

## Kaji eksperimen pengaruh *hardening* dan *tempering* terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada baja karbon sedang

Akmal Barry<sup>1\*</sup>, Zuraida<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Politeknik Negeri Banjarmasin  
Jl. Brig Jend. Hasan Basri, Pangeran, Kec. Banjarmasin Utara, Kota Banjarmasin,  
Kalimantan Selatan 70124

\*Corresponding author: [akmal.barry@poliban.ac.id](mailto:akmal.barry@poliban.ac.id)

### Abstract

*This study aims to determine the effect of hardening and tempering on tensile strength (ASTM E 8) and hardness (Rockwell) applied to medium carbon steel. The heat treatment process hardening is heated by a furnace at a temperature of 900 °C and 920 °C then held for 30 minutes and cooled quickly and then further processed by Tempering with each being tempered at 500 °C and cooled slowly. The results obtained are in the hardening process with a temperature variation of 900 °C, the hardness value increases from the raw material value of 5.7 HRC to 7.52 HRC and has increased again at a temperature of 920 °C of 8.08 HRC. Tempering process temperature variation of 900/ 500 °C the value is above raw material by 5.7 HRC to 7.24 HRC, down at a temperature of 920/500 °C by 6.4 HRC. For tensile testing of the hardening process against ultimate stress, the value for raw material is 516,095 MPa, temperature is 900 °C/451,065 MPa and temperature is 920 °C/389,625 MPa. for yield strength raw material value is 477.4165 MPa, temperature is 900°C/270.8395 MPa, temperature is 920°C/256.4555 MPa, for modulus raw material value is 347.53 GPa, temperature is 900°C/3452605 MPa , the temperature is 920 °C/338.206 MPa, for the elongation value the raw material value is 7.871%, the temperature is 900 °C/11.392%, the temperature is 920 °C/16.448 %. for tempering to ultimate stress the raw material value is 516,095 MPa, temperature 900/500 °C is 417,5635 MPa and temperature 920/500 °C is 372.416 MPa. For yield strength raw material value is 477.4165 MPa, temperature 900/500°C 304.1745 MPa, temperature 920/500 °C is 269.818 MPa, for modulus raw material value is 347.53 GPa, temperature 900 /500°C is 353.1525 MPa, temperature 920/500 °C is 366.5695 MPa, for the elongation value the raw material value is 7.871%, temperature 900/500 °C is 11.392%, temperature 920/500 °C is 13.7665%.*

**Keywords:** *hardening, tempering, tensile strength, hardness, steel.*

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *Hardening* dan *Tempering* terhadap kekuatan tarik (ASTM E 8) dan kekerasan (*Rockwell*) yang diterapkan pada baja karbon sedang. Proses perlakuan panas *hardening* dipanaskan tungku pemanas (*furnance*) pada temperatur 900 °C dan 920 °C kemudian ditahan selama 30 menit dan didinginkan secara cepat lalu diproses lanjutan *tempering* dengan di *temper* masing-masing 500 °C didinginkan secara perlahan. Hasil yang didapat yaitu pada proses *hardening* dengan variasi temperatur 900 °C nilai kekerasannya meningkat dari nilai *Raw Material* sebesar 5,7 HRC menjadi 7,52 HRC dan mengalami peningkatan kembali pada temperatur 920 °C sebesar 8,08 HRC proses *tempering* variasi temperatur 900/500 °C nilainya diatas *raw material* sebesar 5,7 HRC menjadi 7,24 HRC turun pada temperatur 920/500 °C sebesar 6,4 HRC. Untuk pengujian tarik proses *hardening* terhadap *ultimate stress* didapat nilai untuk *raw material* sebesar 516,095 MPa, temperatur 900 °C/451,065 MPa dan temperatur 920 °C/389,625 MPa. Untuk *yield strength* nilai *raw material* sebesar 477,4165 MPa, temperatur 900°C/270,8395 MPa, temperatur 920 °C/256,4555 MPa,

untuk *modulus* nilai *raw material* sebesar 347,53 GPa, temperatur 900 °C/3452605 MPa, temperatur 920 °C/338,206 MPa, untuk nilai *elongation* nilai *raw material* sebesar 7,871 %, temperatur 900 °C/11,392 %, temperatur 920 °C/16,448 %. Untuk *tempering* terhadap *ultimate stress* nilai *raw material* sebesar 516,095 MPa, temperatur 900/500 °C adalah sebesar 417,5635 MPa dan temperatur 920/500°C adalah 372,416 MPa. Untuk *yield strength* nilai *raw material* sebesar 477,4165 MPa, temperatur 900/500°C adalah 304,1745 MPa, temperatur 920/500 °C adalah 269,818 MPa, untuk *modulus* nilai *raw material* sebesar 347,53 GPa, temperatur 900/500°C adalah 353,1525 MPa, temperatur 920/500 °C adalah 366,5695 MPa, untuk nilai *elongation* nilai *raw material* sebesar 7,871 %, temperatur 900/500 °C adalah 11,392 %, temperatur 920/500 °C adalah 13,7665 %.

**Kata kunci:** hardening, tempering, kekuatan tarik, kekerasan, baja

---

## Pendahuluan

Hingga saat ini terdapat berbagai jenis bahan yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri. Jenis - jenis yang sangat beragam kadang - kadang menyulitkan kita untuk memilih mana yang tepat. Oleh karena itu, dalam hal pemilihan sering tidak semata mata berdasarkan pertimbangan teknis, pertimbangan ekonomis, selain baja dan besi merupakan satu satunya material yang memenuhi persyaratan teknis maupun ekonomis, namun baja memiliki sifat yang tidak dapat dibandingkan dengan material yang lain seperti sifat kekerasan, kekuatan, ketangguhan, dan keuletan yang baik. Untuk mendapatkan bahan baja karbon yang baik sebelum digunakan sesuaikan dengan keperluan maka perlu dilakukan perlakuan panas pada baja karbon tersebut [1].

Perlakuan panas adalah suatu metode yang digunakan untuk mengubah sifat fisik, dan kadang-kadang sifat kimia dari suatu material. Secara umum perlakuan panas adalah memanaskan atau mendinginkan material, biasanya dalam suhu ekstrem, untuk mencapai hasil yang diinginkan seperti pengerasan atau pelunakan material [2]. Perlu dicatat bahwa walaupun perlakuan panas sengaja dilakukan untuk tujuan mengubah sifat secara khusus, di mana pemanasan dan pendinginan dilakukan untuk tujuan mengubah sifat. Perlakuan panas itu sendiri bermacam-macam antara lain *hardening*, *annealing*, *normalizing*, dan *tempering* dimana masing-masing perlakuan panas tersebut memiliki fungsi tertentu sesuai yang dibutuhkan. Seperti halnya *hardening* dan *tempering* [3].

Proses *hardening* ialah perlakuan panas terhadap baja dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami baja sampai titik temperatur austenit kemudian didinginkan secara mendadak atau *quenching* dengan kecepatan pendinginan diatas kecepatan pendinginan kritis agar terjadi pembentukan martensit dan diperoleh kekerasan yang tinggi. Besarnya Temperatur pemanasan austenit tergantung dari jenis baja, biasanya untuk mencapai suhu austenit  $\pm 900$  °C. dengan menggunakan *holding time* atau lama penahanan selama 1 jam. Setelah proses *hardening* biasanya baja akan sangat keras dan bersifat rapuh, untuk itu perlu proses lanjutan yaitu proses *tempering*, proses *tempering* ini bertujuan untuk mengurangi kekerasan, mengurangi tegangan, dalam memperbaiki susunan struktur baja. lalu didinginkan di udara dan pada suhu 300 - 400 °C [4].

Secara kimia selama *tempering* yang terjadi adalah atom (C) yang setelah proses *hardening* terperangkap pada jaringan besi Alfa dan pada proses pemanasan *tempering* atom (C) mendapat kesempatan untuk melakukan diffuse yaitu pemerataan kadar (C) tanpa adanya halangan dan kembali menjadi zementit. Proses ini berlangsung terus menerus sampai diperoleh struktur *ferrit* yang bercampur dengan *cementit*, dan diperoleh struktur yang ulet. *Hardening* dengan temperatur 900 °C, dan 920 °C. Dan proses *Tempering* dengan temperatur 500 °C dan 500 °C dengan menggunakan media pendingin oli dengan lama penahan masing

– masing 30 menit serta menerapkan proses tersebut terhadap baja karbon sedang [5].

Baja karbon sedang mempunyai kadar karbon (0,30 – 0,40 % C) mempunyai kekerasan dan kekuatan tarik lebih besar dibandingkan baja karbon rendah. Namun, tegangan total yang dimiliki lebih rendah karena sifat ini baja karbon sedang sangat cocok digunakan. Seperti telah diketahui bahwa baja tersebut banyak digunakan di dunia industri seperti untuk pembuatan obeng, palu, *crank shaft*, *connecting root*, rel kreta api, poros dll. Yang membutuhkan kekuatan dan kekerasan yang tinggi namun tidak mudah patah. baja ini dapat dikeraskan [6]. Untuk menghasilkan suatu produk dengan kualitas yang baik maka perlu dilakukan modifikasi terhadap baja tersebut yang diantaranya dengan memberikan perlakuan panas. untuk mengetahui pengaruh terhadap baja karbon sedang dan memberikan informasi tentang spesifikasi baja tersebut setelah dilakukan perlakuan panas, maka perlu dilakukan pengujian yaitu pengujian dengan tarik dan pengujian kekerasan yang bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dan perubahan-perubahan dari suatu bahan uji terhadap pembebanan tarik dan untuk mengetahui karakteristik suatu material baru dan melihat mutu untuk memastikan suatu material memiliki spesifikasi kualitas tertentu [7].

## Tinjauan Pustaka

### Proses perlakuan panas (*heat treatment*)

Proses perlakuan panas pada umumnya untuk memodifikasi struktur mikro baja sehingga meningkatkan sifat mekanik, salah satunya yaitu kekerasan [8].

Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat mekanis logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa mengubah komposisi kimia. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan. Perubahan sifat setelah perlakuan panas dapat mencakup

keseluruhan bagian logam atau sebagian dari logam [9].

Perlakuan panas biasanya menggunakan pemanasan dan pendinginan hingga suhu ekstrim, untuk mencapai hasil yang diinginkan seperti pengerasan atau pelunakan baja. Perlakuan panas yang umum digunakan yaitu normalisasi, *hardening*, *tempering*, dan lain-lain [6]. Pengerasan baja dilakukan dengan proses pemanasan dan pendinginan. Pada saat pendinginan mengalami transformasi martensit yang dapat meningkatkan kekerasan.

### Jenis – jenis perlakuan panas (*heat treatment*)

Beberapa jenis perlakuan panas adalah:

#### *Normalizing*

Proses ini sama dengan *annealing*. Perbedaannya terletak pada waktu pemanasan yang lebih pendek dan laju pendinginan yang lebih cepat. Hasilnya adalah baja yang lebih kuat dan lebih keras dari baja yang di-*anneal* secara penuh tetapi lebih mendekati sifat kondisi yang di-*anneal* daripada dengan yang di-*temper*.

#### *Hardening*

Proses *Hardening* adalah suatu proses perlakuan panas yang dilakukan untuk menghasilkan suatu benda kerja yang keras, proses ini dilakukan pada temperatur tinggi yaitu pada temperatur austenitasi yang digunakan untuk melarutkan sementit dalam austenit yang kemudian didinginkan [10]. *Hardening* dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan, dan *Strength* yang lebih baik. Kekerasan yang dapat dicapai tergantung pada kadar karbon dalam baja dan kekerasan yang terjadi akan tergantung pada temperatur pemanasan, *holding time*, laju pendinginan yang dilakukan, dan ketebalan sampel. Untuk memperoleh kekerasan yang baik (martensit yang keras) maka pada saat pemanasan harus dapat dicapai struktur austenit, karena hanya austenit yang dapat bertransformasi menjadi martensit. Bila pada saat pemanasan masih terdapat struktur lain maka setelah di-*quench* akan diperoleh

struktur yang tidak seluruhnya terdiri dari martensit [6].

#### *Annealing*

Proses *Annealing* merupakan kebalikan proses *quenching* dan *tempering*. Proses ini dilakukan dengan memanaskan baja diatas tempertur kritisnya dan kemudian didinginkan perlahan-lahan. Hasil proses ini adalah baja dengan sifat yang sama dengan sebelum dilakukan pengerasan [11-16].

#### *Tempering*

Proses *tempering* merupakan lanjutan dari proses *quenching* dan bertujuan untuk mengurangi kegetasan material hasil *quenching*. proses ini dilakukan dengan memanaskan material yang sudah di-*quench* pada temperatur di bawah temperatur kritisnya selama rentang waktu tertentu dan kemudian didinginkan secara perlahan [11-16].

#### *Quencing*

Proses *quenching* adalah proses pendinginan cepat yang dilakukan pada logam yang telah dipanaskan diatas temperatur kritisnya. Pada baja karbon sedang atau tinggi proses ini akan menghasilkan fasa yang disebut *martensit* yang sangat kuat dan getas. ada beberapa macam media pendingin yaitu media air, oli, air garam dan sebagainya. Pada penelitian ini akan menggunakan media pendingin oli [11-16].

### **Metode Penelitian**

#### **Alat dan bahan yang digunakan**

Dalam penelitian ini alat dan bahan yang digunakan antara lain adalah sebagai berikut : alat uji kekerasan Rockwell alat uji tarik, gerinda, stopwatch, mistar, camera, termokopel, amplas. Bahan yang digunakan adalah material baja karbon sedang.

#### **Prosedur penelitian**

Dalam prosedur penelitian yang menjadi dasar dalam penganalisa kaji eksperimen pengaruh *hardening* dan *tempering* terhadap kekuatan tarik dan kekerasan pada baja karbon sedang. Data - data penelitian dan hasil perhitungan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur dan

temperatur optimal pada proses *hardening* dan *tempering*. Tahap pertama dalam proses *hardening* yaitu perlakuan panas bertujuan untuk mengeraskan baja karbon sedang, dengan variasi temperatur 900 °C, dan 920 °C terhadap uji kekerasan dan tarik dengan waktu penahanan atau *holding time* selama 30 menit dengan media pendinginan atau *quenching* yaitu media oli.

Setelah proses *hardening* dan *quenching* tahap selanjutnya yaitu proses *Tempering* merupakan proses lanjutan dari proses *Hardening* yang bertujuan untuk mengurangi kegetasan material hasil *quencing* dengan variasi temperatur 500 °C dan 500 °C terhadap uji kekerasan dan tarik dengan waktu penahanan atau *holding time* selama 30 menit dengan media pendinginan atau *quencing* yaitu media oli.

### **Pengamatan penelitian**

Penelitian dilakukan pada satu tahap yaitu dengan pengambilan data penelitian secara manual, yaitu dengan melakukan pengujian tarik. Adapun langkah pengujian kekerasan adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan benda uji (spesimen) yang akan di uji,
2. Mengikir dan membersihkan (diamplas) bagian spesimen sebelum di uji kekerasannya dengan ketentuan dua permukaan atas bawah harus rata, sejajar dan cukup halus,
3. Posisi handle pada alat Rockwell adalah vertikal/tegak,
4. Meletakkan benda uji diatas landasan yang sesuai, bila bendanya pipih/rata digunakan landasan datar dan untuk benda bulat gunakan landasan v,
5. Memutar handle landasan (arah landasan ke atas/searah jarum jam) sambil memperhatikan jarum ukuran pada dial skala nonius,
6. Memerikan beban awal 10 kgf dengan cara menekan benda uji pada indentor (sehingga jarum pendek pada dial skala nonius menunjukkan titik merah sedangkan jarum panjang diatur dan di tempatkan pada posisi 0,
7. Menarik *handle* pembeban utama. Dalam hal ini jarum panjang akan

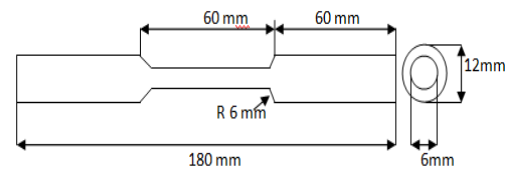
- bergerak berlawanan arah jarum jam. Tunggu beberapa saat dan jarum panjang berhenti.
8. Waktu pembebanan (lama tergantung jenis bahan) untuk logam fero selama 12 detik dan untuk tembaga dan paduannya selama 20 detik serta 30 detik untuk aluminium dan paduannya,
  9. Mengangkat beban utama dengan mendorong balik handle pembebanan utama,
  10. Selanjutnya tingkat kekerasan dapat langsung dibaca dan dicatat dari penunjukkan jarum panjang pada dial skala nonius saat benda uji masih dibebani oleh beban awal 10 kgf.
  11. Menurunkan *handle* landasan (arah landasan ke bawah/berlawanan jarum jam) dan benda uji diambil,
  12. Melakukan kegiatan di atas sebanyak 5 kali pada tempat titik yang lainnya (bejarak) pada spesimen tersebut untuk menjamin ketetapan hasil pengujian. Kemudian diambil nilai rata-ratanya.
  13. Melakukan hal yang sama untuk benda uji atau spesimen yang lainnya (benda bahan atau perlakuan

Adapun langkah-langkah dalam pengujian tarik ini adalah sebagai berikut:

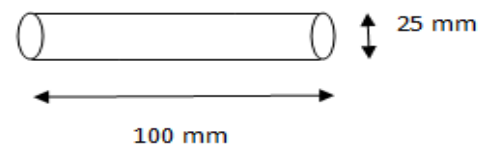
1. Menyiapkan plat yang akan diuji.
2. Mengukur panjang, lebar dan tebal awal plat uji.
3. Menggunakan *hand lever* (tarik atau tekan) pada posisi tarik.
4. Menggerakkan tuas yang berfungsi sebagai persneling pada posisi lambat untuk pengujian.
5. Memasang spesimen pada *Damping Head*.
6. Memastikan batang uji tercekam dengan baik pada *upper* dan *lower Damping Head*.
7. Menghidupkan mesin hidrolik dengan menekan push button, sehingga pilot lamp menyala.
8. Mengamati dan membaca besarnya gaya tarik pada skala pada saat *yield*, maksimum, dan patah. Serta perpanjangan ( $\Delta L$ ) yang dialami benda uji akibat gaya tarik saat *yield*,

maksimum dan patah untuk menentukan regangan yang dialami benda uji dengan memperhatikan jarum penunjuk yang terdapat di bagian belakang mesin uji tarik.

9. Melepas benda kerja dari pencekam
10. Mengambil gambar spesimen setelah patah.
11. Mengukur panjang batang uji setelah patah.
12. Mengambil data hasil pengujian
13. Selesai



Gambar 1. Dimensi dan ukuran spesimen uji tarik standar ASTM E 8 [17]



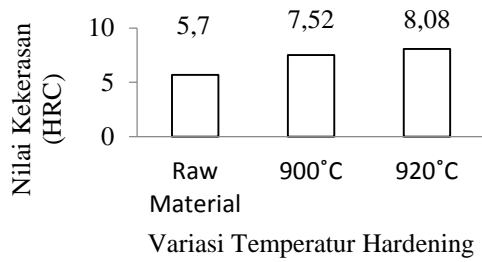
Gambar 2. Dimensi dan ukuran spesimen uji kekerasan Rockwell Skala C [18].

## Hasil dan Pembahasan

### 1. Hasil pengujian kekerasan

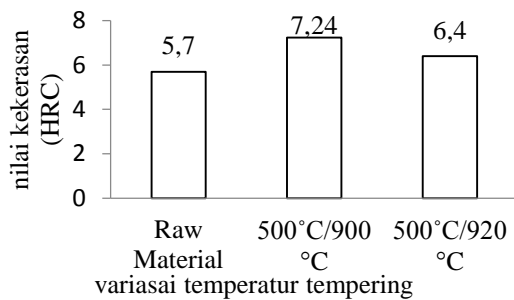
Dari hasil laporan pengujian kekerasan dan pengujian tarik telah diketahui data dari hasil pengujiannya.. Pengujian ini menggunakan metode kekerasan Rockwell dengan skala C dengan pengujian 5 titik dari setiap spesimennya. dari pengujian kekerasan dapat diperoleh data sebagai berikut.

**Pengaruh variasi temperatur terhadap kekerasan pada proses *hardening***



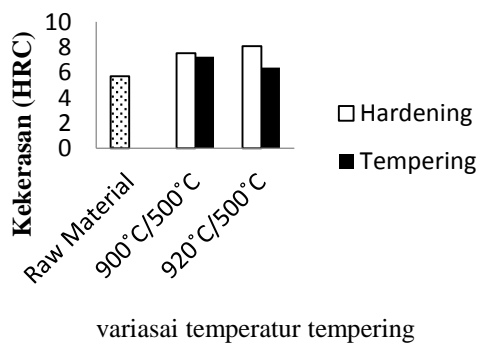
Gambar 3. Grafik pengaruh variasi temperatur *hardening* terhadap nilai kekerasan

**Pengaruh variasi temperatur terhadap kekerasan pada proses *tempering***



Gambar 4. Grafik pengaruh variasi temperatur *tempering* terhadap nilai kekerasan

**Perbandingan nilai kekerasan raw material, *hardening* dan *tempering***



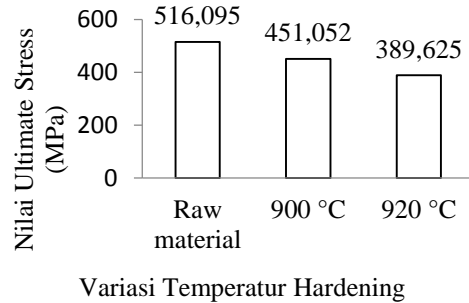
Gambar 5. Grafik perbandingan nilai kekerasan *hardening* dan *tempering*

**2. Hasil Uji Tarik**

Pada pengujian Uji Tarik ini menggunakan alat uji tarik dan spesimen uji menggunakan Standar *ASTM E 8 Tension* dengan melakukan pengujian terhadap

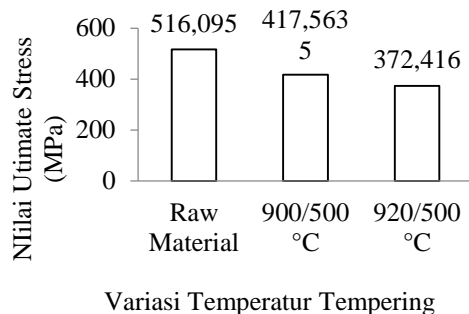
kekuatan tarik hasil yang diperoleh tercantum pada tabel berikut.

**Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *ultimate stress***



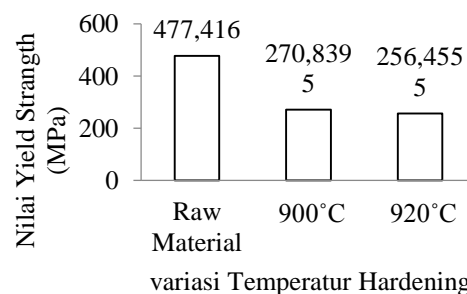
Gambar 6. Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *ultimate stress*

**Pengaruh variasi temperatur pada proses *tempering* terhadap *ultimate stress***



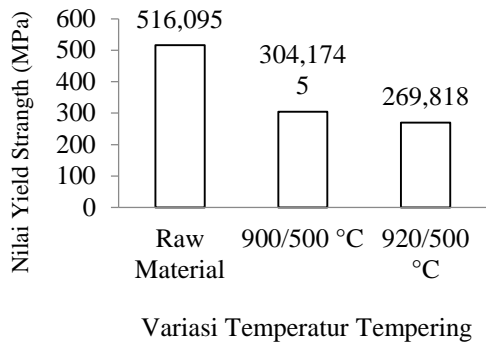
Gambar 7. Pengaruh variasi temperatur pada proses *tempering* terhadap *ultimate stress*

**Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *yield strength***



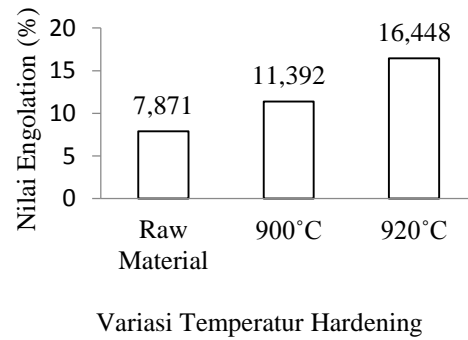
Gambar 8. Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *yield strength*

**Pengaruh variasi temperatur pada proses tempering terhadap yield strength**



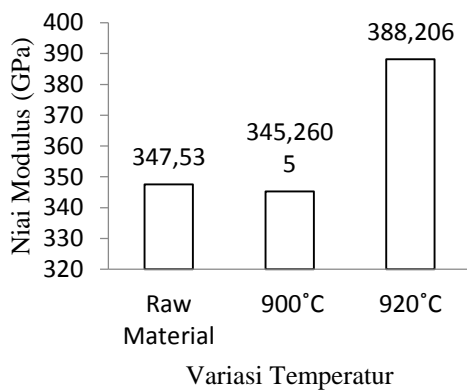
Gambar 9. Pengaruh variasi temperatur pada proses *tempering* terhadap *yield strength*

**Pengaruh variasi temperatur pada proses hardening terhadap elongations**



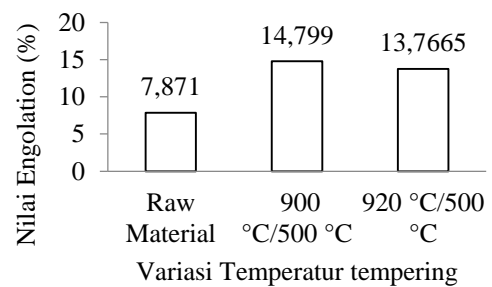
Gambar 12. Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *elongations*

**Pengaruh variasi temperatur pada proses hardening terhadap modulus**



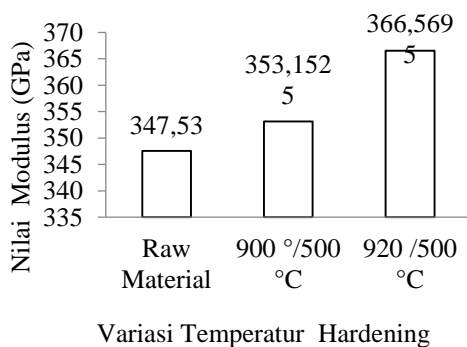
Gambar 10. Pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* terhadap *modulus*

**Pengaruh variasi temperatur pada proses tempering terhadap elongation**



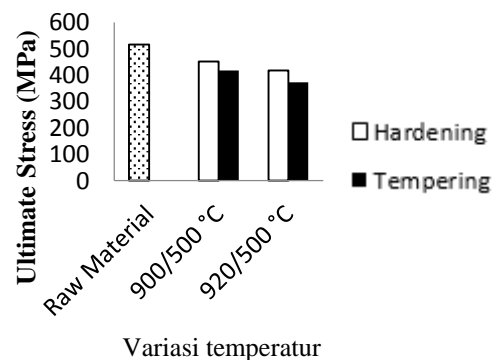
Gambar 13. Pengaruh variasi temperatur pada proses *tempering* terhadap *elongation*

**Pengaruh variasi temperatur pada proses tempering terhadap modulus**



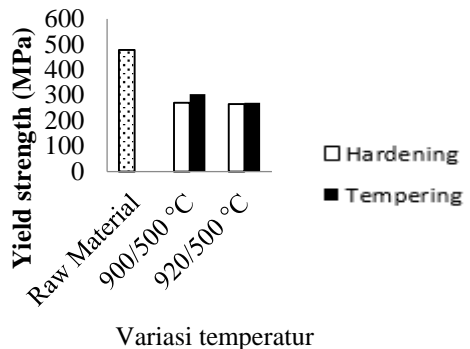
Gambar 11. Pengaruh variasi temperatur pada proses *tempering* terhadap *modulus*

**Perbandingan pengaruh variasi temperatur pada proses hardening dan tempering terhadap ultimate stress**



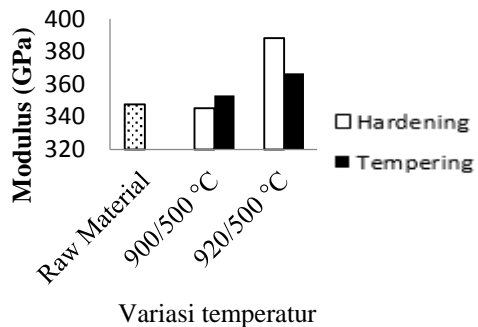
Gambar 14. Nilai perbandingan *hardening* dan *tempering* terhadap *ultimate stress*

**Perbandingan pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* dan *tempering* terhadap *yield strength***



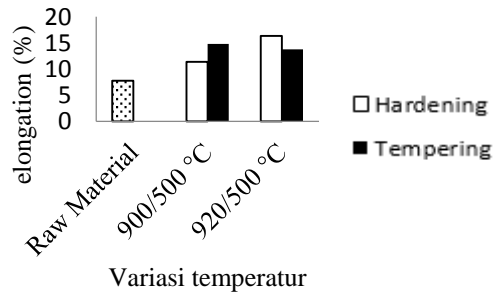
Gambar 15. Nilai perbandingan *hardening* dan *tempering* terhadap *yield strength*

**Perbandingan pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* dan *tempering* terhadap *modulus***



Gambar 16. Nilai perbandingan *hardening* dan *tempering* terhadap *modulus*

**Perbandingan pengaruh variasi temperatur pada proses *hardening* dan *tempering* terhadap *elongation***



Gambar 17. Nilai perbandingan *hardening* dan *tempering* terhadap *elongation*

**3. Pembahasan**

Dari hasil pengumpulan data-data yang diperoleh dari penelitian uji kekerasan yang menggunakan metode *Hardness Rockwell* skala *C* yang dilakukan. Tentang pengaruh *hardening* dan *tempering* terhadap uji kekerasan pada baja karbon sedang didapatkan hasil kekerasan untuk *raw material* dengan nilai kekerasan sebesar 5,7 HRC, untuk variasi temperatur *hardening* dengan temperatur 900°C sebesar 7,52 HRC dan temperatur 920°C sebesar 8,08 HRC sedangkan untuk proses lanjutan dari proses *hardening* yaitu proses *tempering* dengan memvariasikan temperatur sama yaitu 500 °C dengan nilai kekerasannya sebesar 7,24 HRC dan 6,4 HRC. Pada proses *hardening* pengaruh temperatur dengan variasi temperatur 900 °C dan 920 °C nilai kekerasannya lebih besar dari pada *tempering* hal ini terjadi karena proses *hardening* yang dipanaskan pada temperatur tinggi *austenit* lalu ditahan dengan waktu 30 menit dan pendinginan secara cepat dapat membentuk struktur *martensit* yang keras yang menyebabkan nilai kekerasannya tinggi, beda dengan proses *tempering* pemanasan dibawah temperatur autenit dan pendinginan cenderung lebih lama sehingga nilai kekerasannya lebih rendah.

Sedangkan untuk hasil Pengujian Tarik menggunakan metode ASTM E 8 dapat kita simpulkan bahwa, untuk nilai *ultimate stress*, dan *yield strength* pada *raw material* 516,095 MPa, lebih besar dibandingkan dengan proses perlakuan panas *hardening* dan *tempering* 451,065 MPa dan 417,635 MPa, akan tetapi nilai dari *modulus* dan *elongation*nya lebih rendah. pada proses *hardening* dan *tempering* nilai *ultimate stress* lebih tinggi *hardening* namun untuk nilai *yield strength* lebih tinggi *tempering*. proses *tempering* adalah proses lanjutan dari *hardening* yang bertujuan untuk menurunkan nilai kekerasan namun meningkatkan nilai keuletannya, jadi dapat kita lihat pada proses *tempering* nilai *modulus* dan *elongasi*nya lebih tinggi dibandingkan dengan *hardening*. Pada perlakuan panas ini tergantung dengan

aplikasi yang digunakan aplikasi konstruksi mana yang sesuai menggunakan baja dengan tingkat *modulus* dan *elongation*nya tinggi ataupun sebaliknya dengan *modulus* dan *elongation*nya rendah.

### Kesimpulan

Proses *hardening* dengan variasi temperatur 900 °C nilai kekerasannya meningkat dari nilai *raw material* sebesar 5,7 HRC menjadi 7,52 HRC dan mengalami peningkatan kembali pada temperatur 920 °C sebesar 8,08 HRC. Pada proses *tempering* dengan variasi temperatur 900/500 °C nilai kekerasannya tetap diatas *raw material* sebesar 5,7 HRC menjadi 7,24 HRC namun mengalami penurunan pada temperatur 920/500 °C sebesar 6,4 HRC. Untuk pengujian tarik pada proses *hardening* terhadap *ultimate stress* didapat nilai untuk *raw material* sebesar 516,095 MPa, temperatur 900 °C/451,065 MPa dan temperatur 920 °C/389,625 MPa. Untuk *yield strength* nilai *raw material* sebesar 477,4165 MPa, temperatur 900°C sebesar 270,8395 MPa, temperatur 920 °C sebesar 256,4555 MPa, untuk *Modulus* nilai *Raw Material* sebesar 347,53 GPa, temperatur 900 °C sebesar 3452605 MPa, temperatur 920 °C sebesar 338,206 MPa, untuk nilai *elongation* nilai *raw material* sebesar 7,871 %, temperatur 900 °C adalah 11,392 %, temperatur 920 °C sebesar 16,448 %. Untuk pengujian tarik pada proses *tempering* terhadap *ultimate stress* didapat nilai untuk *raw material* sebesar 516,095 MPa, temperatur 900/500 °C sebesar 417,5635 MPa dan temperatur 920/500°C 372,416 MPa. Untuk *yield strength* nilai *raw material* sebesar 477,4165 MPa, temperatur 900/500°C sebesar 304,1745 MPa, temperatur 920/500 °C sebesar 269,818 MPa, untuk *modulus* nilai *raw material* sebesar 347,53 GPa, temperatur 900/500°C sebesar 353,1525 MPa, temperatur 920/500 °C sebesar 366,5695 MPa, untuk nilai *elongation* nilai *raw material* sebesar 7,871 %, temperatur 900/500 °C sebesar 11,392 %, temperatur 920/500 °C sebesar 13,7665 %.

### Referensi

- [1] Bujakesuma, Faiz Ammar. 2011. Pengaruh Komposisi Lu dan Mg Pada Proses Penuaan dan Fenomena Rafid *Hardening* Pada Paduan Al-Lu-Mg.
- [2] Damarto. 2006. Pengaruh  *Holding Time* Terhadap Sifat Kekerasan Dengan Reffining The Core Pada Proses Carburizing Material Baja Karbon Rendah. Universitas Negri WAHAS.
- [3] Erizal. 2011. Kaji Eksperimen Pengujian Tarik Baja Karbon *Medium* yang Disambung Denga *CAS SMAW* dan *Quencing* Dengan Air Laut. Universitas Prof. DR.Hazairim JH.
- [4] Hernawan, Dedy. 2015. Pengaruh Variasi Suhu Proses *Aneling* Pada Sambungan *SWAM* Terhadap Ketangguhan Las Baja Kg45 EMS45. Fakultas Teknik Mesin Universitas Negri Semarang.
- [5] Murtiono, Arief. 2012. Pengaruh *Quencing* dan *Tempering* Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Serta *Struktur Mikro* Baja Karbon Sedang Untuk Pisau Panen Sawit. Jurusan Teknik Mesin Universitas Sumatra Utara.
- [6] Abdunaser dan Sumiyanto. 2004. Pengaruh proses *hardening* dan *tempering* terhadap kekerasan dan Struktur Mikro Pada Baja Karbon Sedang jenis sncm 447
- [7] Mizhar. Dkk. 2011. Pengaruh Perbedaan Kondisi *Tempering* Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Dari Baja AISI 4140. Fakultas Teknik Industri Medan Sumatra Utara.
- [8] Asmara, Anjar. 2015. Analisa pengaruh perlakuan panas sebelum dan sesudah penemperan terhadap nilai kekerasan pada baja perkakas *hss maktek*” tahun vii no. 3, september.
- [9] Hasrin. 2009. Analisa Perpatahan Baja St 60 Yang dikenai Beban *Impack Charpy*. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe. Medan

- [10] Muh, Bahtiar. 2014. Pengaruh Media Pendingin Minyak Pelumas SAE 40 Pada *Quencing* Dan *Tempering* Terhadap Ketangguhan Baja Karbon Rendah. Universitas Tadulako.
- [11] Priadi, dedi, Iwan Setyadi dan Eddy S. Siradj. 2003 Pengaruh Kecepatan Dan Temperatur Uji Tarik Terhadap Sifat Mekanik Baja S48c.
- [12] Sutowo, Cahya, Bayu Agung Susilo. 2005. Pengaruh Proses Hardening Pada Baja Hq 7 Aisi 4140 Dengan Media Oli Dan Air Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro. Jakarta pusat
- [13] Suwandono. Mukhamad masykur, lagiyono, 2007. Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanik Pada Baja Karbon Sedang St 60.
- [14] Syawaldi. 2006. Analisa Kekuatan Tarik Struktur Mikro Dari Baja Kontruksi Bangunan Terhadap Pengaruh Temperatur. Universitas Islam Riau.
- [15] Sukamto. 2009. Pengaruh Media Pendingin Terhadap Hasil Pengelasan Tig Pada Baja Karbon Rendah. Universitas Janabadra.
- [16] Salindeho. Dkk. Pemodelan Pengujian Tarik Untuk Menganalis Sifat Mekanik Matrial. Jurusan Teknik Mesin Universitas Sam Ratulangi.
- [17] Sutowo, Cahya. Dkk. Pengaruh Proses *Hardening* Pada Baja Hq 7 Aisi Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- [18] Vauziawati, Nova Nur. 2010. *Modulus Elastisitas* Jurusan Teknologi Industri Pangan Fakultas Teknologi Industri Pertanian. Universitas Padjadjaran Jati Nagor.
- [19] Wahyu, ika. Ahmad Barkati Rojul. Erlin Nasocha, Nindia, Fauzia Rosyi, Nurul khusnia, Oktaviana Retna Ningsih, 2010. Uji kekerasan Material dengan Metode Rockwell. Jurusan fisika Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya.
- [20] Yogantoro, Anom. 2010. Penelitian Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan *low Tempering*, *Medium Tempering*, *Hight Tempering*. pada *Medium Carbon Steel* produksi pengecoran batur – klaten Terhadap Struktur Mikro Kekerasan Dan Ketangguhan.
- [21] Drihandono, S., & Budiyanto, E. (2017). Pengaruh Temperatur Tuang, Temperatur Cetakan, dan Tekanan Pada Pengecoran Bertekanan (High Pressure Die Casting/HPDC) Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Aluminium Paduan Silikon (Al-Si 7, 79%). *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(1).
- [22] Budiyanto, E., Nugroho, E., & Masruri, A. (2017). Pengaruh diameter filler dan arus pada pengelasan TIG terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro pada baja karbon rendah. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 6(1).
- [23] Budianto, E., Choiron, M. A., & Darmadi, D. B. (2016). Hardening baja AISI 1045 menggunakan gel aloe vera sebagai media pendingin. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 7(2), 55-64.
- [24] Nugroho, E., Budiyanto, E., & Firdaus, A. D. (2021). Pengaruh penambahan Silikon pada remelting piston motor bekas menggunakan tungku induksi terhadap kekuatan tarik dan kekerasan. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(2).
- [25] Wahyudi, T. C., & Budiyanto, E. (2021). Variasi temperatur pada proses squeeze casting berbahan magnesium semi solid terhadap hasil kekerasan. *ARMATUR: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, 2(1), 19-26.
- [26] Nugroho, E., Budiyanto, E., & Suseno, E. B. (2021). Experimental evaluation of mechanical properties of friction welded mild steel. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(1).