

**PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING*
DENGAN VARIASI *HOLDING TIME* 10, 30 DAN 60 MENIT
TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO
BAJA KARBON SEDANG**



**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Menyelesaikan Program Studi Strata I
Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh :

**REVAN PAJAR ALFIANTO
D200160222**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING*
DENGAN VARIASI *HOLDING TIME* 10, 30 DAN 60 MENIT
TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO
BAJA KARBON SEDANG**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

REVAN PAJAR ALFIANTO

D200160222

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

**PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING* DENGAN
VARIASI *HOLDING TIME* 10, 30 DAN 60 MENIT TERHADAP NILAI
KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG**

oleh :

REVAN PAJAR ALFIANTO

D200 160 222

Telah diterima dan disahkan oleh Dewan Penguji Jurusan Teknik Mesin Fakultas
Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Sabtu tanggal, 13 Februari 2021

Dewan Penguji :

1. Ketua : Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, M.T. (.....)
(Ketua Dewan Penguji)
2. Anggota 1 : Kholqillah Ardhian Ilman, S.T., M.Eng. (.....)
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Anggota 2 : Agus Yulianto, S.T., M.T. (.....)
(Anggota II Dewan Penguji)

Dekan,

24022021



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM.
NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak pernah terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan mempertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 13 Februari 2021

Penulis



REVAN PAJAR ALFIANTO
D 200 160 222

PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN *TEMPERING* DENGAN VARIASI *HOLDING TIME* 10, 30 DAN 60 MENIT TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG

Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk meneliti pengaruh proses *tempering* pada temperatur 350°C dengan variasi *holding time* 10 menit, 30 menit dan 60 menit terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro baja karbon sedang setelah mengalami proses *quenching* dengan media pendingin air. Proses *tempering* banyak digunakan untuk meningkatkan sifat ulet pada baja. Pada penelitian ini baja karbon sedang yang digunakan berukuran 30 mm x 30 mm dengan tebal 5 mm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada variasi *holding time* 10, 30 dan 60 menit secara berturut-turut nilai kekerasannya 26,1 HRC, 30,4 HRC dan 26,9 HRC. Untuk *raw material* memiliki nilai kekerasan 42,5 HRC dan nilai kekerasan *quenching* 39,3 HRC. Hasil ini menunjukkan bahwa *tempering* merubah fasa *martensite* dari proses *quenching* menjadi *tempered martensite* yang memiliki kekerasan lebih rendah.

Kata Kunci : Quenching, Tempering, Tempered Martensite, Nilai Kekerasan, Struktur Mikro

Abstract

This research was conducted to examine the effect of the tempering process at a temperature of 350°C with a variation of the holding time of 10 minutes, 30 minutes and 60 minutes on the hardness and microstructure values of medium carbon steel after undergoing the quenching process with water cooling media. The tempering process is widely used to increase the ductility properties of steel. In this study, medium carbon steel was used measuring 30 mm x 30 mm with a thickness of 5 mm. The results of this study indicate that at the variation of the holding time of 10, 30 and 60 minutes the hardness values are 26.1 HRC, 30.4 HRC and 26.9 HRC, respectively. Raw material has a hardness value of 42.5 HRC and a quenching hardness value of 39.3 HRC. These results indicate that tempering changes the martensite phase from the quenching process to tempered martensite which has lower hardness.

Keywords: Quenching, Tempering, Tempered Martensite, Hardness Value, Microstructure

1. PENDAHULUAN

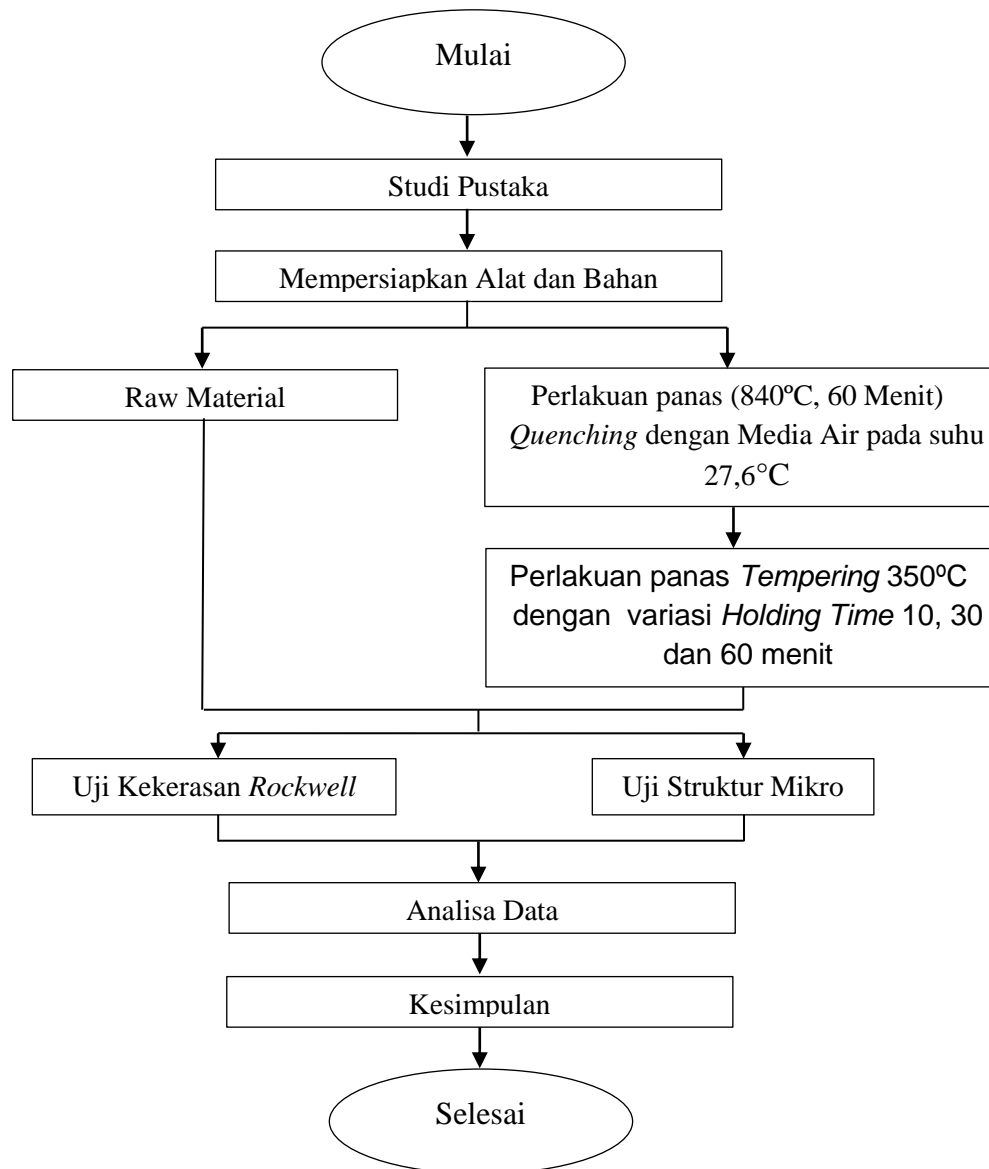
Dalam masa sekarang ini material logam masih menjadi material yang banyak digunakan di produksi peralatan dan bahan baku kendaraan karena sifatnya yang kuat. Material baja karbon adalah salah satu jenis logam yang banyak digunakan untuk pembuatan peralatan, seperti alat perkakas, alat pertanian, komponen-komponen otomotif dan kebutuhan rumah tangga. Baja karbon sendiri dibagi menjadi tiga yaitu, baja karbon rendah, sedang dan tinggi. Dari

setiap jenis mempunyai kegunaannya masing-masing, misal baja karbon rendah digunakan untuk pembuatan lembaran, *strip*, plat, kawat, batangan, baja struktur, baja profil (*section*). Baja karbon sedang untuk pembuatan poros, as, roda gigi dan pegas. Baja karbon tinggi untuk pembuatan rel kereta, alat potong, *punch*, palu, pisau kapak dan pegas.

Perlakuan panas atau *heat treatment* mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal (*internal stress*), menghaluskan ukuran butir kristal dan meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik logam. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas, yaitu suhu pemanasan, waktu yang diperlukan pada suhu pemanasan, laju pendinginan dan lingkungan atmosfer. Beberapa contoh perlakuan panas antara lain *quenching*, *tempering*, *carburizing*, *annealing*, *normalizing*, dll. (Jordi *et al.*, 2017)

Penelitian ini menggunakan proses *quenching* dengan media air dan *tempering* dengan variasi waktu 10, 30 dan 60 menit terhadap baja karbon sedang. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kekerasan dan uji mikrografi untuk mengetahui struktur mikro. Pemakaian variasi yang dilakukan pada penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi dan pengetahuan dalam memperoleh fasa *tempered martensite* pada proses *tempering* baja karbon sedang.

2. METODE



Gambar 1. Diagram Alir

Langkah-langkah dalam proses penelitian adalah sebagai berikut :

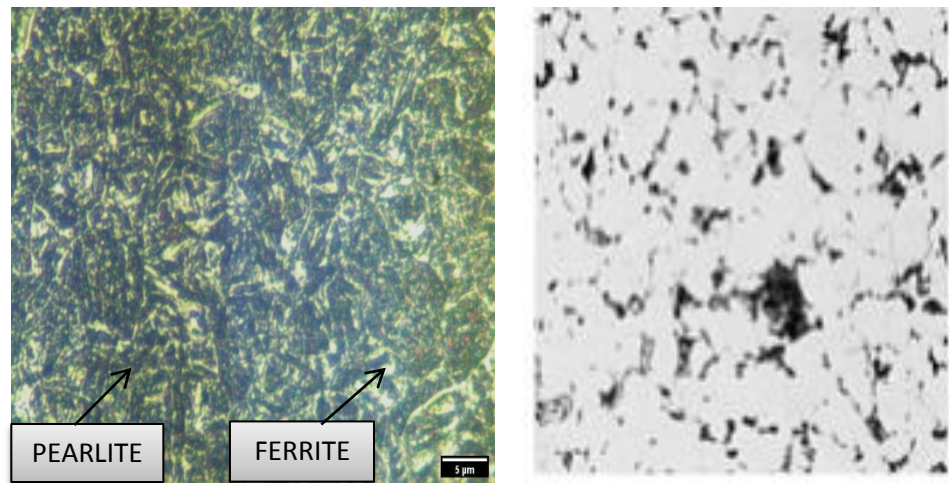
- 1) Mencari referensi mengenai proses *tempering*, proses *quenching*, baja karbon, pengujian foto mikro, pengujian kekerasan baik dari buku, jurnal-jurnal, situs internet, maupun dari tugas akhir terdahulu.
- 2) Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini.

- 3) Pemilihan *standart* sebagai acuan dalam penelitian ini yang meliputi ukuran spesimen, proses penelitian dan proses pengujian.
- 4) Pemotongan spesimen dengan ukuran panjang dan lebar 30 mm x 30 mm dan tebal 5 mm.
- 5) Pembagian spesimen untuk *raw material* 1 spesimen dan *heat treatment quenching* 1 spesimen dan *tempering* 3 spesimen.
- 6) Proses perlakuan panas pada temperatur 840 °C, dengan waktu tahan 60 menit. Proses *quenching* ke dalam media pendingin air dengan suhu 27,6 °C.
- 7) Setelah proses *quenching*, selanjutnya melakukan proses *tempering* pada temperatur 350°C dengan variasi holding time 10, 30 dan 60 menit dan didinginkan dengan media pendingin udara.
- 8) Melakukan uji mikrografi dan uji kekerasan *rockwell*.
- 9) Hasil pengujian yang sudah didapat dianalisa dan kemudian diberikan kesimpulan dari apa yang didapat dari pengujian spesimen ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Struktur Mikro

Dari pengujian struktur mikro dilakukan dengan mengambil foto mikro permukaan pada *raw material* sebelum melalui proses *quenching* dan *tempering* dan sesudah melalui proses *tempering* dan *quenching* yang berupa plat baja dengan panjang lebar 30 mm dan tebal 5 mm. Foto mikro diambil dengan perbesaran 500x. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 2, 3 dan 4.

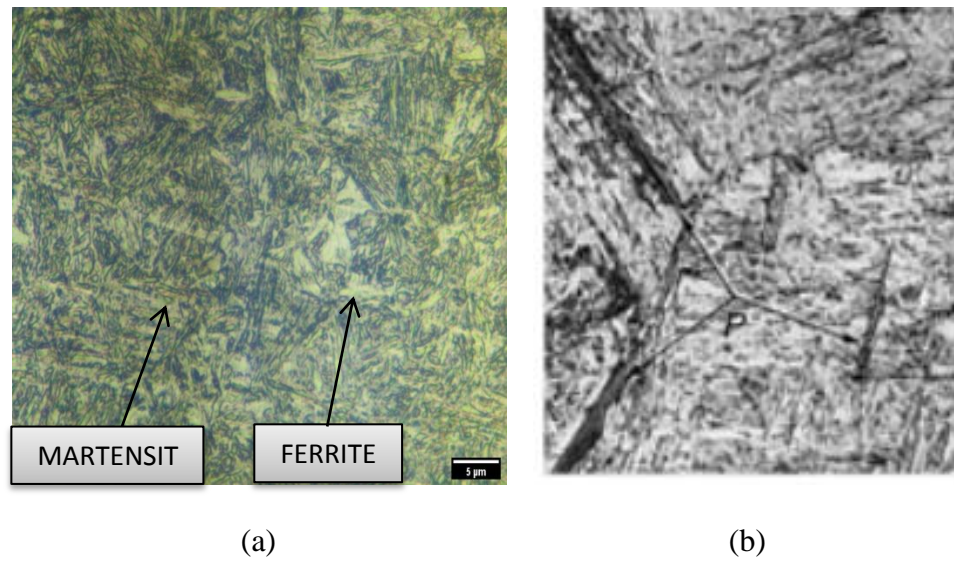


(a)

(b)

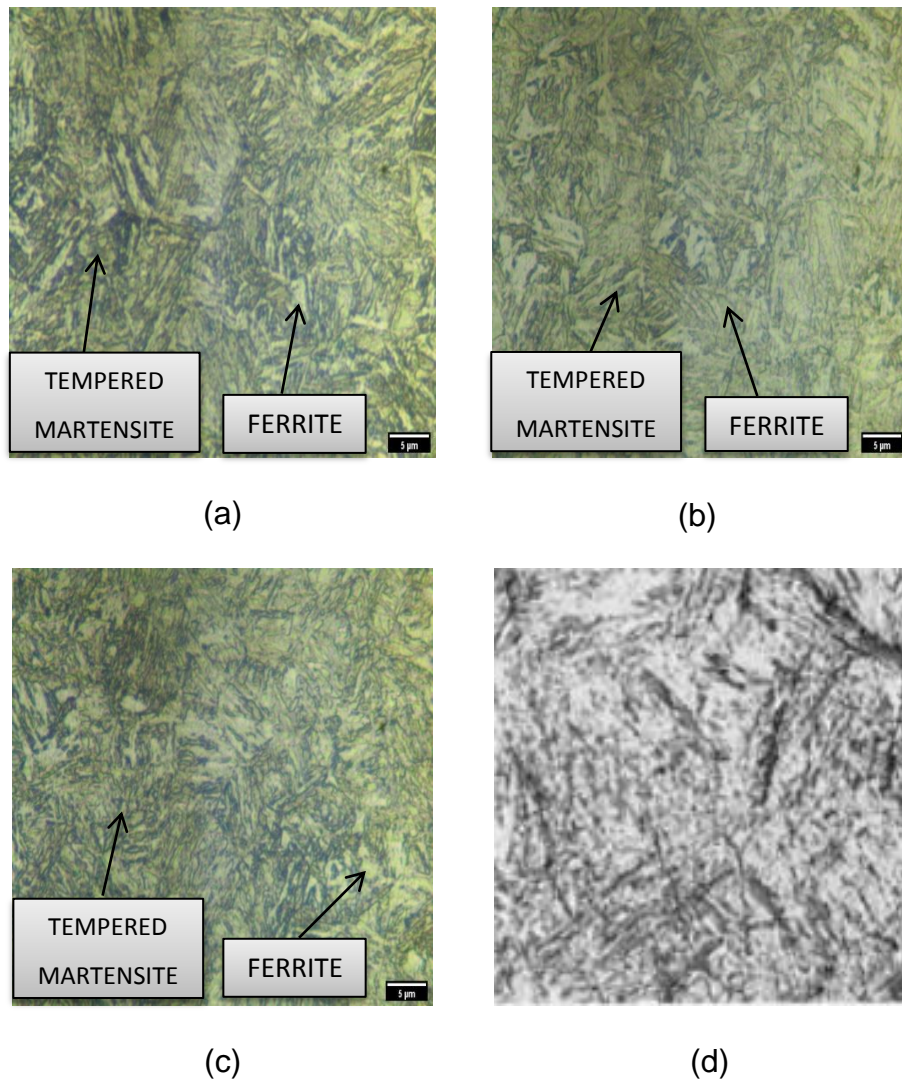
Gambar 2. (a) Hasil pengujian Mikrografi *raw material* dengan perbesaran 500x, (b) Struktur Mikro *Raw Material* (ASM Handbook Vol.9)

Pada gambar 2 terlihat bahwa spesimen *raw material* masih memiliki banyak perlit dibanding ferit. Kristal perlit yang memiliki struktur lebih keras banyak mendominasi struktur baja karbon sedang. Sementara kristal ferit yang berada diantaranya dan punya struktur lebih lunak jumlahnya lebih sedikit. Perlit yang memiliki struktur lebih keras dibandingkan ferit akan sangat mempengaruhi pengukuran kekerasan, karena jika mengenai ferit akan ditemukan harga yang lebih rendah dan bila terkena perlit akan ditemukan harga yang lebih tinggi.



Gambar 3. (a) Hasil pengujian Mikrografi setelah mengalami *quenching* media air dengan perbesaran 500x, (b) Struktur Mikro Setelah *Quenching* dengan media air (ASM Handbook Vol.9)

Pada gambar 3 terlihat perubahan fasa martensit, hal ini disebabkan pada material yang telah diberi perlakuan panas *quenching* yang dimana sifat dan struktur martensit mempunyai kerapatan yang tinggi. Fasa martensit ini dapat diperoleh jika kandungan karbon dalam baja relatif tinggi. Perbedaan struktur baja karbon sedang tanpa dan dengan perlakuan panas dapat dilihat dengan memperhatikan struktur fasa dan kerapatan struktur mikronya.



Gambar 4. (a) Hasil pengujian Mikrografi *tempering* dengan *holding time* 10 menit dengan perbesaran 500x, (b) *Holding Time* 30 menit, (c) *Holding Time* 60 menit, (d) Struktur Mikro setelah *tempering* (ASM Handbook Vol.9)

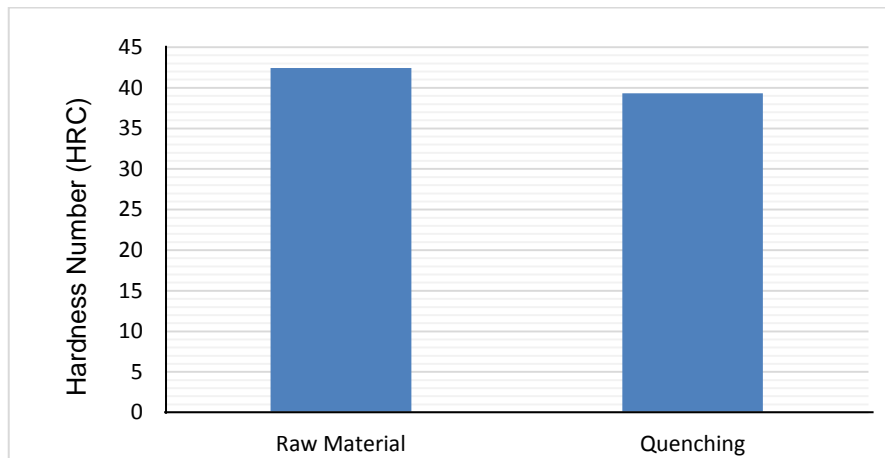
Pada gambar 4 terlihat perubahan fasa martensit menjadi *tempered martensite* setelah mengalami perlakuan *tempering* dengan *holding time* 10 menit, 30 menit dan 60 menit yang didinginkan pada suhu ruangan. Struktur *tempered martensite* yang dihasilkan dari ketiga material yang divariasikan waktu penahanannya memiliki kerapatan yang hampir sama. Pada penelitian ini spesimen dengan perlakuan *tempering* dengan *holding time* 10 menit memiliki struktur yang lebih rapat dibandingkan dengan spesimen lain yang

holding time temperingnya lebih lama. Kemudian spesimen dengan waktu tahan 30 menit tidak lebih rapat dibandingkan spesimen dengan waktu tahan 60 menit. Dan *tempering* dengan waktu penahan 60 menit memiliki struktur yang tidak lebih rapat dibandingkan dengan spesimen dengan waktu tahan 10 menit.

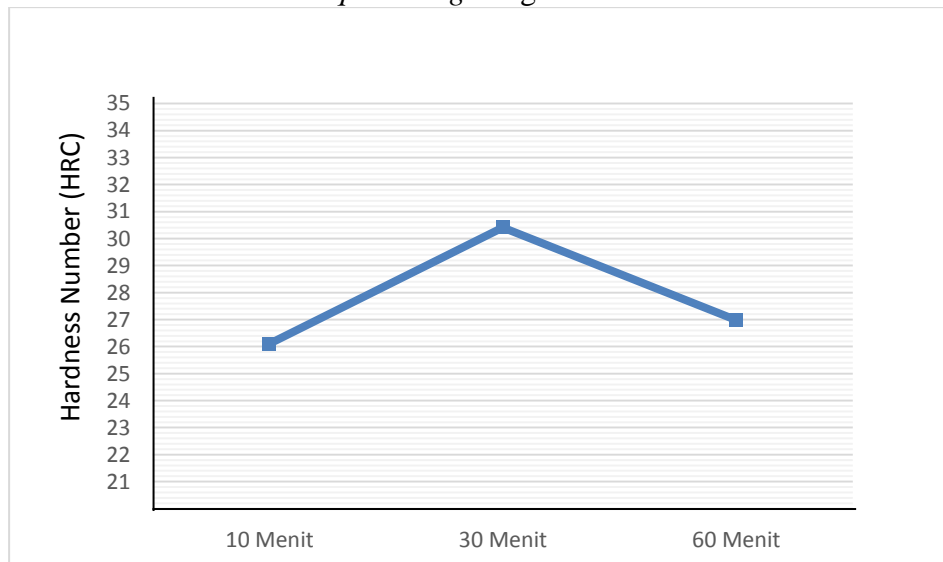
Hal ini disebabkan pada spesimen perlakuan panas *tempering* sebelumnya telah diberi perlakuan panas *quenching* yang memiliki struktur martensit yang dimana struktur martensit memiliki kerapatan yang tinggi sedangkan *tempering* sendiri berguna untuk membentuk struktur *tempered martensite* yang membuat baja semakin ulet dan kuat. Sehingga baja yang mengalami *quenching* dengan temperatur yang tinggi akan memiliki struktur mikro yang lebih rapat dan baja yang di *tempering* dengan temperatur dibawah temperatur kritis lebih lama akan mengurangi kekerasan struktur mikronya dan membuatnya lebih ulet dan kuat.

3.2 Pengujian Kekerasan Rockwell

Kekerasan permukaan material di uji dengan menggunakan metode *Hardness Rockwell*. Pada Uji *Hardness Rockwell* digunakan skala C dengan beban (P) major 150 kgf. Pengujian dilakukan pada keenam spesimen yaitu diantaranya *raw material*, material setelah *quenching* dan material setelah *tempering* dengan *holding time* 10, 30 dan 60 menit. Pengujian diatas dilakukan pada masing-masing bahan uji sebanyak 9 titik sampel kemudian diambil nilai rata-ratanya. Hasil kekerasan pada baja karbon sedang sebelum dan sesudah *quenching* serta *tempering* dapat dilihat pada gambar 5 dan 6 berikut :



Gambar 5 Hasil Pengujian Menggunakan *Rockwell Hardness* sebelum dan setelah *quenching* dengan media air



Gambar 6 Hasil Pengujian Kekerasan Menggunakan *Rockwell Hardness* setelah *tempering* dengan *holding time* 10, 30 dan 60 menit

Dari data yang sudah ada dapat dilihat bahwa nilai kekerasan *raw material* adalah 42,5 HRC. Nilai kekerasan menurun setelah mengalami perlakuan panas *quenching*, dengan nilai kekerasan 39,3 HRC. Lalu, pada perlakuan panas *tempering* pada *holding time* 10 menit, kekerasan menunjukkan nilai 26,1 HRC, meningkat lagi pada *tempering* dengan *holding time* 30 menit dengan nilai kekerasan 30,4 HRC dan menurun lagi pada *tempering* dengan *holding time* 60 menit dengan nilai 26,9 HRC. Hal

ini menunjukkan adanya perbedaan struktur pada baja karbon sedang yang peneliti teliti. Karena *quenching* yang seharusnya menambah tingkat kekerasan pada baja karbon sedang justru malah lebih rendah dari *raw material* itu sendiri.

Dari penulis mengasumsikan bahwasanya mungkin saja perbedaan hasil nilai kekerasan setelah proses *quenching* lebih rendah dimungkinkan pengaruh waktu penahanan selama 60 menit saat proses *quenching*, yang menyebabkan struktur baja menjadi lebih lunak. Sedangkan hasil dari proses *tempering* dengan *holding time* 10, 30 dan 60 menit dapat ditarik hasil bahwa kekerasan baja semakin menurun, tetapi melalui penambahan waktu *tempering* penurunan kekerasan tidak selalu meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian Samad Taghizadeh, *et al.*, (2013) yaitu dengan peningkatan suhu *tempering*, penurunan kekerasan meningkat, tetapi melalui peningkatan waktu *tempering* penurunan kekerasan tidak selalu meningkat. Dari penelitian yang telah dilakukan dapat memperlihatkan bahwa masih banyak pengaruh faktor teknis dalam proses perlakuan panas yang mampu merubah struktur kekerasan pada baja. Yang dimana membuat perlakuan yang sama tidak dapat menghasilkan hasil yang sama, karena pengaruh tersebut.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisis data pada pengujian struktur mikro dan kekerasan *rockwell* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Nilai kekerasan *raw material* adalah 42,5 HRC, sedangkan nilai kekerasan setelah di *quenching* menjadi 39,3 HRC. Nilai kekerasan setelah proses *quenching* lebih rendah dimungkinkan pengaruh waktu penahanan selama 60 menit saat proses *quenching*, yang menyebabkan struktur baja menjadi lebih lunak. Pada perlakuan panas *tempering* dengan *holding time* 10, 30 dan 60 menit menunjukkan nilai kekerasan berturut-turut 26,1 HRC, 30,4 HRC dan 26,9 HRC. Hasil ini

menunjukkan bahwa *tempering* merubah *martensite* (dari proses *quenching*) menjadi *tempered martensite* yang memiliki kekerasan lebih rendah.

- 2) Pengujian struktur mikro pada *raw material* lebih banyak kristal *pearlite* dibandingkan *ferrite*. Sedangkan struktur mikro pada perlakuan panas *quenching* menghasilkan struktur fasa *martensite*. Perlakuan *tempering* dengan *holding time* 10, 30 dan 60 menit tidak merubah secara signifikan dari fasa *martensite* menjadi *tempered martensite*.

4.2 Saran

Pada penelitian ini, bahwa masih banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis memberikan beberapa saran.

- 1) Dalam pemilihan bahan lebih diperhatikan lagi agar sesuai dengan syarat dan ketentuan yang ingin dicapai.
- 2) Pada saat melakukan pengujian kekerasan dan foto mikro sebaiknya pada saat persiapan pengujian lebih diperhatikan standar pengujiaannya agar menghemat waktu pengerjaan dan hasil yang baik.
- 3) Mencari standar baja atau yang sudah tersertifikasi sebelum melakukan penelitian sebagai pedoman melakukan pengujian.
- 4) Dalam melakukan foto mikro mungkin bisa belajar dalam menggunakan mikroskopnya agar bisa mendapat hasil foto yang lebih detail.
- 5) Perawatan alat laboratorium mungkin lebih di tingkatkan lagi agar dalam melakukan penelitian, peneliti mendapat hasil yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriany, R., Asmadi, A., & Nuryanti, S. Z. (2017). Analisa Pengaruh Variasi Katalis BaCO₃, NaCO₃ dan CaCO₃ Pada Proses Karburasi Baja Karbon Sedang Dengan Pendinginan Tunggal. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 4 (1), 38.
- ASM Handbook (1998). Volume 9. Metallography And Microstructures. *ASM Internasional*.
- Fhadillah, A., Budiarto, U., & Budi, A. W. (2017). Analisa Sifat Mekanis Baja St 60 Setelah Carburizing Menggunakan Arang Batok Katalis BaCO₃ Dan Quenching Dengan Oli Dan Air Garam. *Teknik Perkapalan*, 5 (2), 421–

- Firmansyah, A, A. (2014). Analisa Struktur Mikro dan Kekerasan Baja S45C pada Proses Quench-Temper dengan Media Pendingin Air. *Jurnal Teknik Mesin UNESA*, 3 (1), 113-119.
- Jordi, M., Yudo, H., & Jokosisworo, S. (2017). Analisa Pengaruh Proses Quenching Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Baja St 36 Dengan Pengelasan Smaw. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 5 (1), 272–281.
- Mustofa, A., Jokosisworo, S., & S, A. W. B. (2018). Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Lentur Putar dan Kekuatan Puntir Baja ST 41 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Quenching. *Teknik Perkapalan*, 6 (1), 199–206.
- Nugroho, E., Sulis, D., Asroni., & Wahidin. (2019). Pengaruh Temperatur dan Media Pendingin pada Proses Heat Treatment Baja AISI 1045 terhadap Kekerasan dan Laju Korosi. *Jurnal Program Studi Teknik Mesin UM Metro*, 8 (1), 99-110.
- Periyanto. (2016). Analisa Pengaruh Media Perlakuan Panas Quenching terhadap Keerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Sedang. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung*, 4 (1), 21-26.
- Pratowo, B., & HR, A. F. (2018). Analisa Kekerasan Baja Karbon AISI 1045 Setelah Mengalami Perlakuan Quenching. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung*, 5 (2), 1–30.
- Rizal, Y. (2014). Analisa Pengaruh Media Quench terhadap Kekuatan Tarik Baja AISI 1045. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Pasir Pangaraian*, 6 (2), 183-190.
- Samad Taghizadeh, Asghar Safarian, Shalaleh Jalah dan Aydin Salimiasi (2013). *Developing A Model For Hardness Prediction In Water-Quenched And Tempered AISI 1045 Steel Through An Artificial Neural Network*. Elsevier : *Journal of materials and design*, 51, 530-535.
- William D. Callister, J. (2007). Materials Science and Engineering. In *Journal of Materials Science* (Seventh Ed, Vol. 26).