

## **ANALISA KEKERASA DAN STRUKTUR MIKRO TERHADAP VARIASI TEMPERATUR TEMPERING PADA BAJA AISI 4140**

Susri Mizhar<sup>1)</sup> dan Gerhana Burhanuddin Tampubolon<sup>2)</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Mesin ,Institut Teknologi Medan (ITM)  
Jl.Gedung Arca No 52 Telp.(061) 7363771 Fax. (061) 7347954  
Medan 20271 Sumatra Utara email : itm@itm.ac.id

### **Abstrak**

*Pada penelitian ini material terlebih dahuludibentuk menjadi spesimen impak kemudian di normalizing pada suhu 850°C untuk menyeragamkan butiran , lalu dikeraskan (Hardening) pada temperatur 850°C ditahan selama 3 jam dan didinginkan dengan cepat (quencing) pada media pendingin oli mesran SAE 40 sampai mencapai temperatur kamar. Spesimen setelah proses quenching dipanaskan kembali pada temperatur tempering yang divariasikan yaitu 200°C, 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C dengan waktu tahan 2 jam. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa material AISI 4140 yang telah mengalami proses normalizing memiliki nilai kekerasan 38,2 HRC, kemudian nilai kekerasan naik drastis setelah di hardening menjadi 52 HRC kenaikannya sekitar 26%. Pada proses tempering dengan temperatur 200°C nilai kekerasannya tidak terjadi penurunan malah sebaliknya, kembali naik tetapi kenaikan dianggap tidak terjadi karena sangat kecil sekali sekitar 0,5% , pada temper 300°C nilai kekerasan terjadi penurunan sekitar 3% menjadi 50 HRC, kekerasan terus menurun pada temper 400°C nilai kekerasannya menurun sekitar 8% menjadi 47,4 HRC, temper 500°C nilai kekerasannya kembali menurun sekitar 23% menjadi 40 HRC dan pada temper 600°C nilai kekerasannya terjadi penurunan drastis sekitar 33% menjadi 34,5HRC. Setelah proses quench struktur mikro yang terbentuk adalah martensit dan bainit lalu setelahproses temper struktur mikro manjadi temper martensit serta struktur lain yang terbentuk adalah austenit sisa.*

**Kata kunci : AISI 4140, Kekerasan, Mikrostruktur, Hardening, Quench, Temper.**

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Baja merupakan material yang penggunaannya paling luas, hal ini mengingat baja mempunyai kekuatan tinggi, mampu dimesin dengan baik, mudah dibentuk, mudah diperoleh dipasaran. Sifat baja tergantung dengan unsur yang ada di dalamnya dan beberapa baja jenis tertentu sifatnya dapat diubah melalui proses perlakuan panas [6]. Pengerjaan logam untuk membuat komponen roda gigi pada umumnya diawali dengan pengerjaan mesin. Upaya untuk memperbaiki sifat dan kualitas komponen roda gigi adalah dengan cara melakukan pengerasan (*hardening*). Dengan melakukan *hardening* maka akan diperoleh kekerasan yang lebih tinggi, semakin tinggi angka kekerasan maka keuletan akan menjadi rendah dan baja akan menjadi getas, baja yang demikian tidak baik untuk berbagai pemakaian. Oleh karena itu biasanya setelah dilakukan proses pengerasan kemudian dilanjutkan dengan proses *Temper* yaitu pemanasan kembali dari baja yang telah dikeraskan pada temperatur dibawah temperatur austenisasi yang disusul dengan pendinginan untuk mengurangi atau menghilangkan tegangan sisa (*residual stress*) dan mengembalikan sebagian keuletan dan ketangguhan dari baja akibat proses *hardening*. Melalui Proses *Temper*, kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan.

Dalam pembuatan komponen mesin yang baik harus ada hubungan antara sifat mekanis yang dibutuhkan dengan manufaktur yang akan dilakukan. Sering terjadi kesalahan seperti hasil produksi yang tidak sesuai dengan perencanaan

(*design*), kemungkinan pada saat melakukan pembuatan komponen mengalami kesulitan yang disebabkan kurangnya data-data pendukung yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan perencanaan (*design*).

Untuk dapat mengatasi hal tersebut perlu dilakukan penelitian agar data-data pendukung yang dibutuhkan saat melakukan proses produksi (*manufacture*) dapat digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur tempering terhadap kekerasan dan struktur mikro baja AISI 4140 sebagai bahandari roda gigi.

## TINJAUAN PUSTAKA

Salah satu upaya untuk meningkatkan kekerasan, ketahanan aus dan kekuatan baja dapat dilakukan dengan proses pengerasan termal, pada proses ini baja mengalami beberapa tahap proses yaitu: pemanasan awal, pemanasan lanjut, penahanan waktu pada temperatur stabil, dan pendinginan. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon dalam logam baja dan unsur lainnya dalam baja, temperatur pemanasan, *holding time* dan laju pendinginan yang dilakukan saat proses laku panas [6]. Hasil proses perlakuan panas (*heat treatment*) juga dipengaruhi oleh tebal sampel dan volume air *quenching* yang digunakan sebagai media pendingin [9].

Media pendingin air memiliki laju pendinginan lebih tinggi yaitu 241°C/detik dibandingkan dengan media pendingin oli yaitu 108°C/detik. Peningkatan laju pendinginan menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi tetapi resiko terjadinya retak pada spesimen sangat dominan. Penurunan laju pendingin menyebabkan nilai

kekerasan semakin rendah dampak positifnya dapat meminimalkan terjadinya retak pada proses *quench* material baja jenis AISI 4140 [10].

Perlakuan panas diberikan pada baja untuk menghasilkan sifat-sifat yang diinginkan sesuai dengan penggunaannya. Perlakuan panas diawali dengan proses austenisasi (pemanasan hingga temperatur austenit) yang kemudian disusul pendinginan dengan beragam kecepatan pendinginannya, yang akan menghasilkan fasa akhir yang terbentuk berbeda-beda. Dengan pendinginan yang lambat, akan terbentuk struktur mikro coarse pearlite dan lapisan tipis ferit sementit. Ditingkatkannya laju pendinginan akan mengurangi ketebalan lamela. Jika ditingkatkan lagi akan membentuk struktur mikro bainit. Laju pendinginan yang sangat cepat akan menghasilkan struktur mikro martensit [8].

Selama tempering kekuatan dan kekerasan dari baja AISI 4340 mengindikasikan penurunan kekuatan sebagai kenaikan temperatur dan waktu penahanan. Keuletan dari material meningkat dengan peningkatan temperatur dan waktu penahanan, tetapi ketangguhan dan keuletan merosot ketika ditemper pada temperatur 300°C [11].

## METODOLOGI PENELITIAN

### Bahan Penelitian

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah Baja Karbon Sedang AISI 4140 berbentuk spesimen impak standart ASTM E23 type C. Bahan ini kemudian akan dibentuk menjadi spesimen pengujian kekerasan dan pengamatan struktur mikro.

### Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini spesimen diperlakukan melalui beberapa proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) antara lain:

#### 1. Proses *normalizing*

Proses Normalizing diawali dengan persiapan bahan dan dapur pemanas. Pemanasan dilakukan menggunakan dapur listrik. Spesimen AISI 4140 dipanaskan pada temperatur 850°C ditahan selama 3 jam dinginkan secara alami pada udara sampai temperatur kamar untuk menyeragamkan butiran setelah proses pengerjaan mesin.

#### 2. Proses *Hardening*

Proses hardening dilakukan setelah proses normalizing. Spesimen dipanaskan kembali pada temperatur 850°C dan ditahan selama 3 jam kemudian didinginkan pada media pendingin Oli SAE 40.

#### 3. Proses *Tempering*

Proses *tempering* dilakukan dengan cara memanaskan kembali spesimen setelah proses hardening pada temperatur 200°C, 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C dan ditahan selama 2 jam kemudian didinginkan pada media pendingin Udara.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

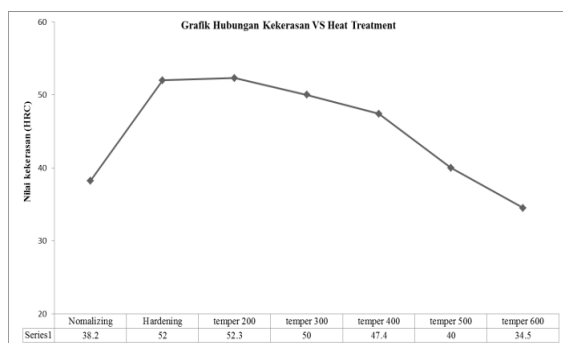
Tabel 1. Hasil pengujian komposisi kimia

| No. | Nama Unsur | Simbol | Kandungan (%) |
|-----|------------|--------|---------------|
| 1.  | Carbon     | C      | 0,4192        |
| 2.  | Silicon    | Si     | 0,2303        |
| 3.  | Sulfur     | S      | 0,0048        |
| 4.  | Phospor    | P      | 0,0131        |
| 5.  | Manganese  | Mn     | 0,6812        |
| 6.  | Nikel      | Ni     | 0,0313        |
| 7.  | Chromium   | Cr     | 0,9473        |
| 8.  | Molybdenum | Mo     | 0,1809        |
| 9.  | Vanadium   | V      | 0,0093        |
| 10. | Copper     | Cu     | 0,0138        |
| 11. | Seng       | Sn     | 0,0016        |

|     |           |    |        |
|-----|-----------|----|--------|
| 12. | Alumunium | Al | 0,0154 |
| 13. | Ferro     | Fe | 97,458 |

### Hasil Pengujian Kekerasan

Data hasil pengujian ini dikelompokkan menjadi 7 kelompok, yaitu data untuk spesimen Normalizing, Hardening, dan spesimen yang ditemper dengan temperatur 200°C, 300°C, 400°C, 500°C dan 600°C. Secara umum, hasil pengujian kekerasan yang didapat terlihat dalam Gambar 1 berikut ini.

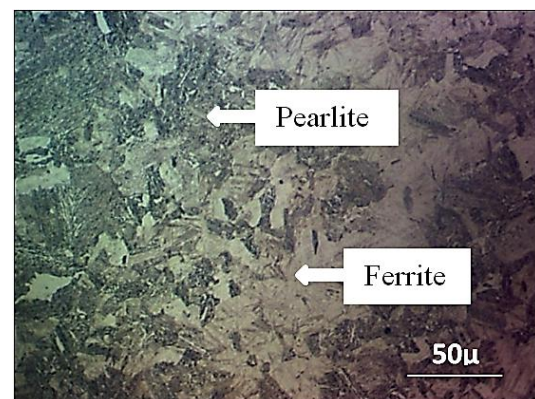


Gambar 1. Grafik Pengujian kekerasan

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa material AISI 4140 yang telah mengalami proses normalizing memiliki nilai kekerasan 38,2 HRC, kemudian nilai kekerasan naik drastis setelah di hardening menjadi 52 HRC kenaikannya sekitar 26%. Pada proses tempering dengan temperatur 200°C nilai kekerasannya tidak terjadi penurunan malah sebaliknya, kembali naik tetapi kenaikan dianggap tidak terjadi karena sangat kecil sekali sekitar 0,5% , pada temper 300°C nilai kekerasan terjadi penurunan sekitar 3% menjadi 50 HRC, kekerasan terus menurun pada temper 400°C nilai kekerasannya menurun sekitar 8% menjadi 47,4 HRC, temper 500°C nilai kekerasannya kembali menurun sekitar 23% menjadi 40 HRC dan pada temper 600°C nilai kekerasannya terjadi penurunan drastis sekitar 33% menjadi 34,5HRC.

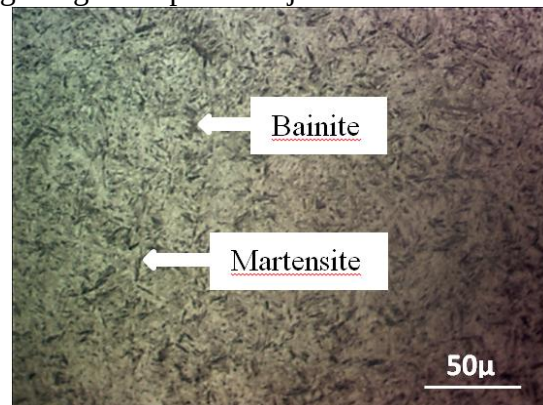
### Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Gambar 2 merupakan hasil foto mikro spesimen *Normalizing* baja paduan rendah AISI 4140. Dari gambar terlihat struktur mikro yang ada adalah ferit dan pearlit. Struktur ferit tampak berwarna putih sedangkan pearlit terlihat lebih warna kecoklatan, keduanya memiliki ukuran butir besar dan kasar. Struktur pearlit bersifat keras akibat kandungan karbon yang dimiliki fasa tersebut, sedangkan ferit memiliki sifat lunak dan liat.



Gambar 2. Foto mikro spesimen Normalizing 850°C Pembesaran 400X

Dari gambar 3, terlihat struktur martensit telah terbentuk akibat proses pendinginan cepat setelah dihardening pada temperatur 850°C. Struktur lain yang terlihat adalah bainit yang berwarna hitam berbentuk garis-garis seperti lidi/jarum.



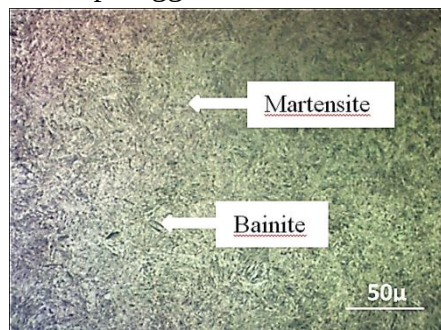
Gambar 3. Foto mikro spesimen *hardening* 850°C dengan *quench* Pembesaran 400X

Struktur martensit terlihat berwarna putih, berbentuk seperti butiran-butiran, penyebarannya yang hampir menyeluruh menandakan spesimen ini bersifat keras dan getas.



Gambar 4. Foto mikro struktur spesimen *temper 200°C* Pembesaran 400X

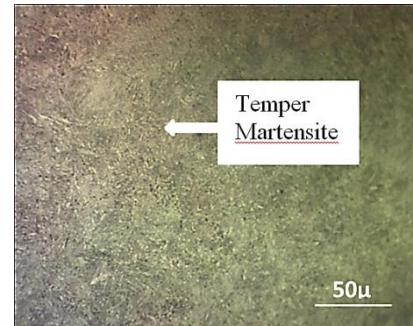
Dari gambar 4. terlihat setelah proses tempering 200°C belum ada terjadi perubahan struktur, Struktur yang terbentuk adalah martensit dan bainit belum terjadi perubahan fasa, yang tampak strukturnya masih butiran-butiran putih dan garis-garis hitam berbentuk jarum, nilai kekerasannya masih cukup tinggi



Gambar 5. Foto mikro struktur spesimen *temper 300°C* Pembesaran 400X

Dari gambar 5. terlihat struktur martensit telah bertransformasi menjadi temper martensite yang tampak butir-butiran kasar berwarna putih. Struktur bainit yang terbentuk tampak penyebaran yang tidak merata dengan matriks temper martensit dan struktur lain yang terlihat adalah austenite yang belum sempat bertransformasi menjadi temper martensit. Dengan terbentuknya temper martensite

dan sebagian bainit penyebaran tidak merata menyebabkan kekerasan spesimen ini menurun.



Gambar 6. Foto mikro struktur spesimen *temper 400°C* Pembesaran 400X

Dari gambar 6. terlihat struktur yang terbentuk adalah temper martensite yang tampak garis-garis yang semakin halus lagi berwarna putih dan pearlit yang tampak bintik-bintik berwarna hitam dengan matriks temper martensit serta austenit sisa yang tidak sempat bertransformasi. Dengan terbentuknya temper martensite yang semakin halus dan sebagian pearlit telah menyebarkan berbentuk bintik-bintik halus menyebabkan kekerasannya semakin menurun.

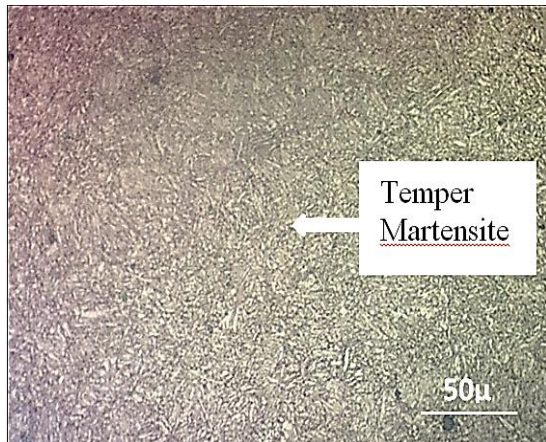


Gambar 7. Foto mikro struktur spesimen *temper 500°C* Pembesaran 400X

Dari gambar 7. terlihat struktur yang terbentuk adalah temper martensit yang tampak berbutir semakin halus seragam dan austenit sisa yang nampak seperti bintik-bintik kasar berwarna putih dan seragam. Akibat menjadi seragamnya austenit sisa dan temper martensit sehingga



menyebabkan kekerasannya menjadi menurun.



Gambar 8. Foto mikro struktur spesimen temper 600°C Pembesaran 400X

Dari Gambar 8. diatas struktur yang terlihat ialah temper martensit yang tampak semakin halus dan seragam. Sedangkan austenit sisa terlihat berbentuk bintik- bintik putih dan seragam dengan matriks temper martensit

## KESIMPULAN

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa material AISI 4140 yang telah mengalami proses normalizing memiliki nilai kekerasan 38,2 HRC, kemudian nilai kekerasan naik drastis setelah di hardening menjadi 52 HRC kenaikannya sekitar 26%. Pada proses tempering dengan temperatur 200°C nilai kekerasannya tidak terjadi penurunan malah sebaliknya, kembali naik tetapi kenaikan dianggap tidak terjadi karena sangat kecil sekali sekitar 0,5% , pada temper 300°C nilai kekerasan terjadi penurunan sekitar 3% menjadi 50 HRC, kekerasan terus menurun pada temper 400°C nilai kekerasannya menurun sekitar 8% menjadi 47,4 HRC, temper 500°C nilai kekerasannya kembali menurun sekitar 23% menjadi 40 HRC dan pada temper 600°C nilai kekerasannya terjadi penurunan drastis sekitar 33% menjadi 34,5HRC. Setelah proses quench struktur

mikro yang terbentuk adalah martensit dan bainit lalu setelah proses temper struktur mikro menjadi temper martensit serta struktur lain yang terbentuk adalah austenit sisa.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amrullah, Asiri Halim. 2010. Analisis hubungan besar butir dengan sifat mekanik baja karbon. Majalah ilmiah al-jibra.Vol 11. no35. Agustus 2010.
- [2] Arifin fatahul, wijianto. 2008. Pemanfaatan pegas daun bekas sebagai bahan pengganti mata potong (punch) pada alat bantu produksi massal (press tols). Media mesin.Vol 9. No 1. Januari 2008.
- [3] Daryanto. 2010, Proses Pengolahan Besi Dan Baja (Ilmu Metalurgi), Satu Nusa Cet – 1 Bandung. Oktober 2010.
- [4] Dwi haryadi gunawan. 2005. Pengaruh suhu tempering terhadap kekerasan struktur mikrodan kekuatan tarik pada baja k-460. Rotasi - Vol.7, no.3. juli 2005.
- [5] Ilmu Purboputra Pramuko 2009, Peningkatan kekakuan pegas daun dengan cara quenching, Media Mesin, Vol 10, No 1, Januari 2009.
- [6] Karmin 2009, Pengendalian Proses Pengerasan Baja Dengan Metoda Quenching, Jurnal Austenite, Vol 1, No 2, Oktober 2009.
- [7] Mulyadi, Sunitra Eka. 2010. Kajian Perubahan Kekerasan Dan Difusi Karbon Sebagai Akibat Dari Proses Karburisasi Dan Proses Quenching Pada Material Gigi Perontok Power Thresher. Jurnal Teknik Mesin Vol 7.No 1, Juni 2010.
- [8] Nugroho Sri, DwiHaryadi Gunawan. 2005. Pengaruh media quenching air tersirkulasi (sirkulated water) terhadap struktur mikro dan kekerasan pada baja AISI 1045. Rotasi - Vol.7, no.1. januari 2005.

- [9] Pramono Agus. 2011. Karakteristik mekanik proses hardening baja AISI 1045 media quenching untuk aplikasi sprocket rantai. Jurnal ilmiah teknik mesin. Vol.5, no.1. april 20
- [10] Susri Mizhar, Nasri Pilly 2013, Analisa Kekerasan Terhadap Perbedaan Laju Pendinginan (*Cool Rate*) pada Proses *Quench* dari Baja Karbon Menengah Tipe AISI 4140 Diameter 38mm, Jurnal SAINTEK, Vol.II Juli-Desember 2013.
- [11] Woei-Shyan Lee and Tzay-Tian Su., 1999, *Mechanical Properties AndMicrostructural Features Of Aisi 4340 High-Strength Alloy Steel Under Quenched And Tempered Conditions*, Journal of Materials ProcessingTechnology of Elsevier Science 87 (1999) 198–206.