebut belum dapat untuk segera digunakan. Oleh karena itu pada baja tersebut perlu dilakukan proses lanjut yaitu tempering. Dengan proses tempering, kegetasan dan kekerasan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan, kekuatan tarik turun sedangkan keuletan dan ketangguhan meningkat. Dengan proses *tempering*, kegetasan dan kekerasan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan, kekuatan tarik turun sedangkan keuletan dan ketangguhan meningkat

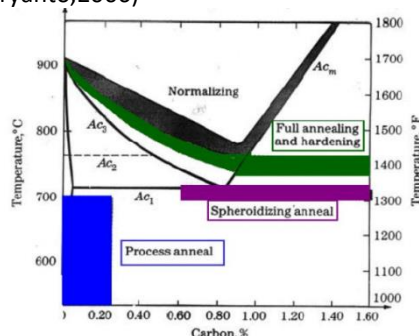
Alasan yang mendasari peneliti mengambil baja ST 40 dikarenakan baja tersebut banyak dipergunakan dalam bidang teknik atau industri. Baja ini memiliki kekerasan yang tinggi sehingga cocok untuk komponen yang membutuhkan kekerasan, keuletan, maupun ketahanan terhadap gesekan. Untuk menghasilkan suatu produk yang menuntut keuletan dan tahan terhadap gesekan perlu dilakukan proses pemanasan ulang atau temper. (Haryadi, 2005).

Tujuan dari penemperan adalah untuk meningkatkan keuletan dan mengurangi kerapuhan. Pengaruh dari suhu temper ini akan menurunkan tingkat kekerasan dari logam. Kekerasan merupakan sifat ketahanan dari bahan terhadap penekanan. Kekerasan dalam penelitian ini adalah ketahanan dari baja ST 40 terhadap penekanan dari hasil pengujian tarik. Penelitian disini membatasi cara pemanasan logam dengan cara tempering. Pengkajian lebih lanjut berdampak dari faktor perbedaan media pendinginan temper, yang dilakukan melalui beberapa uji bahan. Pengujian bahan yang digunakan untuk proses pendinginan temper adalah uji kekuatan tarik uji kekerasan dan uji struktur mikro

TINJAUAN PUSTAKA

Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas adalah proses yang memanaskan bahan sampai suhu tertentu dan kemudian didinginkan menurut cara tertentu. Tujuan perlakuan panas ini adalah memberikan sifat yang lebih sempurna pada bahan (Daryanto, 2006)



Gambar 1 Daerah temperatur macam-macam perlakuan panas

Tempering

Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan kurang cocok digunakan. Melalui tempering, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan. Proses temper terdiri dari

pemanasan kembali baja yang telah dipanaskan atau dikeraskan pada suhu di bawah suhu kritis disusul dengan pendinginan. Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lunak, proses ini berbeda dengan proses anil karena disini sifat-sifat dapat dikendalikan dengan cermat. Temper dimungkinkan oleh karena sifat struktur martensit yang tidak stabil

Baja ST 40

Baja ST 40 merupakan baja produk BOHLER, baja ini mengandung karbon (C) = 0,95%, Mangan (Mn) = 1%, Chrom (Cr) = 0,5%, Vanadium (V) = 0,1%, dan Wolfram (W) = 0,5%. Baja ST 41 termasuk jenis baja karbon tinggi yaitu antara (0,70 < 0,95 < 1,40). Baja ini digunakan untuk alat-alat perkakas potong karena kekerasannya.

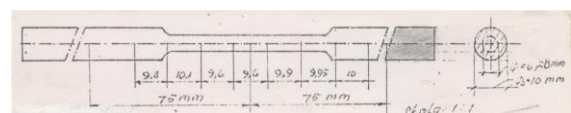
Pengujian Logam

Smallman (1991) mengemukakan bahwa dengan mengamati sifat mekanik logam, akan diperoleh informasi sifat-sifat cacat kisi tersebut. Pengujian mekanik logam yang biasa digunakan seperti uji tarik, kekerasan, dampak, creep dan fatigue, digunakan bukan untuk mempelajari keadaan cacatnya (defect state) tetapi untuk memeriksa kualitas produk yang dihasilkan berdasarkan suatu standar spesifikasi

BAHAN DAN ALAT PENELITIAN

Bahan penelitian

Material uji baja ST 40 yang dipotong sesuai ASTM berjumlah 18 buah. 3 buah untuk *raw materials* dan masing-masing 3 buah untuk tiap perlakuan



Gambar 2 Dimensi Spesimen Benda Uji Alat penelitian

Alat Penelitian

1. Dapur listrik
Digunakan untuk memanaskan spesimen uji
2. Mesin pemotong (power hack saw)
Digunakan untuk memotong spesimen uji.
3. Mesin bubut
Digunakan untuk mengurangi diameter spesimen uji.
4. Centrifugal sand paper machine
Digunakan untuk menghaluska permukaan spesimen.
5. Timer
Digunakan untuk mengukur waktu pemanasan dan waktu holding.
6. Microhardness vickers tester
Digunakan untuk mengukur kekerasan spesimen uji.
7. Mesin uji tarik

Digunakan untuk mengukur kekuatan tarik spesimen uji.

8. Mikroskop logam
.Digunakan untuk melihat struktur mikro dari spesimen uji. Hasil pengujian ini ditampilkan dalam sebuah foto.
9. Kain flanel dan larutan etsa
Digunakan untuk mengkilapkan permukaan spesimen uji.
10. Oli SAE 40
Digunakan sebagai media pendingin.
11. Jangka sorong dan mistar ukur
Digunakan untuk mengukur dimensi spesimen uji.

Mesin Uji tarik

Mesin uji tarik yang digunakan untuk penelitian adalah Merk *Cesare Galdabini* dengan *Type Galarate 32921* dengan beban maksimum 100 Kn



Gambar 3. Mesin Uji Tarik

Mesin uji Kekerasan

Mesin uji kekerasan yang digunakan untuk penelitian adalah type digital dengan Merk *AQUOTIP* buatan Switserlan.



Gambar 4 Mesin uji kekerasan EQUOTIP

Mesin Uji Struktur mikro

Berikut ini adalah gambar mesin yang digunakan untuk pengamatan struktur makro maupun struktur mikro pada material yang diuji dalam penelitian.



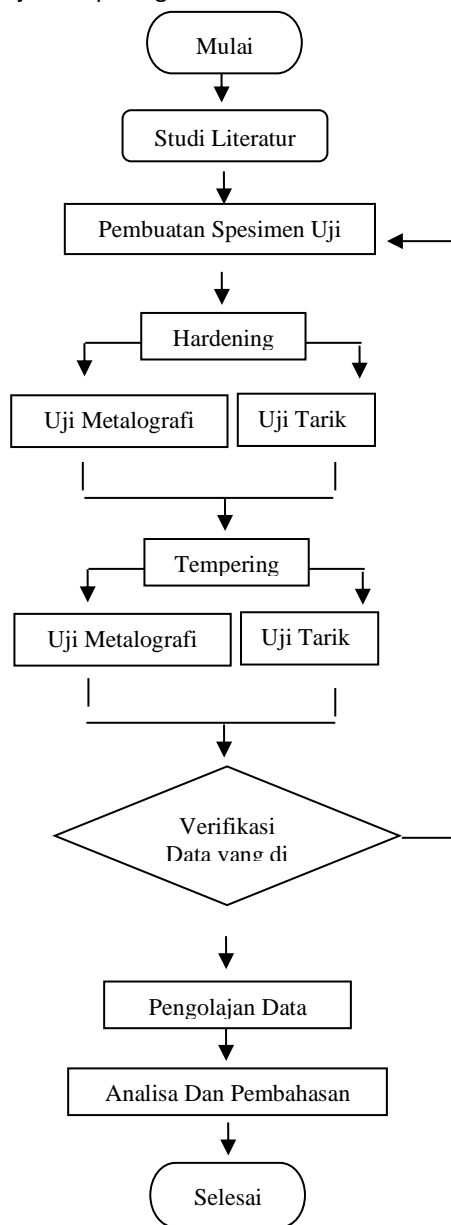
Gambar 5 Mesin uji struktur Mikro

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh suhu martempering terhadap kekerasan dan kekuatan tarik pada baja ST 40.

Alur Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan seperti alur yang ditunjukkan pada gambar berikut ini.



Gambar 6 Alur Penelitian

Variabel Penelitian

a. Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang tidak dipengaruhi oleh variable lain. Besarnya variabel ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas dalam penelitian

ini adalah variasi temperatur *tempering* sebesar 200°C, 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C.

b. Variabel terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas yang telah ditentukan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah sifat fisis (foto mikro) dan sifat mekanis (hasil uji tarik dan uji kekerasan) pada baja ST40.

c. Variabel control

Variabel kontrol adalah faktor variabel yang nilainya dijaga konstan selama penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah: spesimen baja ST 40 suhu hardening pada suhu 900°C selama 90 menit, holding time 30 menit dan media pendingin oli SAE 40.

Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Spesimen Uji
2. Pengujian Kekerasan
3. Pengambilan Foto Mikrostruktur Pengujian Tarik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Penelitian

Spesimen uji Baja ST 40 yang telah mengalami perlakuan hardening, tempering dilakukan pengujian kekerasan dengan Microhardness Tester. Penelitian ini menghasilkan data-data yang berupa angka dalam tabel. Gambar grafik dan foto yang meliputi komposisi unsur kimia pada material yang digunakan dalam penelitian dengan pengamata pengujian kekerasan. Data penelitian yang diperoleh adalah data kekerasan dari Baja ST 40, ditunjukkan pada table 1. Pengambilan data kekerasan menggunakan alat Microhardness Vickers Tester

Tabel 1 Data Kekerasan Baja ST 40 Tanpa Perlakuan dan *Hardening*

Perlakuan	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Tanpa Perlakuan	197.8	197.8	198.6
	198.4	197.8	197.9
	198.3	198.2	197.9
Rata-rata	198.167	197.933	198.133
900 ⁰ C, Holding 30 menit, SAE 40	299.7	292.3	296.4
	297.7	292.2	297.5
	298.1	293.1	297.5
Rata-rata	298.5	292.533	297.133

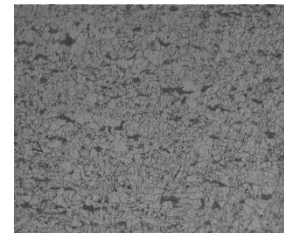
Tabel 2 Data Kekerasan Baja ST 40 Perlakuan Tempering

Temperatur Tempering (°C)	Sampel 1 (HRC)	Sampel 2 (HRC)	Sampel 3 (HRC)
200	230	233	231
	232	234	234
	230	232	235
Rata-rata	230.667	233	233.333
	225	223	227
	220	223	226

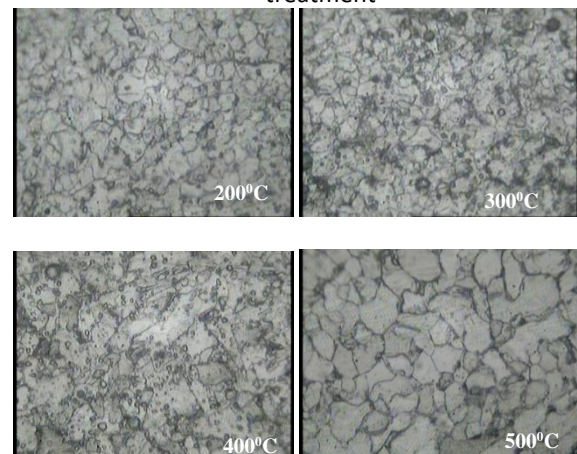
300	227	224	224
Rata-rata	224	223.333	225.667
400	218.7	218.3	219.4
	218.6	218.9	219.2
	217.3	219	218.1
Rata-rata	218.2	218.733	218.9
500	207.8	207.3	206.8
	207.9	208.5	207.6
	208.3	208.1	208.1
Rata-rata	208	207.967	207.5
600	202.7	200.2	201.2
	200.8	198	200.7
	202.1	199.8	200.3
Rata-rata	201.866	199.333	200.733

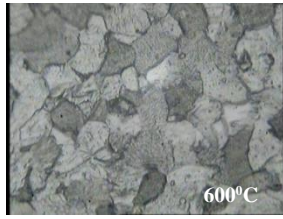
Tabel 3 Data Kekuatan Tarik Baja ST 40 Perlakuan Tempering

Temperatur Tempering (°C)	Sampel 1 (Kg/mm ²)	Sampel 2 (Kg/mm ²)	Sampel 3 (Kg/mm ²)	Rata-rata (Kg/mm ²)	Regangan Total Rata-rata (%)
200	29.34	29.208	29.497	29.348	9.27
300	29.057	29.102	29.37	29.176	13
400	28.81	28.86	28.77	28.813	16.88
500	27.93	27.12	26.87	27.306	17.43
600	29.87	29.19	28.35	29.136	18.5



Gambar 7 Struktur mikro spesimen baja sebelum heat treatment

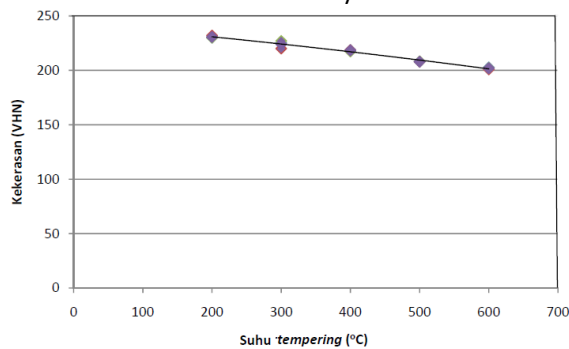




Gambar 8 Struktur mikro spesimen sesudah heat treatment

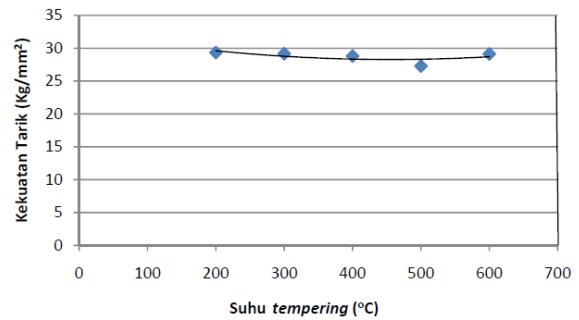
Pembahasan

Hubungan Suhu Tempering terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Baja ST 40 termasuk baja hypoeutectoid karena memiliki kandungan karbon kurang dari 0.8 %, sehingga ini dapat diperlakukan panas untuk meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik. Perlakuan yang diberikan adalah hardening yang diperlakukan tersebut meliputi pemanasan sampai mencapai struktur austenit (9000C) dan dipertahankan pada suhu tersebut selama 15 menit dan didinginkan di media pendingin oli SAE 40. Hardening yang diperlakukan pada Baja ST 40, menghasilkan kekerasan dan kekuatan tarik yang tinggi tetapi getas dan mudah patah, sehingga perlu dilakukan modifikasi pasca hardening untuk mengurangi sifat brittle baja tanpa mengurangi kekerasan dan kekuatan tariknya.



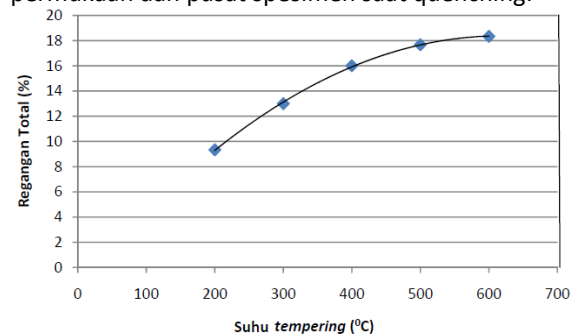
Gambar 9 Grafik hubungan antara suhu tempering terhadap kekerasan baja ST 40

Hubungan temperatur martempering terhadap kekerasan baja ST 40 ditunjukkan pada gambar 9. Proses martempering dilakukan akan menurunkan kekerasan jika dibandingkan dengan proses hardening. Dari grafik tersebut juga diperoleh bahwa semakin besar temperatur martempering maka kekerasan semakin menurun. Hal ini disebabkan berkurangnya gradien thermal antara permukaan dan pusat spesimen saat quenching. Selain itu, semakin tinggi temperatur martempering ukuran butir ferit maupun perlit semakin besar, densitas dislokasi semakin menurun, sehingga kekerasannya menurun



Gambar 10 Grafik hubungan antara suhu tempering terhadap kekuatan tarik baja ST 40

Hubungan suhu martempering terhadap kekuatan tarik baja ST 40 ditunjukkan pada gambar 10. Proses martempering dilakukan akan menurunkan kekuatan tarik jika dibandingkan dengan proses hardening. Dari grafik tersebut juga diperoleh bahwa semakin besar suhu martempering maka kekuatan tarik semakin menurun walaupun tidak signifikan. Hal ini disebabkan berkurangnya gradien thermal antara permukaan dan pusat spesimen saat quenching.



Gambar 11 Grafik hubungan antara suhu tempering terhadap regangan total baja ST 40

Dari Gambar 11 di atas, dapat diketahui bahwa semakin tinggi suhu martempering, maka regangan total juga semakin tinggi. Hal ini menjelaskan bahwa semakin tinggi suhu martempering, maka keuletannya semakin meningkat. Berdasarkan hasil analisis data diketahui, bahwa semakin tinggi suhu temper kekerasan semakin turun secara signifikan dan tidak begitu berpengaruh terhadap kekuatan tarik. Hasil ini mengindikasikan dua hal, yakni pada proses temper terjadi transformasi dari fase martensit ke bainit dan terjadi pertumbuhan butir secara terbatas (tidak tumbuh secara terus menerus). Martensit merupakan fase yang tidak stabil. Jika ada aktivasi thermal, maka fase tersebut akan berusaha bertransformasi menjadi fase normalnya (perlit dan ferit untuk baja hypoeutectoid, perlit untuk baja eutectoid, dan perlit dan karbida untuk baja hypoeutectoid). Transformasi fase martensit ini terjadi dengan adanya pergeseran atom-atom dalam susunan tetragonal pusat ruang (BCT) menuju kubus pusat ruang (BCC) pada temperatur di bawah batas transformasi bawah (A1). Namun, transformasi tersebut tidak sempurna, karena temperatur tidak memungkinkan. Transformasi ke arah ferit dan perlit akan menjadi sempurna jika temperatur

mencapai di atas A1. Transformasi tidak sempurna dari martensit ke perlit dan karbida tersebut disebut bainit. Proses transformasi tersebut diikuti oleh penurunan kekerasan (hardness), kegetasan (brittleness), dan tegangan dalam (internal stress). Semakin tinggi temperature temper akan mengakibatkan pergerakan atom-atom dalam sel satuan tetragonal pusat ruang semakin intensif, sehingga semakin tinggi temperatur temper akan berakibat pada semakin menurunnya kekerasan, kegetasan, dan tegangan dalam, serta naiknya keuletan (ductile) dalam baja tersebut.

Aktivasi thermal saat proses temper memungkinkan terjadi pertumbuhan butir, karena sifat martensit yang tidak stabil tersebut. Namun, pertumbuhan butir tersebut sangat terbatas, karena temperatur temper berada di bawah A1. Pertumbuhan butir yang paling mungkin terjadi pada temperatur temper 600°C, karena temperatur tersebut berada di atas temperatur rekristalisasi (>450°C). Temperatur rekristalisasi merupakan temperatur yang memungkinkan logam membentuk kristal baru (Siswosoewarno, 1985). Pertumbuhan butir ke arah ukuran yang lebih besar. Ukuran butir (grain size) yang semakin besar akan mengakibatkan tingkat kekerasan semakin turun (Surdia, 1995). Penurunan kekerasan akan diikuti oleh turunnya kegetasan dan tegangan dalam, serta naiknya keuletan. Berdasarkan pembahasan ini, maka dapat diketahui bahwa hasil penelitian ini mendukung teori yang sudah ada.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan:

1. Semakin tinggi suhu tempering, kekerasan baja ST 40 semakin menurun, dan ukuran butir ferit dan perlit semakin membesar.
2. Semakin tinggi suhu tempering, kekuatan tarik tidak banyak terpengaruh, tetapi regangan total semakin besar yang berarti semakin ulet. Hal tersebut juga disebabkan oleh semakin membesarnya ukuran butiran ferit dan perlit.

REFERENSI

- Alexander dkk, Djaprie, Sriatie. 1990. Dasar Metalurgi untuk Rekayasawan. Jakarta: Gramedia
- BJM, Beumer. 1985. Ilmu Bahan Logam. Jilid 1. Jakarta: Bharata Karya Aksara
- Daryanto. 2006. Ilmu Logam. Jakarta: Bumi Aksara
- Dieter, E. George.. 1987. Metalurgi Mekanik. Jilid 1. Edisi Ketiga. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama
- Djaprie, Sriatie, 1990. Teknologi Mekanik, Jakarta: Erlangga.
- Harun A.R dan George Love, 1986. Teori dan Praktek Kerja Logam, Jakarta: Erlangga.
- Haryadi, 2005. Proses Tempering, Jakarta: Erlangga.
- PT. Tekno Metal Industri, 2012 Martempering.

- Schonmetz, Alois Karl Gruber, 1985. Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam. Bandung: Aksara
- Sidabutar. Djaindar dan Sutarto S.M. Petunjuk Praktek Pengukuran dan Pemeriksaan Bahan I. Jakarta: Depdikbud.
- Suherman, Wahid. 1988. Ilmu Logam I. Surabaya: ITS
- Surdia, Tata. 1995. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: Pradnya Paramita
- Tim Pengajar Metal. 1992. DIKTAT Petunjuk Praktikum Logam. Surabaya: ITS
- Vlack, Lawrence H.V., Djaprie Sriatie. 1991 Ilmu dan Teknologi Bahan. Jakarta: Erlangga
- Wirjosumarto, Harsono ; Toshie Okumura. 1994. Teknologi Pengelasan Logam. PT. Pradnya Paramita: Jakarta
- ASTM E 399, 1994, *Standard Test Method for Plane Strain Fracture Toughness of Metallic Materials*, USA.
- AWS A5.1, 1991, *Standard Specification for Standard Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*, Miami Florida.
- AWS B.4 – 098, 2008, *American Welding Society, Standard Test Method for Tensile*, Miami Florida