

**ANALISA PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN WAKTU
TEMPERING 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 :

MUHAMMAD DAHLAN AMIEN

D200160110

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

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISA PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN WAKTU
TEMPERING TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN
STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh :

MUHAMMAD DAHLAN AMIEN

D200160110

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing



Ir. Bibit Sugito, M.T.

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISA PENGARUH PROSES *QUENCHING* DAN WAKTU
TEMPERING TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR
MIKRO BAJA KARBON SEDANG**

oleh :

MUHAMMAD DAHLAN AMIEN

D200160110

Telah diterima dan disahkan oleh Dewan Penguji Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Rabu tanggal, 17 Februari 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Ketua : Ir. Bibit Sugito, M.T.

(Ketua Dewan Penguji)


(.....)

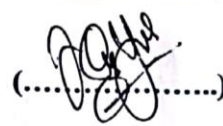
2. Anggota 1 : Bambang Waluyo Febriantoko, S.T., M. T.(.....)

(Anggota I Dewan Penguji)


(.....)

3. Anggota 2 : Agus Yulianto, S.T., M.T.

(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)



Dekan,

10032021

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, 17 Februari 2021

Penulis



MUHAMMAD DAHLAN AMIEN
D200160110

ANALISA PENGARUH PROSES QUENCHING DAN WAKTU TEMPERING TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG

ABSTRAK

Baja karbon sedang banyak digunakan dalam pembuatan komponen mesin seperti poros, roda gigi, dan komponen mesin lainnya. Untuk meningkatkan sifat mekanik pada baja dapat diubah dengan cara memberikan perlakuan panas *quenching* dan *tempering*. Pada penelitian ini *quenching* dilakukan dengan perlakuan panas pada suhu 840°C selama 60 menit kemudian dilanjutkan dengan pendinginan cepat dengan media air dan *tempering* dilakukan pada suhu 200°C dan dengan variasi waktu penahanan 10, 30, dan 60 menit kemudian didinginkan secara perlahan pada temperatur ruang. Hasil dari pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan rata-rata raw material 42,5 HRC dan setelah *quenching* 39,3 HRC. Lalu pada proses *tempering* dengan variasi waktu penahanan 10, 30, dan 60 menit didapatkan nilai kekerasan berturut-turut 42,3 HRC, 42,5 HRC, dan 42,5 HRC. Dengan demikian variasi waktu penahanan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekerasan baja karbon sedang dan tidak merubah martensit menjadi martensit temper secara signifikan.

Kata Kunci : *Quenching, Tempering, Kekerasan, Struktur Mikro*

ABSTRACT

Medium Carbon steel widely used in the manufacture of engine components such as shafts, gears and other engine components. To improve the mechanical properties of the steel it can be changed by providing quenching and tempering heat treatment. In this study, quenching was carried out with heat treatment at a temperature of 840 ° C for 60 minutes then followed by rapid cooling with water media and tempering was carried out at a temperature of 200 ° C and with variations in holding time of 10, 30, and 60 minutes then cooled slowly at room temperature. The results of the hardness test showed that the raw material hardness value was 42.5 HRC and 39.3 HRC after quenching. Then in the tempering process with a variation of the holding time of 10, 30, and 60 minutes, the hardness values were 42.3 HRC, 42.5 HRC, and 42.5 HRC, respectively. Thus, the variation in holding time does not significantly affect the hardness value of medium carbon steel and does not significantly change martensite to tempered martensite.

Key Words : *Quenching, Tempering, Hardness, Microstructure*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman yang begitu cepat dan juga semakin majunya teknologi saat ini, material logam masih menjadi material yang banyak dibutuhkan sebagai bahan baku produksi industri. Saat ini logam banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai bahan baku pembuatan peralatan pertanian, industri otomotif, alat-alat perkakas, bahkan kebutuhan rumah tangga. Terdapat berbagai jenis logam yang ada di alam, salah satunya adalah baja karbon sedang. Material baja karbon sedang adalah jenis logam yang banyak digunakan dalam pembuatan peralatan, poros, roda gigi, dan juga komponen-komponen mesin lainnya.

Untuk memenuhi kebutuhan material baja karbon sedang sebagai bahan baku produksi yang bagus, maka perlu dilakukan suatu proses perlakuan panas (*heat treatment*) guna meningkatkan sifat mekanik material sesuai dengan kebutuhan. Salah satunya adalah *quenching* untuk meningkatkan kekerasan. Yaitu perlakuan panas terhadap material hingga temperatur austenit yang dilanjutkan pendinginan dengan cepat. Dan *tempering* untuk mengurangi tegangan sisa, meningkatkan ketangguhan dan keuletan yang berkurang selama mengalami pengerasan *martensite*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai kekerasan baja karbon sedang setelah mengalami proses *quenching* dan *tempering*?
2. Bagaimana struktur mikro baja karbon sedang setelah mengalami proses *quenching* dan *tempering*?

1.3. Batasan Masalah

Untuk menentukan arah penelitian agar lebih terfokus, maka ditentukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Jenis material logam yang digunakan adalah baja karbon sedang.

2. Perlakuan panas pada benda uji dengan suhu 840°C dengan waktu penahanan selama 60 menit.
3. Media yang digunakan untuk proses *quenching* adalah air dengan temperatur ruangan.
4. Perlakuan panas pada proses *tempering* menggunakan suhu 200°C dengan waktu penahanan selama 10, 30, dan 60 menit.
5. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan rockwell dan pengujian struktur mikro menggunakan mikroskop metalografi.

1.4. Tujuan Penelitian

Dalam penelitian yang dilakukan ini, memiliki beberapa tujuan sebagai berikut :

1. Menganalisa nilai kekerasan pada baja karbon sedang setelah mengalami proses *quenching* dan *tempering*.
2. Menganalisa struktur mikro pada baja karbon sedang setelah mengalami proses *quenching* dan *tempering*.

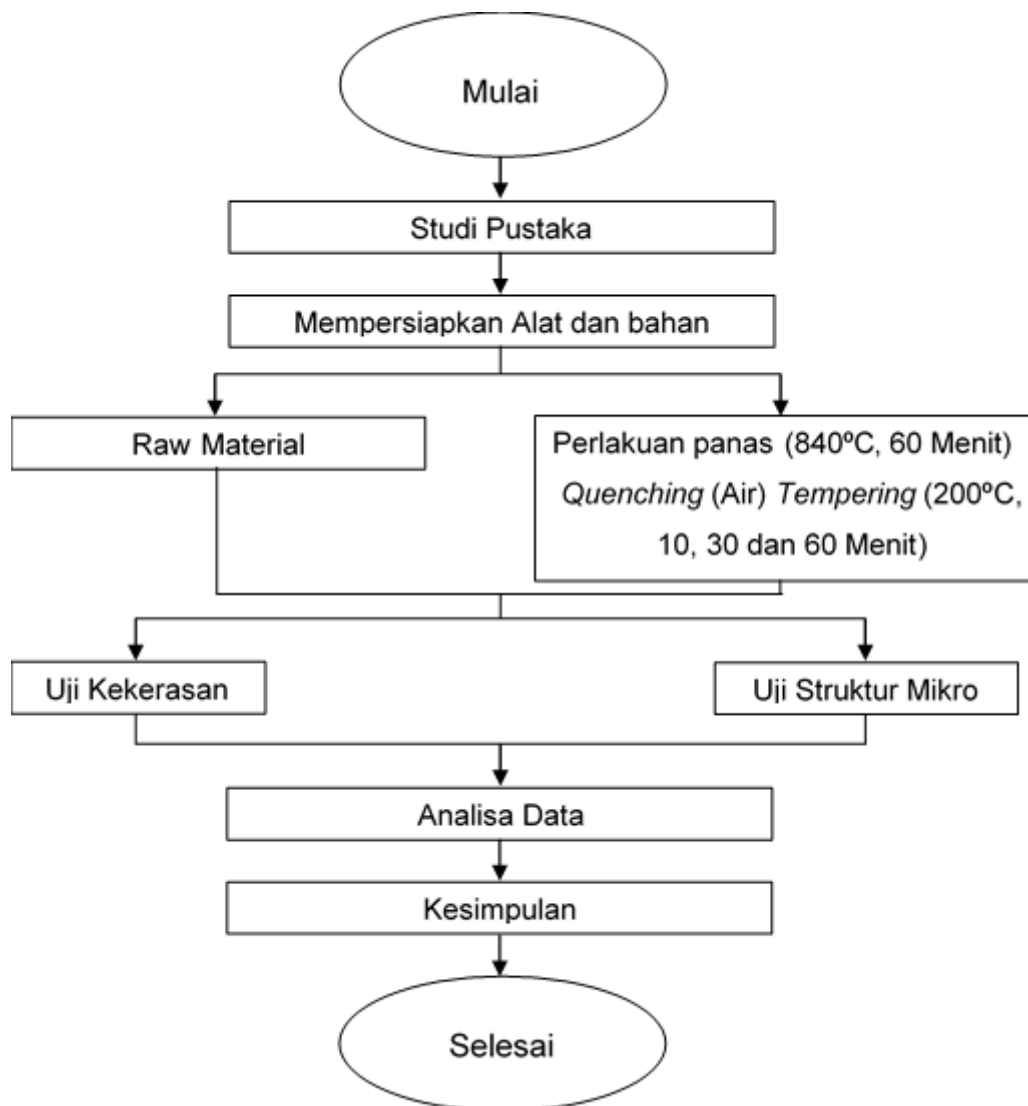
1.5. Tinjauan Pustaka

Prawoto dan Fernando (2018) telah melakukan penelitian tentang analisa kekerasan baja karbon AISI 1045 setelah mengalami perlakuan *quenching*. Penelitian tersebut menggunakan baja karbon AISI 1045 yang dipanaskan sampai suhu 950°C dengan waktu pemanasan 45 menit. Kemudian didinginkan secara cepat. Media yang digunakan untuk proses pendingin pada penelitian tersebut yaitu air, oli, dan air garam. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan. Hasil dari uji kekerasan baja AISI 1045 dengan media air garam memiliki nilai kekerasan 91,73 HRB, dengan media air memiliki nilai kekerasan 88,33 HRB, dengan media oli garam memiliki nilai kekerasan 77,73 HRB, dan raw material 65,40 HRB.

Taghizadeh, *et al.*(2013) telah melakukan penelitian tentang pengembangan model prediksi kekerasan pada *quenching* media air dan *tempering* baja AISI 1045 melalui ANN (*artificial neural network*). Pada penelitian tersebut menggunakan baja AISI 1045 yang diberi perlakuan panas 840°C dan dilakukan penahanan selama 15 menit. Setelah itu bahan

uji di *quenching* dengan cara direndam media air pada temperatur kamar. Kemudian dilanjutkan dengan proses *tempering* dengan 3 variasi suhu (200, 350 dan 500°C) dan 6 variasi waktu (10, 20, 40, 60, 80 dan 100 menit). Dari eksperimen yang dilakukan didapatkan 18 nilai hasil pengujian rockwell, Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai maksimal penurunan kekerasan adalah 29,5 HRC pada variasi *tempering* suhu 500°C dengan waktu selama 60 menit dan nilai minimum penurunan kekerasan adalah 3 HRC pada variasi *tempering* suhu 200°C dengan waktu 10-20 menit.

2. METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir

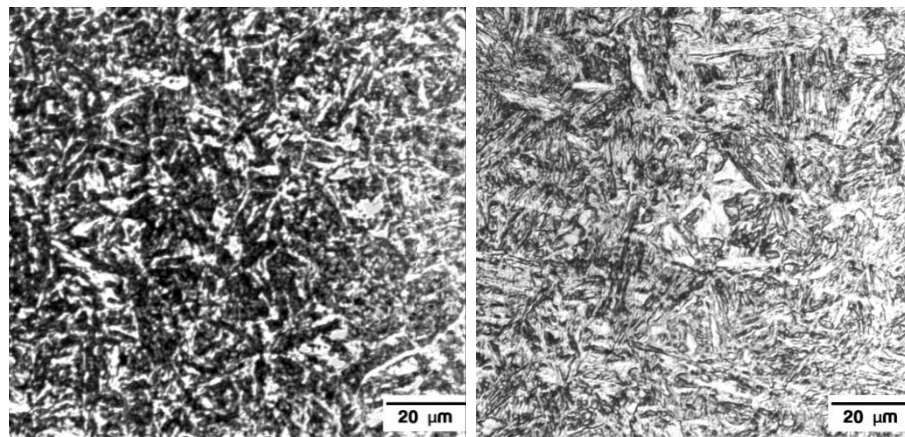
Langkah-langkah dalam proses penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Mencari berbagai referensi mengenai baja karbon, proses *quenching* dan *tempering*, pengujian kekerasan dan struktur mikro baik dari buku, 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 dimensi 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 temperatur ruang.
- 7) Setelah proses *quenching*, dilanjutkan dengan proses *tempering* pada temperatur 200°C dengan variasi waktu penahanan 10, 30 dan 60 menit dan di dinginkan dengan media pendingin udara.
- 8) Melakukan uji kekerasan *rockwell* dan uji struktur mikro.
- 9) Melakukan analisa terhadap data hasil pengujian yang didapatkan dan kemudian memberikan kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Struktur Mikro

Dari pengujian struktur mikro yang dilakukan dengan cara mengambil foto mikro dengan perbesaran 500x pada permukaan spesimen uji yaitu spesimen raw material, spesimen yang telah melalui proses *quenching* dengan media air dan spesimen yang telah melalui proses *tempering* dengan suhu 200°C dengan variasi waktu penahanan selama 10, 30, dan 60 menit. dapat dilihat pada gambar 2 dan 3.

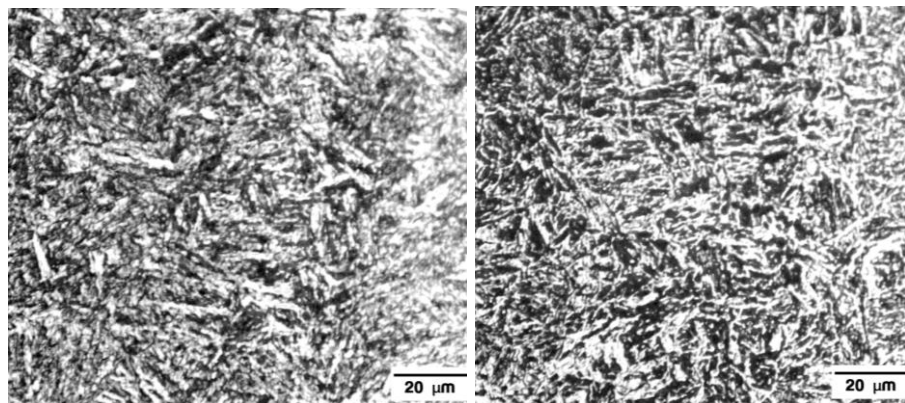


(a)

(b)

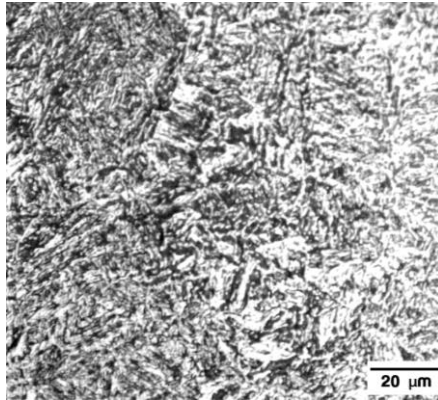
Gambar 2. Hasil pengujian mikrofografi (a) raw material. Ferit (putih) perlit (hitam). (b) Setelah *quenching*. Austenisasi 60 menit pada suhu 840°C. media pendingin air. Struktur martensit. Nital 3%. 500x.

Pada gambar 2 (a) terlihat bahwa spesimen yang belum melalui proses perlakuan panas (raw material) terdapat banyak perlit dibandingkan dengan ferit. perlit yang memiliki struktur lebih keras terlihat lebih mendominasi sedangkan ferit yang memiliki struktur lebih lunak berada diantaranya. (b) terlihat adanya perubahan fasa yaitu martensit. Struktur martensit ini terbentuk karena perlakuan panas pada spesimen uji hingga mencapai temperatur *austenite*, yaitu pada penelitian ini menggunakan suhu 840°C dan dilanjutkan dengan pendinginan cepat (*quenching*) menggunakan media air. Sifat dari martensit yaitu memiliki kerapatan yang tinggi.



(a)

(b)



(c)

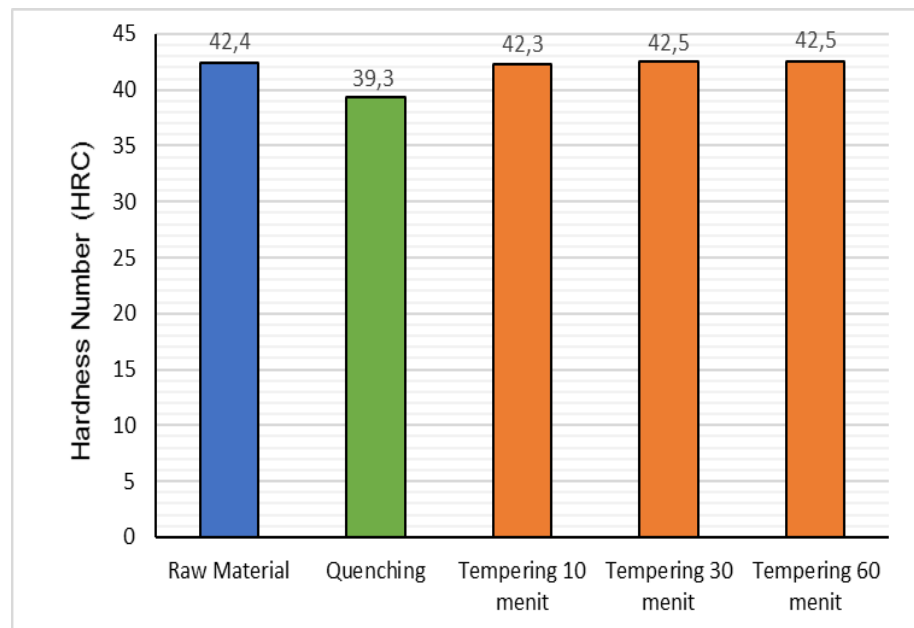
Gambar 3. Hasil pengujian mikrografi setelah *tempering* suhu 200°C. (a) 10 menit. (b) 30 menit. (c) 60 menit. Struktur martensit temper. Nital 3%. 500x.

Pada gambar 3 yaitu spesimen yang telah mengalami proses *tempering* pada suhu 200°C dengan variasi waktu penahanan selama 10, 30, dan 60 menit dan kemudian didinginkan secara perlahan pada temperatur ruangan. dapat kita lihat bahwa terjadi perubahan fasa dari struktur martensit menjadi struktur martensit temper. Akan tetapi jika diperhatikan perubahan dari struktur martensit menjadi struktur martensit temper ini tidak terjadi secara signifikan pada spesimen yang mengalami proses *tempering*. Dari variasi waktu penahan yang digunakan pada proses *tempering* ini yaitu 10, 30, dan 60 menit dapat kita lihat bahwa struktur mikro yang terbentuk dari ketiga variasi waktu penahanan tidak jauh berbeda. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa variasi waktu penahanan atau semakin lama waktu penahanan yang digunakan dalam proses *tempering* pada suhu 200°C tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan struktur mikro pada material baja karbon sedang.

3.2 Pengujian Kekerasan Rockwell

Pengujian kekerasan menggunakan metode *Hardness Rockwell*. Pada uji Hardness Rockwell digunakan skala C dengan beban (P) major 150 kgf. Pengujian dilakukan pada kelima spesimen yaitu yaitu

raw material, material setelah mengalami *quenching* dan material setelah mengalami *tempering* dengan waktu penahanan 10, 30, dan 60 menit. Pengujian diatas dilakukan pada masing-masing spesimen uji sebanyak 9 titik sampel kemudian diambil nilai rata-ratanya. Hasil kekerasan pada baja karbon sedang sebelum dan sesudah mengalami proses *quenching* dan *tempering* dapat dilihat pada gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Grafik hasil pengujian kekerasan rockwell pada raw material, setelah *heat treatment* pada suhu 840°C selama 60 menit dan *quenching* media air, dan *tempering* pada suhu 200°C dengan *holding time* 10, 30 dan 60 menit.

Dari hasil perlakuan panas *quenching* yang dilakukan terhadap spesimen baja karbon sedang pada suhu 840°C dengan waktu penahanan selama 60 menit dan kemudian dilakukan pendinginan secara cepat menggunakan media air terdapat perbedaan pada nilai kekerasan yang dihasilkan terhadap raw material. Spesimen raw awal yang tanpa perlakuan panas memiliki nilai kekerasan rata-rata sebesar 42,4 HRC. Sedangkan spesimen yang telah melalui proses *quenching* memiliki nilai kekerasan rata-rata yang lebih rendah dari raw material

yaitu 39,3 HRC. Hal ini menunjukkan bahwa adanya ketidakstabilan struktur baja karbon sedang yang digunakan pada penelitian ini, karena seharusnya proses *quenching* menjadikan nilai kekerasan baja karbon sedang semakin meningkat. Sedangkan proses *quenching* yang dilakukan pada penelitian ini justru menjadikan nilai kekerasan pada spesimen lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai kekerasan dari raw material.

Dari penulis mengasumsikan bahwa mungkin saja terjadinya ketidakstabilan nilai kekerasan pada spesimen baja karbon sedang yang digunakan dalam penelitian ini akibat dari pengaruh proses penahanan yang terlalu lama yaitu selama 60 menit pada saat pemanasan baja sebelum dilakukan proses *quenching*. sehingga dari lamanya waktu penahanan tersebut menjadikan struktur menjadi lebih lunak.

Pada spesimen yang dilakukan proses *tempering* pada suhu 200°C dengan variasi waktu penahanan yaitu selama 10, 30, dan 60 menit yang kemudian didinginkan pada temperatur ruang dapat kita lihat bahwa tidak terjadi perbedaan nilai kekerasana yang signifikan. Pada variasi waktu penahanan selama 10 menit didapatkan nilai kekerasan rata-rata sebesar 42,3 HRC. Pada variasi waktu penahanan selama 30 dan 60 menit didapatkan nilai kekerasan rata-rata yang sedikit lebih tinggi yaitu sebesar 42,5 HRC.

Dari hasil yang diperoleh dari proses *tempering* dengan variasi waktu penahanan pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variasi waktu penahanan atau semakin lama waktu penahanan yang digunakan dalam proses *tempering* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan pada baja karbon sedang. Hal ini sesuai dengan penelitian perdana, *et al.* (2017) yang menyatakan bahwa kenaikan waktu *tempering* relatif tidak merubah kekerasan pada baja. Variasi waktu penahanan yang paling optimal digunakan

dalam proses *tempering* pada baja karbon sedang dengan suhu 200°C adalah 10 menit yang menghasilkan nilai kekerasan 42,3 HRC.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian yang dilakukan berdasarkan data yang telah dianalisis adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian kekerasan rockwell didapatkan nilai kekerasan raw material sebesar 42,5 HRC dan setelah proses *quenching* sebesar 39,3 HRC. Didapatkannya nilai kekerasan ini diasumsikan karena adanya ketidakstabilan struktur baja karbon sedang yang digunakan dipengaruhi proses penahanan yang terlalu lama yaitu selama 60 menit pada saat pemanasan baja sebelum dilakukan proses *quenching*.

Perlakuan panas *tempering* dengan variasi waktu penahanan 10, 30, dan 60 menit berturut-turut menghasilkan nilai kekerasan rata-rata 42,3 HRC, 42,5 HRC, dan 42,5 HRC. Variasi waktu penahanan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekerasan baja karbon sedang dan waktu penahanan yang paling optimal adalah 10 menit.

2. Dari hasil pengujian struktur mikro, raw material menunjukkan adanya perlit yang lebih banyak dibandingkan dengan ferit. Sedangkan struktur mikro pada spesimen yang telah mengalami proses *quenching* menghasilkan martensit. Variasi waktu penahanan 10, 30, dan 60 menit tidak merubah struktur mikro secara signifikan.

4.2 Saran

Pada penelitian ini, masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu peneliti menyarankan beberapa hal untuk penelitian yang akan dilakukan selanjutnya sebagai berikut :

1. Pada tahap pemilihan material yang akan dilakukan pengujian lebih diperhatikan lagi agar sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.
2. Pada proses *heat treatment* lebih diperhatikan lagi dalam cara penggunaan tungku pemanas agar temperatur pada tungku pemanas dapat stabil sesuai dengan temperatur yang diinginkan.
3. Pada penelitian ini hanya menggunakan perlakuan panas dengan temperatur 200°C dan 3 variasi waktu penahan pada proses *tempering*. Untuk selanjutnya bisa dikembangkan dengan lebih banyak variasi temperatur dan waktu agar bisa diperoleh hasil yang lebih akurat.
4. Pada penelitian ini hanya dilakukan pengujian struktur mikro dan pengujian kekerasan. Untuk selanjutnya bisa dikembangkan untuk pengujian yang lainnya.

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. *Jurnal Teknik Teknika*. 4(1), 38-50.
- 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. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 7(1), 29-36.
- George E. Totten. (2006). *Metalurgy And Technologies, Steel Heat Treatment Handbook* 2nd edition. USA : Taylor & Francis Group.
- 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.

- Lissic, B. et al. (2010). Quenching theory and technology. 2nd edition. USA : Taylor & Francis Group.
- 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.
- Mustofa, Z. (2016). “Analisa Pengaruh Pendingin Terhadap Kekerasan Bahan Aisi 1045 Pada Proses Heat Treatment”. Tugas Akhir. *Teknik Mesin Universitas Nusantara Pgri Kediri, Kediri*.
- 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.
- Perdana, et al. (2017). Pengaruh Suhu Dan Waktu Tempering Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, Dan Laju Korosi Baja Tahan Karat Martensitik 13cr3mo3ni. *Metallurgi*, 32(1), 37-44.
- Periyanto. (2016). *Analisa Pengaruh Media Perlakuan Panas Quenching terhadap Keerasan dan Struktur Mikro Baja Karbon Sedang*. *Jurnal Teknik Mesin*. 4(1), 21-26.
- Pratowo, B., & HR, A. F. (2018). Analisa Kekerasan Baja Karbon AISI 1045 Stelah Mengalami Perlakuan Quenching. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(2), 9-13.
- Razak, A.H., & Rasyid, S. (2018). Pengaruh Perbandingan Berat Media Quenching Dengan Berat Spesimen Uji Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon Sedang (S45c). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, p.182-187.
- Taghizadeh, et al. (2013). Developing a model for hardness prediction in water-quenched and tempered AISI 1045 steel through an artificial neural network. *Elsevier : Journal of material and design*, 51, 530-535.
- Trihutomo, P. (2015). Analisa Kekerasan Pada Pisau Berbahan Baja Karbon Menengah Hasil Proses Hardening Dengan Media Pendingin Yang Berbeda. *Jurnal Teknik Mesin*, 23(1).28-34.

William D. Callister, J. (2007). Materials Science and Engineering. In *Journal of Materials Science* (Seventh Ed, Vol. 26).