ANALISIS SIFAT MEKANIS BAJA KARBON MENENGAH AKIBAT PROSES AUSTENISASI *TEMPERING*

Nyoto Lestari*, Helmy Purwanto, Muhammad Dzulfikar
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.
*Email: nyotolestari@gmail.com

Abstrak

Perlakuan panas (heat treatment) didefinisikan sebagai kombinasi proses pemanasan dan pendinginan untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada baja atau paduan lainnya. Salah satu proses perlakuan panas tersebut dengan proses quenching dan tempering. Proses ini dilakukan pada temperatur austenite 700 °C, 800 °C, 900 °C dengan media pendingin celup oli, kemudian di lanjutkan proses tempering pada temperatur 100 °C, 200 °C, 300 °C, dan 400 °C dengan waktu penahanan 15 menit. Hasil pengujian pada uji struktur mikro memperlihatkan bahwa fasa yang banyak terlihat adalah fasa perlit, sedangkan fasa martensit jarang ditemukan. Hasil pengujian kekerasan memperlihatkan bahwa nilai tertinggi adalah 591 HVN terdapat pada temperatur austenite 900 °C dan di tempering pada temperatur 200 °C. Hasil pengujian tarik mendapatkan Maksimal Stress tertinggi pada temperatur austenite 900 °C dan temperatur tempering 100 °C dengan nilai 961 MPa. Pengujian dampak mendapat nilai 0,40J/mm² yang terdapat pada temperatur austenite 900 °C dan temperatur tempering 400 °C. Proses tempering dapat menurunkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik dan pada uji dampak nilai kekerasan meningkat. Sementara hasil mikro struktur memperlihatkan bahwa jumlah fasa-fasenya hampir sama dengan raw material.

Kata Kunci: perlakuan panas, baja karbon menengah, induksi, kekuatan tarik, dampak.

PENDAHULUAN

Baja S45 C banyak dipakai dalam industri permesinan dan bahkan sekarang mulai dipakai dalam dunia kemiliteran (Helmy Purwanto dkk., 2016). Menurut (Handoyo, 2015) proses *quenching* dengan media pendinginan air menghasilkan sifat baja karbon yang lebih keras dibandingkan dengan oli. *Heat treatment* dapat dilakukan dengan banyak cara, misalnya saja pemanasan sampai suhu tertentu pada satu permukaan hingga mencapai suhu (Yurianto dkk., 2018) tertentu lalu didinginkan dengan media pendingin (*proses quenching*). Media *quenching* yang dipakai adalah oli dan air.

Menurut (Suroto & Sudibyo, 1983) menyebutkan, *tempering* adalah proses pemanasan kembali suatu logam yang telah dikeraskan melalui proses *quenching* pada suhu di bawah suhu kritisnya selama waktu tertentu dan didinginkan secara perlahan-lahan (Mizhar & Suherman, 2011). Tujuan proses ini adalah untuk mengurangi internal stress, mengubah susunan, mengurangi kekerasan dan menaikkan keuletan logam sehingga didapatkan perpaduan yang tepat antara kekerasan dan keuletan logam uji. Baja S45C

Steel (JIS : *Japanese Industrial Standard*) merupakan jenis baja “*Medium Carbon Steel*” yaitu baja mempunyai kandungan unsur karbon menengah 0,3-0,6% C dan mempunyai kekuatan tarik 568 MPa, *yield stress* 343 Mpa dan kekerasan 167-229 HB (Sularso, 2004). Material tahan peluru atau armor adalah material yang mampu menahan laju balistik yang dikeluarkan dari sebuah senapan (H Purwanto, 2011).

Pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik dari plat baja S45C agar mencapai sifat mekanik seperti plat baja anti peluru dengan cara *heat treatment quenching* dan *tempering* (*surface hardening*) dengan pemanasan menggunakan mesin pemanas induksi. Setelah itu spesimen diuji untuk mengetahui perubahan pada struktur mikronya, kekerasan, kekuatan tariknya dan juga ketangguhannya (*toughness*).

METODE PENELITIAN

Bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah baja S45C dengan komposisi unsur paduan yang ditunjukkan pada Tabel 1. Kemudian spesimen di *heat treatment* dengan pemanas induksi dengan suhu austenisasi 700

°C, 800 °C, 900 °C lalu masing- masing dicelup ke dalam oli Setelah itu plat dipotong dengan mesin wire cut agar menjadi spesimen untuk uji struktur mikro, uji kekerasan , uji tarik dan uji impak sesuai standar (ASTM E8, 2010). Kemudian masing-masing variabel di temper dengan suhu 100°C, 200°C, 300°C, 400°C., setelah itu dilakukan pengujian kemudian hasilnya diambil kesimpulan. Diagram alur penelitian akan ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Komposisi paduan baja S45C

Unsur	Komposisi (%)
C	0,4667
Mn	0,5584
Cr	0,0556
Ni	0,0411
Si	0,2441
P	0,0195
S	0,0106
Fe	Balance

Gambar 1. Diagram alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji komposisi disajikan pada tabel 1. Kadar karbon 0,46 % , Mn 0,55%, P 0,019%, S 0,01% menunjukkan bahwa material yang diuji termasuk klasifikasi baja S45C sesuai dengan standar ASTM.

Gambar 2. Struktur mikro raw material

Untuk keterangan nama spesimen dalam gambar struktur mikro, seperti pada gambar 2. Spesimen 700°C oli berarti spesimen dipanaskan dengan suhu austenisasi pada suhu 700°C dengan media celup oli.

quenching 700°C

quenching 800°C

Gambar 3. Struktur mikro spesimen 100°C

quenching 700°C

quenching 800°C

quenching 900°C

Gambar 4. Struktur mikro spesimen 200°C

Gambar 5. Struktur mikro spesimen 300°C
 (1) quenching 700°C
 (2) quenching 800°C
 (3) quenching 900°C

Gambar 5. Struktur mikro spesimen 400°C
 (1) quenching 700°C
 (2) quenching 800°C
 (3) quenching 900°C

Gambar struktur mikro menunjukkan adanya perbedaan struktur mikro pada tiap variable penelitian. Pada raw material

komposisi struktur mikronya lebih seimbang antara *ferit* dan *perlite*nya hal ini yang mengakibatkan kekerasannya masih rendah. Setelah di *heat treatment quenching* dengan media celup oli dengan variable suhu austenite 700°C, 800°C, 900°C dan di tempering pada suhu 100°C, 200°C, 300°C, 400°C mengalami perubahan di permukaannya yaitu adanya perubahan banyaknya struktur perlit area permukaan tetapi tidak terlalu banyak sehingga pada uji kekerasannya ada peningkatan nilai kekerasannya namun tidak signifikan.

Pada spesimen dengan variabel Austenisasi 900 °C dan setiap suhu tempering dengan media celup oli terdapat struktur mikro martensit yang disertai juga dengan perlit dan ferit. Pada hasil pengujian kekerasan ini menggunakan metode Vickers yang ditunjukkan pada gambar 9, Gambar 10, Gambar 11. Spesimen mempunyai ketebalan 8 mm, dan pada penelitian ini spesimen dibagi menjadi 20 titik, sehingga pada tiap titik uji berjarak 0.4 mm.

Gambar 9. hasil uji kekerasan mikro Vickers quenching 700 °C

Hasil uji kekerasan mikro Vickers quenching 700°C yang mana dapat dilihat bahwa tempering 100°C memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi dari pada hasil tempering pada temperatur 200 °C, 300 °C, dan 400 °C. Dimana nilai tertinggi terdapat pada titik uji ke 12 yang terletak pada bagian tengah spesimen dengan nilai kekerasan 389 HVN.

Spesimen Quenching 800 °C

Hasil uji kekerasan mikro Vickers quenching 800°C yang mana dapat dilihat bahwa tempering 200°C memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi dari pada hasil

tempering pada *temperatur* 100 °C, 300 °C, dan 400 °C. Dimana nilai tertinggi terdapat pada titik uji ke 12 yang terletak pada bagian tengah spesimen yang nilai kekerasannya 392 HVN.

Gambar 10. hasil uji kekerasan Mikro Vickers quenching 800 °C

Gambar 11. Hasil Uji Kekerasan Mikro Vickers Quenching 900 °C

Gambar 11. Menunjukkan bahwa perbedaan hasil antara tempering 100 °C, 200 °C, 300 °C, dan 400 °C sangat terlihat. Dimana nilai tertinggi terdapat pada titik uji ke 12 dengan nilai kekerasan 591 HVN.

Uji Tarik (*Tensile Strength*)

Data yang didapatkan dari hasil uji tarik ditunjukkan pada Tabel 2. sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Tarik

No	Tempering	Quenching oli	Hasil Uji tarik (MPa)
			max stress
1		R M	548
2		700°C	818
3	100°C	800°C	904
4		900°C	1063
5		700°C	680
6	200°C	800°C	877
7		900°C	858
8		700°C	664
9	300°C	800°C	741
10		900°C	883
11		700°C	749
12	400°C	800°C	719
13		900°C	912

Gambar 12. Grafik Hasil Uji Tarik

Dilihat dari grafik hasil uji tarik pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa setelah dilakukan proses *tempering* dengan temperature 100 °C, 200 °C, 300 °C dan 400 °C spesimen mengalami penurunan kekuatan uji tarik. Kekuatan uji tarik dengan nilai Max Stress tertinggi adalah pada variabel pemanasan suhu austenisasi 900°C *tempering* dengan temperature 200 °C yaitu sebesar 1063 MPa, dan nilai Max Stress terendah terdapat pada variable *tempering* 300 °C dan *quenching* 700°C. Pada pengujian impak ini menggunakan metode Charpy dan hasil pengujian impak seperti ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 13.

Tabel 4. Hasil Uji Impak

No	Variabel	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Energi (J)	Harga Impak (J/mm ²)
1	Raw Material	8,35	8,04	20	0.30
2	700 Oli T200	8,35	8,04	18	0.27
3	800 Oli T200	8,33	8,08	20	0.30
4	900 Oli T200	8,33	8,05	25	0.37
5	700 Oli T300	8,29	8,04	20	0.30
6	800 Oli T300	8,83	8,02	22	0.31
7	900 Oli T300	8,52	8,09	25	0.36
8	700 Oli T400	8,87	8,05	27	0.38
9	800 Oli T400	8,46	8,03	22	0.32
10	900 Oli T400	8,61	8,09	28	0.40

Gambar 11. Grafik uji impak

Pada hasil pengujian impak yang ditampilkan pada Gambar 11 didapatkan hasil tertinggi yaitu pada variabel *tempering* pada temperature 400 °C dan temperature *quenching* 900°C yaitu energi yang diserap sebesar 28 Joule dan harga impaknya sebesar 0.40 J/mm². Dan harga impak terendah pada temperature *tempering* 200°C dan temperature *quenching* 700°C yaitu sebesar 0,27 J/mm².

KESIMPULAN

Pengamatan struktur mikro pada plat baja S45C setelah di *tempering* 100 °C dari pemanasan suhu austenite *quenching* 700°C, 800°C dan 900°C tidak ada fasa *martensit* namun fasa *perlite* menjadi lebih banyak dari pada fasa *ferite* pada spesimen sebelum dilakukan proses *heat treatment*. Untuk

variable suhu *tempering* 200°C, 300°C, 400 °C terdapat beberapa *martensit* pada pemanasan suhu austenite 900°C dan masih di dominasi fasa *perlite* dan *ferite*.

Pada pengujian nilai kekerasan mikro Vickers penelitian ini didapat nilai tertinggi adalah pada variabel *temperatur tempering* 200°C *quenching* 900°C yaitu sebesar 591 HVN dan nilai terendah terdapat pada spesimen dengan *temperatur tempering* 400°C *quenching* 900°C yaitu dengan nilai 197 HVN. Jadi semakin tinggi *temperatur tempering* semakin rendah nilai kekerasannya.

Pengujian kekuatan tarik pada spesimen yang telah dilakukan proses *tempering* mengalami perubahan kekuatan tarik dan nilai maksimum kekuatan tarik yang didapat dari penelitian ini adalah 1063 N/mm² (MPa) yaitu pada variabel temperatur *tempering* 100°C. *quenching* 900°C. Dan pada *temperatur tempering* 400°C, yang rata-rata nilai Max Stress nya lebih rendah. Semakin tinggi *temperatur tempering* semakin rendah nilai Max Stress.

Pada uji impak spesimen yang telah dilakukan proses *tempering* mengalami perubahan dari pada nilai impak spesimen yang belum dilakukan *heat treatment* (raw material). Pada nilai impak tertinggi didapat dari variabel *temperatur tempering* 400°C *quenching* 900°C yaitu sebesar 0,40 J/mm² dan nilai terkecil didapat pada variabel *temperatur tempering* 200°C *quenching* 900°C dengan yaitu sebesar 0,27 J/mm². Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi *temperatur tempering* maka semakin tinggi pula harga impaknya.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM E8. (2010). ASTM E8/E8M standard test methods for tension testing of metallic materials 1. *Annual Book of ASTM Standards* 4, C, 1–27. <https://doi.org/10.1520/E0008>
- Handoyo, Y. (2015). Pengaruh Quenching dan Tempering pada Baja JIS Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Crankshaft. In *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. jurnal.unismabekasi.ac.id. <https://jurnal.unismabekasi.ac.id/index.php/jitm/article/download/350/265>
- Mizhar, S., & Suherman, S. (2011). Pengaruh

- Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan dari Baja AISI 4140. In *Jurnal dinamis*.
- Purwanto, H. (2011). Analisa Quenching Pada Baja Karbon Rendah Dengan Media Solar. *Momentum*, 7(1), 36–40.
- Purwanto, Helmy, Soenoko, R., Purnowidodo, A., & Suprpto, A. (2016). Pengembangan Material Tahan Balistik Sebagai Bahan Kendaraan Tempur di Indonesia : Review. *Seminar Nasional Inovasi Dan Aplikasi Teknologi Di Industri (Seniati)*, ISSN : 208, A.127-132.
- Sularso, K. S. (2004). Elemen Mesin. *Jakarta, Th.*
- Suroto, A., & Sudibyo, B. (1983). *Ilmu Logam Metallurgy* (A. M. College (ed.)). ATMI PRESS.
- Yurianto, Y., Soenoko, R., & Soeprapto, W. (2018). Optimasi Parameter Quenching dan Tempering pada HRP Steel Lokal sebagai Baja Armor Nasional. *Rekayasa Mesin*.
<https://rekayasamesin.ub.ac.id/index.php/rm/article/view/435>