

KARAKTERISTIK SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO PROSES AUSTEMPER PADA BAJA KARBON S 45 C DAN S 60 C

Lim Richie Stifler, Sobron Y.L. dan Erwin Siahaan
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara

Abstract: Steel is an iron-carbon alloys containing concentrations of other alloys having a different composition and treatment materials, steel properties can be changed by heat treatment. The heat treatment process serves to increase the strength of a steel material. The nature of the material can be turned into a more robust and resilient heat treatment process, if done properly and correctly. Austempering process is just one example of the heat treatment process at steel that aims to improve the mechanical properties of the steel S 45 C and S 60 C. austempering process performed on the steel S 45 C and S 60 C aims to increase the hardness and toughness of the steel. Austempering process is done by austenitizing advance with temperature 850⁰C and held for 60 minutes, after which the process is carried out with 3 election austempering temperature of 350⁰C, 450⁰C, 550⁰C and held for 30 minutes. The method used to test the results of austempering is tensile testing using ASTM A370- 12a, Vickers hardness test and microstructure observation using a digital microscope. In the test results tensile steel S 45 C and S 60 C values obtained an increase in ductility and toughness of 17.1 % on steel S 45 C and 17 % on steel S 60 C. This value is obtained from the calculation of ultimate tensile strength test specimens that have not been in austempering process with a specimen that has been in the process of austempering at 350⁰C, and the results of testing hardness of the steel S 45 C and S 60 C obtained hardness value of 44% increase in steel S 45 C and 46 % on steel S 60 C. value this is obtained from the calculation of the average value of the test specimen is not in the process of austempering with a specimen that has been in the process of austempering at 350⁰C.

Keywords: heat treatment, carbon steel, austemper, austempering, austempering carbon steel.

Abstrak: Baja adalah besi karbon campuran logam yang berisi konsentrasi dari campuran logam lainnya yang mempunyai perlakuan bahan dan komposisi berbeda, Sifat baja dapat diubah dengan perlakuan panas. Proses perlakuan panas berfungsi untuk meningkatkan kekuatan suatu material baja. Sifat dari material tersebut dapat berubah menjadi lebih kuat dan ulet apabila dilakukan proses perlakuan panas dengan tepat dan benar. Proses austempering adalah salah satu contoh proses perlakuan panas pada baja yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanis pada baja S 45 C dan S 60 C. Proses austempering dilakukan pada baja S 45 C dan S 60 C bertujuan untuk meningkatkan kekerasan dan ketangguhan dari baja tersebut. Proses austempering dilakukan dengan melakukan austenitisasi terlebih dahulu dengan suhu 850⁰C dan ditahan selama 60 menit, setelah itu dilakukan proses austempering dengan 3 pemilihan suhu 350⁰C, 450⁰C, 550⁰C dan ditahan selama 30 menit. Metode yang digunakan untuk menguji dari hasil austempering adalah pengujian tarik dengan menggunakan ASTM A370- 12a, pengujian kekerasan Vickers dan pengamatan struktur mikro menggunakan mikroskop digital. Pada hasil pengujian tarik baja S 45 C dan S 60 C didapatkan nilai peningkatan keuletan dan ketangguhan sebesar 17,1% pada baja S 45 C dan 17% pada baja S 60 C. Nilai ini didapatkan dari perhitungan ultimate tensile strength benda uji yang belum diproses austempering dengan benda uji yang sudah diproses austempering dengan suhu 350⁰C, Dan pada hasil pengujian kekerasan baja S 45 C dan S 60 C didapatkan nilai peningkatan kekerasan sebesar 44% pada baja S 45 C dan 46% pada baja S 60 C. Nilai ini didapatkan dari perhitungan nilai rata-rata benda uji yang belum diproses austempering dengan benda uji yang sudah diproses austempering dengan suhu 350⁰C.

Kata Kunci: perlakuan panas, baja karbon, austempering, austemper, austemper baja karbon

PENDAHULUAN

Baja adalah besi karbon campuran logam yang berisi konsentrasi dari campuran logam lainnya yang mempunyai perlakuan bahan dan komposisi berbeda. Sebagian dari baja umumnya digolongkan menurut konsentrasi karbon, yakni ke dalam rendah, menengah, dan jenis karbon tinggi. Baja banyak digunakan karena baja mempunyai sifat mekanis lebih baik dari pada besi, sifat baja antara lain [3]:

1. Tangguh dan ulet;
2. Mudah ditempa;
3. Mudah diproses;

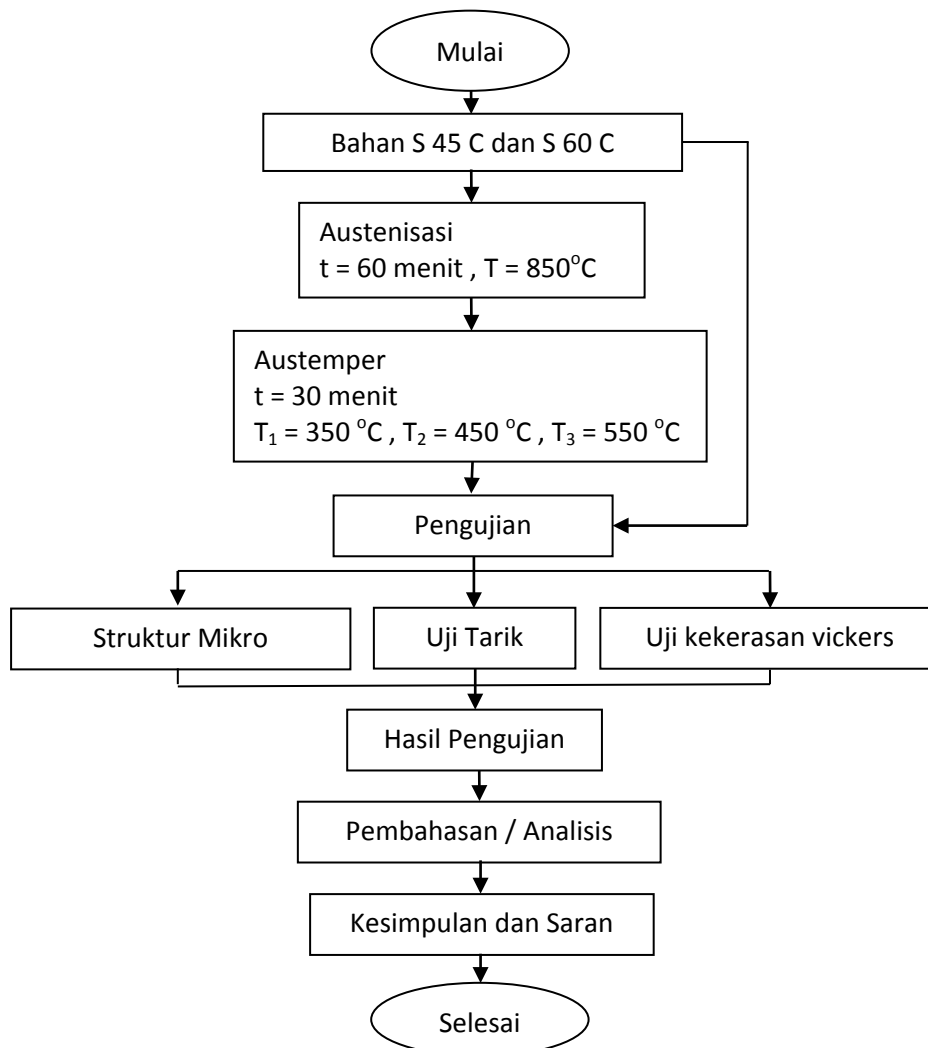
4. Sifatnya dapat diubah dengan mengubah karbon;
5. Sifatnya dapat diubah dengan perlakuan panas;
6. Kadar karbon lebih rendah di banding besi;
7. Banyak dipakai untuk berbagai bahan peralatan.

Walaupun baja lebih sering digunakan, namun baja mempunyai kelemahan, yaitu ketahanan terhadap korosinya rendah. Baja dapat (dua unsur atau lebih digabung sehingga dihasilkan sifat lain) menghasilkan pepaduan, yaitu larutan padat/*solid solution* (dapat memperbaiki sifat fisika/kimia) dan senyawa (lebih keras dari larutan padat, dapat memperbaiki sifat mekanik).

Austemper termasuk salah satu cara perlakuan panas yang bertujuan meningkatkan ketangguhan (*toughness*) material. Komponen yang mengalami proses ini akan memiliki ketangguhan yang lebih tinggi, kekuatan impaknya menjadi lebih baik, kekuatan tarik dan kekerasan juga meningkat. Dalam melakukan proses *austemper*, dapat dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu: (1) Tahap pemanasan; (2) Penahanan suhu austenisasi selama waktu tahan tertentu; (3) Tahap pendinginan; (4) Penahan suhu *austemper*; dan (5) Pendinginan dalam media udara.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dibuat untuk menyusun langkah-langkah yang akan dilakukan dalam melakukan penelitian sehingga penelitian berjalan secara sistematis dan terarah. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dapat dilihat dalam Gambar 1 di bawah ini. Setelah pengujian dilakukan, data-data yang didapat akan dianalisa lebih lanjut. Tahap terakhir adalah kesimpulan dan saran.

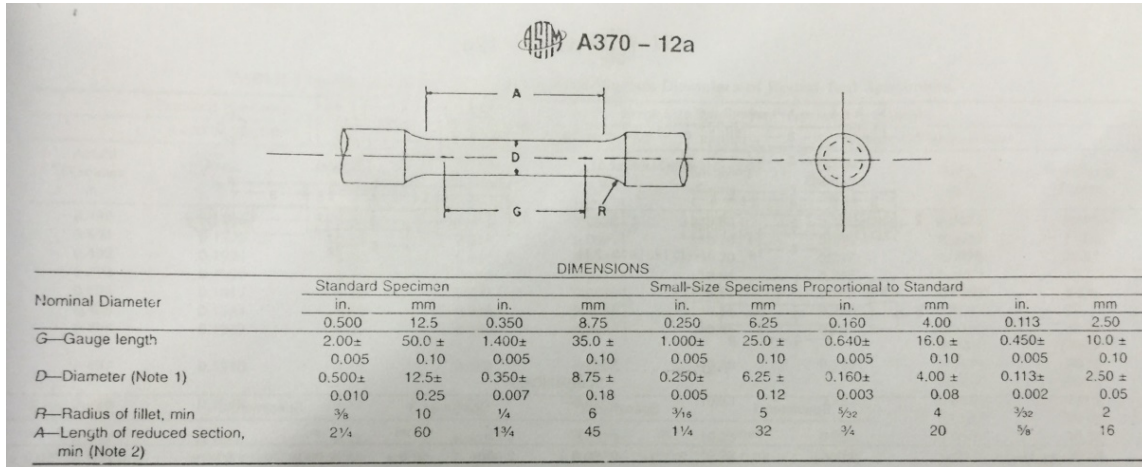


Gambar 1. Diagram alir metode penelitian

Prosedur penelitian meliputi beberapa tahap, yaitu:

a. Pemotongan baja

Benda uji yang sudah dibentuk sesuai ASTM A370-12a dan sudah diproses *austempering* dilakukan pengujian tarik guna untuk mengetahui keuletan dan ketangguhan suatu bahan terhadap tegangan tertentu serta penambahan panjang yang dialami oleh bahan tersebut.



Gambar 2. ASTM A370-12a

b. Pembuatan spesimen

Pembuatan spesimen dengan melakukan mesin bubut agar bentuk yang diinginkan sesuai dengan ukuran dan bentuk ASTM.



Gambar 3. Bentuk spesimen

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pembahasan Hasil Uji Tarik

Dari uji tarik yang telah dilakukan maka diperoleh hasil sebagai berikut :

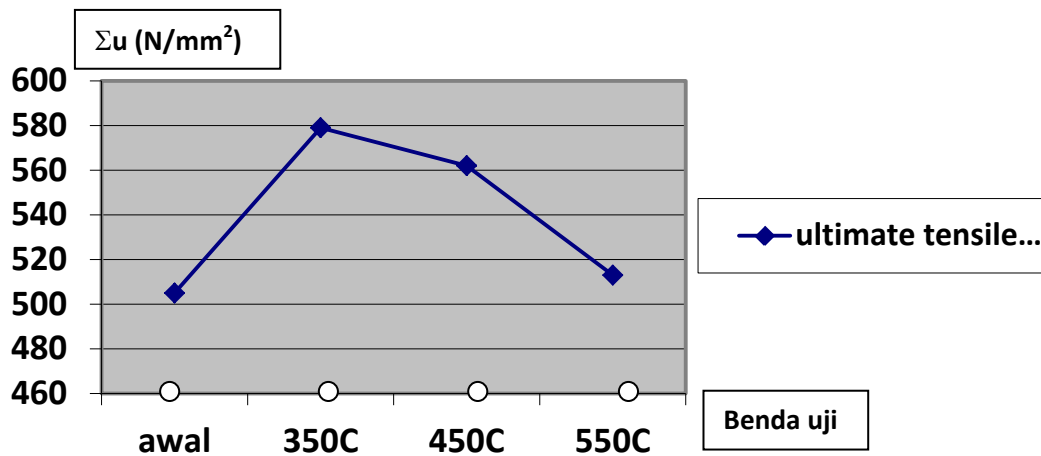
Tabel 1. Hasil uji tarik pada Baja S 45 C

Benda uji	d (mm)	A (mm ²)	L ₀ (mm)	L (mm)	F _y (Kgf)	F _u (Kgf)	Σ _y (N/mm ²)	Σ _u (N/mm ²)	e (%)
Awal	6,25	30,6	106	141	914	1576	293	505	33,1
350 °C	6,25	30,6	106	136	1348	1807	432	579	28,3
450 °C	6,25	30,6	106	139	1270	1754	407	562	31,1
550 °C	6,25	30,6	106	147	1092	1601	350	513	38,6

Keterangan :

- d : diameter (mm)
- A : luas benda uji (mm²)
- L : panjang benda uji awal (mm)
- L₀ : panjang benda uji akhir (mm)
- F_y : gaya *yield* (Kgf)

F_u : gaya ultimate (Kgf)
 Σy : *yield strength* (N/mm²)
 Σu : *ultimate tensile strength* (N/mm²)



Gambar 4. *Ultimate tensile strength* S 45 C

Pada hasil pengujian tarik baja S 45 C didapatkan nilai peningkatan keuletan dan ketangguhan sebesar 14,6%. Nilai ini didapatkan dari perhitungan *ultimate tensile strength* benda uji yang belum diproses *austempering* dengan benda uji yang sudah diproses *austempering* dengan suhu 350 °C.

Tabel 2. Hasil uji tarik pada Baja S 60 C

Benda uji	d (mm)	A (mm ²)	L ₀ (mm)	L (mm)	F _y (Kgf)	F _u (Kgf)	Σy (N/mm ²)	Σu (N/mm ²)	e (%)
Awal	6,25	30,6	106	132	968	1654	310	530	24,5
350 °C	6,25	30,6	106	127	1461	1960	465	628	19,8
450 °C	6,25	30,6	106	129	1298	1832	416	587	21,6
550 °C	6,25	30,6	106	131	1120	1654	359	530	23,5

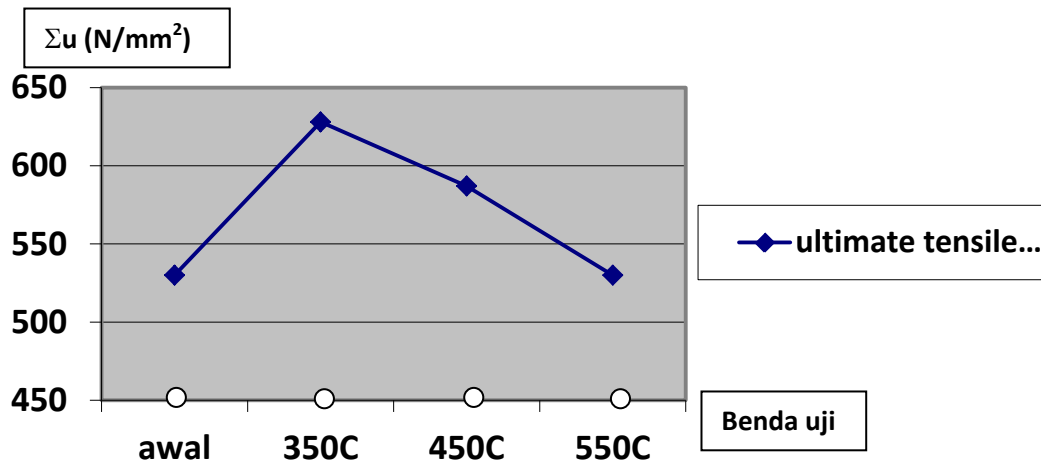
Keterangan:

d = diameter (mm)
 A= luas benda uji (mm²)
 L= panjang benda uji awal (mm)
 L₀= panjang benda uji akhir (mm)
 F_y= gaya yield (Kgf)
 F_u= gaya ultimate (Kgf)
 Σy= yield strength (N/mm²)
 Σu= ultimate tensile strength (N/mm²)

Pada hasil pengujian tarik baja S 60 C didapatkan nilai peningkatan keuletan dan ketangguhan sebesar 18,4%. Nilai ini didapatkan dari perhitungan *ultimate tensile strength* benda uji yang belum diproses *austempering* dengan benda uji yang sudah diproses *austempering* dengan suhu 350 °C.

b. Hasil uji kekerasan

Uji kekerasan ini dilakukan dengan menggunakan *Micro Hardness Tester*. Adapun hasil-hasil dari pengujian seperti ditunjukkan pada Tabel 3, Tabel 4 dan Tabel 5.



Gambar 5. Ultimate tensile strength S 60 C

Sebelum Proses

Tabel 3. Nilai kekerasan awal Baja S 45 C

Titik Uji	Kekerasan (HV)
t1	232
t2	226
t3	221
Rata-rata	226

Tabel 4. Nilai kekerasan awal Baja S 60 C

Titik Uji	Kekerasan (HV)
t1	235
t2	232
t3	236
Rata-rata	234

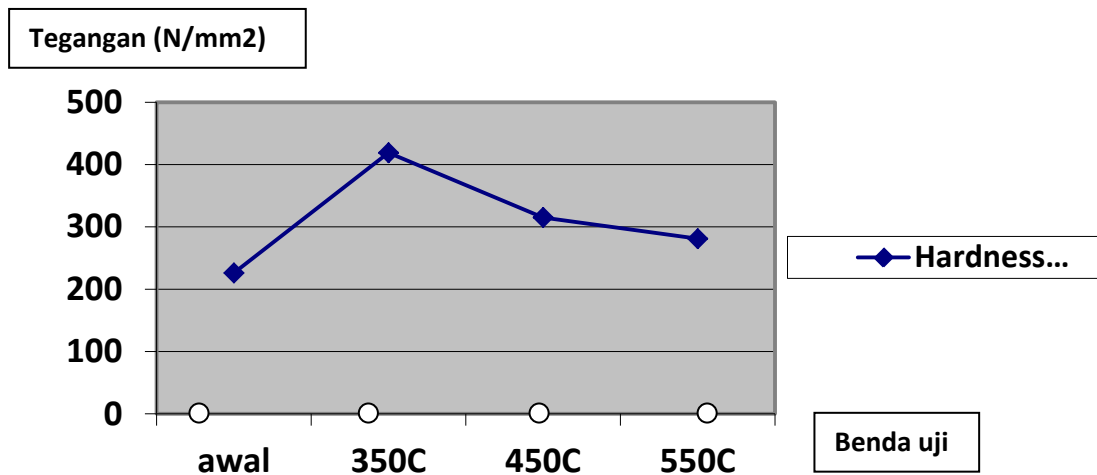
Setelah proses *austempering*

Tabel 5. Nilai kekerasan (HV) setelah *austempering* pada Baja S 45 C

Suhu Austemper	t1	t2	t3	Rata-rata
350 °C	418	419	421	419
450 °C	315	313	316	315
550 °C	278	286	280	281

Disini terlihat kekerasan benda uji pada baja S 45 C mengalami peningkatan untuk tiap-tiap suhu austempemnya. Kekerasan tertinggi pada suhu austemper 350 °C, lalu 450°C dan 550°C.

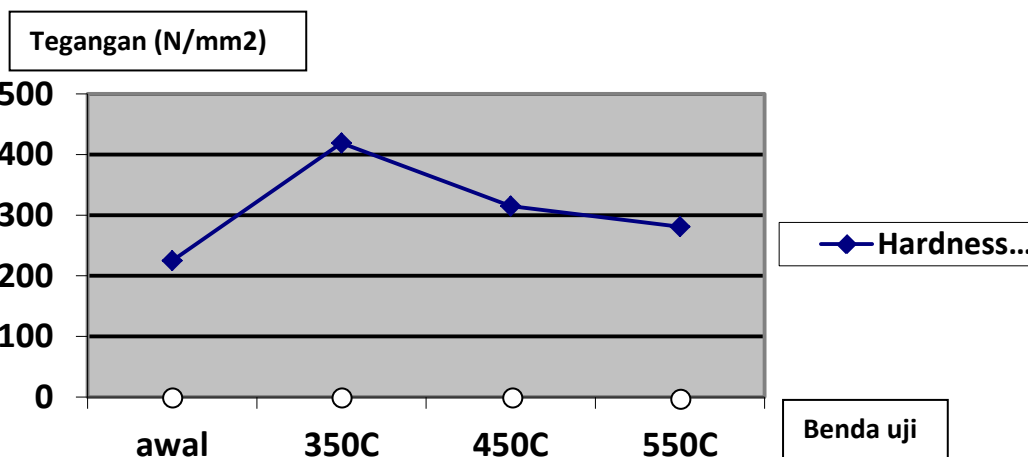
Pada hasil pengujian kekerasan baja S 45 C didapatkan nilai peningkatan kekerasan sebesar 44%. Nilai ini didapatkan dari perhitungan nilai rata-rata benda uji yang belum diproses *austempering* dengan benda uji yang sudah diproses *austempering* dengan suhu 350°C.



Gambar 6. Grafik tegangan S 45 C

Tabel 6. Nilai kekerasan (HV) setelah *austempering* pada Baja S 60 C

Suhu Austemper	t1	t2	t3	Rata-rata
350 °C	441	433	430	434
450 °C	312	331	335	326
550 °C	282	282	286	283



Gambar 7. Grafik tegangan S 60 C

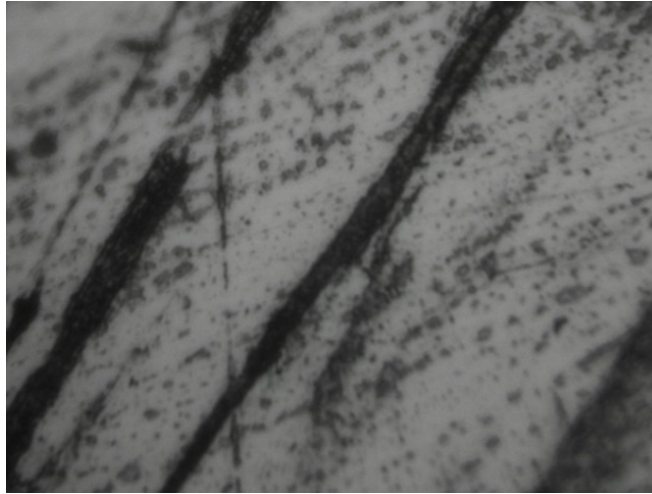
Setelah benda uji mengalami proses austemper, disini terlihat bahwa ada peningkatan nilai kekerasan dibandingkan dengan sebelum proses. Kekerasan paling tinggi dihasilkan oleh proses austemper dengan suhu 350°C, lalu diikuti dengan 450°C dan 550°C.

Setelah kita melihat dan menganalisa tiap-tiap proses austemper tersebut, maka dapat kita lihat dengan jelas bahwa nilai kekerasan benda uji semakin menurun nilainya seiring dengan semakin tingginya suhu austemper yang dilakukan. Hal itu di karenakan semakin tinggi suhu austempemnya maka semakin lama juga pendingin yang terjadi. Apabila pendinginan tidak cepat maka fasa bainit semakin dikit, karena fasa bainit terbentuk pada saat pendinginan secara cepat.

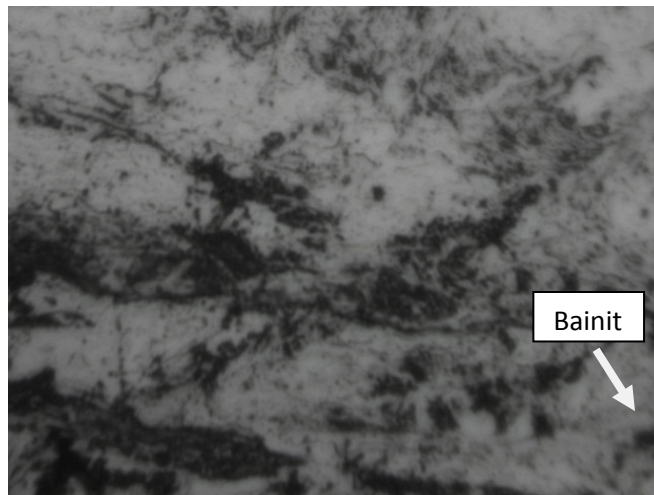
Pada hasil pengujian kekerasan baja S 60 C didapatkan nilai peningkatan kekerasan sebesar 46%. Nilai ini didapatkan dari perhitungan nilai rata-rata benda uji yang belum diproses *austempering* dengan benda uji yang sudah diproses *austempering* dengan suhu 350 °C.

c. Pengamatan struktur mikro

Pengamatan ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop digital yang dilengkapi dengan komputer untuk mengamati struktur mikro dari benda uji. Dibantu dengan HNO_3 3% + Alkohol 97%. Adapun hasil pengujian tersebut adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Struktur mikro benda uji mula-mula Baja S 45 C.
Pembesaran foto 500x



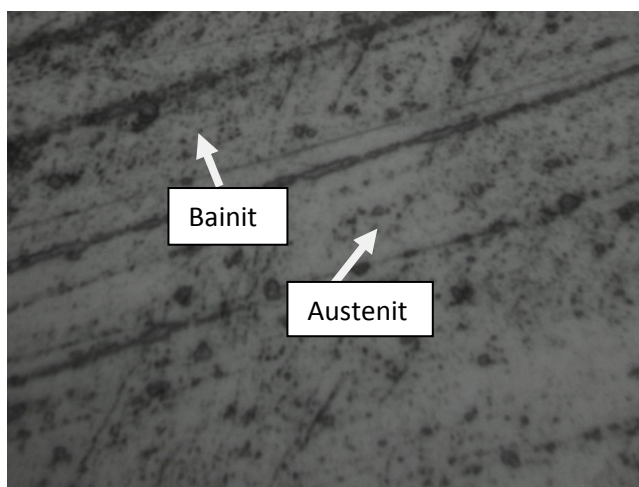
Gambar 9. Struktur mikro benda uji Baja S 45 C pada proses *austempering* 350 °C.
Pembesaran Foto 500x

Pada Gambar 9 terlihat bahwa struktur mikro benda uji baja S 45 C pada proses *austempering* 350°C terlihat bahwa fasa bainit paling mendominasi. Fasa bainit ini lah yang menyebabkan proses *austempering* 350°C menjadi proses yang paling kuat pada saat pengujian tarik dan pengujian kekerasan.

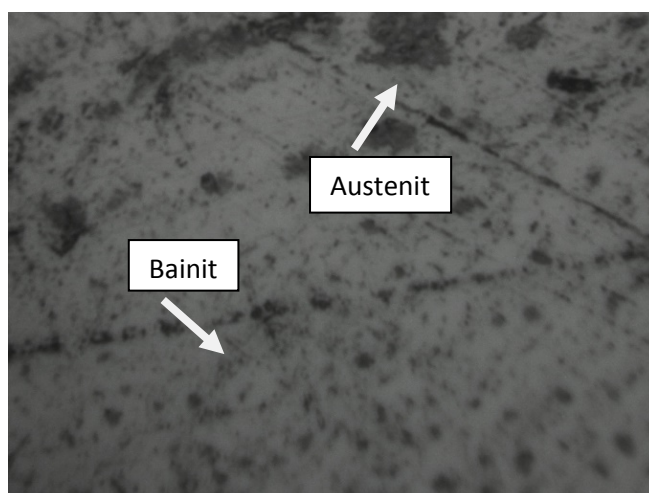
Pada Gambar 10 terlihat bahwa struktur mikro benda uji baja S 45 C pada proses *austempering* 450 °C terlihat bahwa terdapat fasa bainit dan austenit. Walaupun Fasa bainit masih mendominasi. ini lah yang menyebabkan proses *austempering* 450 °C menjadi proses yang lebih kuat pada saat pengujian tarik dan pengujian kekerasan dibandingkan dengan proses *austempering* 550°C.

Pada Gambar 11 terlihat bahwa struktur mikro benda uji baja S 45 C pada proses *austempering* 550 °C terlihat bahwa terdapat fasa bainit dan austenite yang lebih dominan. ini lah yang menyebabkan proses *austempering* 550 °C menjadi proses yang kurang kuat pada saat

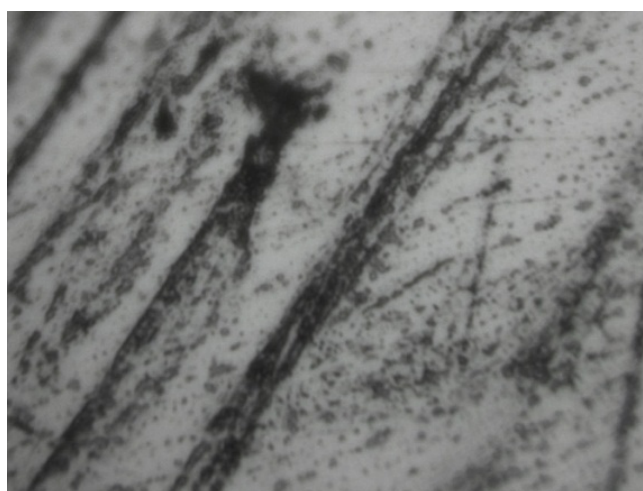
pengujian tarik dan pengujian kekerasan dibandingkan dengan proses *austempering* 350 °C dan 450°C.



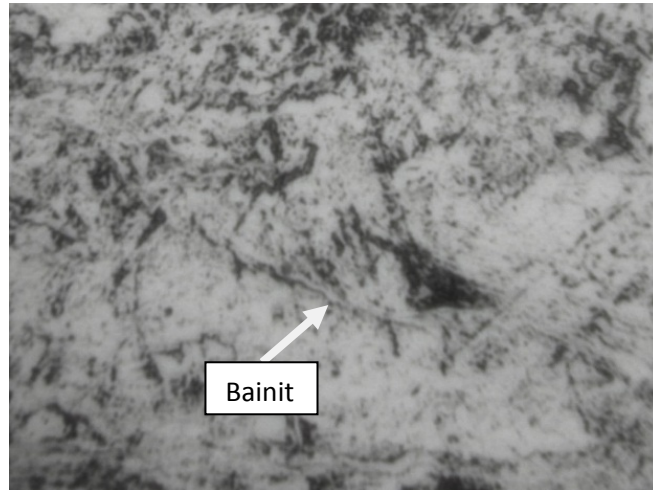
Gambar 10. Struktur mikro benda uji Baja S 45 C pada proses *austempering* 450°C. Pembesaran foto 500x



Gambar 11. Struktur mikro benda uji Baja S 45 C pada proses *austempering* 550 °C. Pembesaran foto 500x

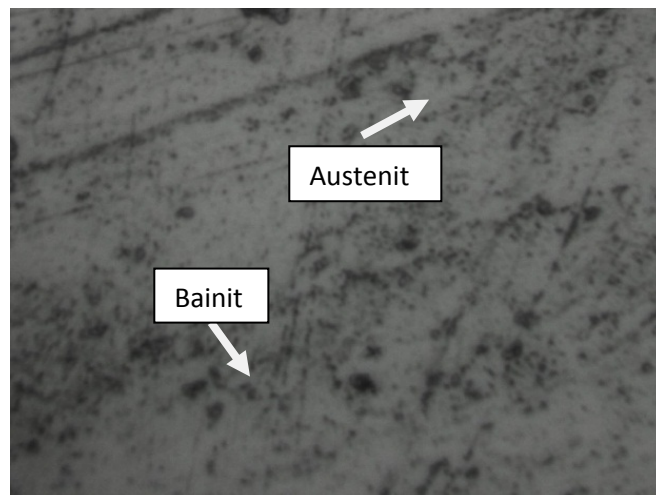


Gambar 12. Struktur Mikro Benda Uji Mula-mula Baja S 60 C. Pembesaran foto 500x



Gambar 13. Struktur mikro benda uji Baja S 60 C pada proses *austempering* 350 °C.
Pembesaran foto 500x

Pada Gambar 13 terlihat bahwa struktur mikro benda uji baja S 60 C pada proses *austempering* 350 °C terlihat bahwa fasa bainit paling mendominasi. Fasa bainit ini lah yang menyebabkan proses *austempering* 350 °C menjadi proses yang paling kuat pada saat pengujian tarik dan pengujian kekerasan.

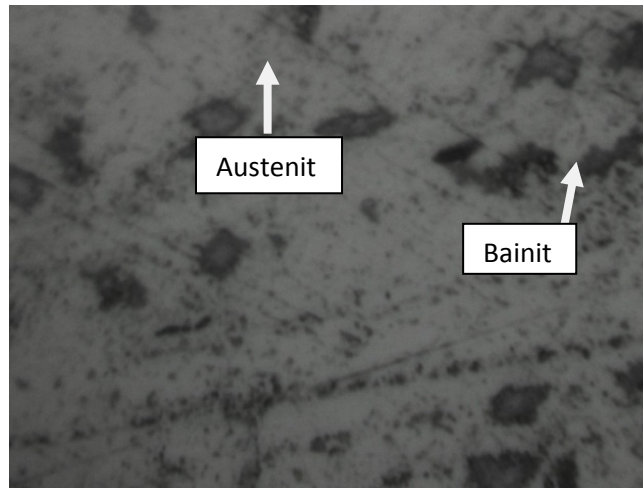


Gambar 14. Struktur mikro benda uji baja S 60 C pada proses *austempering* 450 °C.
Pembesaran foto 500x.

Pada Gambar 14 terlihat bahwa struktur mikro benda uji baja S 60 C pada proses *austempering* 450 °C terlihat bahwa terdapat fasa bainit dan austenit. Walaupun Fasa bainit masih mendominasi. ini lah yang menyebabkan proses *austempering* 450°C menjadi proses yang lebih kuat pada saat pengujian tarik dan pengujian kekerasan dibandingkan dengan proses *austempering* 550°C.

Pada Gambar 15 terlihat bahwa struktur mikro benda uji baja S 60 C pada proses *austempering* 550 °C terlihat bahwa terdapat fasa bainit dan austenite yang lebih dominan. inilah yang menyebabkan proses *austempering* 550°C menjadi proses yang kurang kuat pada saat pengujian tarik dan pengujian kekerasan dibandingkan dengan proses *austempering* 350 °C dan 450°C.

Dari hasil cetak, dapat terlihat dengan jelas perbedaan fasa bainit yang terbentuk pada temperatur *austempering* yang berbeda. Pada temperatur 350°C paling banyak terdapat fasa bainit. Semakin tinggi temperature *austempering* maka semakin sedikit fasa bainit nya.



Gambar 15. Struktur mikro benda uji baja S 60 C pada proses *austempering* 550⁰C.
Pembesaran foto 500x

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian pengaruh proses austemper pada kekuatan mekanis dan struktur mikro dari baja S45C dan S60C, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Temperatur austemper sangat berpengaruh dalam memperoleh hasil nilai kekerasan yang diinginkan. Semakin tinggi temperature austemper, maka semakin rendah nilai kekerasan yang diperoleh pada baja S 45 C dan S 60 C. Nilai kekerasan tertinggi didapat pada temperatur 350⁰C, sedangkan nilai terendah didapat pada suhu 550⁰C.
2. Temperatur austemper sangat berpengaruh dalam memperoleh hasil nilai kekuatan tarik yang diinginkan. Semakin tinggi temperature austemper, maka semakin rendah nilai kekuatan tarik yang diperoleh pada baja S 45 C dan S 60 C. Nilai kekuatan tarik tertinggi didapat pada temperature 350⁰C, sedangkan nilai terendah didapat pada suhu 550⁰C.
3. Struktur mikro bainit terbanyak pada baja S 45 C dan S 60 C di dapatkan pada proses austemper dengan suhu 350⁰C.
4. Pada hasil pengujian tarik baja S 45 C dan S 60 C didapatkan nilai peningkatan keuletan dan ketangguhan sebesar 14,6% pada baja S 45 C dan 18,4% pada baja S 60 C. Nilai ini didapatkan dari perhitungan *ultimate tensile strength* benda uji yang belum diproses *austempering* dengan benda uji yang sudah diproses *austempering* dengan suhu 350⁰C.
5. Pada hasil pengujian kekerasan baja S 45 C dan S 60 C didapatkan nilai peningkatan kekerasan sebesar 44% pada baja S 45 C dan 46% pada baja S 60 C. Nilai ini didapatkan dari perhitungan nilai rata-rata benda uji yang belum diproses *austempering* dengan benda uji yang sudah diproses *austempering* dengan suhu 350⁰C.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Devinta Jualiaptini, Analisis Sifat Mekanik dan Metalografi Baja Karbon Rendah Untuk Aplikasi Tabung Gas 3KG, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Tangerang, 2010.
- [2]. Dwi Indarto, Pengaruh Waktu Tahan Proses *Hot Dipping* Baja Karbon Rendah Terhadap Ketebalan Lapisan, Kekuatan Tarik dan Harga Impak Dengan Bahan Pelapis Alumunium, Universitas Muhammadiyah, Surakarta, 2009.
- [3]. Eddy Susanto, Pengaruh Proses *Austempering* Terhadap Kekuatan Mekanis dan Struktur Mikro dari Baja Karbon Sedang, Universitas Tarumanagara, Jakarta, 1998.
- [4]. Joko Waluyo, Pengaruh Temperatur dan Waktu Tahan Pada Proses Karburisasi Cair Terhadap Kekerasan Baja AISI 1025 dengan Media Pendinginan Air, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 2009.

- [5]. Serope Kalpakjian, Steven Schmid. *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, Pearson Education, Singapore, 2003.
- [6]. Harry, Chandler. *Hardness testing*, 2nd Edition, ASM Internasional, 1999
- [7]. George E. Totten, Ph. D., FASM. *Steel Heat Treatment Metallurgy and Technologies*, second edition, Portland State University. Portland, Oregon, USA, 2007.
- [8]. Tata Surdia, Shinroku Saito. *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT Pradnya Paramita Jakarta, 1985.
- [9]. William H. Cubberly. *ASM Handbook Metallography and Microstructures Volume 9*, Formely Minth Edition, Metals Handbook. 1985.
- [10]. Suratman, Rochim. *Panduan Proses Perlakuan Panas*. Lembaga Penelitian ITB. Bandung, 1994.
- [11]. William, F. Smith. *Structure and Properties of engineering Alloys*, Me Graw – Hill Book Company, New York, 1981.