

PENINGKATAN SIFAT MEKANIK DAN KETAHANAN FATIK PADA BAJA ASSAB 709 M MELALUI PROSES AUSTEMPERING

H. Alian¹, Q. Hadi¹ dan F. Vidian¹

¹Teknik Mesin, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: helmyalian@yahoo.co.id

ABSTRAK: Dalam penggunaannya di bidang teknik pemilihan bahan logam yang sesuai dengan keperluan aplikasi dalam hal kekuatan, kekerasan, ketahanan fatik, ketahanan korosi dan sebagainya sangat penting sehingga dalam pemakaiannya akan memberikan hasil yang optimal. Salah satu proses perlakuan panas untuk menghasilkan logam yang kuat tetapi masih memiliki keuletan adalah *austempering*. Austempering adalah proses transformasi isothermal dari baja pada temperatur diantara fase pearlit dan fase martensit. Waktu austempering harus memastikan bahwa pembentukan ferit bainit cukup untuk austenit sisa dengan karbon yang memungkinkan sebagian besar untuk dipertahankan ke temperatur kamar. Pada penelitian ini austempering baja ASSAB 905 M dilakukan dengan temperatur austenisasi 860°C selama 60 menit kemudian dilakukan proses austempering 350°C dengan waktu tahan 5, 10 dan 15 menit. Untuk mengetahui pengaruh proses austempering dengan variasi waktu tahan tersebut pengujian-pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik, pengujian fatik dan pengamatan struktur mikro. Hasil uji tarik tanpa austempering kekuatan tariknya 92,84 kg/mm², austempering waktu tahan 5 menit 108,46 kg/mm², waktu tahan 10 menit 118,76 kg/mm² dan waktu tahan 15 menit 124,47 kg/mm². Sedangkan dari hasil pengujian fatik tanpa austempering 975.000 siklus, austempering waktu tahan 5 menit 149.100 siklus, waktu tahan 10 menit 187.800 siklus dan waktu tahan 15 menit 215.900 siklus

Kata Kunci: Kekuatan tinggi, daktilitas, fatik, austempering

ABSTRACT: In its used in the field of metal material selection techniques in accordance with application requirements in terms of strength, hardness, fatigue resistance, corrosion resistance and so on is very important so that in its use will provide optimal results. One of the heat treatment processes to produce metal that is strong but still has toughness is austempering. Austempering is the process of transforming isothermal from steel at temperatures between the pearlite phase and the martensite phase. The austempering time must ensure that the formation of bainite ferrite is sufficient for the remaining austenite with carbon which allows most of it to be maintained to room temperature. In this study ASSAB 905 M steel austempering was carried out with austenization temperature of 860°C for 60 minutes then austempering process of 350°C was carried out with a holding time of 5, 10 and 15 minutes. To determine the effect of the austempering process with variations in holding time, the tests performed were tensile testing, fatigue testing and microstructure observation. The tensile test results without austempering tensile strength 92.84 kg/mm², austempering 5 minutes holding time 108.46 kg/mm², holding time 10 minutes 118.76 kg/mm² and 15 minutes holding time 124.47 kg/mm². While the results of fatigue testing without austempering 975,000 cycles, austempering holding time 5 minutes 149,100 cycles, holding time 10 minutes 187,800 cycles and holding time 15 minutes 215,900 cycles.

Keywords: High strength, ductility, fatigue, austempering.

PENDAHULUAN

Baja merupakan sumber yang paling banyak dipakai sebagai bahan industri. Dari unsur baja, bentuk-bentuk struktur mikro logam dapat diubah, inilah penyebabnya mengapa besi dan baja disebut material yang kaya dengan bermacam-macam sifat. Sifat baja tergantung dengan unsur yang ada dan beberapa baja jenis tertentu sifatnya dapat diubah melalui proses perlakuan panas/*heat treatment* (Chakrabarty, I., 2017). Perlakuan panas merupakan suatu proses dimana material dipanaskan dan didinginkan untuk mengubah struktur mikro pada

material tersebut, hal ini berkaitan dengan sifat mekanik yang akan berubah seiring berubahnya struktur mikro material.

Quenching merupakan perlakuan panas untuk meningkatkan kekuatan baja, biasanya struktur mikro yang terbentuk adalah martensit sehingga bahan tersebut kekuatan meningkat namun akan menjadi getas (Canale, L., G.E. Totten, 2015). Dari proses pendingin/quenching tersebut material sering sekali mengalami distorsi, crack, dan ketidak seragaman kekerasan yang diakibatkan oleh tidak seragamnya temperatur pendingin (Silva, A.D., T. A. Pedrosa, J. L.

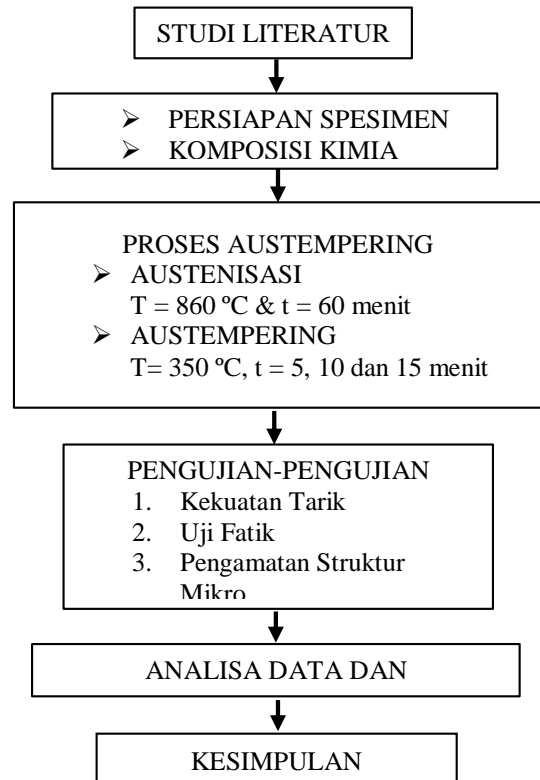
Gonzalez-Mendez, X. Jiang, P.R. Cetlin, T. Altan 2012). Untuk mengurangi kegetasan tersebut biasanya selanjutnya dilakukan proses temper (Lang, K.H., M. Korn, T. Rohm, 2016).

Untuk komponen-komponen mesin yang mengalami regangan besar seperti gandar, batang penghubung, roda gigi, spindel, poros, sproket, poros pengancing, pinion, poros pompa, rams, dan ring gear. Oleh karena itu, selama aplikasinya baja paduan ini harus memiliki kekuatan tinggi dengan keuletan dan ketangguhan yang memadai. Perlakuan panas quenching dan temper tersebut diatas masih belum bisa untuk menahan beban kejut dan regangan yang besar karena kegetasannya. Proses austempering menghasilkan sebagian besar struktur mikro berupa bainit sehingga keuletan lebih baik dari proses quenching dan temper sehingga menghasilkan logam yang kuat dan tetap mempertahankan keuletannya (Khani, M.H., Sanij, Ghasemi, S.S., Banadkouki, A.R. 2012).

Dengan proses austempering ini tujuan utama penelitian ini adalah meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan fatik akan didapat, nantinya baja ini dapat diaplikasikan pada komponen struktur yang penting, yaitu komponen struktur kendaraan, pesawat terbang, kapal dan mampu beroperasi pada lingkungan yang ekstrim. Akhirnya kebutuhan baja ASSAB 709 M dengan sifat mekanik dan fatik kuat diperoleh untuk memenuhi kebutuhan bagi beberapa Industri strategis di Indonesia dan ketergantungan impor produk produk baja kekuatan tinggi yang mahal dapat teratasi dari hasil-hasil riset ini.

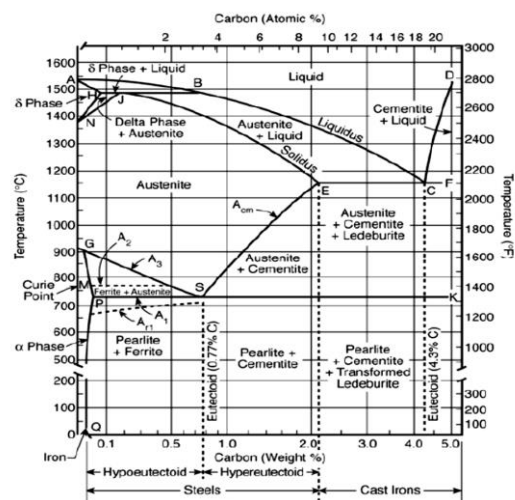
METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dimana diagram alir penelitiannya sebagai berikut.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Diagram fasa merupakan diagram yang menunjukkan hubungan antara temperatur dan proses terjadinya perubahan fase selama proses pemanasan dan proses pendinginan yang lambat dengan kadar karbon tertentu. Diagram ini merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi perlakuan panas. Fungsi diagram fasa yaitu memudahkan dalam pemilihan temperatur pemanasan yang sesuai untuk setiap proses perlakuan panas.



Gambar 2. Diagram Fasa Fe-Fe₃C (Gandy., 2007)

Karbon adalah variable yang sangat signifikan dalam pengaruhnya terhadap Ms. Unsur kimia lainnya hanya sedikit mempengaruhi dibandingkan dengan pengaruh

karbon terhadap Ms (Feng, J., Frankenbach, T., Wettlaufer, M., 2017).

Disamping melihat diagram fasa untuk menentukan temperatur austenisasi, Ms dan Bs menggunakan algoritma software Bhadeshia.

Bahan Uji

Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah baja ASSAB 709 M

Tabel 1 Hasil Uji Komposisi Kimia baja ASSAB 709 M

Unsur	Fe	C	Mn	Mo	Cr	dll
Komposisi (%)	97	0.442	0.739	0.169	1.06	0.135

Proses Austempering

Dari komposisi kimia diatas maka proses austempering pada baja ASSAB 709 M ini dilakukan dengan temperatur austenisasi 860°C ditahan selama 60 menit kemudian didinginkan pada temperatur 350°C menggunakan media pendingin larutan KNO₃ dan NaNO₃ dengan variasi waktu tahan 5 menit, 10 menit dan 15 menit.

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan menggunakan mesin uji tarik hydraulic universal material tester dengan standard mesin JIS B 7721 dimana standard spesimen menggunakan JIS Z 2201.



Gambar 3 Mesin Uji Tarik : Hydraulic Universal Material Tester

Pengujian Fatik

Pengujian fatik dilakukan menggunakan mesin uji fatik Torsion Repeated and Bending Fatigue Machine.



Gambar 4 Mesin Uji Fatik : Torsion Repeated and Bending Fatigue Machine.

Spesimen uji fatik harus mengikuti standard mesin uji yang digunakan (Kovacı, H., A. F. Yetim, Ö. Baran, A. Çelik, 2016),



Gambar 5 Spesimen uji fatik standard JIS Z 2273 .
2.4 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro baja ASSAB 709 M ini menggunakan alat Measuring Microscop STM6-LM seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 6 Measuring Microscop STM6-LM

HASIL DAN PEMBAHASAN

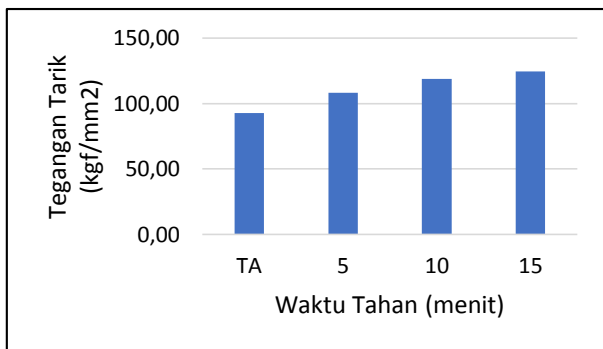
Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Dari hasil komposisi kimia, berdasarkan persentase paduan-paduannya selain Fe < 15% baja ini merupakan baja paduan rendah dan dilihat dari persen karbonnya 0,442% maka tergolong baja karbon menengah.

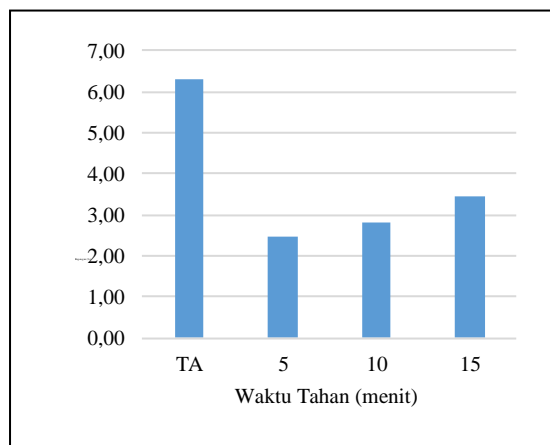
Hasil Pengujian Tarik

Tabel 2 Hasil Pengujian Tarik Baja ASSAB 709 M

Parameter	TA	Waktu Tahan (menit)		
		5	10	15
σ_u (kgf/mm ²)	92,84	108,46	118,76	124,47
ϵ (%)	6,28	2,46	2,79	3,43



Gambar 7 Grafik Tegangan Tarik – Waktu Tahan Benda Uji Sebelum dan Setelah Proses Austempering



Gambar 8 Grafik Regangan- – Waktu Tahan Benda Uji Sebelum dan Setelah Proses Austempering

Dari Gambar 7 terlihat bahwa nilai kekuatan tarik baja ASSAB 709 M meningkat setelah dilakukan proses *austempering*, semakin lama waktu tahan semakin meningkat kekuatannya. Ini dikarenakan semakin lama waktu tahan semakin cukup waktu pembentukan ferit bainit untuk austenit sisa dengan karbon yang

memungkinkan sebagian besar untuk dipertahankan ke temperatur kamar.

Regangan turun drastis setelah baja ASSAB 709 M mengalami proses *austempering* karena daktilitasnya menurun. Semakin lama waktu tahan *austempering* terjadi peningkatan daktilitas terlihat pada Gambar 8.

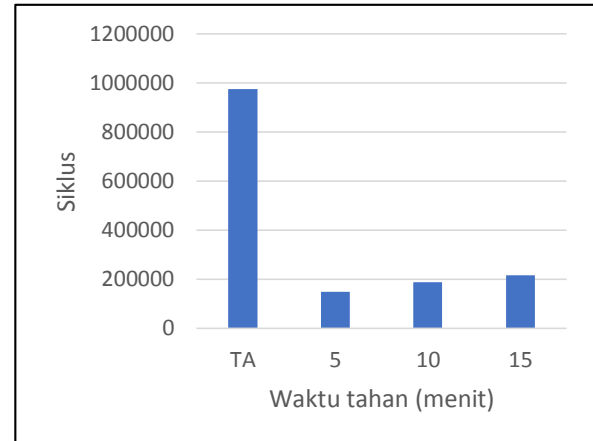
Hasil Pengujian Fatik

Hasil pengujian fatik yang menggunakan sudut 5° ditabelkan pada tabel berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian Fatik Baja ASSAB 709 M

Waktu tahan austempering (menit)	Waktu (detik)	Putaran (rps)	Siklus
Tanpa Austempering	19500	50	975000
5	2982	50	149100
10	3756	50	187800
15	4318	50	215900

Baja ASSAB 709 M yang mengalami proses *austempering* akan mengalami penurunan ketahanan fatik karena daktilitas meningkat akibat naiknya kekuatan tarik. Dari ketiga variasi waktu tahan terlihat lamanya waktu tahan *austempering* semakin meningkat ketahanan fatiknya.

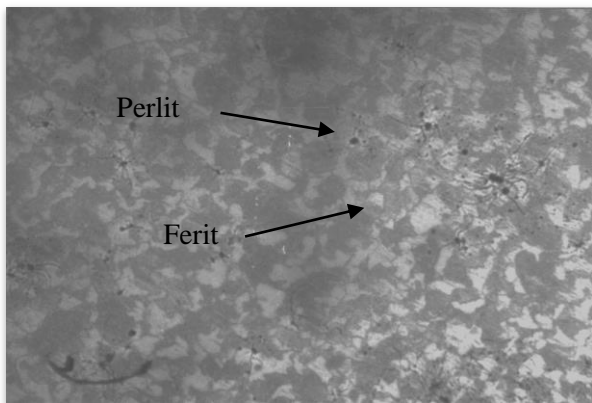


Gambar 9 Grafik Siklus - Waktu tahan hasil pengujian fatik baja ASSAB 709 M sebelum dan sesudah *austempering*

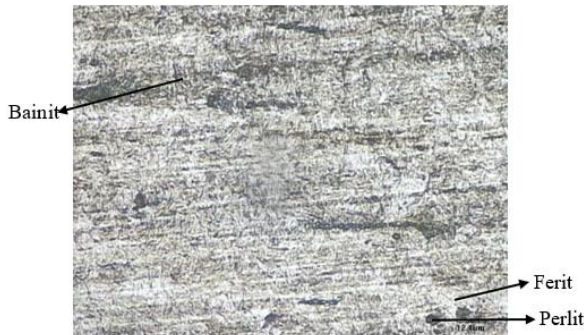
Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Daerah yang diamati dalam pengujian struktur mikro ini adalah permukaan pada baja ASSAB 709 M sebelum dan sesudah mengalami proses *austempering* dengan beberapa variasi waktu tahan 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Larutan yang digunakan untuk melihat struktur mikro pada baja karbon yaitu larutan asam nital 3% (Meysami, H., R. Ghasemzadeh, Seyedein, Aboutalebi,

2014). Di bawah ini merupakan hasil pengujian struktur mikro tersebut.



Gambar 10 Baja ASSAB 709 M Sebelum Proses Austempering



Gambar 11 Baja ASSAB 709 M Setelah Proses Austempering waktu tahan 5 menit Pembesaran 500X



Gambar 12 Baja ASSAB 709 M Setelah Proses Austempering waktu tahan 10 menit Pembesaran 500X



Gambar 13 Baja ASSAB 709 M Setelah Proses Austempering waktu tahan 15 menit Pembesaran 500X

Berdasarkan pengamatan struktur mikro pada gambar 10 tanpa proses austempering terlihat belum adanya fase bainit masih didominasi ferit dan perlit. Sedangkan pada gambar 11, 12 dan 13 fase bainit terbentuk dan makin makin lama waktu tahan semakin halus butirannya. Persentase fase bainit dan besar butirannya akan mempengaruhi kekuatan material, ini membuktikan grafik kekuatan tarik pada Gambar 7.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari data dan pembahasan diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Berdasarkan pengujian komposisi kimia pada baja ASSAB 709 M persentase unsur selain Fe < 15% baja ini tergolong baja paduan rendah dan berdasarkan persentase kandungan karbonnya sebesar 0.442%, maka baja ASSAB 709 M termasuk baja karbon sedang.
2. Nilai tegangan tarik baja ASSAB 709 M sebelum mengalami proses *austempering* adalah 92,84 kgf/mm². Melalui proses *austempering* masih dapat ditingkatkan sampai 124,47 kgf/mm² pada waktu tahan austempering 15 menit.
3. Daktilitas baja ASSAB 709 M menurun drastis setelah mengalami proses *austempering* yang tentunya sangat tidak diinginkan.
4. Sebelum mengalami proses *austempering* siklus yang terjadi pada baja ASSAB 709 M yang diuji menggunakan pengujian fatik didapatkan nilai siklus sebesar 975.000 siklus. Setelah mengalami proses *austempering* ketahanan fatik menurun sampai 149.100 siklus terjadi pada saat proses *austempering* dengan waktu tahan 5 menit.
5. Nilai presentase fase bainit yang terbentuk dan kehalusan butirannya setelah mengalami proses *austempering* mempengaruhi kekuatan tarik dan ketahanan fatik.

DAFTAR PUSTAKA

- Alian, H., Kahfi, M.A., (2016), Pengaruh perlakuan panas Quenching dan Tempering pada AISI 4340 sebagai material lambung kapal.
- Alian, H., Mursyid, A.A, (2016), Pengaruh Variasi Holding Time Perlakuan Panas Quench Annealing Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Mangan.
- Alian, H., Saputro, D., (2018), Pengaruh perlakuan panas Quenching dan tempering Terhadap kekuatan tarik, bending, patik dan struktur mikro pada baja AISI 6145 yg akan digunakan sebagai pegas daun.
- Canale, L., G.E. Totten, 2015, Overview of distortion and residual stress due to quench processing. Part I: factors affecting quench distortion, *International Journal of Materials and Product Technology (IJMPT)*, 24, pp.4-52.
- Chakrabarty, I., (2017), Heat Treatment of Cast Irons, *Comprehensive Materials Finishing*, 2, pp. 246-287
- Feng J., Frankenbach, T., Wettlaufer, M., (2017), Strengthening 42CrMo4 Steel by Isothermal Transformation Below Martensite Start temperature, *materials Science & Engineering A*, 3, PP.110-115.
- Gandy, D., (2007). *Carbon Steel Handbook*, Electric Power Research Institute Inc, California.
- Khani, M.H., Sanij, Ghasemi, S.S., Banadkouki, A.R. (2012), The effect of single and double quenching and tempering heat treatments on the microstructure and mechanical properties of AISI 4140 steel, *Materials & Design*, 42, 2012, pp. 339-346.
- Kovacı, H., A. F. Yetim, Ö. Baran, A. Çelik, (2016), Fatigue crack growth behavior of DLC coated AISI 4140 steel under constant and variable amplitude loading conditions, *Surface and Coatings Technology*, 304, pp. 316-324.
- Lang, K.H., M. Korn, T. Rohm, (2016), Very High Cycle Fatigue Resistance of the Low Alloyed Steel 42CrMo4 in Medium- and High-Strength Quenched and Tempered Condition, *Procedia Structural Integrity*, 2, pp. 1133-1142.
- Li, Z.C., Ding, H., Misra, R.D.K, (2017), Microstructure-mechanical property relationship and austenite stability in medium-Mn TRIP steels: The effect of austenite-reverted transformation and quenching-tempering treatments *Materials Science and Engineering A*, 682, pp. 211-219.
- Meysami, H., R. Ghasemzadeh, Seyedein, Aboutalebi, (2014), An investigation on the microstructure and mechanical properties of direct-quenched and tempered AISI 4140 steel, *Materials & Design*, 31(3), 2010, pp. 1570-1575.
- Silva, A.D., T. A. Pedrosa, J. L. Gonzalez-Mendez, X. Jiang, P.R. Cetlin, T. Altan, (2012), Distortion in quenching an AISI 4140 C-ring – Predictions and experiments, *Materials & Design*, 42, pp. 55-61.