



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Pengaruh variasi temperatur tempering terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja aisi 1045

Muhammad Riadi Barsuma Jaya, Harnowo Supriadi¹, Muhammad Badaruddin, Shirley Savetlana, Irza Sukmana, Nafrizal²

Program Studi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jln. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Gedung H FT Lt. 2 Bandar Lampung Telp. (0721)3555519, Fax. (0721)704947

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima tgl/bln/tahun

Direvisi tgl/bln/tahun

Keywords:

AISI 1045

Quenching

Tempering

tensile strength

microstructure

This study aims to determine the effect of variations in tempering temperature on the strength properties of steel by knowing the value of the tensile test and changes in the microstructure of the steel. This study uses AISI 1045 steel formed using the ASTM-E8 standard with a cylindrical shape. Then the steel is given quenching heat treatment at a temperature of 850°C with a holding time of 90 minutes, then after being given quenching heat treatment with water cooling media then the reheating process is also called the tempering process with temperature variations of 450°C, 550°C and 650°C then after that the holding time for 60 minutes. After the entire heat treatment process has been completed, then the tensile test and microstructure observations are also called OM. In this study, the ultimate stress value of 693.7 MPa and yield strength of 391.2 Code R1 (450°C) and temperature of 450°C had the ultimate stress of 1066.8 MPa and yield strength of 995.7 MPa. Code R2 (650°C) at a temperature of 650°C has an ultimate stress of 733.3 MPa and a yield strength of 647.4 MPa. Code R3 (550°) tempering temperature of 550°C has an ultimate stress of 862.8 MPa and a yield strength of 778.9.

1. Pendahuluan

Baja AISI 1045 banyak digunakan dalam berbagai bidang terutama dalam bidang pemesinan dan konstruksi. Baja AISI 1045 yang tergolong dalam baja paduan karbon sedang yang banyak digunakan sebagai bahan utama pada mesin seperti gear, batang penghubung piston dan terutama poros pada kendaraan bermotor dan industri.

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon sedang (0.4 – 0.45 wt.% C) dengan elemen-elemen padu lainnya: 0.60% - 0.90% Mn, 0.05% S, 0.1% - 0.3% Si, 0.04% P dan 0.025 Mo. Baja ini mempunyai beberapa keunggulan diantaranya kekuatan yang tinggi, keseragaman dan keuletan yang tinggi.

Aplikasi komponen tersebut membutuhkan sifat ketangguhan yang kuat untuk menghindari perpatahan secara tiba-tiba. Untuk itu dilakukan proses perlakuan panas untuk meningkatkan nilai ketangguhan pada baja dengan dilakukan proses tempering pada temperatur austenit menggunakan variasi temperatur untuk menghilangkan tegangan sisa dan meningkatkan sifat-sifat ketangguhan baja AISI 1045 [1]

Penelitian kiswono [2] bertujuan untuk menganalisis uji kekerasan dan uji tarik pada material AISI P20 Mod setelah melalui proses hardening dan tempering pada suhu yang berbeda-beda. Hardening adalah proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Proses tempering bertujuan untuk memperoleh kombinasi antara kekuatan, keuletan dan ketangguhan yang tinggi. Material AISI P20 Mod. sebagai material substitusi impor yang diproduksi melalui proses continuous casting dimana dalam proses pembuatannya memerlukan proses rol (rolling) dan proses tempa (forging). Material ini mempunyai sifat dan karakteristik khusus, diantaranya tahan terhadap temperatur tinggi, tahan terhadap abrasi, dan mempunyai mampu mesin yang baik. Hasil uji tarik menunjukkan pada kondisi awal benda, hasil uji tarik adalah 655 N/mm. Kekuatan tarik hasil proses hardening sebesar 1244 N/mm. Setelah dilakukan proses tempering 200°C. dihasilkan kekuatan tarik 1515.8 N/mm. Pada proses tempering 400°C, terjadi penurunan nilai kekuatan tarik menjadi 1397.9 N/mm. Selanjutnya pada proses tempering

600°C nilai kekuatan tarik menjadi 1077.7 N/mm. mendekati target kekuatan tarik yaitu 1020 N/mm[3]

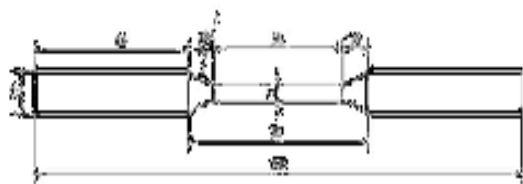
Pada penelitian (rahmat, dkk 2020) kali ini menggunakan 8 spesimen baja ST 37 (4 Raw Material dan 4 Tempering) dengan standar ASTM E8M, pengujian bertempat di lab D3 Teknik Mesin

Universitas Gajah Mada. Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material dengan cara memberikan gaya tarik pada material tersebut. Pengujian ini menggunakan tegangan tarik aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Prinsip pengujian ini yaitu memberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar pada setiap ujung spesimen hingga putus sambil dihitung pertambahan panjangnya. Hasil yang didapat dalam pengujian ini yaitu berupa kurva yang menunjukkan hubungan antara pertambahan panjang benda dan gaya yang diterima oleh benda tersebut, pengujian ini menggunakan spesimen dengan standar ASTM E8/E8M Standard Specification for Aluminum and Aluminum Alloy Sheet and Plate Berdasarkan hasil pengujian maka didapatkan informasi mengenai nilai limit proporsional (yield point) (Py) dan beban maksimal (ultimate point) (Pu), dari nilai Py dan Pu tersebut dapat diketahui nilai propertis atau kekuatan mekanika material yang lain dengan menggunakan rumus tegangan maksimum 425°C kandungan tempered martensid lebih merata dibandingkan pada temperatur lain. berdasarkan kesimpulan diatas maka dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik dan luluh baja ST 37 perlakuan panas tempering memenuhi standar BKI Volum V (Rules for Material) 206 section 6. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa baja ST 37 yang telah diberi perlakuan tempering memiliki tegangan maksimum sebesar 640,8 MPa dan tegangan luluh maksimum sebesar 632,36 MPa.[4]

2. Metodologi

Bahan Uji

Bahan uji yang digunakan pada penelitian kali ini menggunakan Baja AISI 1045. Baja AISI yang digunakan memiliki spesifikasi dengan diameter 12 mm dan panjang 190 mm.



Gambar 1. Spesimen Uji Tarik Standar ASTM E8 [5]

Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Spesimen yang sudah dibentuk akan dilanjutkan dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*) yang bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik baja tersebut. Proses perlakuan panas pada baja AISI 1045 dimana suhu austenite yang digunakan yaitu 850 °C dan waktu tahan selama 60 menit. Setelah 60 menit spesimen dikeluarkan lalu dilakukan proses pendinginan secara cepat (*quenching*) yaitu mencelupkan kedalam media pendingin air yang tersirkulasi. Setelah spesimen mencapai suhu normal, dilanjutkan lagi proses *tempering* dimana spesimen dimasukkan kembali kedalam furnace dengan variasi temperature yaitu 450 °C, 550 °C, dan 650 °C, lalu didinginkan dengan pendinginan lambat yaitu mendiamkan spesimen diruangan terbuka sampai spesimen mencapai temperature kamar normal.[5]

Pengujian

Spesimen uji yang telah disiapkan akan dibedakan berdasarkan tanpa perlakuan dan perlakuan panas yang di *quenching* dengan media air dan *tempering* pada suhu 450 °C, 550 °C, dan 650 °C. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik yang bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik dari spesimen sebelum dan setelah diberi perlakuan panas *quenching* dan *tempering* menggunakan mesin MTS Landmark 100 kN. Pada pengujian tarik, spesimen baja AISI 1045 akan ditarik dengan kecepatan konstan yaitu 1,00 mm/min sampai spesimen mengalami patah/putus.[6]



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik

Pengamatan Spesimen

Pengamatan stuktur mikro dilakukan di Laboratorium LIPI Tanjung Bintang, Lampung. Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk melihat butiran-butiran pada struktur mikro yang terjadi sebelum dilakukan proses perlakuan panas, dan setelah di lakukan perlakuan panas *quenching* dan *tempering*, proses ini dilakukan setelah proses etsa agar struktur mikro menjadi lebih jelas.[7]

3. Hasil dan pembahasan

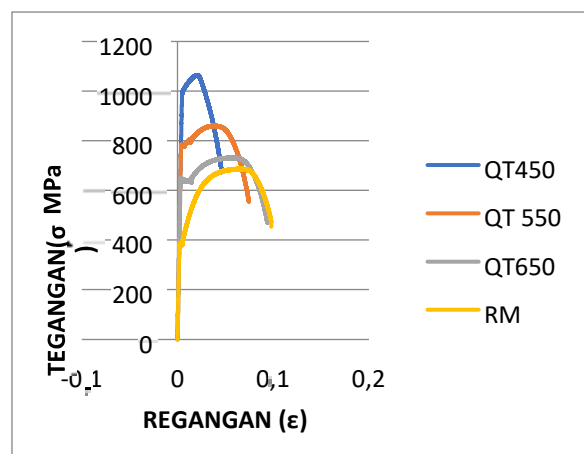
Hasil Komposisi baja AISI 1045

Tabel 1. Data Komposisi Kimia Hasil Pengujian Baja Karbon Sedang AISI 1045

No	Unsur	Kadar
1	C	0,5
2	Si	0,3
3	P	0,01
4	S	0,009
5	Mn	0,7

Data pada tabel 3.1 diperoleh hasil uji komposisi bahan kimia baja AISI 1045 yang dilakukan di Laboratorium LIPI Tanjung Bintang Lampung. Berdasarkan pada tabel 3.1 terlihat bahwa jumlah Carbon sebesar 0,528%.

Hasil Pengujian Tarik



Gambar 3. Kurva Tegangan-Regangan Hasil Uji Tarik Baja AISI 1045

Pada kurva diatas menunjukkan perubahan antara batas energi plastis dan batas energi elastis dimana batas elastis adalah batas untuk mengetahui perubahan bentuk material baja ketika diberikan beban dan kembali ke ukuran semula. Adapun deformasi plastis dapat diartikan ketika suatu material diberikan beban atau gaya secara terus menerus dan menyebabkan material tersebut tidak dapat kembali ke bentuk semula. Pada kurva diatas terlihat pada batas elastis ke batas plastis paling besar di terima pada raw material sedangkan paling kecil pada perlakuan panas *tempering* temperatur 450°C dimana dapat dihitung dengan selisih nilai *ultimate strength* dan *yield stress*. Kurva tersebut jelas sangat mempengaruhi struktur yang terdapa pada baja setelah diberi perlakuan panas *tempering*. Dikarnakan struktur mikro atau fasa yang terkandung sangat mempengaruhi perubahan sifat mekanik baja tersebut.

Table 2 Hasil Uji Tarik Statis

Berdasarkan dari penelitian Blaoui [8] yang melakukan penelitian terhadap baja karbon medium, dari penelitian ini dimana nilai tegangan tarik maksimum untuk perlakuan panas *quenching* hasil yang diperoleh paling tinggi, akan tetapi berbeda

Nama Spesimen	Tegangan (σ) MPa		
	<i>Yield strength</i> (A)	<i>Ultimate stress</i>	<i>Elongasi</i> (e)%
RM	391,2	693,7	33,4
R1(450)	995,7	1066,1	15,7
R2(650)	647,4	733,3	31,9
R3(550)	778,9	862,8	25,3

dengan jika sudah diberi perlakuan *tempering* semakin tinggi suhu *tempering* maka nilai tegangan maksimum akan semakin kecil, akan tetapi berbanding terbalik dengan nilai perpanjangan baja tersebut dimana semakin tinggi suhu *tempering* maka hasil perpanjangan baja tersebut akan semakin tinggi.



Gambar 4. Foto Hasil Sample Setelah Di Uji Tarik Spesimen Baja AISI 1045 (a) Tanpa Perlakuan (b) *tempering* suhu 450 °C, (c) *Tempering* suhu 550 °C, dan (d) *Tempering* Suhu 650 °C

Hasil uji *Observasy Microscopy* (OM)

Gambar 5 (a) menunjukkan foto struktur tanpa perlakuan panas terlihat struktur yang terbentuk yaitu pearlit dan ferit yang muncul. Keduanya memiliki butir yang besar

dan kasar. Pearlit memiliki sifat keras warna kecoklatan, sedangkan ferit memiliki sifat lunak dan ulet berwarna putih dan untuk butirnya hampir sama karena memiliki butir yang besar dan kasar.

nampak pearlit dan ferit yang muncul. Ferit dan pearlit yang terbentuk akibat fasa *austenite* yang terbentuk sehingga menyebabkan reaksi *eutectoid* dimana α Fe_3C dan hasil tersebut menyebabkan munculnya pearlit pada baja, dan α bias diartikan dengan simbol ferit. Jadi fasa yang terbentuk tersebutlah yang menyebabkan baja tersebut memiliki kekuatan material yang tidak terlalu tinggi dikarenakan sifat kedua fasa tersebut.



Gambar 5 Hasil Foto Uji Struktur Mikro OM Baja AISI 1045 (a) Tanpa Perlakuan Panas

Gambar 6 menunjukkan fasa yang terbentuk setelah di beri perlakuan *tempering* ialah fasa martensit. Fasa martensit ini bias terbentuk dikarenakan proses perlakuan panas *quenching*. Proses tersebut menyebabkan baja menjadi keras dikarenakan pendinginan secara cepat. Bias dilihat pada diagram TTT bahwa pemanasan ketika suatu material mencapai suhu austenit dan didinginkan secara cepat di waktu 10s maka fasa yang banyak terbentuk yaitu martensit, dan dapat disimpulkan bahwa pemanasan ulang untuk menghilangkan martensit tersebut sehingga bias dikatakan pada suhu ini belum bias menghilangkan martensit sepenuhnya. Menurut Susri dan Gerhana (2015) menjelaskan bahwa pada baja AISI 1045 dengan perlakuan panas tempering dengan suhu 300°C terbentuk fasa martensit dan bainit sedangkan pada temperatur 400°C terbentuk fasa temper martensit yang tampak garis-garis yang halus berwarna putih.

Zhu [9] menjelaskan bahwa pengaruh perlakuan panas pada struktur mikro dan sifat mekanik untuk baja pegas yang memiliki nilai karbon 0,450,52% menghasilkan struktur mikro ferrite dan epsilon karbida pada temperatur 400°C hingga 450°C dan pada temperatur diatas 450°C struktur mikro yang terbentuk adalah martensit temper. Hal ini berhubungan dari fasa yang dihasilkan pada hasil uji struktur mikro dimana fasa yang terbentuk pada temperatur 550°C , dan 650°C pada gambar 4.17 dan 4.18 adalah martensit temper, fasa inilah yang membuat baja sedikit lebih lama putus dibandingkan *quenching* dan *tempering* pada temperature 550°C , dan 650°C .



Gambar 6. Hasil Foto Uji Struktur Mikro OM Baja AISI 1045 (c) Perlakuan Panas *Tempering* Variasi Temperature 450°C

Menurut penelitian Yudo pada temperatur tempering terendah diperoleh fasa temper martensit (martemper) yang dapat membuktikan terjadinya laju pendinginan yang sangat cepat diikuti dengan pemanasan ulang. Struktur tempered martensit (martemper) terbentuk lebih rapat dan merata. terdapat hasil dari struktur mikro diatas bahwa ferit + karbida (Fe_3C) mulai terlihat banyak membuat spesimen ini semakin ulet dibandingkan pengujian yang lain.

Pada saat suhu *austenite* tujuan nya ialah melarutkan karbida tetapi dengan perlakuan panas ulang yang disebut *tempering* karbida ini mulai terbentuk lagi dengan ferit dan membuat baja AISI 1045 ini semakin ulet



Gambar 7. Hasil Foto Uji Struktur Mikro OM Baja

AISI 1045 (d) Perlakuan Panas *Tempering* Variasi Temperatur 550 °C, dan (e) Perlakuan Panas *Tempering* Variasi Temperatur 650 °C.

4. Kesimpulan

Nilai *yield strength* dan *ultimate stress* terendah yaitu 391,273 Mpa dan 693,758 Mpa nilai ini dihasilkan sebelum spesimen dilakukan perlakuan panas. Sedangkan nilai *yield strength* dan *ultimate stress* tertinggi sebesar 995,795 Mpa dan 1066,182 Mpa, nilai ini dihasilkan saat spesimen dilakukan quenching secara cepat dengan media pendingin air dan tempering pada temperatur 450C. Untuk nilai *yield strength* dan *ultimate stress* yang dilakukan perlakuan panas quenching dan tempering Dalam hal ini perlakuan panas quenching dan tempering sangat mempengaruhi untuk nilai *yield strength* dan *ultimate stress*.

Nilai perbandingan grafik tegangan regangan untuk nilai kekuatan tarik yaitu pada saat spesimen dilakukan perlakuan panas quenching dan tempering pada temperatur 450C dan nilai terendah pada temperatur 650C dan terendah 450C akan tetapi nilai regangan yang tertinggi yaitu 650C. Hal ini sesuai dengan teori Hal ini sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Amanto Hari dan Daryanto, 1999 bahwa Pengaruh Suhu Penemperan Terhadap SifatSifat Baja adalah apabila suhu temper semakin tinggi maka mempunyai sifat kekerasan dan kekuatan tarik yang semakin menurun, berbanding terbalik dengan keuletan dan kekenyalannya semakin tinggi suhu penemperan maka keuletan dan kekenyalannya akan semakin tinggi.

Hasil struktur mikro sebelum dilakukan perlakuan panas struktur yang mendominasi adalah struktur ferrit dan pearlite, akan tetapi setelah dilakukan perlakuan panas muncul struktur mikro seperti temper martensit, dan martensit yang menambah kekerasan material tersebut, dan juga menambah kekuatan tarik material tersebut, akan tetapi struktur pearlite masih mendominasi untuk perlakuan panas tempering di temperature 650C.

Daftar Pustaka

- [1] Callister, W. D. 2008. *Materials Science and Engineering: An Introduction* 8th Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc, Kanada. 971 halaman.
- [2] Rizal, Y. 2014. Analisa Pengaruh Media *Quench* Terhadap Kekuatan Tarik Baja AISI 1045. Teknik Mesin Universitas Pasir Pengairan, Riau. *Jurnal APTEK* 6: 183-190.
- [3] Daryanto, A. 2010, *Proses Pengolahan Besi dan Baja (ilmu Metalurgi)*: Penerbit Satu Nusa Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, Bandung. 272 halaman
- [4] Sanij, K., Ghasemi, B., Mashreghi., and Moshrefifar, M. 2012. The Effect of Single and Double Quenching and Tempering Heat Treatments on the Microstructure and Mechanical Properties of AISI 1040 Steel. Elsevier Science B.V, Amsterdam, The Netherlands. *Journal Materials and Design* 42: 339-346.
- [5] Virginia, H. A., Fernando, D. C., Laura, N.G., Diego, J. C. and Alfredo, J.T. 2022. Effect of Cold Deformation in Quench and Tempered Medium-Carbon Steel Bars Microstructure (IMA). Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, Argentina. *Article in Materials Science and Technology* 1: 8-26.
- [6] Blaoui M. M., Mokhtar, Z. and Mustapha, A. 2019. Effect of Medium Carbon Steel Microstructure on Tensile Strength and Fatigue Crack Growth. Universite Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes, Sidi Bel Abbes, Algeria, and Universite Djillali Liabes de Sidi Bel Abbes, Sidi Bel Abbes, Algeria. *International Journal of Structural Integrity* 10: 67-75.
- [7] Galang, G.P. 2020. Pengaruh variasi media pendinginan terhadap kekuatan tarik baja AISI 1045. Universitas Muhammadiyah, Jember. *JProteksion* 5: 20-25.
- [8] Zhu, M., Guang. X., Zhou, M., Yuan, Q., Tian, J., and Hu, H. 2018. Effects of Tempering on the Microstructure and Properties of a HighStrength Bainite Rail Steel with Good Toughness, School of Mechanical and Automotive Engineering, Nanyang Institute of Technology, Nanyang 473004, China. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* 2: 111.
- [9] Yudo, H. and Sisworo, J. 2021. The Effect of Low Tempering, Medium Tempering, and High Tempering Heating Temperature Variations in The Type of Medium Carbon Steel ST 60 on Microstructure, Hardness, and Toughness. Naval Architecture Department, Diponegoro University, Indonesia *Journal Materials Science and Engineering* 1052: 2-13.