

## INVESTIGASI PENGARUH *HEAT TREATMENT* TERHADAP KEKERASAN BAJA KARBON S40C PADA *PROGRESSIVE DIES*

Nurul Afiana<sup>1\*</sup>, Moch. Chamim<sup>1</sup>, Akhlis Rahman Sari Nurhidayat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Ceper

\*Corresponding author : afiananurul0@gmail.com

Diterima: 20 Februari 2022

Direvisi: 22 Maret 2022

Disetujui: 22 Maret 2022

Terbit online: 31 Maret 2022

### ABSTRAK

*Progressive dies* memiliki beberapa part untuk membentuk satu *dies*, salah satunya *part key lock (short)*. Pergantian *part key lock (short)* dengan material baja S40C (JIS G 4051). Peningkatan keuletan dan kekerasan pada material baja dapat dilakukan dengan proses *heat treatment* menggunakan metode *quenching* dan *tempering*. Penelitian untuk menganalisa pengaruh *heat treatment* dengan metode *quenching-tempering* tersebut diharapkan dapat meminimalkan pergantian *part key lock (short)*. Hasil mikrostruktur menunjukkan fasa yang dimiliki oleh material S40C berupa *ferrite* dan *pearlite* sebelum dilakukan proses *heat treatment*. Fasa yang terbentuk berupa *ferrite*, *pearlite*, dan *martensite* setelah proses *heat treatment*. Proses *quenching* 870° C dan menggunakan media oli meningkatkan nilai kekerasan dengan adanya fasa *martensite* pada struktur mikro. Temperature *tempering* 160° C menjaga kestabilan fasa *martensite* sehingga nilai kekerasan akan tetap stabil di nilai 49,28 HRC.

Kata kunci: *Martensite, Quenching, Tempering, S40C*

### ABSTRACT

*Progressive dies* are made up of multiple elements, one of which is the *key lock (short)* part. *Part key lock (short)* is replaced with steel material S40C (JIS G 4051). Heat treatment methods such as *quenching* and *tempering* can be used to increase the ductility and hardness of steel materials. The study of the effect of heat treatment using the *quenching-tempering* method is predicted to reduce the need for *key lock (short)* part replacement. S40C material contained phases in the form of *ferrite* and *pearlite*. After the heat treatment process, the produced phases are *ferrite*, *pearlite*, and *martensite*. In the presence of a *martensite* phase in the microstructure, *quenching* at 870° C and utilizing oil media enhanced the hardness value. The *tempering* temperature of 160° C maintains the *martensite* phase's stability, allowing the hardness value at 47.7 HRC.

Keywords: *Martensite, Quenching, Tempering, S40C*

## 1. PENDAHULUAN

Alat utama yang digunakan pada *stamping* untuk proses pemotongan atau pembentukan *sheet* metal dikenal dengan sebutan *dies*. *Dies* ada beberapa macam salah satunya adalah *progressive dies*. *Progressive dies* adalah proses pencetakan / *stamping* dilakukan semua proses dalam satu *dies*. Peningkatan keuletan dan kekerasan pada material baja dapat dilakukan dengan proses *heat treatment* menggunakan metode *quenching* dan *tempering*. Proses *quench* memanfaatkan laju pendinginan sehingga mempengaruhi karakter material dari perubahan fasa yang terjadi

menjadikan material menjadi lebih keras. Laju pendinginan yang cepat akan menimbulkan adanya *residual stress* pada material.

*Residual stress* pada proses quenching akan menjadikan material menjadi getas. Proses *temper* dilakukan untuk mengurangi *residual stress* pada material. Perubahan fasa dari *austenite* menjadi *martensite* dan proses *tempering* untuk menjadi karakteristik lebih ulet dari hasil *quenching*. Pada penelitian sebelumnya [1][2] penggunaan media *quenching* berupa *coconut water*, *pap water*, dan *spent engine oil* untuk *medium carbon steel alloy* memiliki hasil yang berbeda.

Proses *quenching* dipengaruhi oleh 2 hal berupa proses pendinginan yang dipengaruhi oleh media pencelupan (*quench*) dan tingkat *hardenability* yang dimiliki oleh material [3]. Tingkat laju pendinginan yang cepat akan mempengaruhi fasa yang terbentuk dan mempengaruhi dari sifat mekanik. Saha, dkk [4] menjelaskan penggunaan temperature *tempering* dibedakan menjadi 3 stage, (1) pada suhu 80-200° C, (2) pada suhu 200-300° C, (3) di atas suhu 300° C. Proses *tempering* dapat dilakukan melalui 2 cara *Low Temperature Tempering* dan *High Temperature Tempering* [5]. Pada penelitian Phetlam dan Uthaisangsuk [6] menjelaskan perubahan struktur mikro dipengaruhi dari kandungan unsur C yang dimiliki oleh material tersebut.

Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh proses *heat treatment quenching* dan *tempering* pada *part key lock (short)* material *medium carbon steel alloy*. Secara langsung penelitian ini berkontribusi dalam meningkatkan *life time* pada *part key lock (short)* tanpa mengganti jenis material *part key lock (short)*.

## 2. METODE PENELITIAN

Material *medium carbon steel* dengan ukuran 20 x 20 x 40 mm digunakan sebagai raw material dengan komposisi kimia yang dijelaskan pada Tabel 1. Nilai kekerasan S 40 C sebelum dilakukan proses *heat treatment* 5,88 HRC. Material dilakukan proses perlakuan panas sebesar 870° C dengan *holding time* selama 30 menit. Media *quenching* yang digunakan berupa *oil quenching best quench MF 70* pada gambar 1. Proses *tempering* dilakukan pada temperature 160° C dan *holding time* 30 menit. [6]

Tabel 1. Komposisi kimia S40C

Komposisi Unsur Kimia	Presentase (%)
C	0.37
Si	0.32
Cu	0.018
Ni	0.029
Cr	0.026
Mn	0.69
Fe	Balance



Gambar 1. Proses *quench* dengan media oil

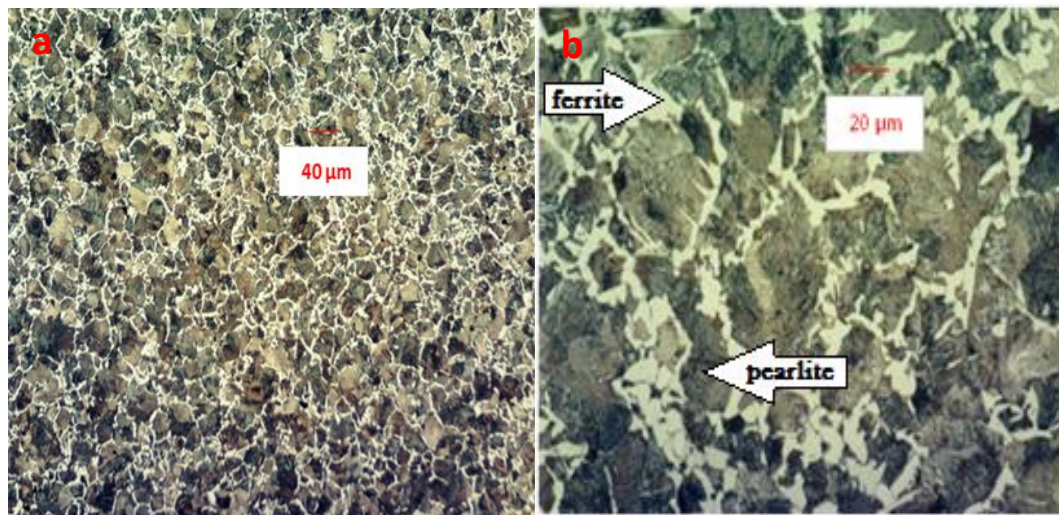
Pengujian mikrogafi dilakukan untuk mengetahui perubahan fasa yang terjadi sebelum dan sesudah dengan proses *etching* menggunakan *Picric acid* sesuai dengan ASTM E-407. Proses karakterisasi untuk mengetahui nilai kekerasan menggunakan HRC dengan beban 150 kgf selama 15 detik.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

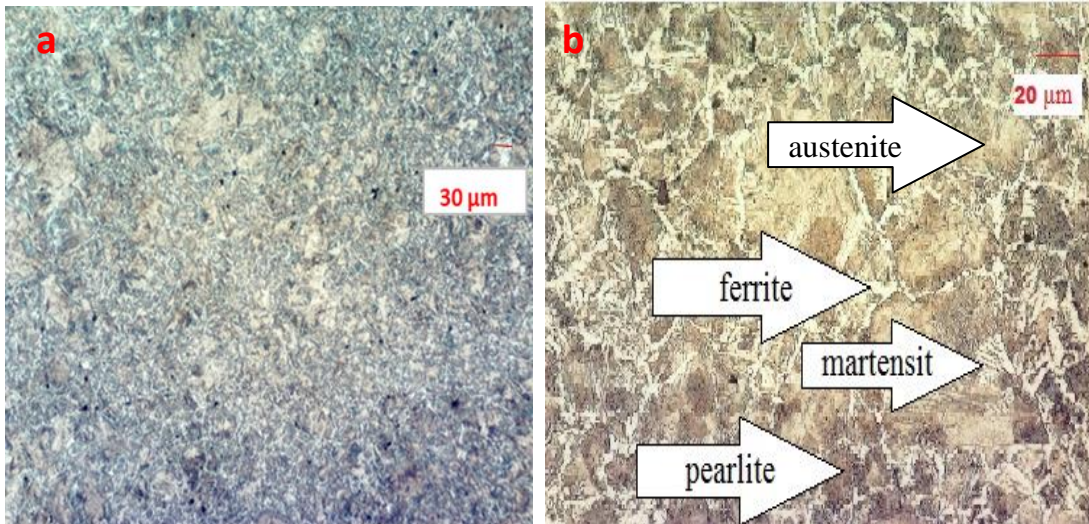
Hasil mikrostruktur menunjukkan fasa yang dimiliki oleh material S40C berupa *ferrite* dan *pearlite* sebelum dilakukan proses *heat treatment* seperti yang ditunjukkan pada gambar 1a. Pada gambar 1a memperlihatkan ukuran butir yang seragam dengan dominasi pearlit yang lebih dominan. Pearlit akan memberikan nilai kekerasan yang lebih besar daripada ferit. Fasa ferit ditunjukkan dengan area berwarna putih sementara pearlit yang berwarna hitam yang diperlihatkan pada Gambar 1b.[7].

Gambar 2 diperlihatkan fasa yang terbentuk berupa *austenite*, *ferrite*, *pearlite*, dan *martensite*. Proses *heat treatment* dengan temperatur 870° C merubah fasa *ferrite* menjadi *austenite*. Proses *quench* yang cepat menggunakan media oli tetap menunjukkan masih adanya fasa *austenite* yang terbentuk [8]. Fasa *austenite* ditunjukkan dengan area fasa berwarna *cream*. Proses *quenching* mengubah *austenite* menjadi *martensite* yang diperlihatkan pada Gambar 2b. *Martensite* terbentuk berupa *Lath* yang dipengaruhi oleh jumlah unsur C material S40C pada tabel 1.

Proses penahanan (*holding*) selama proses temper akan mempengaruhi dari ukuran butir pada material. Pada Gambar 2b setelah proses *heat treatment* memperlihatkan ukuran butir jauh lebih besar dari Gambar 2a raw material. Semakin lama *holding time* akan menyebabkan ukuran butir bertambah besar [9]. Perubahan *austenite* menjadi *martensite* terjadi melewati garis *Ms* (*Martensite Start*). Perubahan *martensite* terjadi pada temperatur 355 ° C menggunakan persamaan pada ASM Handbook [10]. Komposisi karbon dan paduan akan berpengaruh pada garis *Martensite Start* [11]. Laju pendinginan dengan media oli menunjukkan terbentuknya masa fasa *ferrite* dan *pearlite* yang ditunjukkan pada gambar 2b.



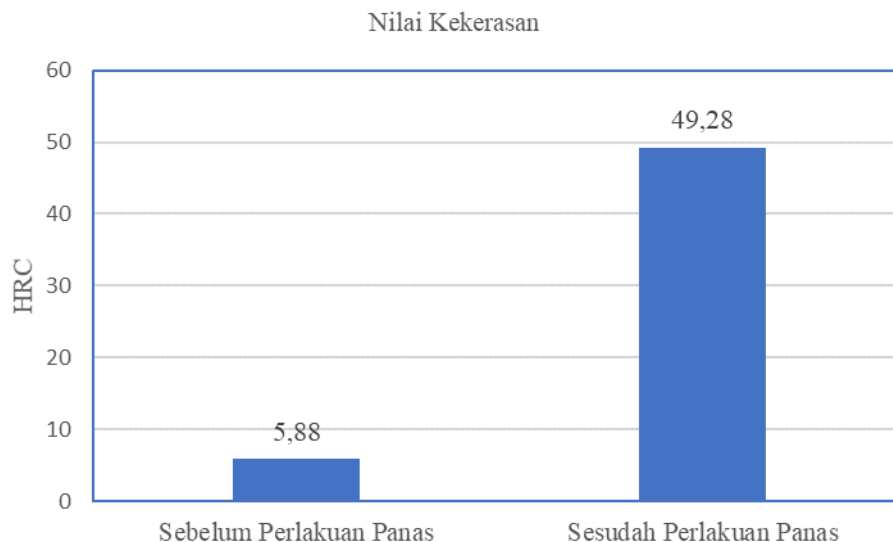
Gambar 1. Mikrostruktur S40C sebelum *heat treatment*  
(a) perbesaran 100x, (b) perbesaran 500x



Gambar 2. Microstruktur S40C sesudah *heat treatment*  
(a) perbesaran 100x, (b) perbesaran 500x

Peningkatan nilai kekerasan terjadi setelah proses *heat treatment* yang ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai kekerasan pada raw material sebesar 5,88 HRC meningkat setelah dilakukan proses *heat treatment* menjadi 49,28 HRC. Peningkatan kekerasan didasarkan pada perubahan fasa sebelum dan sesudah proses *heat treatment* [12][13].

Fasa martensite mempengaruhi sifat mekanis terutama pada nilai kekerasan. Peningkatan nilai kekerasan terjadi dengan distribusi fasa martensite yang dominan yang ditunjukkan pada gambar 2a. Nilai komposisi dari C pada material S40C mempengaruhi nilai kekerasan. Semakin besar jumlah C pada material akan meningkatkan nilai kekerasan [7]. Hal tersebut menyebabkan material menjadi getas yang dipengaruhi oleh proses *quenching*. *Residual stress* terjadi selama proses *quenching* yang membuat material menjadi lebih getas dari kondisi raw material.



Gambar 3, Nilai kekerasan S40C sebelum dan sesudah *heat treatment*.

Proses *tempering* pada temperature 160 ° C akan mengurangi *residual stress*. Proses *tempering* akan melunakan material. Penurunan nilai kekerasan terjadi akibat perubahan dari martensite menjadi tempered martensite. *Low tempering temperature* akan memberikan karakter pada material menjadi ductile [5][14].

Pada penelitian Agboola, dkk. [1] menggunakan medium carbon steel yang dilakukan proses *quench* menggunakan oli dengan nilai kekerasan 166 HRB menjadi 311 HRB. Penelitian Adeleke, dkk, [2] menunjukkan pada heat treatment quenching menggunakan media oli pada medium carbon steel memiliki hasil yang lebih rendah dibandingkan dengan air. Hal ini disebabkan pada laju pendinginan oli yang lebih lambat akan mengurangi *residual stress* pada material.

#### 4. KESIMPULAN

Nilai kekerasan pada material sebelum proses heat treatment sebesar 5,88 HRC. Proses *quench* 870° C dan menggunakan media oli meningkatkan nilai kekerasan dengan adanya fasa martensite pada struktur mikro. Temperature *tempering* 160° C menjaga kestabilan fasa martensite sehingga nilai kekerasan akan tetap stabil di nilai 49,28 HRC.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada kepada PT. Menara Terus Makmur yang telah memfasilitasi penelitian ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. O. Agboola *et al.*, “Optimization of heat treatment parameters of medium carbon steel quenched in different media using Taguchi method and grey relational analysis,” *Heliyon*, vol. 6, no. 7, p. e04444, 2020, doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e04444.
- [2] A. A. Adeleke *et al.*, “Tensile strength and micro-structural behaviour of medium carbon steel quenched in some selected media,” *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 10, pp. 2148–2156, 2018.
- [3] S. NUGROHO and G. HARYADI, “Pengaruh Media Quenching Air Tersirkulasi (Circulated Water) Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Baja Aisi 1045,” *Rotasi*, vol. 7, no. 1, pp. 19–23, 2005.
- [4] D. C. Saha, E. Biro, A. P. Gerlich, and Y. Zhou, “Effects of tempering mode on the structural changes of martensite,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 673, pp. 467–475, 2016, doi: 10.1016/j.msea.2016.07.092.
- [5] G. Krauss, “Martensite in steel: Strength and structure,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 273–275, pp. 40–57, 1999, doi: 10.1016/s0921-5093(99)00288-9.
- [6] P. Phetlam and V. Uthaisangsuk, “Microstructure based flow stress modeling for quenched and tempered low alloy steel,” *Mater. Des.*, vol. 82, pp. 189–199, 2015, doi: 10.1016/j.matdes.2015.05.068.
- [7] A. Calik, A. Duzgun, O. Sahin, and N. Ucar, “Effect of carbon content on the mechanical properties of medium carbon steels,” *Zeitschrift fur Naturforsch. - Sect. A J. Phys. Sci.*, vol. 65, no. 5, pp. 468–472, 2010, doi: 10.1515/zna-2010-0512.
- [8] S. Pashangeh, M. C. Somani, S. S. Ghasemi Banadkouki, H. R. Karimi Zarchi, P. Kaikkonen, and D. A. Porter, “On the decomposition of austenite in a high-silicon medium-carbon steel during quenching and isothermal holding above and below the Ms temperature,” *Mater. Charact.*, vol. 162, no. December 2019, p. 110224, 2020, doi: 10.1016/j.matchar.2020.110224.
- [9] R. C. Chen, C. Hong, J. J. Li, Z. Z. Zheng, and P. C. Li, “Austenite grain growth and grain size distribution in isothermal heat-treatment of 300M steel,” *Procedia Eng.*, vol. 207, pp. 663–668, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.10.1038.

- [10] ASM Handbook, *Heat Treating*, vol. 4. 1991.
- [11] G. Krauss, *Quench and Tempered Martensitic Steels: Microstructures and Performance*, vol. 12. Elsevier, 2014.
- [12] S. Salunkhe, D. Fabijanic, J. Nayak, and P. Hodgson, “Effect of Single and Double Austenitization Treatments on the Microstructure and Hardness of AISI D2 Tool Steel,” *Mater. Today Proc.*, vol. 2, no. 4–5, pp. 1901–1906, 2015, doi: 10.1016/j.matpr.2015.07.145.
- [13] M. H. Khani Sanij, S. S. Ghasemi Banadkouki, A. R. Mashreghi, and M. Moshrefifar, “The effect of single and double quenching and tempering heat treatments on the microstructure and mechanical properties of AISI 4140 steel,” *Mater. Des.*, vol. 42, pp. 339–346, 2012, doi: 10.1016/j.matdes.2012.06.017.
- [14] E. Abbasi, Q. Luo, and D. Owens, “A comparison of microstructure and mechanical properties of low-alloy-medium-carbon steels after quench-hardening,” *Materials Science and Engineering A*, vol. 725, pp. 65–75, 2018, doi: 10.1016/j.msea.2018.04.012.